

Chiara Scanagatta, <https://orcid.org/0000-0002-7174-8169>
Massimiliano Condotta, <https://orcid.org/0000-0002-7959-4520>
Dipartimento di Culture del progetto, Università Iuav di Venezia, Italia

cscanagatta@iuav.it
condotta@iuav.it

Abstract. L'installazione di sistemi energetici da fonti rinnovabili porta alla modifica degli spazi di prossimità delle comunità, con alterazioni irreversibili del paesaggio naturale e antropico. Pertanto, è necessario sviluppare strategie per integrare questi sistemi nell'ambiente, preservando il valore dei luoghi in base alle loro peculiarità e caratteristiche. Il progetto PANORAMA, con il suo *tool* multicriterio che integra diversi aspetti (potenzialità, costi e ambientale), promuove l'attivazione di comunità energetiche che beneficino di soluzioni studiate in base alle loro specificità. Il contributo si focalizza sull'aspetto dell'integrazione ambientale, illustrando la strategia adottata per analizzare e valutare in modo analitico questo fattore, per sua natura difficilmente quantificabile.

Parole chiave: Comunità energetiche; Impatto rinnovabili; Integrazione ambientale; Valorizzazione del contesto.

Fonti rinnovabili, paesaggio e ambiente

La decarbonizzazione che, seppur con livelli di attuazione diversi, sta convenientemente interessando molte parti del pianeta quale azione indispensabile al raggiungimento di città e territori *carbon neutral*, è un processo epocale, quantomai opportuno e inarrestabile. Al pari di altri fatti storici, la sua attuazione porterà nei luoghi interessati da tale fenomeno dei mutamenti strutturali che si protrarranno nel tempo. È infatti assodato come uno degli elementi imprescindibili di tale transizione sia la produzione energetica integrata da fonti rinnovabili e come quest'ultima stia assumendo un'accelerazione incrementale. Una conseguenza di tale – positiva – svolta energetica, è la proliferazione di impianti per le energie rinnovabili; una diffusione a volte incontrollata se osservata sia dal punto di vista dell'ambiente, inteso nella sua complessità di ambiente naturale o antropico, sia dal punto di vista della collettività, che potrebbe venire privata dei vantaggi

collegati al cambiamento in corso (Spyridonidou *et al.*, 2022). Manca, in questo scenario, una transizione verso pratiche di co-produzione che garantiscano reali benefici per le comunità e che considerino, oltre alla convenienza energetica, la valorizzazione del contesto ambientale. Per rispondere a questa necessità, l'Unione Europea sta abbandonando politiche di incentivazione ai privati, preferendo strategie volte all'istituzione di comunità energetiche rinnovabili (CER) capaci di associare prosumer e consumatori sia pubblici che privati; ciò consentirà alle CER, teoricamente, di poter gestire con strategie *bottom-up* il rapporto tra i sistemi di produzione e i luoghi destinati ad ospitarli.

In tale prospettiva, il progetto di ricerca PANORAMA¹ si pone come obiettivo lo sviluppo di un *tool* multicriterio, transcalare e collaborativo per promuovere l'attivazione di CER, fornendo il supporto necessario per una progettazione dei sistemi tecnologici che porti ad una ottimizzazione tra ambiente, rendimento energetico e opportunità socioeconomiche.

Il modello proposto considera tre indicatori: (i) possibilità di sviluppo di reti di energie rinnovabili e relativa potenzialità di produzione elettrica sulla base delle caratteristiche climatiche, geomorfologiche e urbane dell'area; (ii) rapporto costi-benefici in riferimento alle scelte tecnologiche e alle possibili soluzioni di stoccaggio dell'energia prodotta; (iii) livello di ottimizzazione raggiungibile tra ambiente e i sistemi di produzione energetica da integrare nei relativi contesti. Questi tre aspetti, analizzati contemporaneamente, sono alla base del *tool* PANORAMA che consente di eseguire analisi predittive atte a valutare la combinazione e localizzazione ottimale dei sistemi di produzione

of the environment, understood in its complexity as a natural or man-made environment, and from the point of view of the community, which could be deprived of the benefits linked to the ongoing change (Spyridonidou *et al.*, 2022). This scenario lacks a transition towards co-production practices that guarantee real benefits for communities and that consider, in addition to energy convenience, the enhancement of the environmental context. To respond to this need, the European Union is abandoning policies that incentivise private entities, preferring strategies aimed at establishing Renewable Energy Communities (RECs) capable of associating prosumers and consumers, both public and private. This will theoretically allow RECs to use bottom-up strategies to manage the relationship between production systems, and the places destined to

The design of energy communities: optimising environment, time and place

Abstract. The installation of systems from renewables leads to the modification of communities' proximity spaces, with irreversible alterations of the natural and man-made landscape. Hence the need to develop strategies to integrate these systems into the environment, preserving the value of places according to their peculiarities and characteristics. The PANORAMA project, with its multi-criteria tool integrating different aspects (potential, cost and environmental ones), promotes the activation of energy communities that benefit from solutions designed according to their specific features. The paper focuses on the aspect of environmental integration, illustrating the strategy adopted to analytically analyse and evaluate this factor, which is by nature hard to quantify.

Keywords: Energy Communities; Renewable Impact; Environmental Integration; Environmental Enhancement.

Renewable sources, landscape and environment

The decarbonisation that, albeit with different levels of implementation, is conveniently affecting many parts of the planet as an indispensable action to achieve carbon neutral cities and territories, is an epochal, highly opportune, and unstoppable process. Like other historical events, its implementation will bring structural changes to the places involved that will last over time. Indeed, it is well established that one of the indispensable elements of this transition is integrated energy production from renewable sources, and how this is accelerating incrementally. A consequence of this – admittedly positive – energy turnaround is the proliferation of new plants for renewable energies. Such dissemination is sometimes uncontrolled if observed both from the point of view

of the environment, understood in its complexity as a natural or man-made environment, and from the point of view of the community, which could be deprived of the benefits linked to the ongoing change (Spyridonidou *et al.*, 2022). This scenario lacks a transition towards co-production practices that guarantee real benefits for communities and that consider, in addition to energy convenience, the enhancement of the environmental context. To respond to this need, the European Union is abandoning policies that incentivise private entities, preferring strategies aimed at establishing Renewable Energy Communities (RECs) capable of associating prosumers and consumers, both public and private. This will theoretically allow RECs to use bottom-up strategies to manage the relationship between production systems, and the places destined to

energetica rinnovabile: attualmente la ricerca sta studiando il caso del fotovoltaico con la possibilità futura di integrare eolico e idroelettrico.

Di particolare importanza è l'aspetto dell'integrazione ambientale, soprattutto in relazione alle variabili di luogo e tempo. L'inserimento di questi elementi senza una strategia coordinata modifica gli spazi di prossimità delle comunità in modo permanente, con il rischio di alterazioni irreversibili dell'ambiente. Al contrario, una corretta ed accurata integrazione diviene un'ulteriore stratificazione culturale che valorizza i luoghi in base alle loro peculiarità e caratteristiche, configurandosi come un'operazione di progettazione ambientale sostenibile orientata al miglioramento delle condizioni in cui opera (Condotta, 2024).

