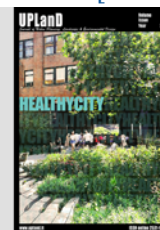


UPLanD

Journal of Urban Planning, Landscape & Environmental Design



Research & experimentation
Ricerca e sperimentazione

TERRITORIAL KNOWLEDGE MANAGEMENT FOR GREEN INFRASTRUCTURES AIMED AT CONSERVATION OF ENVIRONMENTAL CONTINUITY. A STUDY ON ITALIAN NATIONAL PARKS

Alessandro Marucci, Francesco Zullo, Lorena Fiorini, Chiara Di Dato

Department of Civil, Construction-Architectural and Environmental Engineering, University of L'Aquila, IT

HIGHLIGHTS

- Analysis of ecological connectivity at the territorial scale
- Environmental Impedance Index implementation
- Anthropic pressures on the Italian National Parks System

ABSTRACT

On the ecological network functional structure, the National Parks undoubtedly represent core areas that play a key role on the biodiversity conservation strategies. The Italian National Parks system is characterized by the historic settlements presence, which represents a territorial peculiarity. On the one hand, this characteristic contributed to maintaining an enormous wealth of biodiversity and landscapes while, on the other hand, it strongly quickened the anthropic disturbance with certainly not negligible effects on the ecological connectivity. The years of intensive urban growth coincide in Italy with a period of almost stasis environmental legislation condition. Furthermore, the land planning penalized both by a lack of strategic vision and by the absence of a clear planning and programming framework. The main aim of this work is to highlight the conditions of presence of high pressures (derived to urban and infrastructural systems) and high environmental values by directional proximity analysis. It will be implemented a new effective indicator to highlight conflicts between the phenomena of urbanization and ecological values still present. This approach could permit to address the land planning future choices both at territorial and local scale in a perspective biodiversity conservation and mitigation of the anthropogenic impact on the National protected areas system.

ARTICLE HISTORY

Received: March 04, 2020
Reviewed: June 15, 2020
Accepted: June 26, 2020
On line: July 01, 2020

KEYWORDS

Land Planning
Urban and infrastructural system impacts
Italian Protected Areas
Ecological connectivity

1. INTRODUCTION

Italy is the European country with the greatest variety of habitats and living species (MATTM, 2013). Nevertheless, it has also been characterized by one of the most intense urbanization processes (Zullo et al., 2018; Romano et al., 2017; Ceccarelli et al., 2014; Marchetti et al., 2014; Romano & Zullo, 2012; Bonifazi & Hains, 2001). Although over 1.5 million hectares of land (about 5% of the entire national extension) have been lost for urbanization in the last 60 years, the peninsula retains a high environmental value linked to the particular geomorphological and landscape conformation that has guaranteed the conservation of an enormous biodiversity and landscapes wealth. According to the latest ISPRA report (ISPRA, 2018), the Italian waterproofing density is about 7.6%, which is almost double of the European one (4.1%). This value places the country in the sixth place among the 27 member countries of the EU (Istat, 2017). However, in Italy there are over 60,000 km² (approximately 20% of the national territory) of sites belonging to the Natura 2000 network. Due to this data, it is the fourth European country with the largest territorial extension in absolute value (Romano & Zullo, 2016). Furthermore, 60% of these areas are located at altitudes above 600 m asl (40% of which above 1000 m asl) while much lower percentages concern the lowland and coastal areas.

In this complex and varied context, the conservation of functional and efficient ecological networks certainly appears not an easy but crucial task, especially in some areas of the peninsula, given the particular geographical conformation of the Italian settlement. The extreme geographical spread of the settlement is due on the lack of territorial policies marked by a strong coordination in objectives and aims finalized at environmental protection. In addition to all this, little or no restrictive regulations and an excessive stratification of planning also played an undoubted negative role. This condition causes too often problems of poor connection between various sectoral policies (i.e. landscape, agriculture and forestry, energy, etc.) (Marchetti et al., 2019). Above all, there is a useless redundancy of rules, which are not very coordinated with each other and, sometimes, which are even in partial contradiction (Zullo et al., 2015). A further critical issue regards the implementation of planning instrument provided by the legislator (i.e. Park Plans, SIC Management Plans), but

in practice they are almost never present and/or characterized by low enforcement measures. The effect in terms of environmental degradation and fragmentation has been significant and actually there are many ecologically important areas literally surrounded by low density settlements (Gemtzi et al., 2019; Saganeiti et al., 2018; Huang et al., 2018; McDonald et al., 2008). For this reason, they are often not very resilient and not very resistant to changes (Salvati et al., 2015) and to the different types of risk (Cutini & Di Pinto, 2018; Palmisano et al., 2018; Zumpano et al., 2018; Zullo et al., 2018; Corradi & Gritti, 2018; Pisano et al., 2017; ISPRA, 2015; Cutini, 2013; Tilio et al., 2012). In this context, protected areas will have an increasingly central role not only for the conservation of biodiversity, but also for the increased global awareness about the importance of intact natural capital available for improving the quality of human life. Similarly, there is the goal of preserving their connection to maintain efficient networks capable of involving the matrix in which they are immersed (Mullin et al., 2018; Olmos-Martinez et al., 2018; Aronson et al., 2016).

Starting from these assumptions, the work analyzes the current degree of settlement interference on ecosystems and the quality of the habitats in the territorial matrix of the Italian National Parks (NPs) through a directional proximity analysis. Moreover, a specific indicator has been implemented which makes it possible to identify the sectors most compromised as well as the ecological values still present. This methodology allows to draw a map of management responsibilities both at local scale and at the scale of the individual park. The results obtained can be used to define targeted spatial re-stitching interventions, but also to direct urban transformation choices, all aimed at improving the efficiency of ecological connections to preserve the necessary functionality of the Natura 2000 network over time.

2. STUDY AREA

The study area is represented by the Italian National Parks except those whose borders include the territories of islands (Pantelleria NP, Maddalena NP, Asinara NP and Tuscan Archipelago NP). The NPs considered in the analysis were divided into: coastal and retro-coastal NPs, Alpine NPs and Apennine NPs (Fig. 1). This typological clas-

Typology	Denominazione Parco ed anno di istituzione	Total area of the municipalities in the National Parks (km ²)	Number of municipalities	Resident inhabitants (2018)	Population density 2018 (inhab./km ²)	Old Age Index (population older than 65 years/ population younger than 15 years)
Alpine National Parks	Gran Paradiso National Park (1932)	710,824	13	7978	11,22	230,60
	Sarule National Park (1933)	1307,340	23	65130	49,83	125,76
	Dolomiti Bellunesi National Park (1993)	310,114	15	106799	344,39	217,12
	Vielva Grande National Park (1992)	147,231	13	12386	84,13	229,47
Coastal and retro-coastal National Parks	Cilento e Vallo di Diano National Park (1991)	1792,621	81	218918	122,12	194,85
	Parco Nazionale dell'Alto Adige (2004)	686,563	13	422204	614,95	123,21
	Gargano National Park (1995)	1210,307	17	202381	167,21	198,51
	Geoparco di Oristano and Gennargentu National Park (1998)	738,854	24	55515	75,14	205,11
	Parco Nazionale delle Cinque Terre (1999)	38,571	5	102456	2656,27	235,45
	Cinque National Park (1914)	88,314	3	157060	1776,42	152,34
	Vesuvio National Park (1995)	83,072	13	349703	4209,65	110,45
Apennine National Parks	Appennino Tosco-Emiliano National Park (2001)	227,926	13	42370	185,89	302,41
	Foreste Casentinesi, Monte Falterone e Campagna Nazionale National Park (1999)	369,382	11	41759	113,05	222,29
	Parco Nazionale dei Sibillini (1991)	698,876	15	20108	28,86	270,30
	Majella National Park (1991)	743,915	39	86671	116,51	237,24
	Gran Sasso e Monti della Laga National Park (1995)	1437,436	44	134974	93,90	235,33
	Abruzzo, Lazio and Molise National Park (1992)	508,724	24	25308	49,75	284,64
	Parco Nazionale dell'Appennino Lucano, Val d'Agri-Lagonegrese (2007)	695,672	26	70091	100,75	176,44
	Pulicino National Park (1988)	1817,471	56	146098	79,51	231,40
	Sila National Park (2002)	779,660	19	138049	177,06	148,69
	Agromonte National Park (1989)	651,327	38	20646	414,00	198,13
Total		15064	505	2676684	177,619	164,47

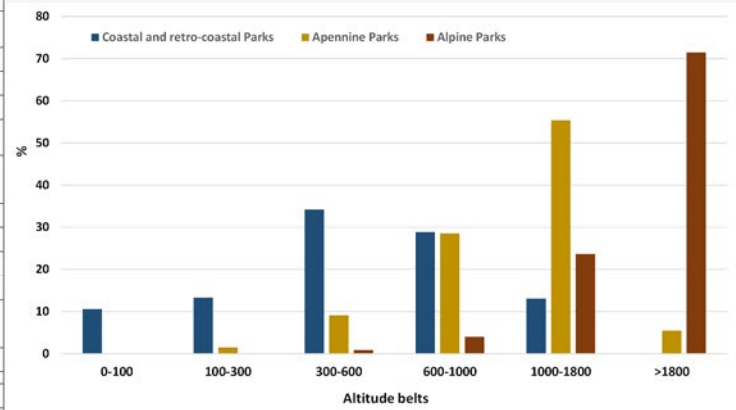


Figure 1: Typological classification of the considered National Parks and relative percentage distribution in the different altitude belts. *Source: own elaboration.*

sification also takes into account the various initiatives that have taken place above all since the 2000s and which have considered the different geographical, geomorphological and landscape contexts. For years, the Alpine NPs have been the object of national (SAPA - Network of Italian Alpine Protected Areas) and international (for example ALPARC) conventions and programs, which are aimed at enhancing and strengthening their role in the alpine biogeographical region, especially in terms of ecosystem conservation and connectivity, with a view to European and international ecological networks. Similarly to the Alpine convention, the Apennine NPs are part of the "Apennine Park of Europe", established by a specific convention, which involves the 15 Apennine regions and officially recognizes a strategic role for the Apennines in the Euro-Mediterranean context. However, this agreement is an unfulfilled project because even if it defines several and important obligations for the contracting parties, actually, it have not yet been translated into operational actions. Finally, there are no national conventions for coastal and retro-coastal NPs; for which there is instead an important international initiative (AdriaPAN project) which involves several protected coastal and marine areas of the Adriatic Sea.

The study area considered is just over 15,000 km² (5% of the national territory), considering all municipalities that include the parks (i.e. 500 of the approximately 7900 Italian municipalities). Currently, about 2,700,000 inhabitants (4.5% of the national population) live in the study area and the major part of these inhabitants are concentrated in the coastal and retro-coastal NPs territory (over 1,500,000 inhabitants, equal to 55% of the total) (Fig. 1). Moreover, the economies of the NPs affect national taxable income by approximately 3.3%, with an increase in total income of 35% between 2001 and 2016 (in line with the national increase, which is about 38%).

3. MATERIAL AND METHOD

The assessment of the existing degree of environmental fragmentation was carried out through a series of indicators that allow both to analyze the intensity of the anthropogenic pressure and to evaluate the alteration of the environmental matrix. On the other hand, the geography, the environmental characteristics and the ecological quality of the habitats highlight the ecological value of

the places and the greater or lesser resilience of these systems to environmental stresses. For this purpose, the distribution of forest has been taken into account because, in general, they represent an essential component of the Italian and European landscape and because they also perform various ecological functions; as well as being among terrestrial ecosystems that are the richest in biodiversity (Buccella, 2014; Marchetti & Mariano, 2006). Therefore, it is essential to know the geographical location of both the areas most compromised by anthropic systems and, on the contrary, areas that are still able to have a connective role in relation to the park area. All this in order to know the territories and make strategic choices aimed at maintaining and/or restoring an effective and efficient ecological network with regard to the provision of essential ecosystem services and the possibility to ensure potential biotic flows. Therefore, the analysis covers area's limits and beyond in order to have proof of disaggregation grade of the environmental matrix.

From the methodological point of view, a centroid has been associated with each park and, from all these centroids, radial buffers have been drawn at a distance of 5 km between each of them. Subsequently, all the radial buffers were divided into 8 angular sectors, each of which equal to 45° (Fig. 2); clockwise from geographic north.

In this way, each portion of territory is uniquely identified both by the distance from the centroid and by belonging to a specific radial sector (for example: 5 km sector II).

