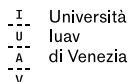


PiANificazione di cOmunità eneRgetiche AMbientalmente e pAesaggisticamente sostenibili **PLANung von umweltschOnenden und landschaftlich gerechten eRneuerbAren energieMeinschAften**



**PiANificazione di cOmunità eneRgetiche
AMbientalmente e pAesaggisticamente
sostenibili** **PLANung von
umweltschOnenden
und landschaftlich
gerechten eRneuerbAren
energiegeMeinschAften**

Programma Interreg VI-A Italia Austria 2021-2027

Interreg VI-A Programm Italien Österreich 2021-2027

PIANificazione di cOMunità eneRgetiche AMbientalmente e pAesaggisticamente sostenibili

Progetto PANORAMA n. ITAT-11-004

PIANung von umweltschOnenden und landschaftlich gerechten eRneuerbAren energiegeMeinschAften

Projekt PANORAMA n. ITAT-11-004

CUP: G23C23001800007

ISBN 979-12-5953-273-2 (cartaceo [papier](#))

ISBN 979-12-5953-397-5 (digitale [digital](#))

DOI 10.57623/979-12-5953-397-5

Curatori [Redaktion](#)

Massimiliano Condotta, Chiara Scanagatta, Damiana Chinese, Markus Biberacher, Stefano Savino

Con saggi di [Autoren von Aufsätzen](#)

Markus Biberacher, Giovanni Borgia, Giovanni Calore, Damiana Chinese, Massimiliano Condotta, Sabrina Reiter, Lisa Riefer, Stefano Savino, Chiara Scanagatta, Marlee Wasserman, Elisa Zatta

Partner [Partner](#)

Università degli Studi di Udine

iSPACE plus

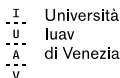
Università luav di Venezia

Consorzio BIM Piave

CML Srl

NIP Maniago - Consorzio Industriale

Ökostrombörse Salzburg



Editore [Herausgeber](#)

Anteferma Edizioni S.r.l.

via Asole 12, Conegliano, TV

edizioni@anteferma.it

Prima edizione Luglio 2026 [Erstausgabe Juli 2026](#)

Progetto grafico [Grafisches Projekt](#) Margherita Ferrari

Copyright



Questo lavoro è distribuito sotto Licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - No opere derivate 4.0 International

Diese Arbeit wird unter der Creative Commons License vertrieben Namensnennung - Nicht kommerziell - Keine Bearbeitung 4.0 International

Sommario Inhalt

Prefazione

Vorwort

10

1

Il progetto PANORAMA e il contesto socio energetico europeo e transfrontaliero

Das Projekt PANORAMA und der europäische sowie grenzübergreifende sozioenergetische Kontext

13

Elisa Zatta, Massimiliano Condotta

1.1 Il contesto della ricerca Der Forschungskontext

15

1.2 PANORAMA: obiettivi e risultati PANORAMA: Ziele und Ergebnisse

19

1.3 Il partenariato di PANORAMA Die Partnerschaft von PANORAMA

22

2

L'approccio multicriterio del progetto panorama

Der multikriterielle Ansatz des Projekts PANORAMA

29

Massimiliano Condotta, Elisa Zatta

3

Potenzialità del sistema **Leistungsfähigkeit des Systems**

37

Markus Biberacher, Lisa Riefer

- | | | |
|-----|--|----|
| 3.1 | Archiviazione dei dati e software utilizzato
Datenspeicherung und verwendete Software | 41 |
| 3.2 | Determinazione delle superfici dei tetti
Ableitung der Dachflächen | 43 |
| 3.3 | Calcolo del potenziale solare
Berechnung des Solarpotenzials | 49 |
| 3.4 | Modellizzazione dei parametri edilizi e del fabbisogno di energia elettrica
Modellierung von Gebäudeparametern und Strombedarf | 51 |
| 3.5 | Armonizzazione dei dati, qualità dei dati e collaborazione
Datenharmonisierung, Datenqualität und Zusammenarbeit | 53 |
| 3.6 | Prospettive: ulteriore sviluppo delle basi comuni in diversi strumenti
Ausblick: Weiterentwicklung der gemeinsamen Grundlagen in unterschiedlichen Werkzeugen | 55 |

4

Analisi costi-benefici di una Comunità Energetica. **Strumento Excel-Python per la simulazione energetica,** **economica e ambientale delle CER** **Kosten-Nutzen-Analyse einer Energiegemeinschaft.** **Excel-Python-Tool zur energetischen, wirtschaftlichen und** **ökologischen Simulation von CERs**

57

Damiana Chinese, Stefano Savino, Marlee Wasserman

- | | | |
|-----|---------------------------------------|----|
| 4.1 | Input e output
Eingabe und Ausgabe | 61 |
| 4.2 | Costi
Kosten | 64 |

4.3	Vita utile Nutzungsdauer	65
4.4	Produttore Erzeuger	66
4.5	Consumatore Verbraucher	67
4.6	Prosumer Prosumer	70
4.7	Bilancio energetico della CER Energiebilanz der CER	72
4.8	Impatto ambientale in termini di emissioni di CO2 Umweltauswirkungen in Bezug auf CO2-Emissionen	74
4.9	Incentivi e tariffa premio Anreize und Prämientarif	76
4.10	Implementazione in ambiente Python Implementierung in Python-Umgebung	78

5

Data shaping di dati istituzionali per la classificazione energetica del patrimonio edilizio

Datengestaltung institutioneller Daten zur energetischen Klassifizierung des Gebäudebestands