In tale prospettiva, la ricerca qui presentata si pone su un piano parallelo al contesto normativo. L'approccio adottato è di focalizzarsi sulla percezione che le comunità locali hanno dell'integrazione dei sistemi di energia rinnovabile esulando dalle considerazioni degli stakeholder istituzionali. Tale approccio è oltretutto condizionato dal periodo attuale che vede un continuo susseguirsi di norme riguardanti i vincoli sull'installazione degli impianti per le rinnovabili e il rilascio delle autorizzazioni paesaggistiche, delineando un quadro normativo incerto e mutevole. È pertanto opportuno esulare da criteri legislativi e fornire piuttosto uno strumento che, considerando aspetti fenomenologici e universalmente riconoscibili, sia adattabile a contesti diversi e possa interagire con una normativa in continua evoluzione. Con tale approccio si giunge a sviluppare delle linee guida per la definizione di criteri di integrazione e valutazione che, basati su un approccio *bottom-up* e trasversale, possono

host them.

In this perspective, the PANORAMA¹ research project aims at developing a multi-criteria, transcalar and collaborative tool to promote the activation of RECs, providing the necessary support for the design of technological systems enhancing environment, energy performance, and socio-economic opportunities.

The proposed model considers three indicators: (i) the possibility of developing renewable energy networks and the relative potential for electricity production based on the climatic, geomorphologic and urban characteristics of the area; (ii) the cost-benefit ratio with reference to technological choices and possible storage solutions for the energy produced; (iii) the level of optimisation that can be achieved between the environment and the energy production systems to be integrated

into the relative contexts. These three aspects, analysed simultaneously, form the basis of the PANORAMA tool for performing predictive analyses to assess the optimal combination and location of renewable energy production systems. Research is currently studying the case of photovoltaics with the future possibility of integrating wind energy and hydropower.

The aspect of environmental integration is particularly important, especially taking into account the place and time variables. The integration of these elements without a coordinated strategy permanently alters the proximity spaces of communities, with the risk of irreversible alterations to the landscape. Conversely, correct and accurate integration becomes an additional cultural stratification that enhances the places according to their peculiarities and characteristics, configuring

contribuire con maggior efficacia a salvaguardare sia il paesaggio che gli aspetti culturali intrinseci dei luoghi.

La questione dell'integrazione ambientale

È già ampiamente condiviso come l'integrazione delle energie rinnovabili sia una priorità e, affinché avvenga correttamente, siano necessari vincoli progettuali quali: (i) vincoli percettivo-culturali volti a salvaguardare le caratteristiche simboliche, storiche, stilistiche, il rispetto della memoria collettiva e le connessioni con il paesaggio; (ii) vincoli morfologico-dimensionali per tutelare le caratteristiche dell'involucro; (iii) vincoli materico-costruttivi volti a preservare i materiali e le tecniche costruttive, e le loro prestazioni (De Medici, 2021). Queste attenzioni progettuali possono ridurre il forte impatto in termini di modifica della percezione della qualità dell'ambiente conseguente all'installazione di elementi di produzione energetica, evitando in questo modo il riscontro negativo delle comunità che vedrebbero alterati i loro luoghi di prossimità (Salak *et al.*, 2021). Per meglio comprendere le ragioni dell'impressione negativa si deve infatti considerare il concetto di "accettazione sociale", che include questioni quali l'"impatto visivo" e l'"attaccamento al luogo" (Lobaccaro *et al.*, 2019; Salak *et al.*, 2021). Queste sono il risultato di un insieme di percezioni eterogenee che dipendono dalle esperienze specifiche delle persone: la diretta conseguenza è una disomogeneità anche nei significati del paesaggio che può essere definito come sommatoria delle qualità fisiche che lo caratterizzano e della percezione che le persone ne hanno, intesa come azione e interazione tra fattori naturali e umani (Enserink *et al.*, 2022).

itself as a sustainable environmental design operation focused on improving the conditions in which it operates (Condotta, 2024).

From this perspective, this research is parallel to the regulatory framework. The approach adopted is to focus on local communities' perceptions of the integration of renewable energy systems beyond the considerations of institutional stakeholders. Moreover, this approach is influenced by the current period, which witnesses a continuous succession of regulations regarding constraints on the installation of renewable energy systems and the issuance of landscape authorisations, outlining an uncertain and changing regulatory framework. It is, therefore, advisable to move away from legislative criteria and rather provide a tool that, considering phenomenological and universally recognisable aspects, is

adaptable to different contexts and can interact with an ever-changing legislation. This approach leads to the development of guidelines for the definition of integration and assessment criteria which, based on a bottom-up and transversal approach, can contribute more effectively to safeguarding both the landscape and the intrinsic cultural aspects of places.

The environmental integration issue

There is already wide consensus that the integration of renewable energies is a priority, and its proper implementation requires design constraints: «(i) perceptive-cultural constraints aimed at preserving symbolic, historic, stylistic [...] features, respect for the collective memory, and aesthetic connections with the landscape; (ii) morphological-dimensional constraints aimed at preserving the [...] characteristics of

La valutazione da parte dell'individuo del paesaggio – e dell'impatto visivo – varia nel tempo ed è fortemente soggettiva; è tuttavia possibile utilizzare approcci diversi che consentono di caratterizzarlo come elemento fisico a cui associare variabili differenti come le risorse paesaggistiche, la consapevolezza e l'impegno professionale, l'estetica individuale (Kang and Liu, 2022; Wolsink, 2018). Studi come quello di Lothian (1999) seguono questo approccio di oggettivizzazione del paesaggio e utilizzano strumenti di rappresentazione visiva e interviste per includere il punto di vista delle comunità locali nella valutazione del contesto, ottenendo così indicazioni su quali siano gli elementi tipizzanti e come vengano percepiti permettendo un'analisi basata su criteri maggiormente oggettivi.

L'analisi della letteratura dimostra come non esista ancora un consenso univoco su quali fattori influenzino l'accoglimento dei progetti di installazione di sistemi energetici rinnovabili (Enserink *et al.*, 2022). Tuttavia, è di grande importanza non trascurare il concetto di accettazione sociale nella progettazione di queste soluzioni (Toledo and Scognamiglio, 2021) poiché la conservazione di un luogo deve identificare e considerare tutti gli aspetti legati al suo significato naturale e culturale (Tena and García-Esparza, 2019). Inoltre, è necessario definire politiche, criteri di progettazione e raccomandazioni appropriate per affrontare il contrasto tra conservazione e produzione energetica, stabilendo in maniera adeguata i vincoli e le caratteristiche dei contesti (Lucchi, 2022).

Le considerazioni poc'anzi riportate restituiscono un quadro culturale ed operativo che ribadisce l'importanza dell'integrazione dei sistemi di rinnovabili, aspetto di non facile interpretazione e valutazione essendo difficilmente misurabile e

the envelope; (iii) material-constructional constraints aimed at preserving the building materials and techniques, as well as their performance» (De Medici, 2021). These design aspects can reduce the strong impact in terms of modifying perception of landscape quality, thus avoiding the negative feedback from communities that witness the alteration of their places of proximity (Salak *et al.*, 2021).

In order to better understand the reasons for the negative impression, it is necessary to consider the concept of "social acceptance", which includes issues such as "visual impact" and "place-attachment" (Lobaccaro *et al.*, 2019; Salak *et al.*, 2021). These are the result of a set of heterogeneous perceptions that depend on people's specific experiences. The direct consequence is an inhomogeneity also in the meanings of what the landscape means. Indeed, the landscape

can thus be defined as a summation of the physical qualities that characterise it, and of the perception that people have of it, viewed as the action and interaction between natural and human factors (Enserink *et al.*, 2022).