The threshold distance used in drawing the radial buffers is not fixed, but it varies in each NPs and it has been set to include the administrative limits of the municipalities that are part of the considered park. For each territorial portion thus identified, the following indicators were calculated:

$$ID_{ij} = \frac{\sum A_{impj}}{A_{ij}} (\%) \text{ (A) (Impermeabilization density);}$$

$$IE_{ij} = \frac{\sum I_{ij}}{A_{ij}} (\text{m/km}^2) \text{ (B) (Infrastructural equipment);}$$

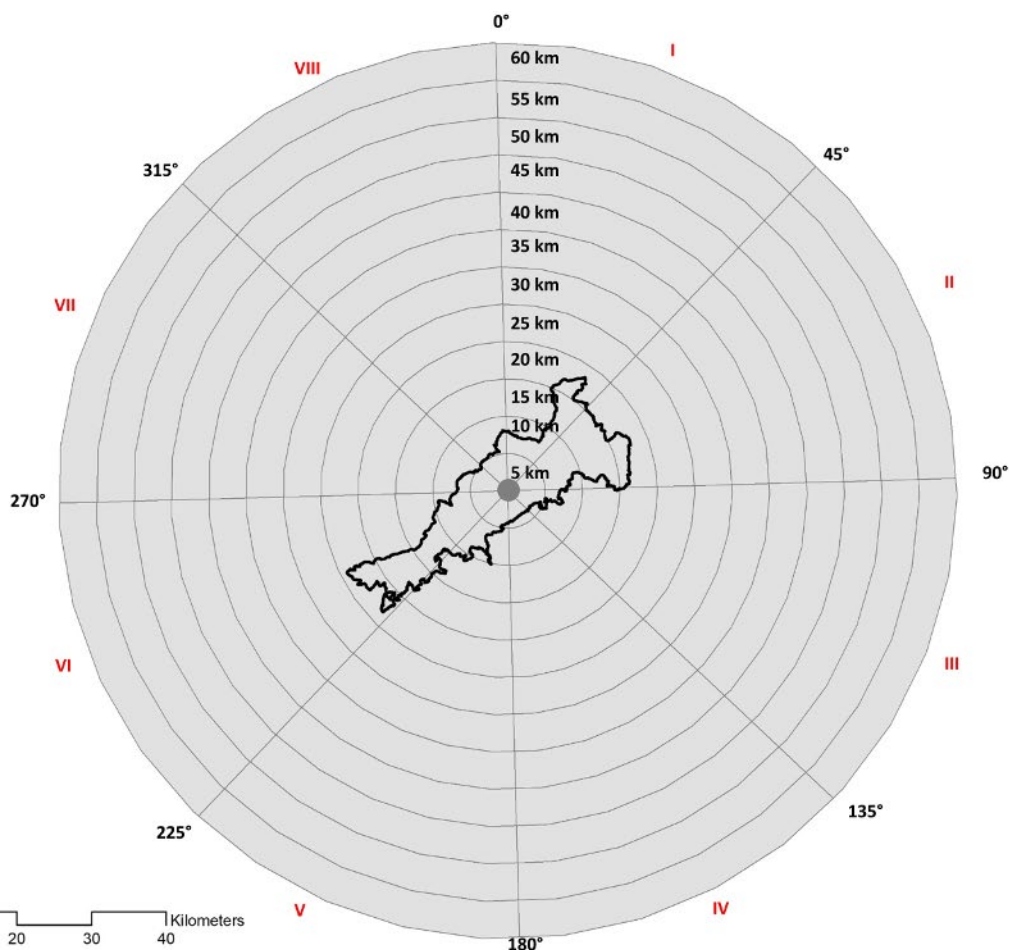


Figure 2: Distance and sector diagram used for radial buffers. *Source: own elaboration.*

$$FCI_{ij} = \frac{\sum Af_{ij}}{A_{ij}} (\%) \text{ (C) (Forest Coverage Index);}$$

$$EVI_{ij} = \frac{\sum Ave_{ij}}{A_{ij}} (\%) \text{ (D) (Ecological Valence Index);}$$

where:

- $A_{imp_{ij}}$ = waterproof surface in the radial sector i and buffer j ;
- A_{ij} = surface of the radial sector i and buffer j ;
- l_{ij} = road section in the radial sector i and buffer j ;
- Af_{ij} = forest area in the radial sector i and buffer j ;
- Ave_{ij} = high ecological value surface in the radial sector i and buffer j .

The highly ecological surfaces refer to the Natura 2000 network sites.

The data used in this paper result from different sources. In particular, waterproof areas and forest surfaces derive from the National Soil Cover Map (<http://groupware.sinanet.isprambiente.it/uso-copertura-e-consumo-di-suolo/library/copertura-del-suolo>) which has a geometric resolution of 10 meters/pixel and it is updated to 2017. The sealed soil is the surface covered by layers of impermeable material preventing the absorption of surface water. It includes built-up land and land used for other purposes that require paving, such as streets, squares and parking lots. It includes in general such cases where the natural soil layers are entirely removed and replaced by other materials for improving stability and non-deformability of surfaces.

Moreover, data concerning the years of approval of the urban planning tools in force in the municipalities of the NPs were analyzed; taking the relevant information from national reports which are periodically drawn up by the National Urban Planning Institute (INU). The data used in this work are updated to 2016 (INU, 2016), with the following 5 sections: before 1995, 1995-2000, 2000-2010, after 2010 and "no plans". Instead, data related to the infrastructures and to Natura 2000 network sites (with information about geographic localization and typological classification in SCIs/SACs and SPAs) were extracted from the national geographic database (<http://www.pcn.minambiente.it/mattm/>), which is updated to 2018. In particular, the types of infrastructure considered are the following: motorways, provincial roads, state roads and railways. Instead, municipal roads have not been taken into consideration because the da-

taset is not currently available. Finally, ISTAT census data were used for the analysis of the demography (www.istat.it).

The indices (A) and (B) relate to urban transformations of the territory and, consequently, provide information about its level of environmental fragmentation. On the contrary, indices (C) and (D) refer to the state of the environmental quality still present in the considered systems. The joint analysis of the 4 indices considered allows to identify the areas still characterized by: good ecological value, minimal urban interference and anthropogenic disturbance. Therefore, this method allows identifying areas that can potentially fulfill ecological connection functions. Moreover, the evaluation of the degree of alteration in the various radial sectors allows to identify the most trouble areas and therefore to implement specific actions for spatial renovation which could recover the fragmentation conditions detected. For this purpose, a composite index called "Environmental Impedance Index" (EII) was then elaborated and calculated using the 4 indices (A, B, C and D) previously defined. Its formulation is shown below:

$$EII = (A+E) - (C+D)$$

where:

$$E = \frac{(B)_{ij}}{DI_{maxij}} (\%)$$

The maximum infrastructural density value for each territorial sector has been defined equal to the ratio between the sum of the 10 circumference arcs (one every 500 meters) contained between two consecutive buffers and the area enclosed between them. In this case, the environmental impedance defines the capacity of a territory in performing ecological connection functions. Although simple in its formulation, this index is very effective because it expresses the degree of anthropic interference in each sector into numerical form. Its values vary from a maximum of 200, which identifies a condition of maximum anthropization (maximum impedance), to a minimum of - 200 which, on the contrary, defines a high quality of the environmental matrix (minimum impedance).

4. RESULTS

The analysis of values from indices (A), (B), (C) and (D) calculated for the different NPs shows substantial differences between the 3 types iden-

tified and described previously. In particular, the Alpine parks have a sealing rate below 1%, a IE value equal to about one tenth of the national value (about 740 m/km²) and a high ecological value (EVI over 90%). On the contrary, the coastal and retro-coastal NPs show a high sealing within the protected areas with values that reach and exceed 3%; with the exception of the Gulf of Orosei and Gennargentu NP (1.3%) and Alta Murgia NP (2%). The Vesuvio NP is the one with the highest sealing density (about 9%) and it has a higher value than the national one (about 7.6%). While the infrastructural equipment has a value very similar to that of the Alpine NPs, with the Circeo NP reaching the national one while it is even double for the Cinque Terre one. The coastal and retro-coastal NPs still show a good level of environmental quality (EVI = 70% and FCI = 65%). Finally, the current condition in the Apennine NPs is strongly affected by marginality of its areas whose hard morphology has certainly influenced its development. In these territories there is both a high ecological value (about 70%) and the highest forest cover value (slightly higher than 70%), thanks to the low infrastructure (equal to about 50% of the national value) and a sealing density that does not exceed 3%. The settlement dynamics analyzed in the last period (2012-2016) show a further loss of soil in the

municipalities of the NPs (about 11 km²) equal to about 5.5% of the total soil lost in Italy. From a total of 11 km², almost 6 km² concerned the territory of the municipalities of the coastal and retro-coastal NPs and only 80 hectares the Alpine one.

From the comparison between the update of the plans and the recent settlement dynamics, it is clear that 4 km² of the 11 km² of land consumed for urban use regards municipalities with plan before 1995, a further 2 km² concern those with a plan updated between 1995 and 2000 while just under 1 km² affected the municipalities with a recent plan (after 2010). Figure 3 shows the percentage breakdown of the municipalities of the parks in the various classes of updating of the plans, also taking into account their belonging to the 3 categories of parks which have been previously described.

Considering the Alpine NPs, it seems that 70% of the considered municipalities have a plan after 2000 while 30% of these have an urban plan approved after 2010. Furthermore, there are no municipalities without plan and a negligible percentage has an old plan (before 1995). As for the municipalities of the coastal and retro-coastal NPs, urban planning for about 50% of these territories is regulated by plans prior to 1995 while few municipalities have an updated plan after 2010, as well as those without an urban plan. Fi-

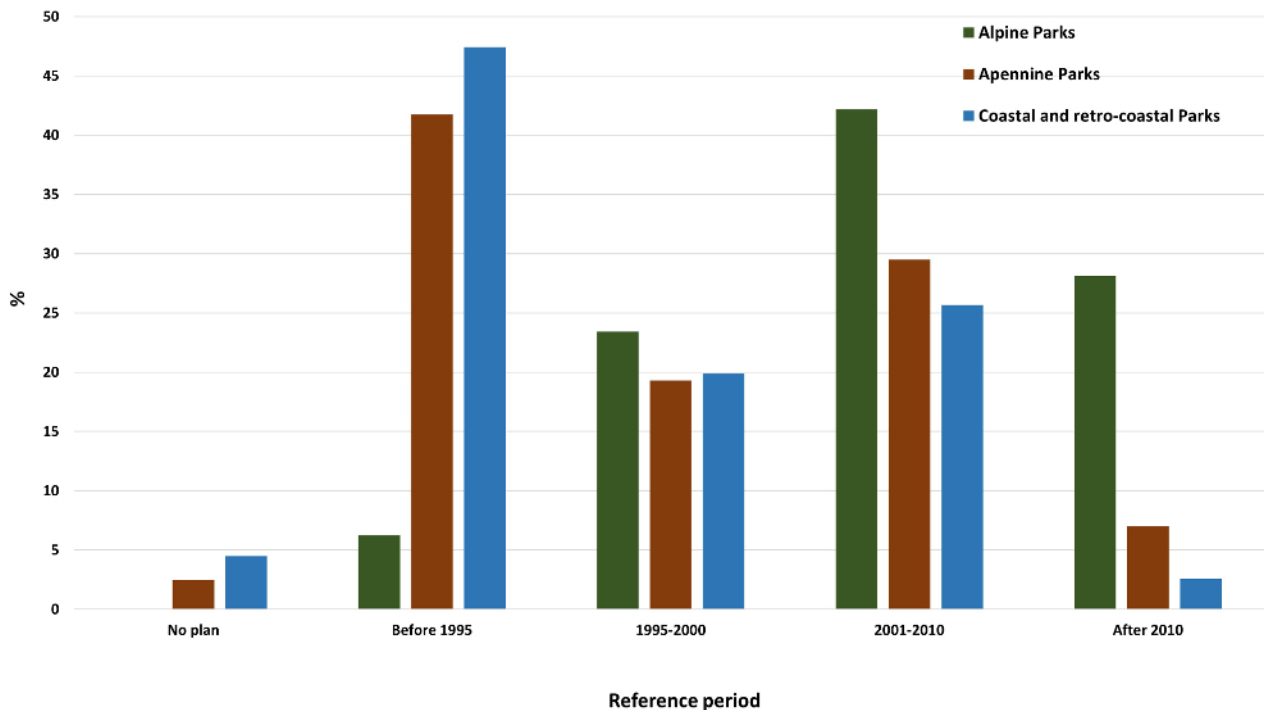


Figure 3: Percentage breakdown of the municipalities of the parks in the various classes of updating of the plans. *Source: own elaboration.*

nally, the condition found in the municipalities of the Apennine NPs is similar to the previous typological category except for a greater percentage of municipalities with plan updated after 2010. Overall, over 70% of the population of all municipalities in the NPs lives in territories with plans approved over a quarter of a century ago while only 6% lives in municipalities with recent urban planning (plans after 2010). Instead, the following figures show the performance of the Environmental Impedance Index for the NPs, always divided by type. Almost all coastal and retro-coastal NPs are characterized by low impedance values within the protected perimeter but high impedance values in the areas very close to this border (Fig.4 - Annex material 1). Among these, the cases of the Vesuvio NP, the Circeo NP and the Gargano NP are emblematic because the effects related to the strong anthropization of their territories are very evident. Otherwise, the lowest impedance values are found for: Gulf of Orosei and Gennargentu NP and Cilen-

to and Vallo di Diano NP. Moreover, the Alta Murgia NP and the Cinque Terre NP show an evident directionality of the Environmental Impedance Index and they maintain entire sectors with minimum impedance values that could therefore still perform important connective functions.

In the territories of the Alpine NPs, there are no high impedance values except for some limited areas. This difference does not compromise any radial sectors analyzed. In this case, morphology plays a role of primary importance in limiting settlement proliferation, but the strong naturalness of the places also gives these territories an important ecosystem and connective function (Fig.5 - Annex material 2).

Finally, the analysis developed for the Apennine NPs (Fig. 6 - Annex material 3) shows that some of them do not have high impedance values along the whole investigated area (i.e. Casentinesi Forests, Monte Falterona and Campigna NP, Sibillini Mountains NP, Sila NP, Aspromonte NP and Abruzzo,

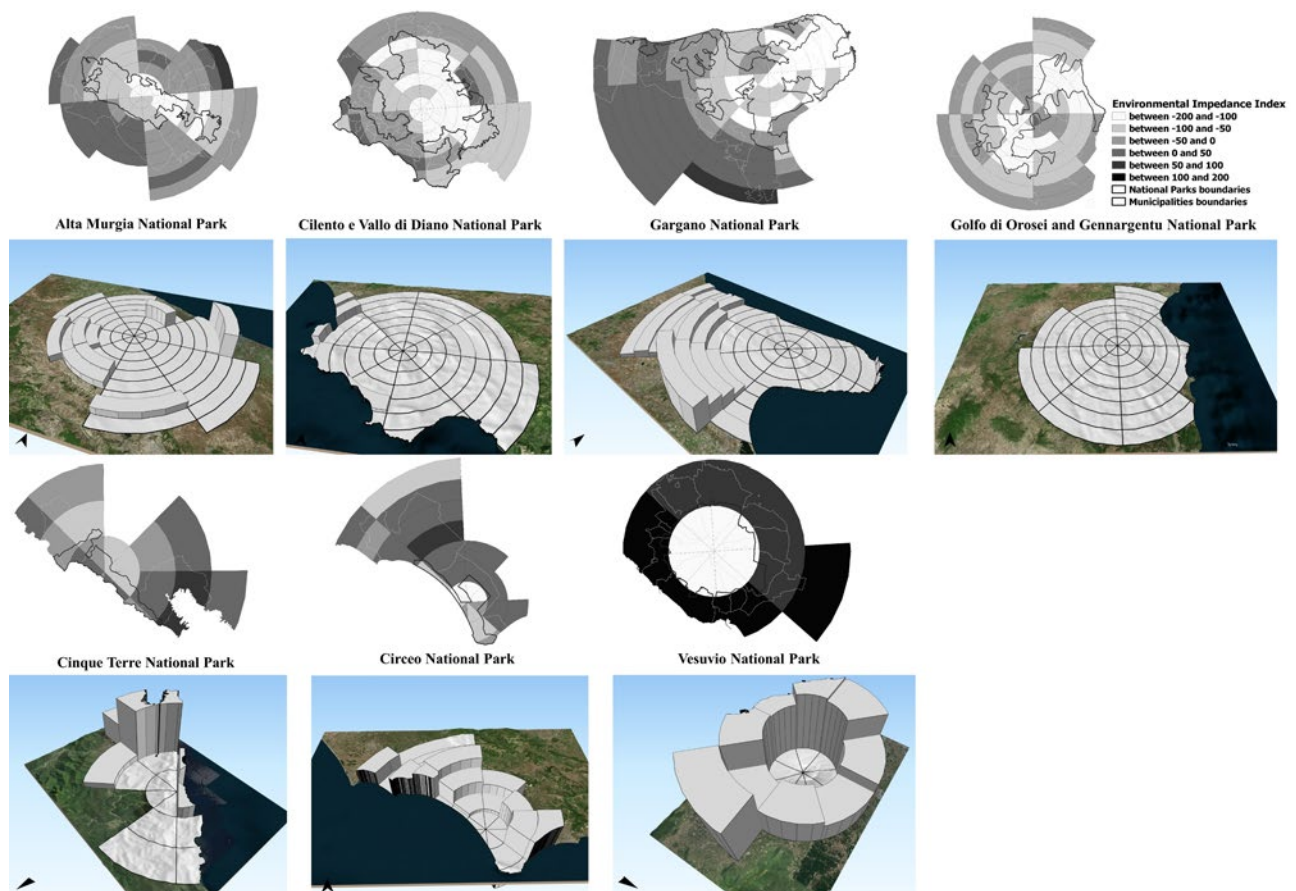


Figure 4: Environmental Impedance Index for the municipalities of the coastal and retro-coastal NPs. The height of each radial sector is a function of the environmental impedance index value. Source: own elaboration.

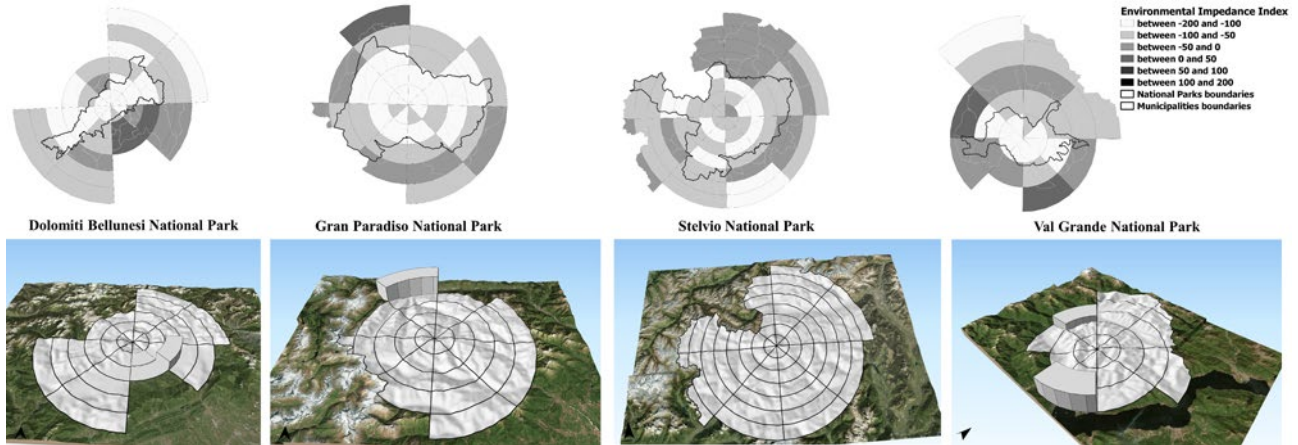


Figure 5: Environmental Impedance Index for the municipalities of the Alpine NPs. *Source: own elaboration.*

Lazio and Molise NP) while others of these have some sectors that seem more compromised, such as the Lucano Apennines - Val d'Agri - Lagonegres NP. In the latter case, the presence of oil fields has strongly influenced the infrastructure and urban development of these territories. Moreover, the north-east sectors of the Gran Sasso and Monti della Laga NP show high values of Environmental Impedance Index just beyond the protected area borders, due to the presence of the A24 motorway and the urban centers of L'Aquila and Teramo. For the Maiella NP, the northern territories show high impedance values due to the presence of urban areas that follow the A25 motorway, that from Pescara reaches Bussi sul Tirino. This road axis creates an important environmental break between the last two NPs and in particular between the Bussi officine area and Tocco da Casauria where the borders of the two parks are on average 300 meters as the crow flies.

The Tuscan-Emilian Apennines NP has a different condition than other NPs of the same category. In fact, the Environmental Impedance Index shows medium-high values externally the protected area border on several radial sectors and in particular those of the west and south-west area in the municipalities of Licciana Nardi and in particular of Aulla, an important Tuscan crossroad and the main commercial and industrial center of Lunigiana.

5. DISCUSSION

Obtained results clearly show the different conditions about ecosystem interference in Italian NPs.

As mentioned above, the historical presence of the settlement has partly contributed to the creation of the complex and articulated eco-mosaic but the lack of both planning process, in addressing the transformative actions, and the control instruments have greatly reduced environmental continuity (Marucci et al., 2017); with a consequent increase in ecosystem fragmentation and disturbance. Indeed, the development of the new settlement in the ecosystem and landscape has often followed transformative choices dependent on a single municipality and often also on a single person (Berdini, 2010), from north to south of the country, with deleterious effects on the functionality and sustainability of the settlement as well as on the environmental system. In general, in the urban transformation processes, the ecological potential, linked to the connective capacities of particular geographical areas, did not fall within the objectives of the municipal planning instrument, both because these concepts were affirmed late in the various scientific forums and because they presuppose a change of scale with respect to the municipal scale, which is characteristic of Italian regulatory plans.

While, the management of complex systems, such as those of ecological networks, should provide for a single possibility of implementation at the municipal scale relating to strategic rules defined at higher planning levels (for example at regional level), where it is possible to identify the framework of environmental continuity. In some cases, the concept of environmental conservation seems to have been applied within the boundaries of the park, thus causing a sort of "urban siege" just outside the perimeter of the protected area. In

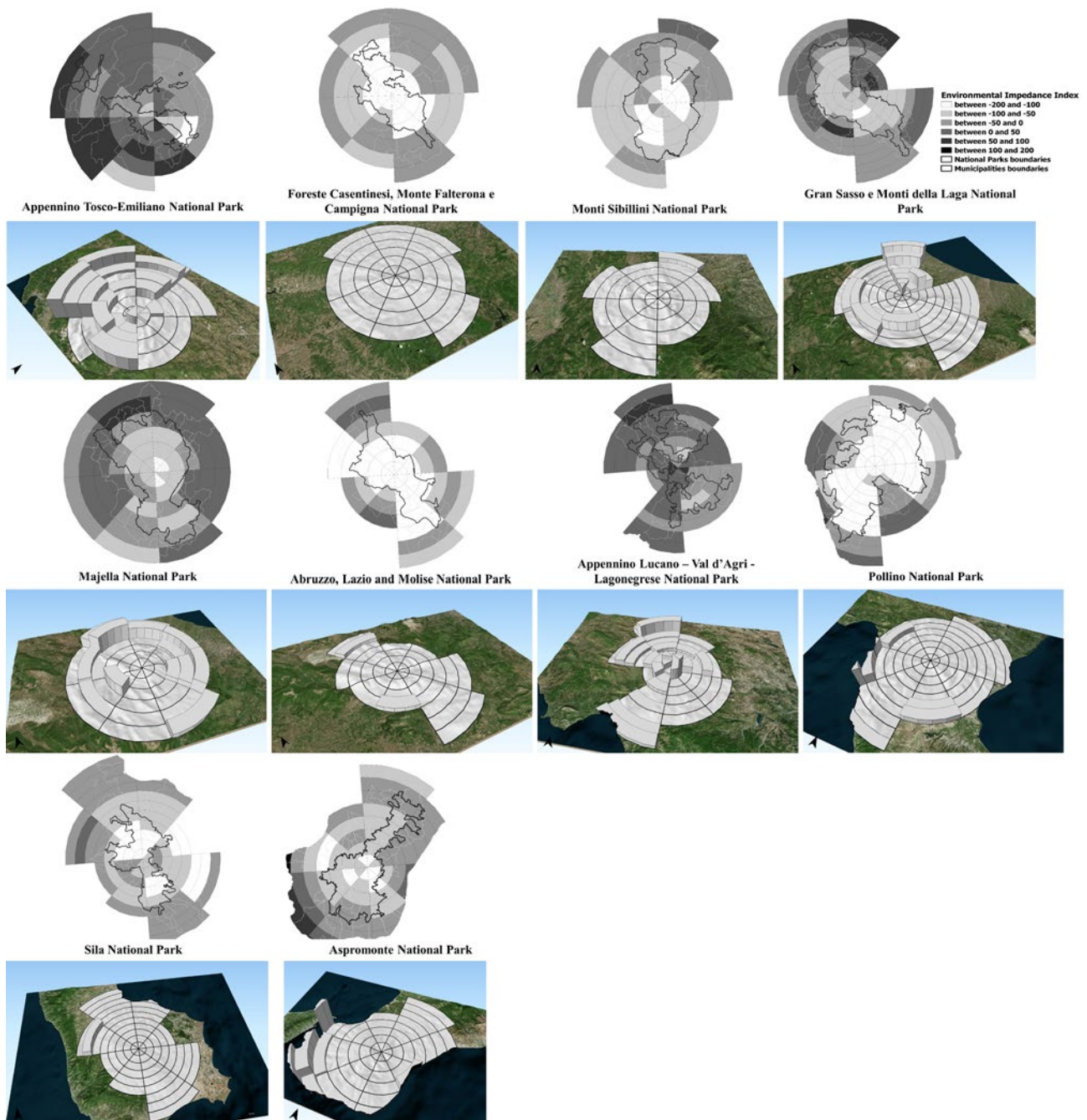


Figure 6: Environmental Impedance Index for the municipalities of the Apennine NPs. *Source: own elaboration.*

the case of the Vesuvio NP, in the Circeo NP and in part in the Gargano NP, for example, the status of protected area has managed to preserve partially the internal functionality of these ecosystems but has increased the anthropic pressure around their borders, compromising possible areas fundamental for ecological connection. The sealing rates are in fact high in all sectors surrounding

the park area and therefore severely limit possible ecological connections with the surrounding environmental system, also making difficult any de-fragmentation interventions. The outcome of the conducted analysis has shown that it is extremely necessary to better control the transformations in the contiguous areas because they could irreversibly compromise the connective potential be-

tween the protected areas. Moreover, these territories have undergone transformations for several years oriented by “extemporaneous measures” or through derogatory procedures due to the age of the urban instruments of the involved municipalities; and this is true for most of the municipalities of the NPs.