An individual's evaluation of the landscape – and its visual impact – varies over time, and is highly subjective. However, different approaches can be used to characterise it as a physical object to which different variables such as landscape resources, professional awareness and commitment, and individual aesthetics can be associated (Kang and Liu, 2022; Wolsink, 2018). Studies such as that by Lothian (1999) follow this approach of objectifying the landscape. They use visual representation tools and surveys to include the point of view of local communities in context evaluation, thus obtaining indications of what the typifying ele-

mentificabile. È pertanto strategico sia affrontare la questione sperimentando procedure orientate a tale scopo, sia proporre modelli interpretativi dell'integrazione ambientale dei sistemi fotovoltaici. Nonostante le diverse ricerche svolte sull'argomento, non è stato ancora sviluppato uno strumento integrato: il progetto PANORAMA intende contribuire a colmare questo divario tramite la sperimentazione di un modello teorico interpretativo per l'integrazione ambientale di sistemi di rinnovabili a servizio delle CER.

Metodologia

I confini entro i quali sviluppare la cornice metodologica sono stati delineati a partire dal concetto di "ambiente" nella sua condizione di "insieme di luoghi". Questi ultimi sono gli spazi destinati ad ospitare gli impianti di rinnovabili quali nuovi "oggetti" che entrano a far parte del sistema ambientale costituito da due insiemi: «(i) il piano degli elementi naturali, dell'ecosistema inteso nel suo carattere metafisico; (ii) il piano degli elementi culturali, degli oggetti frutto dell'attività umana prodotti dell'intersoggettività sociale» (Condotta, 2024). Si identificano in questo modo "luoghi" come paesaggi naturali o culturali e "luoghi" costituiti da singoli fatti culturali (edifici od altri artefatti): per ognuno di questi, il processo di integrazione deve essere specificamente progettato e attuato.

A tale scopo, il modello interpretativo prevede due strutture distinte, una per i "luoghi-paesaggi" ed una per i "luoghi-fatti". L'approccio è tuttavia il medesimo: l'inserimento dei nuovi oggetti deve essere attuato in modo da preservare «l'immagine ambientale» (Lynch, 2001) dei contesti nei quali essi vengono inseriti, salvaguardando gli aspetti "tipizzanti" e tutelando la

ments are and how they are perceived, achieving an analysis based on more objective criteria.

The literature review shows that there is still no clear consensus on which factors influence the acceptance of renewable energy installation projects (Enserink *et al.*, 2022). However, it is of great importance not to neglect the concept of social acceptance when designing these solutions (Toledo and Scognamiglio, 2021), as the conservation of a place must identify and consider all aspects related to its natural and cultural significance (Tena and García-Esparza, 2019). Furthermore, it is necessary to define appropriate policies, design criteria and recommendations to address the contrast between conservation and energy production by adequately establishing the constraints and characteristics of the contexts (Lucchi, 2022).

The above considerations paint a cultural and operational picture that reaffirms the importance of integrating renewable energy systems. This aspect is not easy to interpret and evaluate as it is difficult to measure and quantify. It is, therefore, strategic to both address this issue by experimenting with procedures geared to this end, and to develop an interpretative model of the environmental integration of photovoltaic systems. Despite the extensive research carried out on the subject, an integrated tool has not yet been developed. The PANORAMA project aims to contribute to bridging this gap by testing an interpretative theoretical model for the environmental integration of renewable energy systems serving RECs.

Methodology

The boundaries within which to develop the methodological framework

possibilità dell'osservatore di percepirla. Si viene in tal modo a creare una corrispondenza tra le potenziali/possibili caratteristiche degli "oggetti" e le effettive/specifiche caratteristiche dei "luoghi".

La metodologia adottata per l'individuazione dei "fatti" e degli "attributi" da considerare come "elementi tipizzanti" all'interno del processo poc'anzi descritto ha previsto due indagini parallele: (i) un'osservazione qualitativa che ha portato alla redazione di schede operative tramite le quali osservare i luoghi definendo i fattori tipizzanti dal punto di vista percettivo; (ii) un esame, attraverso *desk study*, degli elementi considerati in studi analoghi.

La prima attività è stata svolta su un territorio specifico, corrispondente all'area studio del progetto di ricerca, permettendo di definire una prima serie di elementi dall'analisi diretta. La seconda ha comportato l'analisi di altre ricerche che propongono la definizione di alcuni aspetti caratterizzanti l'ambiente o gli edifici non riscontrando tuttavia una casistica completa ed esaustiva. Nondimeno, attraverso un'integrazione e ibridazione delle informazioni ottenute dalle due indagini è stato definito un approccio generale volto a sviluppare un modello interpretativo inedito e innovativo.

Risultati: le matrici di valutazione

Le strutture del modello teorico sono state concretizzate attraverso due matrici di valutazione:

- matrice dei "luoghi-paesaggi naturali o culturali";
- matrice dei "luoghi-fatti culturali".

Si tratta di strumenti da utilizzarsi nella fase pre-progettuale, integrati all'interno di una piattaforma digitale interattiva che

were delineated from the concept of "environment" considered a "set of places". The latter are the spaces intended to accommodate the systems as new "objects" that become part of the environmental system constituted by the integration of two ensembles: (i) the *level of the natural elements*, of the ecosystem understood in its meta-physical character; (ii) the *level of the cultural elements*, of the objects resulting from human activity produced by social intersubjectivity and interrelations between people and, therefore, the bearers of meaning and sense (Condotta, 2024). One can thus identify both "places" as natural or cultural landscapes and "places" consisting of individual cultural facts (buildings or other artifacts). For each of these, the process of integrating the new objects must be specifically designed and carried out.

The interpretative model thus envisages two distinct schemes, one for natural or cultural "places-landscapes", and one for cultural "places-facts". However, the approach is the same, that is the integration of new objects must be implemented in such a way as to preserve the «environmental image» (Lynch, 2001) of the contexts in which they are inserted, safeguarding the "typifying" aspects and protecting the observer's ability to perceive them. This creates a correspondence between the potential/possible characteristics of the "objects" and the actual/specific characteristics of the "places". The methodology adopted to identify the "facts" and "attributes" to be considered as typifying elements within the process just described provided two parallel investigations: (i) a qualitative observation that led to the drafting of operational sheets through

considera contemporaneamente più aspetti – potenzialità, costi, integrazione – e più luoghi parte del territorio della potenziale CER oggetto di studio. Vi è pertanto la necessità che tali matrici si configurino come schemi snelli, flessibili ma allo stesso tempo efficaci. Per tale ragione, i fattori da considerare sono stati sintetizzati in:

- localizzazione degli elementi tipizzanti e/o morfologia degli edifici;
- posizione degli oggetti rispetto al contesto;
- cromatismi del contesto e colorazione degli oggetti.

Matrici luoghi-paesaggi naturali o culturali

In tale contesto gli elementi tipizzanti riguardano alberature, prati, emergenze, ed altri fatti che rendono identificabile nell'immaginario della comunità un dato luogo e che ne garantiscono il "pregio". Per preservarne il carattere complessivo è necessario individuare la loro posizione rispetto alla visuale dell'osservatore in modo da non ostacolarla od alterarla con l'introduzione dei nuovi oggetti (Fig. 1).

L'applicazione della matrice (Tab. 1) prevede la caratterizzazione del luogo tramite l'identificazione degli elementi tipizzanti, della loro localizzazione e dei principali cromatismi a diversi livelli di altezza – considerando anche aspetti di stagionalità – in modo da poter comparare il colore di potenziali oggetti con quello del contesto di inserimento.