Therefore, it is necessary to know the system of gates along the road axes together with tools that allow the preventive assessment of the effects of the settlement and the planned infrastructures on the system of environmental continuity in order to achieve an effective ecological network. For this result, it is necessary to create an updated, dynamic and multiscale framework that must be the knowledge base for the eco-strategically oriented choices at the regional level. This could represent the reference for all planning levels, from regional scale to local one, to orient the transformations in a sustainable way.

Another key aspect is the lack of a mosaic of the current municipal planning instruments, in fact it would allow to know the overall anthropic transformations foreseen for each NP. Currently, it is not possible to outline an evolutionary scenario about the future configuration of the territory (possible only for single municipality) and this represent a serious limit as well as an important threat to the institutional purposes of the protected area. Because of lack of national legislation, which regulates both the updating times of municipal urban planning tools and their ontological and technical homologation, there is an information gap which, therefore, allows little more than 7,900 municipalities to transform the territory without any strategic vision. All this without knowing what is happening in the neighboring municipalities but, above all, without knowing how the planned transformations fit into a wider and more complex territorial framework that would need approaches and knowledge that unfortunately cannot be considered at the local scale. A temporary solution could be to draw up the mosaic of municipal planning instruments for each NP, to get an idea of the urban transformative trends and therefore operate by preserve environmental continuity.

6. CONCLUSIONS

Nature should not be managed except to mitigate the corrosive effects of human interference. The

Nature Based Solutions (NBSs), applied in various sectors for several years, are oriented towards this (Fini et al., 2017; Tomao et al., 2017). However, the conservation of nature, the maintenance of ecological networks and, consequently, the provision of ecosystem services are all aspects which have a common root and which concern the creation/management of ecological connections. Paying attention to the protected area alone, although important, now appears to be highly limiting in a wider and complex territorial system, where economic development is linked to the creation of networks, physical connections (infrastructures, service networks) and the management of flows (people, information, materials, etc.) which provide the improvement of the quality of life. To all this, it must be added the strong pervasiveness of the Italian settlement, which is poorly governed in its forms, in its functions and, even less, in its spatial organization. So, it clearly emerges that the correct integration between environmental networks and anthropic system requires a broad interpretative scale with a high and comprehensive information detail. As for the latter point, the integration between satellite technologies, UAV (Unmanned Aerial Vehicle) technologies and GIS (Geographic Information System) techniques allow the creation of efficient and effective Territorial Information Systems capable of supporting and addressing environmental and urban policies, at all administrative levels. In fact, such knowledge allows an organic, integrated and, above all, continuous reading of the territory, over time and space. While the properties of the Territorial Information Systems allow the development of realistic evolutionary scenarios based on the policies adopted, in addition to the management of the information assets.

If the problem seems to be relatively simple from a purely technological and technical point of view, everything changes considering the decision-making powers on issues, which concern transformative actions but also those of protection and conservation. And the articulated and over-layered Italian planning system could represent a problem for the integration of these policies. An urban reform seems to be necessary to provide the planning of a large-area scale with an integrated approach and the necessary cogency, which then guarantees the effective translation of the policies adopted into actions and location choices. It is not enough to identify the ecological connections between areas with different degrees of protection

at the regional level, but their permanence and functionality must be guaranteed. This fact cannot be separated from an urban planning applied to the same territorial level and with the necessary cogency able to orient the transformative choices which take place at the less extensive territorial levels, as already happens in other European and international countries. So, the powers of the municipalities, current holders of decision-making powers on urban transformative actions, should be reduced, giving them to superordinate bodies (region, provinces, metropolitan cities), thus strengthening tools with a better strategic vision. In this new perspective, Park bodies would still maintain a strategic role in addressing environ-

mental and transformative policies, in the various municipalities, contributing to the creation of an internal network, within the park, that takes into account the different role and functions of the different centers of the park community. This hierarchical network could be aimed at creating a synergistic economy that could trigger potential loops necessary to revitalize these places, especially in the marginal areas of the peninsula. The municipalities would therefore have the role of both implementing the planned decisions and monitoring the actual implementation of these interventions, with an overview to functional and ecologically developed urban planning in the various territorial realities

CONOSCENZE TERRITORIALI PER LA GESTIONE DI INFRASTRUTTURE VERDI FINALIZZATE AL MANTENIMENTO DELLA CONTINUITÀ AMBIENTALE. UNO STUDIO SUI PARCHI NAZIONALI ITALIANI

1. INTRODUZIONE

L'Italia è il Paese europeo con la maggiore varietà di habitat e specie viventi (MATTM, 2013) ma anche quello che ha subito uno dei più intensi processi di urbanizzazione (Zullo et al., 2018; Romano et al., 2017; Ceccarelli et al., 2014; Marchetti et al., 2014; Romano & Zullo, 2012; Bonifazi & Hains, 2001). Sebbene negli ultimi 60 anni siano andati persi per scopi urbani oltre 1,5 milioni di ettari di suolo (5% dell'estensione nazionale), la penisola conserva ancora una elevata valenza ambientale legata alla particolare conformazione geomorfologica e paesaggistica che ha garantito il mantenimento di una enorme ricchezza di biodiversità e di paesaggi. Secondo i dati dell'ultimo rapporto ISPRA (2018), la densità di impermeabilizzazione dell'Italia è pari a 7.6% quasi doppia rispetto a quella europea (4.1%), che lo colloca al sesto posto tra i Paesi dell'Europa dei 27 (Istat, 2017). D'altra parte però, in Italia si concentrano oltre 60.000 km² (20% circa del territorio nazionale) di siti appartenenti alla rete natura 2000 che lo porta ad essere il quarto paese europeo con l'estensione territoriale maggiore in valore assoluto (Romano & Zullo, 2016). Il 60% di queste aree è situato a quote superiori ai 600 m slm (il 40% sopra i 1000 m slm) mentre percentuali decisamente inferiori interessano i territori di pianura e quelli costieri. In questo articolato e complesso mosaico, la permanenza di reti ecologiche funzionali ed efficienti appare un compito certamente non facile ma di cruciale importanza, specie in alcune aree della penisola, tenendo conto soprattutto della particolare conformazione geografica dell'insediamento italiano. L'estrema diffusione e pervasività geografica di quest'ultimo derivano da una carenza di politiche territoriali coordinate negli obiettivi e nelle finalità di salvaguardia ambientale cui si legano normative poco o nulla restrittive ed una eccessiva stratificazione della pianificazione. Questa condizione comporta troppo spesso problemi di scarso raccordo tra le politiche dei diversi set-

tori (paesaggio, agricoltura e selvicoltura, energia ecc.) (Marchetti et al., 2019) ma anche e soprattutto una inutile ridondanza di norme, tra loro poco coordinate e, a volte, anche in parziale contraddizione (Zullo et al., 2015). Un ulteriore vulnus sta nell'attuazione di strumenti pianificatori previsti dal legislatore (i.e., piani del Parco, piani di gestione dei SIC) ma di fatto quasi mai presenti e ancor meno attuativi. L'effetto in termini di degrado ambientale e di segregazione spaziale è stato rilevante ed oggi si è in presenza di aree ecologicamente importanti letteralmente assediate da questi insediamenti diffusi (Gemitzi et al., 2019; Saganeiti et al., 2018; Huang et al., 2018; Mcdonald et al., 2008) oltretutto molto spesso poco resilienti e poco resistenti ai cambiamenti (Salvati et al., 2015) ed alle diverse tipologie di rischio (Cutini & Di Pinto, 2018; Palmisano et al., 2018; Zumpano et al., 2018; Zullo et al., 2018; Corradi & Gritti, 2018; Pisano et al., 2017; ISPRA, 2015; Cutini, 2013; Tilio et al., 2012). In questo contesto, le aree protette, e la loro connessione a formare reti in grado di coinvolgere la matrice in cui esse sono immerse, avranno un ruolo sempre più centrale non solo per la conservazione della biodiversità, ma anche per l'accresciuta consapevolezza globale che disporre di un capitale naturale integro vuol dire migliorare la qualità della vita umana (Mullin et al., 2018; Olmos-Martinez et al., 2018; Aronson et al., 2016). Partendo da questi presupposti, il lavoro analizza l'attuale grado di interferenza ecosistemica dell'insediamento e la qualità degli habitat nella matrice territoriale dei parchi nazionali (PN) italiani attraverso una attenta analisi di prossimità direzionale. È stato inoltre implementato un efficace indicatore che consente di individuare i settori maggiormente compromessi unitamente alle valenze ecologiche ancora presenti. Tale metodologia consente di tracciare una mappa delle responsabilità gestionali sia alla scala comunale sia alla scala del singolo parco. I risultati ottenuti potranno poi essere utilizzati per definire interventi mirati di ricucitura spaziale ma anche orien-

Tipologia	Denominazione Parco ed anno di istituzione	Superficie (km ²) complessiva comuni area parco	Numero dei comuni	Abitanti residenti (2018)	Densità Abitativa 2018 (Hab/km ²)	Indice di vecchiaia (Residenti >65 anni/ Residenti <14 anni)
Parchi alpini	Parco Nazionale del Gran Paradiso (1922)	710,824	13	7978	11,22	230,60
	Parco Nazionale dello Stelvio (1933)	1307,340	23	65550	49,83	125,76
	Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi (1993)	310,114	15	106799	344,39	217,12
	Parco Nazionale della Val Grande (1993)	147,231	13	12386	84,13	229,47
Parchi litoranei-retrocostieri	Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano (1992)	1792,621	81	218918	122,12	194,85
	Parco Nazionale dell'Alto Marone (2004)	686,563	13	422204	614,95	123,21
	Parco Nazionale del Gargano (1995)	1210,307	17	202381	167,21	159,51
	Parco Nazionale del Golfo di Oristano e del Gennargentu (1998)	738,854	24	55515	75,14	205,11
	Parco Nazionale delle Cinque Terre (1989)	38,571	5	102456	2656,27	235,45
	Parco Nazionale del Circeo (1934)	88,314	3	157060	1778,42	152,34
	Parco Nazionale del Veluvio (1995)	83,072	13	349703	4209,65	110,45
Parchi Appenninici	Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano (2002)	227,506	13	42370	185,89	302,41
	Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, Monte Falterona e Campigna (1993)	369,382	11	41759	113,05	222,29
	Parco Nazionale dei Sibillini (1993)	698,876	15	20168	28,86	270,30
	Parco Nazionale dello Stivello (1993)	743,915	39	86671	116,51	237,24
	Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga (1995)	1437,436	44	134974	93,90	216,33
	Parco Nazionale d'Abruzzo, Lazio e Molise (1923)	508,724	24	25308	49,75	284,64
	Parco Nazionale dell'Appennino Lucano, Val d'Agri Lagonegrese (2007)	695,672	26	70091	100,75	176,44
	Parco Nazionale del Pollino (1980)	1837,471	56	146098	79,51	231,40
	Parco Nazionale dello Stivello (2002)	779,660	19	138049	177,06	148,69
	Parco Nazionale dell'Agromonte (1989)	651,327	38	209646	414,00	158,13
Totale		15064	505	2676684	177,619	164,47

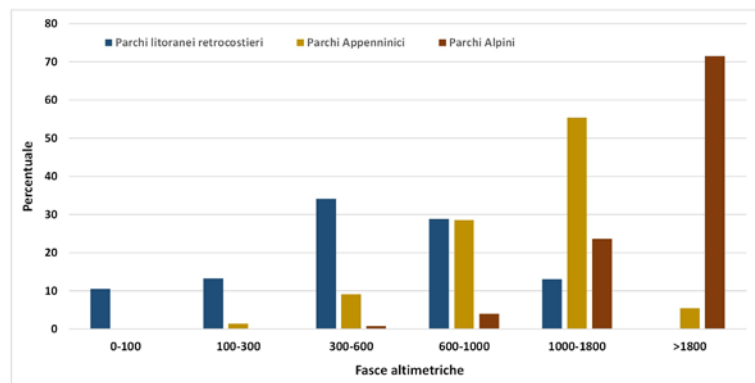


Figura 1: Classificazione tipologica dei Parchi nazionali considerati e relativa ripartizione percentuale nelle diverse fasce altimetriche. *Fonte: Elaborazione degli autori.*

tare le scelte di trasformazione urbana finalizzati al miglioramento dell'efficienza delle connessioni ecologiche per preservare nel tempo la necessaria funzionalità della rete.

2. AREA DI STUDIO

L'area di studio è rappresentata dai parchi nazionali italiani a meno di quelli i cui confini interessano i territori di isole (PN di Pantelleria, PN della Maddalena, PN dell'Asinara ed il Parco Nazionale dell'Arcipelago toscano). Essi sono stati distinti in: PN litoranei-retrocostieri, PN alpini e PN appenninici (Fig.1). Questa suddivisione tipologica, tiene conto anche delle diverse iniziative che si sono succedute soprattutto dagli anni 2000 in poi e che ne hanno considerato i diversi contesti geografici, geomorfologici e paesaggistici. I PN alpini sono già da anni oggetto di convenzioni e programmi nazionali (SAPA – Rete delle Aree Protette Alpine Italiane) ed internazionali (ALPARC ad esempio) volti a valorizzare e rafforzare il loro ruolo nella regione biogeografica alpina in chiave ecosistemica e di connettività nell'ottica di reti ecologiche europee ed internazionali. Sulla falsa riga della Con-

venzione delle Alpi, i PN appenninici fanno parte di quello che venne definito "Appennino Parco d'Europa" istituito da una specifica convenzione che coinvolge le 15 regioni della dorsale appenninica e riconosce un ruolo strategico all'Appennino nel contesto euro-mediterraneo. La convenzione definisce diversi ed importanti obblighi per le parti contraenti che però non si sono tradotti, ad oggi, in azioni operative rimanendo pertanto un progetto inattuato. Per i PN costieri non ci sono convenzioni di livello nazionale. Si sottolinea però una importante iniziativa di livello internazionale (progetto AdriaPAN) che coinvolge diverse aree protette costiere e marine del Mar Adriatico. L'area di studio, considerando la superficie complessiva dei comuni dell'area parco ammonta quindi a poco più di 15.000 km² (5% del suolo nazionale), coinvolgendo 500 dei circa 7900 comuni italiani dove attualmente risiedono circa 2.700.000 abitanti (4,5% della popolazione nazionale) la maggior parte dei quali concentrati nei territori dei PN litoranei-retrocostieri (oltre 1.500.000 pari al 55% del totale) (vedi fig.1). Le economie dei PN incidono per il 3,3% circa sul reddito imponibile nazionale con un aumento del reddito totale tra il 2001 ed il 2016 del 35% in linea con l'incremento nazionale (+38% circa).

3. MATERIALI E METODI

La valutazione del grado di frammentazione ambientale esistente è stata effettuata attraverso una serie di indicatori che permettono di analizzare l'intensità della pressione antropica esercitata dagli ambienti urbani sulla componente ecosistemica e quindi il grado di compromissione della matrice naturale. Di contro, la geografia degli habitat unitamente alla valutazione della loro qualità evidenzia la valenza ecologica dei luoghi ma anche la maggiore o minore resilienza di questi sistemi agli stress ambientali. A tal fine è stata valutata la distribuzione delle superfici forestali che da un lato rappresentano una componente essenziale del paesaggio italiano ed europeo in generale, mentre dall'altro assolvono numerose funzioni ecologiche oltre che essere tra gli ecosistemi terrestri più ricchi di biodiversità (Buccella, 2014; Marchetti & Mariano, 2006). Risulta quindi fondamentale conoscere come sono geograficamente distribuite rispetto all'area parco le aree maggiormente compromesse

dagli ambienti antropizzati e quelle invece ancora in grado di assolvere un ruolo connettivo nell'ottica di mantenimento/ripristino di una rete ecologica efficace ed efficiente in merito all'erogazione degli essenziali servizi ecosistemici ed alla possibilità di garantire potenziali flussi biotici. Per tale ragione quindi l'analisi è stata estesa ben oltre i confini dell'area protetta in maniera tale da avere contezza dell'attuale grado di disgregazione della matrice naturale.

Ad ogni PN è stato quindi associato il suo centroide e, da questo, sono stati poi tracciati dei buffer radiali a distanza di 5 km. Ognuno di questi buffer radiali è stato suddiviso in 8 settori angolari di 45° ciascuno (Fig.2) in senso orario a partire dal nord geografico. Ogni porzione di territorio è identificata univocamente quindi da una distanza dal centroide e da un preciso settore radiale (es: 5 km settore II).

La distanza limite fissata nel tracciare i buffer radiali varia nei diversi PN ed è stata impostata in maniera da comprendere i limiti amministrativi

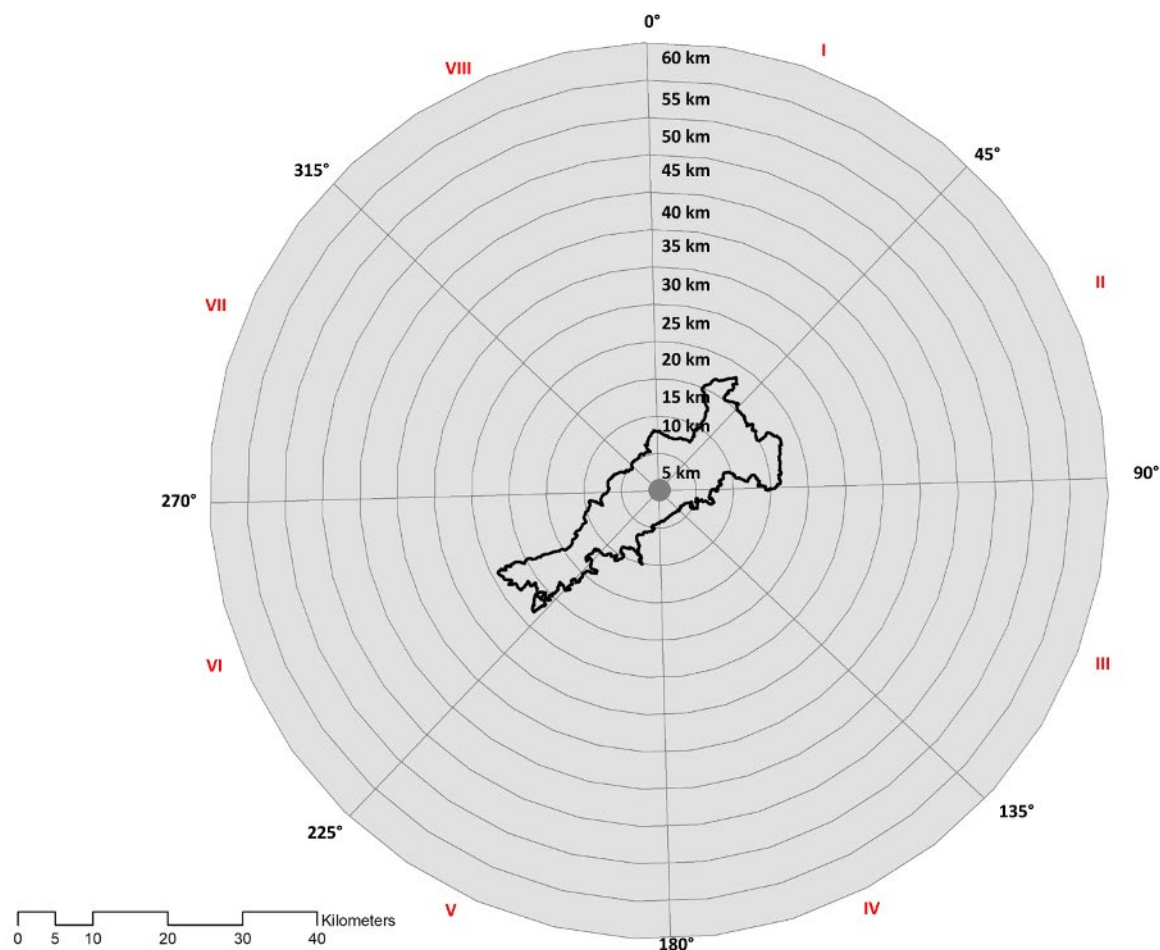


Figura 2: Schema dei buffer di distanza e dei settori radiali utilizzati. *Fonte: Elaborazione degli autori.*

dei comuni che fanno parte della comunità del PN. Per ogni porzione territoriale così individuata, sono stati calcolati i seguenti indicatori:

$$DI_{ij} = \frac{\sum A_{imp_{ij}}}{A_{ij}} (\%) \text{ (A) (Densità di Impermeabilizzazione);}$$

$$DI_{ij} = \frac{\sum l_{ij}}{A_{ij}} (\text{m}/\text{km}^2) \text{ (B) (Dotazione Infrastrutturale);}$$

$$IC_{ij} = \frac{\sum Af_{ij}}{A_{ij}} (\%) \text{ (C) (Indice di Copertura Forestale);}$$

$$IVE_{ij} = \frac{\sum Ave_{ij}}{A_{ij}} (\%) \text{ (D) (Indice di Valenza Ecologica);}$$

Dove:

- $A_{imp_{ij}}$ = Superficie impermeabilizzata nel settore radiale i di buffer j ;
- A_{ij} = Superficie del settore radiale i di buffer j ;
- l_{ij} = Tratto stradale nel settore radiale i di buffer j ;
- Af_{ij} = Superficie forestale nel settore radiale i di buffer j ;
- Ave_{ij} = Superficie a elevata valenza ecologica nel settore radiale i di buffer j .

Le superfici ad elevata valenza ecologica fanno riferimento ai diversi siti che costituiscono la Rete Natura 2000.

I dati utilizzati nel presente lavoro derivano da fonti diverse. In particolare, la geografia delle aree impermeabilizzate unitamente alla copertura delle superfici forestali deriva dalla Carta Nazionale di Copertura del Suolo (<http://groupware.sinanet.isprambiente.it/uso-copertura-e-consumo-di-suolo/library/copertura-del-suolo>) con risoluzione geometrica pari a 10 metri/pixel aggiornata al 2017. Le superfici impermeabilizzate sono quelle superfici coperte da strati di materiale impermeabile che impediscono l'assorbimento delle acque superficiali. Sono comprese sia le parti di suolo edificato, sia quelle parti destinate ad altri usi che necessitano di una pavimentazione come strade, piazze e parcheggi e tutti i casi in cui gli strati di suolo naturale vengono completamente asportati per sostituirli con altri materiali che migliorano la stabilità e la indeformabilità delle superfici. Sono stati altresì analizzati i dati relativi agli anni di approvazione degli strumenti urbanistici vigenti nei comuni del PN estraendo le relative informazioni dai Rapporti nazionali che vengono periodicamente redatti dall'Istituto Nazionale

di Urbanistica. La sezione utilizzata nel presente lavoro è quella aggiornata al 2016 (INU, 2016) con le 5 cronosezioni <1995, 1995-2000, 2000-2010, post 2010 e "nessun piano". I dati invece relativi alle infrastrutture stradali e ferroviarie e quelli relativi alla dislocazione geografica dei siti della rete natura 2000 che riportano anche la classificazione tipologica di tali siti (SIC/ZSC,ZPS) sono stati estratti dal Geoportale Nazionale (<http://www.pcn.minambiente.it/mattm/>) con aggiornamento al 2018. Le tipologie infrastrutturali considerate sono le seguenti: autostrade, strade provinciali, strade statali e ferrovie. Non sono state prese in considerazione le strade comunali in quanto il dataset non è, ad oggi, disponibile. I dati dei censimenti ISTAT sono stati utilizzati per l'analisi della componente demografica (www.istat.it).

Gli indici (A) e (B) attengono le trasformazioni urbane della matrice e, conseguentemente, forniscono informazioni circa il suo livello di frammentazione ambientale. Gli indici (C) e (D), al contrario, si riferiscono allo stato della qualità ambientale ancora presente. L'analisi congiunta dei parametri considerati permette di individuare gli spazi caratterizzati ancora da una buona valenza ecologica, da condizioni di disturbo antropico e di interferenza urbana minime, tali da assolvere potenzialmente funzioni di connessione ecologica. Di contro, la conoscenza del grado di compromissione dei diversi settori individuati consente di poter intervenire attraverso mirate azioni di ricucitura spaziale che potrebbero ridurre le condizioni di frammentazione rilevate. E' stato quindi elaborato un indice composito definito Indice di Impedenza Ambientale (o IIA) costruito utilizzando gli indici definiti precedentemente. Di seguito viene riportata la sua formulazione:

$$IIA = (A+E) - (C+D)$$

dove:

$$E = \frac{(B)_{ij}}{DI_{maxij}} (\%)$$

Il valore di densità infrastrutturale massimo per ogni settore territoriale è stato definito pari al rapporto tra la somma dei 10 archi di circonferenza (uno ogni 500 metri) contenuti tra due buffer consecutivi e l'area racchiusa tra questi ultimi. L'impedenza ambientale definisce la maggiore o minore capacità di un dato settore territoriale nell'assolvere funzioni di connessione ecologica. Semplice nella sua forma, tale indice si rivela essere molto efficace nel tradurre in forma numerica il grado di interferenza antropica in ogni settore. I valori

oscillano da un valore massimo pari a 200, che individua una condizione di massima antropizzazione (massima impedenza) a -200 che al contrario definisce una elevata qualità della matrice naturale (minima impedenza).