Nello specifico, le informazioni relative al contesto sono:

- la "localizzazione dell'elemento tipizzante" può essere considerata alle tre altezze di "al suolo", "sull'orizzonte" e "alta", che possono corrispondere, ad esempio, rispettivamente a: 0-1m; < 5m; > 5m;

which to observe the places, defining the typifying factors from a perceptive point of view; (ii) a documental examination of the elements considered in similar studies.

The first activity was carried out on a specific territory, corresponding to the study area of the research project, allowing an initial series of elements to be defined by direct analysis. The second involved the analysis of other research studies, which proposed the definition of certain aspects characterising the environment or buildings, but did not find a complete and exhaustive case study. Nevertheless, through integration and hybridisation of the information obtained from the two investigations, a general approach was defined with the aim of developing an unprecedented and innovative interpretative model.

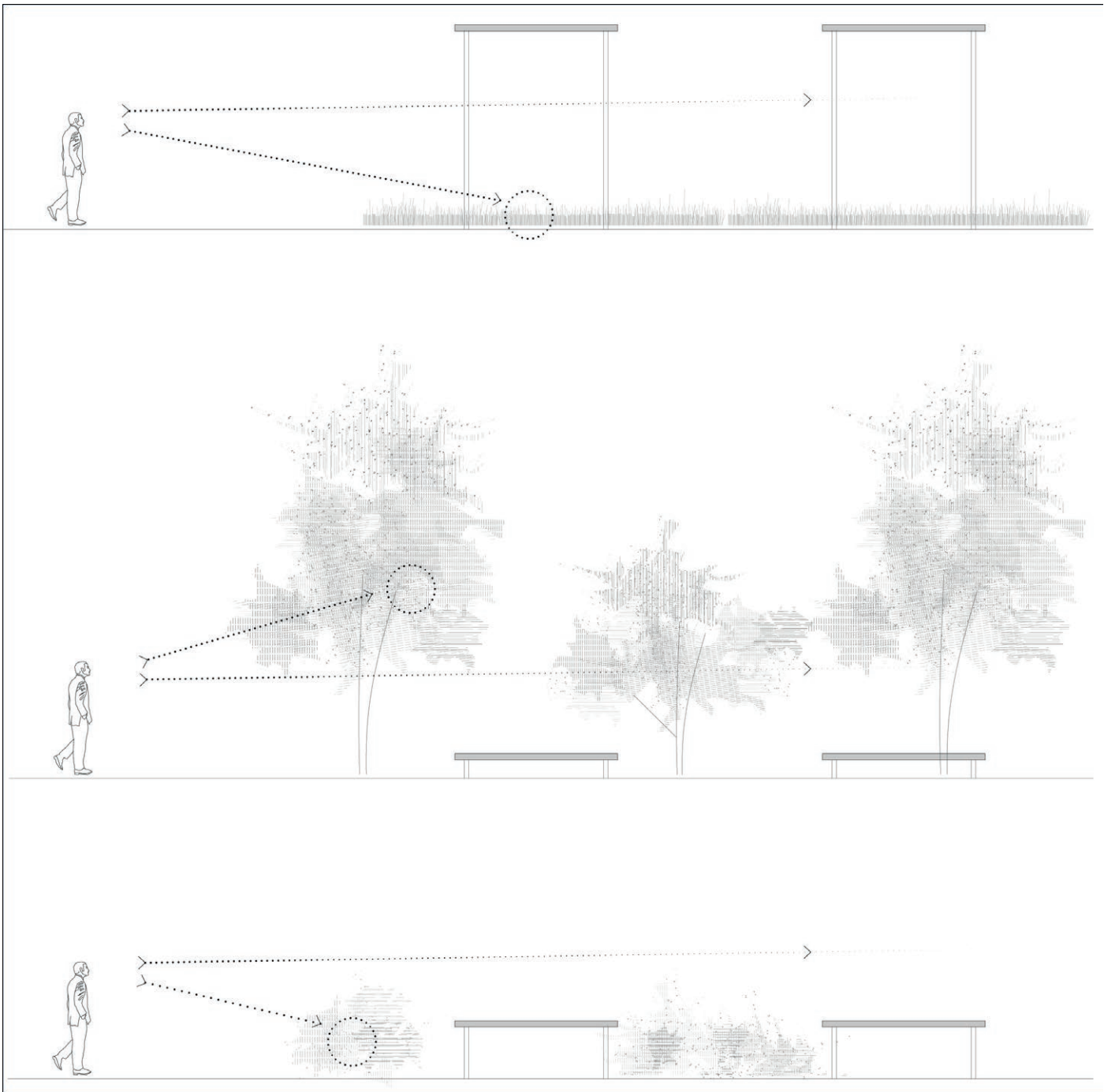
Results: the evaluation matrices

The structures of the theoretical model were materialised through two evaluation matrices:

- matrix of "natural or cultural places-landscapes";
- matrix of "cultural places-facts".

These are tools to be used in the pre-design phase, integrated within an interactive digital platform that simultaneously considers multiple aspects – potential, costs, integration – and multiple locations within the territory of the potential REC under study. There is, therefore, a need for such matrices to be streamlined, flexible yet effective schemes. Therefore, the factors to be considered have been summarised as:

- location of the typifying elements and/or morphology of the buildings;
- position of the objects in relation to the context;



– context and object colouring.

Natural or cultural places-landscapes matrix

In such a context, the typifying elements concern trees, meadows, emergencies, and other facts that make a given place identifiable in the community's imagination, and which guarantee its "value". In order to preserve their overall character, it is necessary to identify their position in relation to the observer's viewpoint so as not

to obstruct or alter it by inserting new objects (Fig. 1).

The application of the matrix (Tab. 1) provides for the characterisation of the place through the identification of typifying elements, their location and the main chromatics at different heights – also considering aspects of seasonality – so that the colour of potential objects can be compared with that of the context in which they are placed. Specifically, the context-related information is:

- the "location of the typifying element" that can be considered at the three heights of "on the ground", "on the horizon", and "high", which may correspond, for example, to: 0-1m; < 5m; > 5m, respectively;
- the "position values" (for example from a minimum of 1 to a maximum of 3) expressing the quality of the relationship between the position of the object and that of the typifying element;
- the "chromaticity of the place" at

different positions (on the ground, on the horizon and high up);

- "colour coefficients" (for example from 0.1 to 1) indicating the level of chromatic integration between the colour of the object and the chromaticity of the context at specific locations.

Subsequently, the objects to be evaluated and compared are characterised by:

- location (on the ground, on the horizon, high up);
- colouring.

- i "valori di posizione" (ad esempio da un minimo di 1 ad un massimo di 3) che esprimono la qualità del rapporto tra la posizione dell'oggetto e quella dell'elemento tipizzante;
- i "cromatismi del luogo" alle diverse posizioni (al suolo, sull'orizzonte e alta);
- i "coefficienti di colorazione" (ad esempio da 0,1 ad 1) che indicano il livello di integrazione cromatica tra il colore dell'oggetto e il cromatismo del contesto alle specifiche localizzazioni.

Successivamente gli oggetti da sottoporre a valutazione e confronto si caratterizzano attraverso:

- la posizione di installazione (al suolo, sull'orizzonte, alta);
- la colorazione.

Con queste informazioni la matrice risulta popolata ed è possibile procedere alla valutazione comparativa dei potenziali sistemi da installare. Il calcolo del livello di integrazione complessiva per ogni singolo oggetto si ottiene dalla moltiplicazione tra il valore "A", ottenuto dall'abbinamento tra la posizione dell'oggetto e la localizzazione dell'elemento tipizzante, e il valore "B", equivalente al coefficiente di colorazione definito dalla relazione tra colore dell'oggetto e cromatismo del contesto.