4. RISULTATI

L'analisi dei valori degli indici (A), (B), (C) e (D) calcolati nei perimetri dei PN mostra differenze sostanziali tra le tipologie individuate e descritte. In particolare, i parchi alpini presentano un tasso di impermeabilizzazione al di sotto dell'1% un valore di DI pari circa un decimo del valore nazionale (circa 740 m/km²) ed una elevata valenza ecologica (Ive superiore al 90%). Al contrario, i PN litoranei-retrocosteri denunciano una non trascurabile impermeabilizzazione all'interno del perimetro tutelato con valori che raggiungono e superano il 3% ad eccezione del PN del Golfo di Orosei e del Gennargentu (1,3%) e dell'Alta Murgia (2%). Il PN del Vesuvio è quello con la densità di impermeabilizzazione più elevata (9% circa) valore superiore a quello nazionale (7.6%). La dotazione infrastrutturale, al contrario, ha un valore molto simile a quello registrato per i PN alpini, con il PN del Cir-

ceo che raggiunge quello nazionale mentre è addirittura doppio per quello delle Cinque Terre. I PN litoranei-retrocosteri mostrano ancora però un buon livello di qualità ambientale (Ive =70% e Icf = 65%). La situazione nei PN appenninici risente fortemente della condizione di aree marginali la cui aspra morfologia ne ha condizionato fortemente lo sviluppo. La scarsa dotazione infrastrutturale, pari a circa il 50% del valore nazionale, unitamente ad una densità di impermeabilizzazione che non supera il 3%, fa registrare in questi luoghi una elevata valenza ecologica (Ive pari al 70%) ed il più alto valore di copertura forestale (Icf poco superiore al 70%). Le dinamiche insediative analizzate nell'ultimo periodo (2012-2016) mostrano una ulteriore perdita di suolo nei comuni dei PN (circa 11 km²) pari a circa il 5,5% di quanto complessivamente perso in Italia. Di questi 11 km², quasi 6 km² hanno interessato il territorio dei comuni dei PN litoranei-retrocosteri e soli 80 ha quelli dei PN alpini. Dal confronto tra le cronosezioni di aggiornamento dei piani e queste stesse dinamiche insediative recenti, emerge chiaramente come ben 4 degli 11 km² di suolo consumati ad uso urbano riguarda comuni con una pianificazione antecedente il 1995, ulteriori 2 km² quelli con un piano aggiornato tra il 1995-2000 mentre poco meno di 1 km² ha interessato i territori di con un piano recente (post 2010).

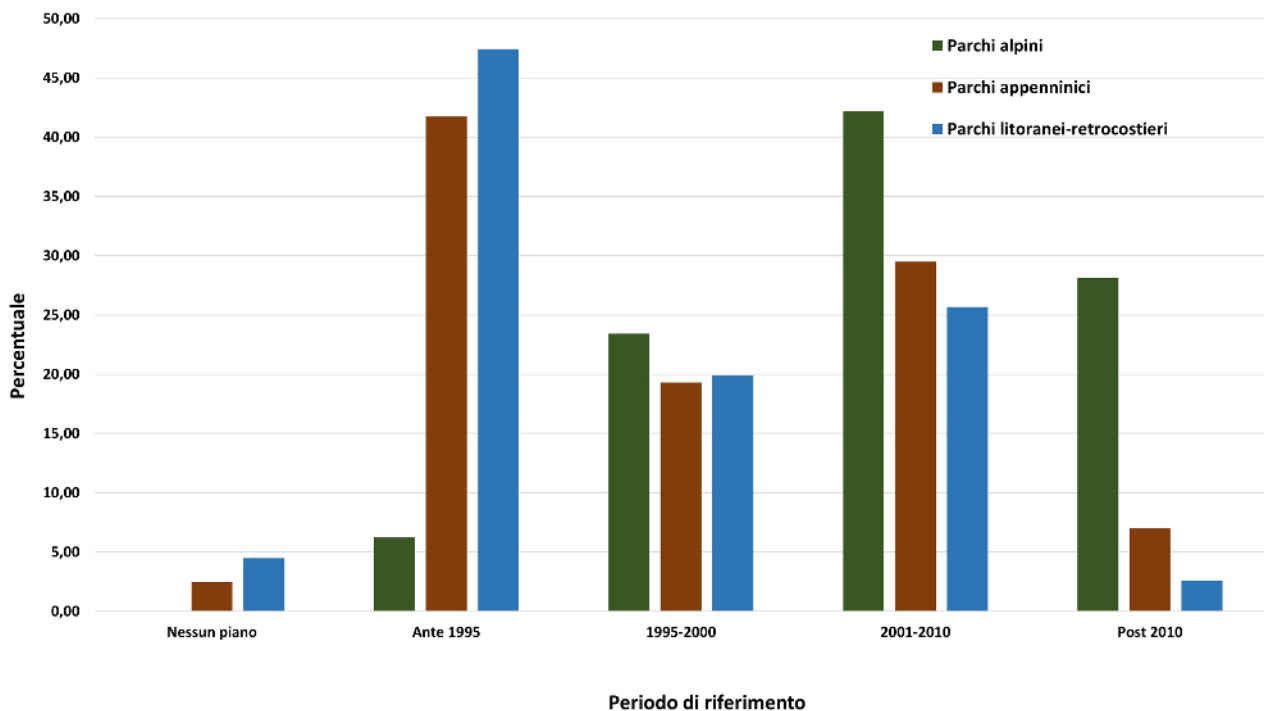


Figura 3: Ripartizione percentuale dei comuni dei parchi tra le diverse cronosezioni di aggiornamento dei piani. *Fonte: Elaborazione degli autori.*

La figura 3 mostra la ripartizione percentuale dei comuni dei parchi nelle diverse cronosezioni di aggiornamento dei piani per le 3 tipologie di PN.

Il 70% dei comuni dei PN alpini è dotata di un piano successivo al 2000, un 30% di questi invece possiede uno strumento urbanistico approvato dopo il 2010. Inoltre non ci sono comuni sprovvisti di piano ed una percentuale irrisoria ne ha vigente uno vetusto (antecedente il 1995). La pianificazione nei territori del 50% circa dei comuni dei PN litoranei-retrocostieri è affidata a strumenti antecedenti al 1995 mentre sono pochissimi quelli con un piano aggiornato dopo il 2010, come anche quelli privi di uno strumento urbanistico. La situazione rilevata nei comuni dei PN appenninici è simile a quella della categoria tipologica precedente a meno di una maggiore percentuale di comuni con il piano aggiornato dopo il 2010. Complessivamente ben oltre il 70% della popolazione dei comuni dei PN vive in territori con piani approvati oltre un quarto di secolo fa mentre solo il 6% in-

vece risiede in comuni con strumenti urbanistici recenti (post 2010).

Le figure che seguono mostrano invece la geografia dell'IIA per i diversi PN suddivisi per tipologia. Una condizione che caratterizza pressoché tutti i PN litoranei-retrocostieri (Fig.4 – Annex material 1) è quella di avere un valore di impedenza basso all'interno del perimetro tutelato ma elevato nelle aree adiacenti tale confine. Emblematici sono i casi dei PN del Vesuvio, del Circeo ed anche del PN del Gargano dove risultano evidenti gli effetti legati alla forte antropizzazione dei luoghi. Al contrario, una condizione di impedenza minima si riscontra per i PN del Golfo di Orosei e del Gennargentu e per il PN del Cilento e Vallo di Diano. Una maggiore direzionalità dell'indice traspare per i territori del PN dell'Alta Murgia e delle Cinque Terre dove si rilevano degli interi settori con valori minimi dell'IIA che potrebbero quindi assolvere ancora importanti funzioni connettive.

Nei territori dei PN alpini non si rilevano condi-

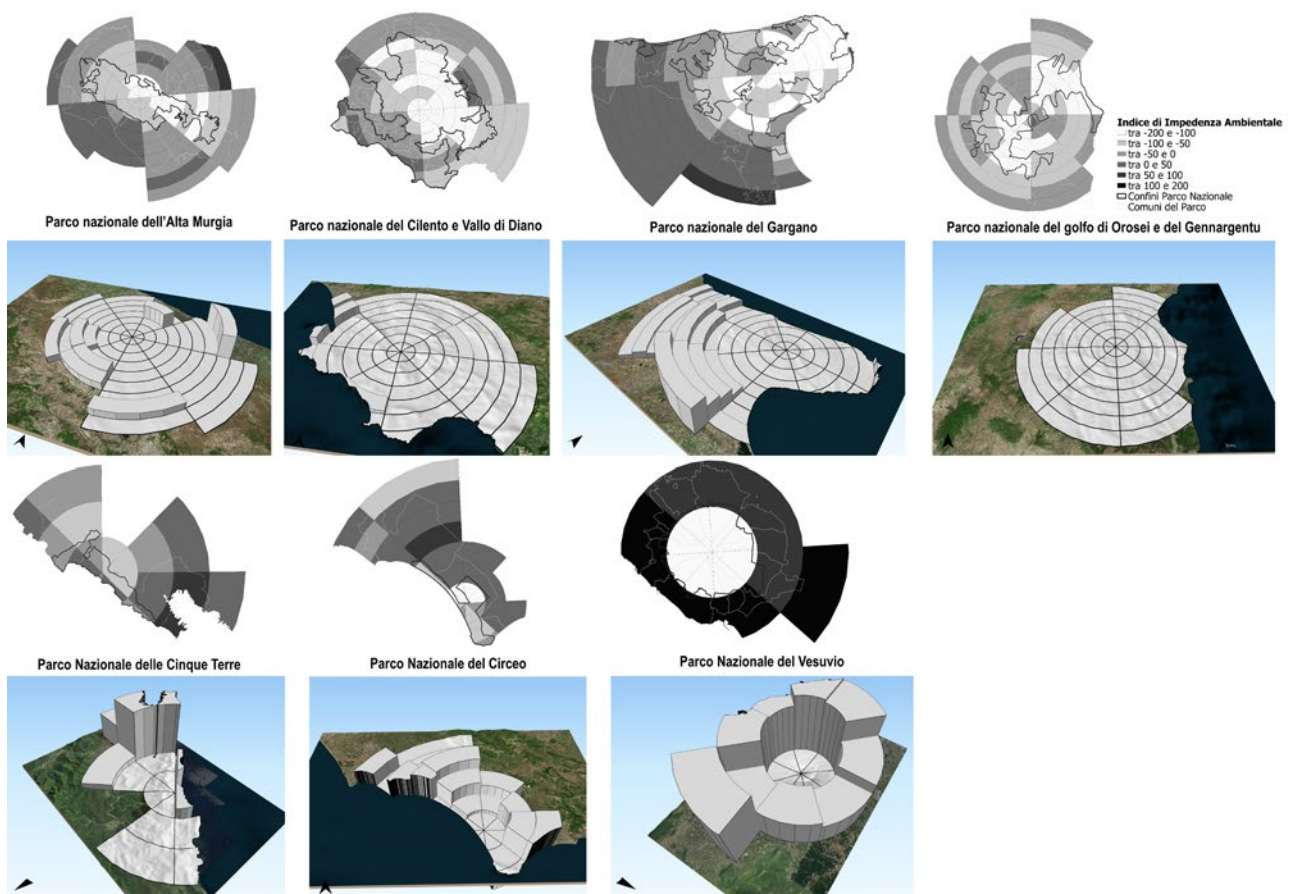


Figura 4: Geografia dell'Indice di Impedenza Ambientale per i comuni dei territori dei Parchi nazionali litoranei-retrocostieri. L'altezza attribuita a ciascun settore radiale è funzione del valore dell'indice di impedenza ambientale rilevato. Fonte: Elaborazione degli autori.

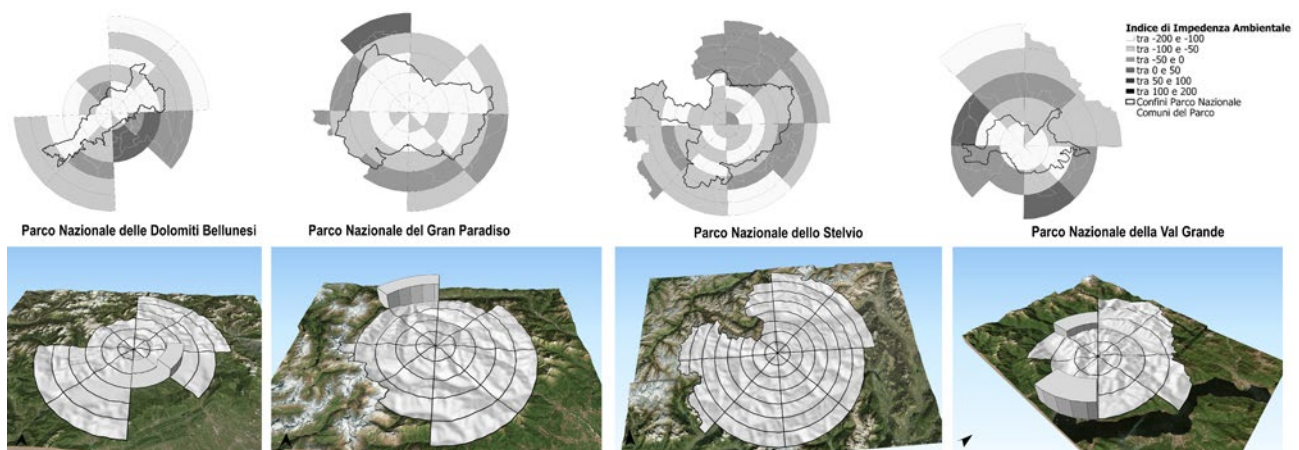


Figura 5: Geografia dell'Indice di Impedenza Ambientale per i comuni dei territori dei Parchi nazionali alpini. *Fonte: Elaborazione degli autori.*

zioni di elevata impedenza se non per alcune aree limitate e che non compromettono nessuno dei settori radiali analizzati. La morfologia ovviamente ha un ruolo di primaria importanza nel contenimento della proliferazione insediativa ma emerge chiaramente anche la forte naturalità dei luoghi che attribuisce a tali territori una importante funzione in chiave ecosistemica e connettiva (Fig.5 – Annex material 2).

L'analisi per i PN appenninici (Fig.6 – Annex material 3) evidenzia come ci siano alcuni di essi (PN delle Foreste Casentinesi Monte Falterona e Campigna, PN dei Monti Sibillini, PN della Sila, PN Aspromonte e il PN dell'Abruzzo, Lazio e Molise) che non presentano elevati valori dell'IIA lungo tutta l'area indagata, ma altri dove invece alcuni settori appaiono maggiormente compromessi. E' il caso del PN dell'Appennino Lucano – Val d'Agri - Lagonegrese dove la presenza dei giacimenti petroliferi ha fortemente condizionato lo sviluppo infrastrutturale ed urbanistico di questi territori. I settori a nord-est del PN del Gran Sasso e Monti della Laga appena al di là del confine tutelato mostrano valori elevati dell'IIA dovuti agli effetti indotti dalla presenza dell'Autostrada A24 e dei centri urbani di L'Aquila e Teramo. Le frange a nord del PN della Maiella mostrano valori elevati dell'IIA dovuti alla presenza delle aree urbane che seguono lo snodo autostradale dell'A25 che da Pescara arriva fino a Bussi sul Tirino. Tale asse viario crea una cesura ambientale importante tra i due ultimi PN ed in particolar modo tra la zona di Bussi officine e Tocco da Casauria dove i confini dei due parchi distano mediamente 300 metri in linea d'aria. Il PN dell'Appennino Tosco-Emiliano presenta una condizione diversa rispetto agli altri PN della

stessa tipologia. L'IIA infatti assume valori medio alti esternamente il confine protetto su diversi settori radiali ed in particolare quelli della zona ovest e sud-ovest nei comuni di Licciana Nardi ed in particolare di Aulla importante crocevia toscano e principale centro commerciale e industriale della Lunigiana.

5. DISCUSSIONE

Dal quadro tracciato emergono chiaramente le diverse condizioni di interferenza ecosistemica nei PN italiani. Come indicato in precedenza, la presenza storica dell'insediamento ha in qualche misura contribuito alla creazione del complesso ed articolato ecosistema ma le carenze del sistema della pianificazione nell'indirizzare i processi trasformativi unitamente ad una pressoché totale assenza di meccanismi di controllo, hanno fortemente ridotto la continuità ambientale (Marucci et al., 2017) con conseguente aumento del livello di disturbo e della frammentazione ecosistemica. Difatti, l'inserimento delle nuove parti di costruito nell'ecosistema e nel paesaggio ha spesso seguito, da nord a sud del Paese, scelte trasformatrici dipendenti dal singolo comune ma anche spesso dal singolo individuo (Berdini, 2010) con effetti deleteri sulla funzionalità e sulla sostenibilità stessa dell'organismo urbano oltre che sul sistema ambientale. In questi processi di trasformazione urbana, le potenzialità ecologiche legate alle capacità connettive di particolari aree geografiche non rientravano affatto nei processi di formazione degli strumenti urbanistici, sia perché tali concetti

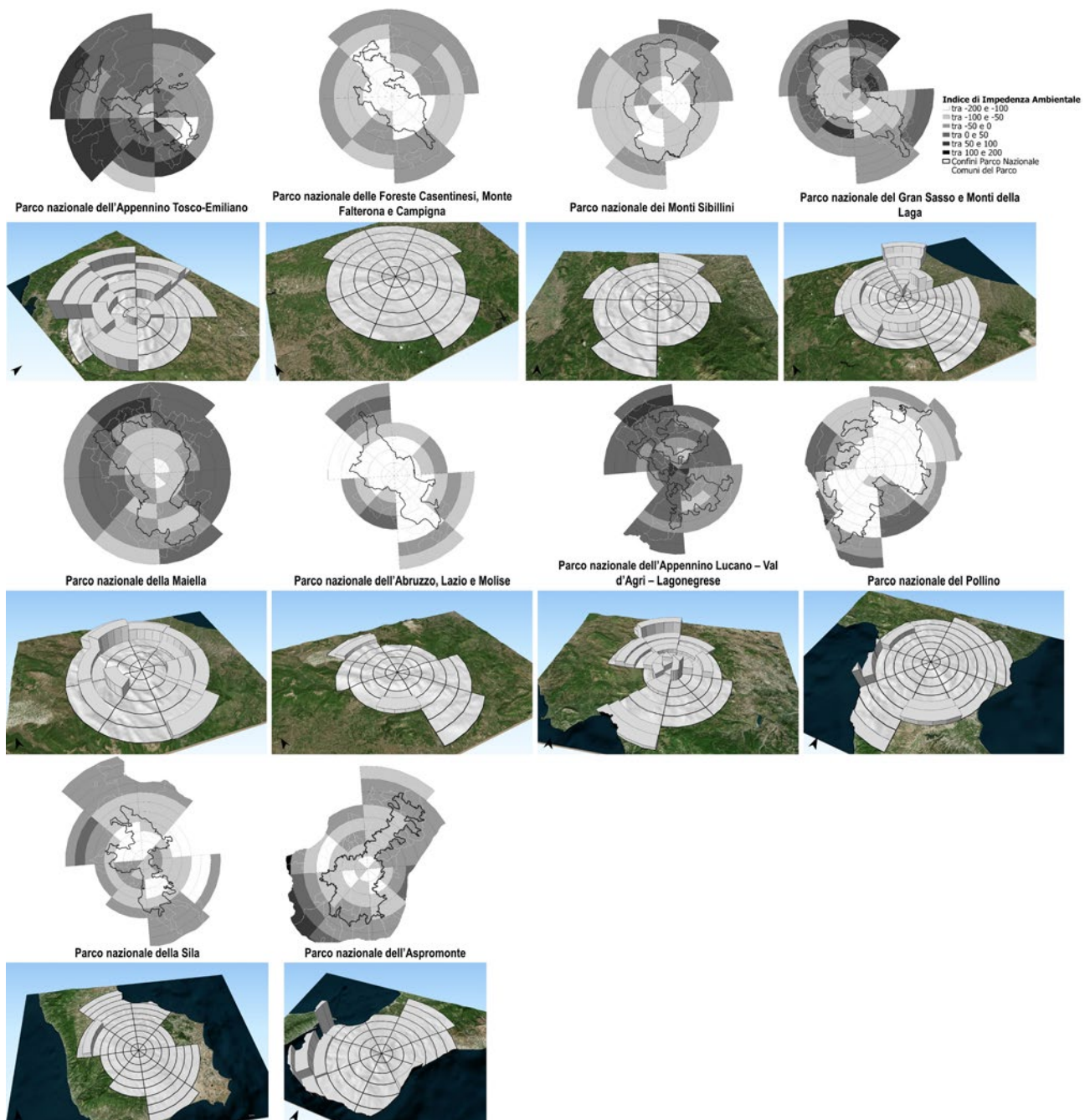


Figura 6: Geografia dell'Indice di Impedenza Ambientale per i comuni dei territori dei Parchi nazionali appenninici. *Fonte: Elaborazione degli autori.*

si affermano tardi nei vari consessi scientifici sia perché presuppongono un passaggio di scala rispetto a quella dei piani regolatori italiani. La gestione di sistemi complessi come appunto quelli delle reti ecologiche dovrebbe prevedere alla scala comunale una sola dimensione attuativa relativa a disposizioni strategiche definite a livelli di pianificazione sovraordinati dove è pos-

sibile strutturare operativamente il quadro della continuità ambientale. In taluni casi il concetto di conservazione ambientale sembra essere stato contingentato ai soli limiti del Parco, causando letteralmente uno stato di "assedio urbano" appena al di fuori del perimetro protetto. E' il caso del PN del Vesuvio, ma anche di quello del Circeo ed in parte del Gargano dove lo status di area protetta è riu-

scito a preservare in qualche misura la funzionalità interna ma ha aumentato la pressione antropica attorno i confini compromettendo di fatto possibili aree deputate alla connessione ecologica. I tassi di impermeabilizzazione rilevati in stretta adiacenza sono infatti elevati in tutti i settori che circondano l'area parco e limitano pertanto fortemente le possibili connessioni ecologiche con il sistema ambientale circostante, rendendo inoltre difficili possibili interventi di deframmentazione. L'esito della analisi condotta ha dimostrato come sia oltremodo necessario controllare maggiormente le trasformazioni che interessano le aree contigue e che potrebbero compromettere in modo irreversibile le potenzialità connettive tra le aree tutelate. Inoltre, e questo è vero per la maggior parte dei comuni dei PN, questi territori subiscono da diversi anni trasformazioni guidate da provvedimenti estemporanei o attraverso procedure derogatorie dovute alla vetustà degli strumenti urbanistici dei comuni coinvolti. E' necessario quindi colmare un ulteriore gap informativo che prevede la conoscenza del sistema dei varchi lungo gli assi viari unitamente a strumenti che permettono la valutazione preventiva degli effetti dell'insediamento e delle infrastrutture programmate sul sistema della continuità ambientale al fine di realizzare quella che può essere definita rete ecologica efficace. Si tratta quindi di realizzare un quadro conoscitivo aggiornato, dinamico e multiscalare di portata regionale come contenuto informativo ed eco-strategicamente orientato. Questo potrebbe rappresentare il riferimento di base per tutte i livelli di pianificazione esistente, da quello regionale a quello locale attraverso i quali orientare le trasformazioni in maniera sostenibile nel territorio di competenza.

Altro aspetto chiave è l'assenza di un quadro complessivo delle trasformazioni antropiche previste dai vigenti strumenti di pianificazione comunale relativamente il singolo PN. Ad oggi non è possibile tracciare uno scenario evolutivo circa l'assetto del territorio a meno del singolo ente comunale e questo rappresenta un grave *vulnus* oltre che una importante minaccia alle finalità istitutive dell'area protetta. L'assenza di una normativa nazionale che regoli sia i tempi di aggiornamento degli strumenti urbanistici comunali sia la loro omologazione ontologica e tecnica crea un vuoto informativo che, in sostanza, permette a poco più di 7.900 unità amministrative di trasformare il territorio senza alcuna visione strategica, senza avere contezza geografica di quello che accade nei comuni limitrofi ma soprattutto senza conoscere come le

trasformazioni da loro previste si inseriscono in un quadro territoriale più ampio e complesso che presuppone approcci e conoscenze che alla scala locale non possono, per ovvie ragioni, essere considerate. Una soluzione transitoria potrebbe essere quella di redigere il mosaico degli strumenti urbanistici comunali per ogni singolo PN che permetterebbe di avere un quadro aggiornato delle tendenze trasformative affinché si possa intervenire salvaguardando la continuità ambientale.