L'esempio esplicativo di figura 2 analizza un possibile luogo-paesaggio naturale in relazione a tre soluzioni di pannelli fotovoltaici. Le caratteristiche del contesto vedono l'elemento

tipizzante in posizione alta (fronde di un bosco di faggi) con i seguenti cromatismi: verde a livello del suolo (prato), marrone all'orizzonte (fusto dei faggi) e rosso in alto (*foliage* degli alberi). Le soluzioni di fotovoltaico confrontate sono: (a) pannelli rossi posizionati su struttura alta; (b) pannelli blu ad altezza media; (c) pannelli blu a terra. Data la posizione alta dell'elemento tipizzante (*foliage*) e le caratteristiche a contorno, è possibile stabilire che la scelta degli oggetti (a) o (b) garantisce la migliore integrazione ambientale (Tab. 2). Infatti, nonostante il posizionamento non ottimale, gli oggetti (a) e (b) presentano rispettivamente un ottimo e un medio rapporto cromatico con il contesto naturale. Al contrario, malgrado una migliore posizione, l'oggetto (c) non presenta un coefficiente di colore tale da garantire l'integrazione con i cromatismi dell'elemento tipizzante e del contesto.

Matrice dei luoghi-fatti culturali

La seconda matrice riguarda il livello di integrazione degli impianti fotovoltaici installati su "elementi culturali", cioè il rapporto tra i sistemi di produzione energetica con gli oggetti frutto dell'attività umana – quali edifici o altre costruzioni – considerati come portatori di significato. Questa matrice definisce, in modo astratto, le possibili casistiche di edifici e le relative possibili soluzioni di installazione degli oggetti per la produzione

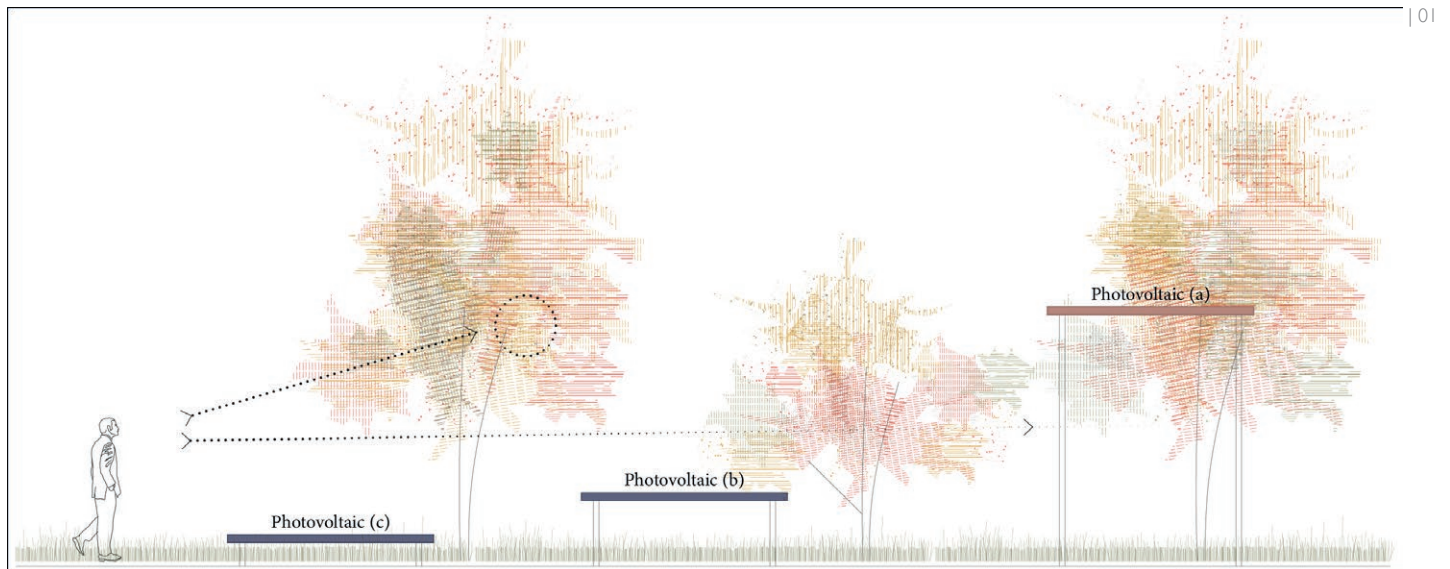
Tab. 01 |

characterisation of the "place"		possible characteristics of the "object"		characteristics of the "object" and evaluation		
				object 1	object 2	object n.
location of the typifying element		possible characteristics of the "object" in relation to its position in the context		position	position	position
on the ground, on the horizon, high up	0 - 1m	position value (1 to 3)				
	< 5m	position value (1 to 3)				
	> 5m	position value (1 to 3)				
chromaticity of the "place"		coefficient based on the relationship between "place" and "object" colouring		colour	colour	colour
chromaticity of the context on the ground	colour 1	colour coefficient (0.1 to 1)				
	colour 2	colour coefficient (0.1 to 1)				
	colour n.	colour coefficient (0.1 to 1)				
chromaticity of the context on the horizon	colour 1	colour coefficient (0.1 to 1)				
	colour 2	colour coefficient (0.1 to 1)				
	colour n.	colour coefficient (0.1 to 1)				
chromaticity of the context high up	colour 1	colour coefficient (0.1 to 1)				
	colour 2	colour coefficient (0.1 to 1)				
	colour n.	colour coefficient (0.1 to 1)				
				value A*B	value A*B	value A*B

A

B

Tab. 02 | Applicazione della matrice al caso di figura 2, schema degli Autori
 Application of the matrix to the case of figure 2, Authors' scheme



characterisation of the "place"	possible characteristics of the "object"	characteristics of the "object" and evaluation		
		photovoltaic (a)	photovoltaic (b)	photovoltaic (c)
location of the typifying element	possible characteristics of the "object" in relation to its position in the context	high	medium	low
high up	0 - 1m			3
	< 5m		2	
	> 5m	1		
chromaticity of the "place"	coefficient based on the relationship between "place" and "object" colouring	red	blue	blue
chromaticity of the context on the ground: green	red			0.1
	blue			
chromaticity of the context on the horizon: brown	red		0.5	
	blue			
chromaticity of the context high up: red	red	1		
	blue			
		1	1	0.3

Tab. 02

The matrix is populated with this information, and a comparative evaluation of the potential systems to be installed in the context can be carried out. The calculation of the overall integration level for each individual object is obtained by multiplying the "A" value, obtained by matching the position of the object and the location of the typifying aspect, and the "B" value, equivalent to the colouring coefficient defined by the relationship between the colour of the object and the chromaticity of the context.