6. CONCLUSIONI

La natura non dovrebbe essere gestita se non per attenuare gli effetti corrosivi dell'interferenza umana. In tal senso vanno le NBSs (Nature Based Solutions) ormai applicate in vari settori da diversi anni (Fini et al., 2017; Tomao et al., 2017). La conservazione della natura, il mantenimento delle reti ecologiche e di conseguenza l'erogazione dei servizi ecosistemici sono però tutti aspetti che hanno una radice comune e che riguarda la creazione/gestione delle connessioni ecologiche. Porre l'attenzione alla sola area protetta, anche se importante, appare ormai fortemente limitante in un contesto territoriale più ampio dove lo sviluppo economico è agganciato alla creazione di connessioni fisiche (infrastrutture, reti di servizi), di reti ed alla gestione dei flussi (persone, informazioni, materiali) che consentano il miglioramento della qualità della vita. A ciò bisogna aggiungere la forte pervasività dell'insediamento italiano, poco governato nelle sue forme, nelle sue funzioni e ancor meno nella sua organizzazione spaziale. Emerge chiaramente quindi come la corretta integrazione delle reti ambientali con il sistema antropico abbisogna di una scala interpretativa ampia con un dettaglio informativo elevato ed omnicomprensivo. Per quanto riguarda quest'ultimo punto, l'integrazione delle tecnologie satellitari e SAPR con le consolidate tecniche GIS consentono la creazione di efficienti ed efficaci Sistemi Informativi Territoriali (SIT) in grado di supportare ed indirizzare le politiche ambientali e urbane ad ogni livello amministrativo. Tali conoscenze difatti consentono una lettura organica, integrata e soprattutto continua nel tempo e nello spazio del territorio mentre le proprietà dei SIT, oltre alla gestione del patrimonio informativo, permettono di elaborare scenari evolutivi realistici sulla base delle politiche adottate. Se da un punto di vista puramente tecnologico e

tecnico la questione sembra essere relativamente semplice, diverso è invece il discorso legato ai poteri decisionali in merito alle questioni non solo trasformative ma anche di tutela e di conservazione. L'articolato e stratificato sistema della pianificazione italiana potrebbe infatti rappresentare un problema nel favorire l'integrazione richiamata pocanzi. Una riforma urbanistica sembra essere necessaria per dotare la pianificazione di area vasta di un approccio integrato e della necessaria coerenza che garantisca poi l'effettiva traduzione delle politiche ivi adottate in azioni e scelte localizzative. Non basta quindi individuare le connessioni ecologiche tra le aree a diverso grado di tutela a livello regionale, occorre poi garantire la loro permanenza e funzionalità nel tempo e questo non può prescindere da una pianificazione urbanistica applicata al medesimo livello territoriale e dotata della necessaria coerenza in grado di orientare le scelte trasformative che avvengono ai livelli territoriali meno estesi, come d'altronde succede già in altri Paesi europei ed internazionali. In al-

tre parole si tratterebbe quindi di depotenziare i comuni, attuali detentori dei poteri decisionali in merito alle questioni trasformative, attribuendoli di fatto agli enti sovraordinati (regione, province/città metropolitane), rafforzando strumenti con chiara *vision* strategica. Gli enti Parco in questa nuova ottica manterrebbero comunque un ruolo strategico nell'indirizzare le politiche ambientali e trasformative nei diversi comuni contribuendo alla creazione di un network interno al parco che tenga conto del diverso ruolo e delle funzioni dei diversi centri della comunità del parco. Tale rete gerarchica potrebbe essere finalizzata alla creazione di una economia sinergica che potrebbe poi innescare potenziali circoli virtuosi necessari per rivitalizzare tali luoghi, specie nelle aree marginali della penisola. Ai comuni resterebbe quindi il ruolo di attuare le decisioni pianificate ma anche quello di monitorare l'effettiva realizzazione di tali interventi nell'ottica di una pianificazione urbanistica funzionale ed ecologicamente declinata nelle diverse realtà territoriali.

REFERENCES

- Aronson, J.C., Blatt, C.M., & Aronson, T.B. (2016). Restoring ecosystem health to improve human health and well-being: Physicians and restoration ecologists unite in a common cause. *Ecology and Society*, 21(4), 39. doi: 10.5751/ES-08974-210439
- Berdini, P. (2010). *Breve storia dell'abusivismo edilizio in Italia. Dal ventennio fascista al prossimo futuro*. Saggine, 166. Roma, IT: Donzelli.
- Bonifazi, C. & Heins F. (2001). Dynamics of urbanisation in Italy. In *Proceedings of XXIV general population conference* (pp. 1–26). Salvador, BR: IUSSP.
- Buccella, P. (2014). L'importanza della multifunzionalità delle foreste in Europa. *L'Italia Forestale e Montana/ Italian Journal of Forest and Mountain Environments* 69(3): 161-171.
- Ceccarelli, T., Bajocco, S., Perini, L., & Salvati, L. (2014). Urbanisation and Land Take of High Quality Agricultural Soils - Exploring Long-term Land Use Changes and Land Capability in Northern Italy. *International Journal of Environmental Research (IJER)*, 8(1), 181-192. doi: 10.22059/ijer.2014.707
- Corradi, E., & Gritti, A. (2018). The heritage of resilient communities. Maps and codes in Italy's earthquake zones. *TECHNE*, 15, 81-91. doi: 10.13128/Techne-22257
- Cutini, V. (2013). The city, when it trembles: Earthquake destructions, post-earthquake reconstructions and grid configuration. In Y.O. Kim, H.T. Park, & K.W. Seo (Eds.), *9th International Space Syntax Symposium*, Seoul, KR: Sejong University Press.
- Cutini, V., & Di Pinto, V. (2018). In the shadow of the volcano. *Territorio*, 85, 134-147. doi: 10.3280/TR2018-085016
- Fini, A., Frangi, P., Mori, J., Donzelli, D., & Ferrini, F. (2017). Nature based solutions to mitigate soil sealing in urban areas: Results from a 4-year study comparing permeable, porous, and impermeable pavements. *Environmental Research*, 156, 443-454. doi: 10.1016/j.envres.2017.03.032
- Gemitzi, A., Banti, M.A., & Lakshmi, V. (2019). Vegetation greening trends in different land use types: natural variability versus human-induced impacts in Greece. *Environmental Earth Sciences*, 78(5). doi: 10.1007/s12665-019-8180-9
- Huang, Y., Huang, J.-L., Liao, T.-J., Liang, X., & Tian, H. (2018). Simulating urban expansion and its impact on functional connectivity in the Three Gorges Reservoir Area. *Science of the Total Environment* 643, 1553-1561. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.332
- ISPRA (2018). *Territorio. Processi e trasformazioni in Italia*. Rapporti 296/2018. M. Munafò & I. Marinosci, (Eds.). Roma, IT: Ispra.
- Istat (2017). *Forme, livelli e dinamiche dell'urbanizzazione in Italia*. Roma, IT: Istituto nazionale di statistica.
- INU (2017). *Rapporto dal Territorio 2016*. Roma, IT: INU Edizioni.
- INU (2008). *Rapporto dal Territorio 2007*. Roma, IT: INU Edizioni.
- INU (2006). *Rapporto dal Territorio 2005*. Roma, IT: INU Edizioni.
- ISPRA (2015). Population exposed to landslide and flood risk in Italy. In G. Lollino, A. Manconi, F. Guzzetti, M. Culshaw, P. Bobrowsky & F. Luino (Eds.), *Engineering Geology for Society and Territory - Volume 5: Urban Geology, Sustainable Planning and Landscape Exploitation* (pp.843-848). Roma, IT: Ispra.
- Marchetti, M., & Mariano, A. (2006). Some comments on forest resource assessments according to international standards. *Forest@*, 3, 351-366. doi: 10.3832/efor0402-0030351

- Marchetti, M., Lasserre, B., Pazzagli, R., & Sallustio, S. (2014). Rural areas and urbanization: analysis of a change. *Rural areas and urbanization: analysis of a change. Scienze del Territorio*, [S.l.], 239-258.
- Marchetti, M., Vizzari, M., & Sallustio, L. (2019). Towards Countryside Revival: Reducing Impacts of Urban Expansion on Land Benefits: Tools for Governance and Planning of Agrarian Landscape. In E. Gottero (Ed.), *Agroubanism*. Cham, CH: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-95576-6_13
- Marucci, A., Zullo, F., Fiorini, L., Ciabò, S., & Romano, B. (2017). Trasformazione degli usi del suolo, rete ecologica e rete natura 2000. In WWF Italia (Ed.), *Caring for our soil. Avere cura della natura dei territori*. Roma, IT: WWF Italia Ong Onlus.
- McDonald, R.I., Kareiva, P., & Forman, R.T.T. (2008). The implications of current and future urbanization for global protected areas and biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 141(6), 1695-1703. doi: 10.1016/j.biocon.2008.04.025
- MATTM - Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare (2013). *Parchi nazionali: dal capitale naturale alla contabilità ambientale*. Roma, IT: Palombi & Partner.
- Mullin, K., Mitchell, G., Nawaz, N.R., & Waters, R.D. (2018). Natural capital and the poor in England: Towards an environmental justice analysis of ecosystem services in a high income country. *Landscape and Urban Planning* 176, 10-21. doi: 10.1016/j.landurbplan.2018.03.022
- Olmos-Martinez, E., Rodriguez-Rodriguez, G., Salas, S., & Ortega-Rubio, A. (2018). Impact of the implementation of a protected area on the well-being of a rural community in Baja California Sur. *Regional and Sectoral Economic Studies*, 18(2), 5-25.
- Palmisano, F., Vitone, C., & Cotecchia, F. (2018). Assessment of Landslide Damage to Buildings at the Urban Scale. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 32(4), 04018055.
- Pisano, L., Zumpano, V., Malek, Z., Roskopf, C., & Parise, M. (2017). Variations in the susceptibility to landslides, as a consequence of land cover changes: A look to the past, and another towards the future. *Science of The Total Environment*, 601-602, 1147-1159. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.05.231
- Romano, B., & Zullo, F. (2012). Land urbanization in central Italy: 50 years of evolution. *Journal of Land Use Science* 9(2), 143-164. doi:10.1080/1747423X.2012.754963.
- Romano, B., & Zullo, F. (2014). Protected Areas, Natura 2000 Sites and Landscape: Divergent Policies on Converging Values. In R. Gambino & A. Peano (Eds.), *Nature Policies and Landscape Policies* (pp. 127-135). Cham, CH: Springer. doi: 10.1007/978-3-319-05410-0_13
- Romano, B., Zullo, F., Fiorini, L., Marucci, A., & Ciabò, S. (2017). Land transformation of Italy due to half a century of urbanization. *Land Use Policy*, 67, 387-400. doi: 10.1016/j.landusepol.2017.06.006
- Romano, B., Zullo, F., Marucci, A., & Fiorini, L. (2018). Vintage urban planning in Italy: Land management with the tools of the mid-twentieth century. *Sustainability*, 10(11), 4125. doi: 10.3390/su10114125
- Sallustio, L., De Toni, A., Stollo, A., Di, M., Gissi, E., Vizzari, M., Casella, L., Geneletti, D., Munafò, M., & Marchetti, M. (2017). Assessing habitat quality in relation to the spatial distribution of protected areas in Italy. *Journal of Environmental Management*, 201, 129-137. doi: 10.1016/j.jenvman.2017.06.031
- Saganeiti, L., Favale, A., Pilogallo, A., Scorza, F., & Murgante, B. (2018). Assessing urban fragmentation at regional scale using sprinkling indexes. *Sustainability*, 10(9), 3274. doi: 10.3390/su10093274.
- Salvati, L., Munafò, M., Gargiulo Morelli, V., & Sabbi, A. (2012). Low-density settlements and land use changes in a Mediterranean urban region. *Landscape and Urban Planning*, 105(1-2), 43-52.
- Tilio, L., Murgante, B., Di Trani, F., Vona, M., & Masi, A. (2012). Mitigation of urban vulnerability through a spatial multicriteria approach. *Disaster Advances*, 5(3), 138-143.

Tomao, A., Quatrini, V., Corona, P., Ferrara, A., Laforteza, R., & Salvati, L. (2017). Resilient landscapes in Mediterranean urban areas: Understanding factors influencing forest trends. *Environmental Research*, 156, 1-9. doi: 10.1016/j.envres.2017.03.006

Zullo, F., Marucci, A., Fiorini, L., & Romano, B. (2020). The Italian Apennines between earthquakes, high naturalness and urban growth. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 47(4), 716-731. doi: 10.1177/2399808318802326

Zullo, F., Ciabò, S., Fiorini, L., Marucci, A., Olivieri, S., Perazzitti, S., & Romano, B. (2015). Multilevel planning regional management. A GIS Platform Structure. In C. Gambardella (Ed.), *Heritage and Technology. Mind Knowledge Experience. Le vie dei mercanti*. Naples, IT: La scuola di Pitagora.

Zumpano, V., Pisano, L., Malek, Z., Micu, M., Aucelli, P., Roskopf, C., Balteanu, D., & Parise, M. (2018). Economic Losses for Rural Land Value Due to Landslides. July 2018. *Frontiers in Earth Sciences*, 6, 97. doi: 10.3389/feart.2018.00097