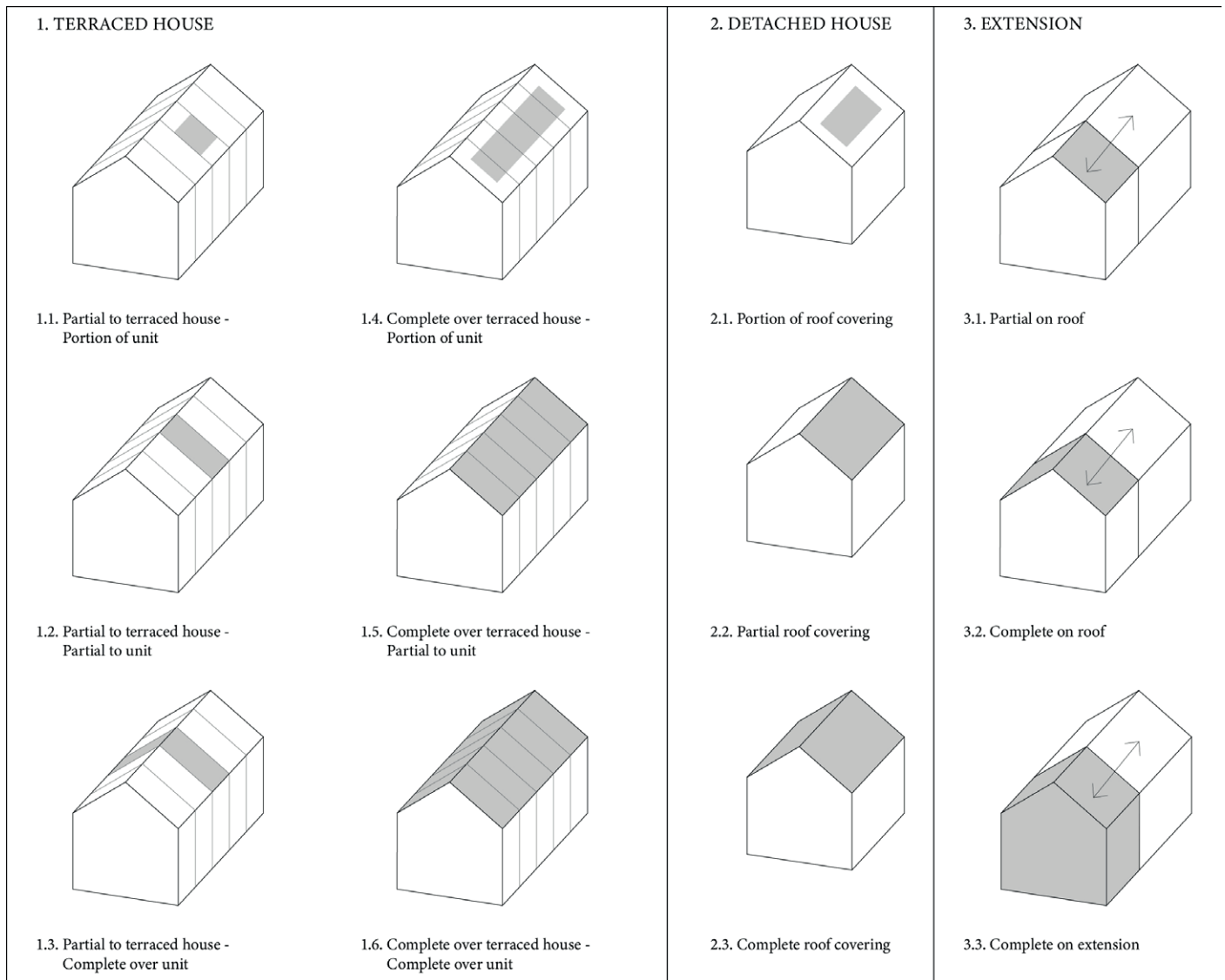
The explanatory example from figure 2 analyses a possible natural landscape location in relation to three photovoltaic solutions. The characteristics of the context see the characterising element in a high position (foliage of a beech forest) with the following colours: green at ground level (meadow), brown on the horizon (trunks of the beech trees), and red at the top (foliage of the trees). The photovoltaic solutions compared are: (a) red panels positioned on high structure; (b)

blue panels at medium height; (c) blue panels at ground level. Given the high position of the typifying element (foliage) and the contour characteristics, it can be established that the choice of objects (a) or (b) guarantees the best environmental integration (Tab. 2). In fact, despite their less-than-optimal positioning, objects (a) and (b) respectively present an excellent and average colour relationship with the natural context. Conversely, in spite of a better position, object (c) does not present a

colour coefficient such as to guarantee integration with the colours of the typifying element and the context.

Cultural places-facts matrix

The second matrix concerns the level of integration of photovoltaic systems installed on "cultural elements", that is the relationship between energy production systems and objects resulting from human activity – such as buildings or other constructions – considered as bearers of meaning. This



matrix defines, in an abstract way, the possible case histories of buildings and their possible installation solutions for renewable energy production. Three macro categories were identified in the context studied, namely terraced houses, detached houses and extension volumes (Fig. 3). These macro categories present more combinations in terms of the position of energy production systems in relation to the volume.

The characteristics considered for the places-landscapes matrix are those of the location where the objects are installed, and chromaticity (Tab. 3). Similarly, context and object information are placed within the matrix according to the specific site of application, and concerns:

- definition of the “type of building” and the “position of the object” in relation to it (to be selected according to the previously defined cases);

- “position values” (e.g. from a minimum of 1 to a maximum of 3) expressing the quality of the relationship between the position of the object and the type of building;
- “chromaticity of the building” with respect to its elements (roof and façade) and the “chromaticity of the surroundings” (whether natural or cultural);
- “colour coefficients” (e.g. 0.1 to 1) indicating the level of harmony between the colour of the object and the chromaticism of both the building and its surroundings.

Each object to be assessed is characterised by:

- its installation position;
- its colour.

The evaluation of the position of the objects in relation to the cultural elements analysed results in a value (“A” value). The characteristic of chro-

maticism, instead, considers both the installation position on the building and the chromatic interactions with the landscape. It provides a series of colouring coefficients from which an average value (value “B”) is obtained. The overall integration level is thus obtained by multiplying the “A” and “B” values.

The illustrative example analyses three photovoltaic panel solutions on a building with a continuous front in a natural context (Fig. 4). The assumed installation solutions are:

- on the roof, using only one of the two fronts (type 1.2.);
- on the roof, using the pitches of one of the two fronts, positioning the panels on all the housing units of the volume (type 1.5.);
- on the roof and on the façade on a possible external addition (type 3.3.).

The building considered as an example has a tiled roof (red) and plastered façades (white); the context has a predominantly green colour scheme. The object solutions compared are: (a) red photovoltaic panels on the roof; (b) transparent photovoltaic panels on the roof; (c) blue photovoltaic panels on the roof and façade. Given the type of building considered here (continuous façade), it can be established that the choice of object (b) provides the best environmental integration (Tab. 4). The scenario of an application of blue photovoltaic panels on an entire pitch of the continuous façade achieves a higher level of colour integration than an application of blue photovoltaic panels on an additional volume – object (c). Furthermore, despite the same value in terms of colour coefficient with object (a), (b) receives a higher score for

di energie rinnovabili. Nel caso del contesto studiato sono state individuate tre macrocategorie: edifici a schiera, edifici isolati e volumi in aggiunta (Fig. 3). Queste macrocategorie presentano più combinazioni in termini di posizione dei sistemi di produzione energetica rispetto al volume.

Le caratteristiche considerate, come per la matrice dei luoghi-paesaggi culturali, sono quelle della posizione di installazione degli oggetti e i cromatismi (Tab. 3). Ugualmente, le informazioni in merito al contesto e agli oggetti sono inserite all'interno della matrice in base al luogo specifico di applicazione e riguardano:

- definizione del "tipo di edificio" e della "posizione dell'oggetto" rispetto a questo (da selezionare in base alle casisti-

che precedentemente definite);

- i "valori di posizione" (ad esempio da un minimo di 1 ad un massimo di 3) che esprimono la qualità del rapporto tra la posizione dell'oggetto e il tipo di edificio;
- i "cromatismi dell'edificio" rispetto ai suoi elementi (tetto e facciata) e i "cromatismi dell'intorno" (sia esso naturale o culturale);
- i "coefficienti di colorazione" (ad esempio da 0,1 ad 1) che indicano il livello di armonia tra il colore dell'oggetto e i cromatismi sia dell'edificio che del contesto.

Ciascun oggetto da valutare è caratterizzato da:

- la posizione di installazione;

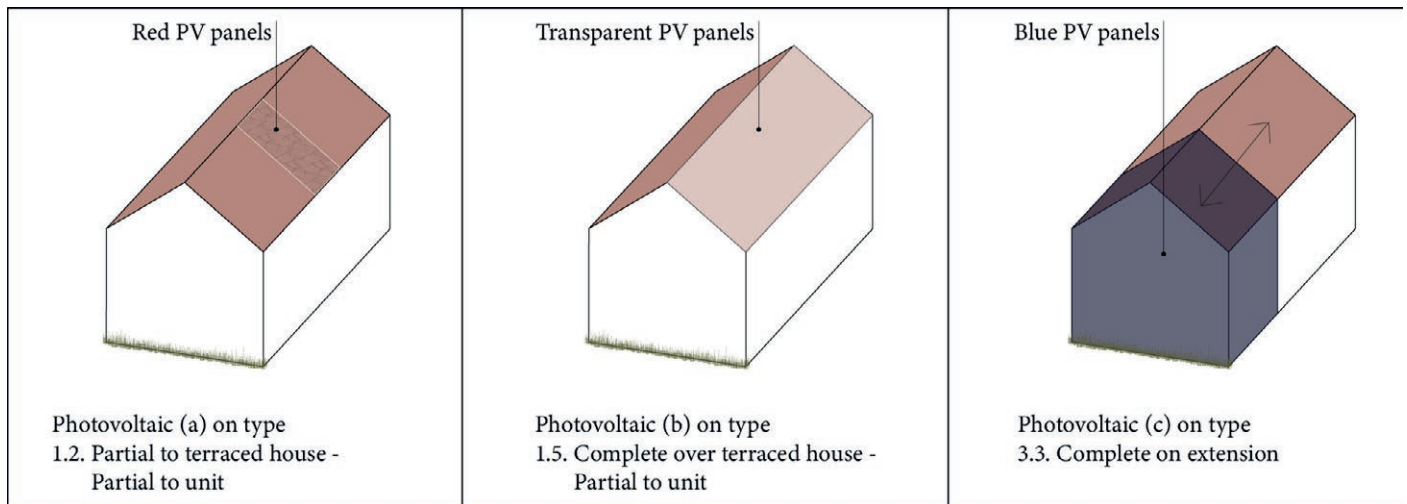
characterisation of the "building" and "place"			characteristics of the "object" and evaluation		
			object 1	object 2	object n.
types of building and "object" positioning	evaluation of the "object" in relation to its position on the building		position	position	position
1.1.	position value (1 to 3)				
1.2.	position value (1 to 3)				
1.3.	position value (1 to 3)				
1.4.	position value (1 to 3)				
1.5.	position value (1 to 3)				
1.6.	position value (1 to 3)				
2.1.	position value (1 to 3)				
2.2.	position value (1 to 3)				
2.3.	position value (1 to 3)				
3.1.	position value (1 to 3)				
3.2.	position value (1 to 3)				
3.3.	position value (1 to 3)				
chromaticity of building and location	coefficient based on the relationship between "building/context" and "object" colouring		colour	colour	colour
chromaticity of the roof (analysed building)	colour 1	colour coefficient (0.1 to 1)			
	colour 2	colour coefficient (0.1 to 1)			
	colour n.	colour coefficient (0.1 to 1)			
chromaticity of the façade (analysed building)	colour 1	colour coefficient (0.1 to 1)			
	colour 2	colour coefficient (0.1 to 1)			
	colour n.	colour coefficient (0.1 to 1)			
chromaticity of the (urban) context	colour 1	colour coefficient (0.1 to 1)			
	colour 2	colour coefficient (0.1 to 1)			
	colour n.	colour coefficient (0.1 to 1)			
chromaticity of the (natural) context	colour 1	colour coefficient (0.1 to 1)			
	colour 2	colour coefficient (0.1 to 1)			
	colour n.	colour coefficient (0.1 to 1)			
			value A*B	value A*B	value A*B

| Tab. 03

A

B

04 |



– la sua colorazione.

La valutazione della posizione degli oggetti rispetto agli elementi culturali analizzati permette di ottenere un valore (valore “A”). La caratteristica del cromatismo, invece, considera sia la posizione di installazione sull’edificio che le interazioni cromatiche con il paesaggio, e fornisce una serie di coefficienti di colorazione dai quali ricavare un valore medio (valore “B”). Il livello di integrazione complessiva si ottiene dunque dalla moltiplicazione tra valore “A” e “B”.

L’esempio esplicativo analizza tre soluzioni di pannelli fotovoltaici su un edificio con fronte continuo in contesto naturale (Fig. 4). Le soluzioni di installazione ipotizzate sono:

- in copertura sfruttando una sola delle due falde di proprietà di una sola unità abitativa (tipo 1.2.);
- in copertura utilizzando le falde di uno dei due fronti, posizionando i pannelli su tutte le unità abitative parte del volume (tipo 1.5.);

the more homogenous installation on the roof surface.

Conclusions and future developments

The interpretative model for interpreting the environmental integration of photovoltaic systems and the corresponding application matrices are the outcome of an initial experimental development phase. Hence the need to validate the matrices’ assumptions by verifying that their application to real cases give results in line with the actual perception and sensitivity of the communities concerned. This is an activity already planned within the PANORAMA project to be carried out through tests on a significant sample of users who are asked to evaluate a series of digital simulations of possible installations of energy systems in the landscape and on buildings.

The matrices, recalibrated on the basis of the indications that will emerge from the validation process, are one of the pieces of the multi-criteria tool that will be made available to institutions, public bodies and communities of citizens interested in activating a process to establish a REC. PANORAMA, as a matter of fact, is not an ex-post verification protocol, but a decision-making and proactive tool. It allows for the analytical analysis of a wide range of possible solutions by returning, through a multi-criteria evaluation, a targeted selection of scenarios suited to the specific context both in terms of technical-economic feasibility and landscape. By providing the necessary information to draft the final project, criticalities related to design and procedural aspects are overcome, thus facilitating the realisation of energy communities. Hence, the decision-making process shifts to

– in copertura e in facciata su una possibile addizione esterna (tipo 3.3.).

L’edificio considerato come esempio presenta una copertura in coppi (rosso) e facciate intonacate (bianco): il contesto ha un cromatismo predominante verde. Le soluzioni di oggetti confrontate sono: (a) pannelli fotovoltaici rossi in copertura; (b) pannelli fotovoltaici trasparenti in copertura; (c) pannelli fotovoltaici blu in copertura e facciata. Dato il tipo di edificio qui considerato (fronte continuo) è possibile stabilire che la scelta dell’oggetto (b) garantisce la migliore integrazione ambientale (Tab. 4). Lo scenario di applicazione di pannelli fotovoltaici trasparenti su un’intera falda del fronte continuo consente di raggiungere un livello di integrazione cromatica più alto rispetto ad un’applicazione di pannelli fotovoltaici blu su di un volume in addizione – oggetto (c). Inoltre, nonostante lo stesso valore in termini di coefficiente di colore con l’oggetto (a), il (b) riceve un punteggio maggiore per l’installazione più omogenea sulla superficie di copertura.

implementation thanks to the information content provided by the tool.

NOTES

¹ “PANORAMA – Pianificazione di comunità energetiche ambientalmente e paesaggisticamente sostenibili” is a research project funded by the Interreg VI-A Italy-Austria 2021-2027 programme.

ATTRIBUTION AND ACKNOWLEDGMENTS

The research is carried out within project PANORAMA, funded by the cooperation programme Interreg VI-A Italy-Austria 2021-2027; partners: Università Iuav di Venezia (principal investigator M. Condotta, coordination C. Scanagatta), University of Udine (Lead partner), Research Studio Austria, BIM Piave, CML S.r.l., CONSORZIO NIP, Okstromborse Salzburg.

The contribution is the result of the joint research of the two Authors. A special thanks to A. Rampazzo for the graphic elaborations.

Conclusioni e sviluppi futuri

Il modello teorico per l'interpretazione dell'integrazione ambientale degli impianti fotovoltaici e le corrispondenti matrici applicative sono l'esito di una prima fase sperimentale di sviluppo. È pertanto necessario validare le assunzioni che sono alla base delle matrici stesse verificando che la loro applicazione restituisca risultati in linea con la reale percezione e la sensibilità delle comunità interessate. Si tratta di un'attività già programmata all'interno del progetto PANORAMA da svolgersi attraverso test su un campione significativo di utenti ai quali è chiesto di valutare una serie di simulazioni digitali di possibili installazioni di sistemi energetici nel paesaggio e su edifici.

Le matrici, ricalibrate sulla base delle indicazioni emerse dal processo di validazione, rappresentano uno dei tasselli del *tool* multicriterio che verrà messo a disposizione di istituzioni, enti pubblici e comunità di cittadini interessati nell'avviare un processo di costituzione di una CER. PANORAMA, infatti, non va inteso come protocollo di verifica a posteriori, ma bensì come strumento decisionale e proattivo. Esso consente di analizzare in modo analitico un'ampia casistica di possibili soluzioni restituendo, mediante una valutazione multicriterio, una selezione mirata di scenari adeguati allo specifico contesto sia in termini di fattibilità tecnico economica sia paesaggisticamente. Fornendo le informazioni necessarie per procedere alla stesura del pro-

getto definitivo si superano criticità legate ad aspetti progettuali e procedurali agevolando la realizzazione di comunità energetiche: il processo decisionale diviene dunque attuativo grazie ai contenuti informativi forniti dallo strumento.

NOTE

¹ "PANORAMA - PiANificazione di cOmunità eneRgetiche Ambientalmente e pAesaggisticamente sostenibili" è un progetto di ricerca finanziato dal programma Interreg VI-A Italia-Austria 2021-2027.

RICONOSCIMENTI E ATTRIBUZIONE

La ricerca è svolta all'interno del progetto PANORAMA, finanziato dal programma di cooperazione Interreg VI-A Italia-Austria 2021-2027; partner: Università Iuav di Venezia (resp. scientifico M. Condotta, coordinamento C. Scanagatta), Università degli Studi di Udine (Lead partner), Research Studio Austria, BIM Piave, CML S.r.l., CONSORZIO NIP, Okstromborse Salzburg. Il contributo è il risultato di una ricerca congiunta dei due Autori. Si ringrazia A. Rampazzo per le elaborazioni grafiche.

REFERENCES

Condotta, M. (2024), *Sustînēre. Luogo, architettura e progettazione ambientale sostenibile*, Anteferma Edizioni, Conegliano.
 De Medici, S. (2021), "Italian Architectural Heritage and Photovoltaic Systems. Matching Style with Sustainability", *Sustainability*, Vol. 13, n. 4, article no: 2108. Available at: <https://dx.doi.org/10.3390/su13042108>.

characterisation of the "building" and "place"		characteristics of the "object" and evaluation			
types of building and "object" positioning	evaluation of the "object" in relation to its position on the building	photovoltaic (a)	photovoltaic (b)	photovoltaic (c)	
		roofing	roofing	roofing and façade	
1.2.	1	1			
1.5.	2		2		
3.3.	3			3	
		A			
chromaticity of building and location	coefficient based on the relationship between "building/context" and "object" colouring		red	transparent	blue
	chromaticity of the roof: red	red	1		
	blue	0.1	1	0.1	
	transparent	1			
chromaticity of the façade: white	red	0.5			0.5
	blue	0.5			
	transparent	1			
chromaticity of the (natural) context: green	red	1			0.1
	blue	0.1			
	transparent	1			
		B			
		1	2	0.7	

Tab. 04

- Enserink, M., Van Etteger, R., Van den Brink, A. and Stremke, S. (2022), "To support or oppose renewable energy projects? A systematic literature review on the factors influencing landscape design and social acceptance", *Energy Research & Social Science*, Vol. 91, article no: 102740. Available at: <https://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2022.102740>.
- Kang, N. and Liu, C. (2022), "Towards landscape visual quality evaluation: methodologies, technologies, and recommendations", *Ecological Indicators*, Vol. 142, article no: 109174. Available at: <https://dx.doi.org/10.1016/j.ecoind.2022.109174>.
- Lobaccaro, G. Croce, S., Lindkvist, C., Munari Probst, M.C., Scognamiglio, A., Dahlberg, J., Lundgren, M. and Wall, M. (2019), "A cross-country perspective on solar energy in urban planning: Lessons learned from international case studies", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 108, pp. 209–237. Available at: <https://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2019.03.041>.
- Lothian, A. (1999), "Landscape and the philosophy of aesthetics: Is landscape quality inherent in the landscape or in the eye of the beholder?", *Landscape and Urban Planning*, Vol. 44, n. 4, pp. 177-198. Available at: [https://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046\(99\)00019-5](https://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046(99)00019-5)
- Lucchi, E. (2022), "Integration between photovoltaic systems and cultural heritage: A socio-technical comparison of international policies, design criteria, applications, and innovation developments", *Energy Policy*, Vol. 171, article no: 113303. Available at: <https://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113303>.
- Lynch K. (2001), *L'immagine della città*, 17th ed., Marsilio Editori, Venezia.
- Salak, B., Lindberg, K., Kienast, F. and Hunziker M. (2021), "How landscape-technology fit affects public evaluations of renewable energy infrastructure scenarios. A hybrid choice model", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 143, article no: 110896. Available at: <https://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2021.110896>.
- Spyridonidou, S., Loukogeorgaki, E., Vagiona, D.G. and Bertrand, T. (2022), "Towards a Sustainable Spatial Planning Approach for PV Site Selection in Portugal", *Energies*, Vol. 15, article no: 8515. Available at: <https://dx.doi.org/10.3390/en15228515>.
- Tena, P.A. and García-Esparza, J.A. (2019), "The Heritagization of a Mediterranean Vernacular Mountain Landscape: Concepts, Problems and Processes", *Heritage & Society*, Vol. 11, n. 3, pp. 189–210. Available at: <https://dx.doi.org/10.1080/2159032x.2019.1670533>.
- Toledo, C. and Scognamiglio, A. (2021), "Agrivoltaic Systems Design and Assessment: A Critical Review, and a Descriptive Model towards a Sustainable Landscape Vision (Three-Dimensional Agrivoltaic Patterns)", *Sustainability*, Vol. 13, article no: 6871. Available at: <https://dx.doi.org/10.3390/su13126871>.
- Wolsink, M. (2018), "Co-production in distributed generation: renewable energy and creating space for fitting infrastructure within landscapes", *Landscape Research*, Vol. 43, n. 4, pp. 542-561. Available at: <https://dx.doi.org/10.1080/01426397.2017.1358360>.