83

Giovanni Borga, Marlee Wasserman

5.1	Dataset disponibili Verfügbare Datensätze	86
5.2	Procedura Verfahren	89

6

La matrice di integrazione ambientale del FV. Valutazione del rapporto tra sistemi tecnologici e contesto

Die Matrix der Umweltintegration von PV. Bewertung des Verhältnisses zwischen technologischen Systemen und Kontext

109

Chiara Scanagatta, Massimiliano Condotta

- | | | |
|-----|--|-----|
| 6.1 | La matrice di valutazione
Die Bewertungsmatrix | 113 |
| 6.2 | Struttura della matrice
Struktur der Matrix | 119 |
| 6.3 | Parametri, valori e coefficienti
Parameter, Werte und Koeffizienten | 122 |
| 6.4 | Applicazione ai casi pilota e calibrazione dei valori per lo specifico
contesto operativo
Anwendung auf die Pilotfälle und Kalibrierung der Werte für den
spezifischen operativen Kontext | 130 |

7

Il tool multicriterio. Interfaccia e funzionamento operativo

Das Simulations-Service für erneuerbare Energiegemeinschaften. Benutzeroberfläche und Funktionsweise

139

Lisa Riefer, Markus Biberacher, Chiara Scanagatta

- | | | |
|-----|---|-----|
| 7.1 | Accesso ai servizi di simulazione
Zugriff auf die Simulations-Services | 141 |
| 7.2 | Panoramica degli strumenti sviluppati
Überblick über die entwickelten Tools | 142 |
| 7.3 | Interfaccia utente comune
Gemeinsame Benutzeroberfläche | 144 |
| 7.4 | Lo strumento comune a entrambi i paesi: strumento di simulazione CER [AT]
Das gemeinsame Tool in beiden Ländern: EEG-/REC-Simulationstool [AT] | 146 |
| 7.5 | Strumento di simulazione CER a livello comunale
EEG-Simulationstool auf Gemeindeebene | 150 |

7.6	Lo strumento di integrazione paesaggistica Das Landschaftsintegrationstool	152
7.7	Scenari di applicazione del tool multicriterio Anwendungsszenarien des Simulations-Service für erneuerbare Energiegemeinschaften	159

8

Applicazione del tool multicriterio a Salisburgo

Anwendung des Simulations-Service für erneuerbare Energiegemeinschaften in Salzburg

163

Lisa Riefer, Sabrina Reiter, Markus Biberacher

8.1	Strumento di simulazione CER EEG-Simulationstool	166
8.2	Strumento di simulazione CER a livello comunale EEG-Simulationstool auf Gemeindeebenen	172
8.3	Valorizzazione e utilità pratica dei risultati del progetto Verwertung und praktischer Nutzen der Projektergebnisse	174

9

Applicazione del tool multicriterio in Italia.

Le aree pilota di Veneto e Friuli-Venezia Giulia

Anwendung des Multikriterien-Tools in Italien. Die Pilotgebiete von Venetien und Friaul-Julisch Venetien

177

Chiara Scanagatta, Stefano Savino, Damiana Chinese, Massimiliano Condotta,
Giovanni Calore

9.1	I casi studio italiani Die italienischen Fallstudien	179
9.2	Borgo Valbelluna	181
9.3	Pieve di Cadore	198
9.4	Maniago	206

6

La matrice di integrazione ambientale del FV.

Valutazione del rapporto tra sistemi tecnologici e contesto

Die Matrix der Umweltintegration von PV.

Bewertung des Verhältnisses zwischen technologischen Systemen und Kontext

Chiara Scanagatta
Massimiliano Condotta



Il *work package* 4 “Integrazione ambientale dei sistemi per la produzione di energia da fonti rinnovabili” ha ricoperto un ruolo chiave nella definizione delle strategie di integrazione all’interno dei paesaggi naturali o urbani dei sistemi di produzione energetica da fonti rinnovabili, aspetto non più eludibile in vista della loro crescente diffusione per il raggiungimento degli obiettivi UE di decarbonizzazione (European Commission, 2019; European Union, 2021). Mentre altre componenti del progetto affrontano questioni quantitative, come il potenziale energetico o la fattibilità economica, il WP4 si è focalizzato su un aspetto spesso ignorato ma determinante (De Medici, 2021; Lucchi, 2022; Salak *et al.*, 2021; Wolsink, 2017): la relazione tra sistemi tecnologici da fonti energetiche rinnovabili (FER) e contesto culturale, sia esso antropico o naturale, in cui essi si inseriscono.

L’obiettivo è stato costruire un quadro conoscitivo capace di facilitare l’inserimento di queste tecnologie all’interno dei diversi contesti locali, attraverso la definizione di una serie di indicatori, criteri e strategie progettuali da declinare sul territorio di riferimento. L’output operativo, esito del lavoro di ricerca svolto, è una “matrice di valutazione” sviluppato per valutare il livello di integrazione delle tecnologie di produzione energetica da FER, e in particolare i sistemi fotovoltaici, all’interno dell’ambiente urbano e naturale.

La necessità di indagare e quantificare questo aspetto di integrazione paesaggistica nasce dalla consapevolezza che la diffusione di impianti fotovoltaici ed eolici in contesti costruiti e naturali non è un’operazione neutra. Essa comporta trasformazioni visibili e percepibili, che

Das Work Package 4 „Umweltintegration von Systemen zur Erzeugung von Energie aus erneubaren Quellen“ spielte eine Schlüsselrolle bei der Definition von Integrationsstrategien für Systeme zur erneuerbaren Energieerzeugung in Natur- oder Stadtlandschaften – ein Aspekt, der angesichts ihrer zunehmenden Verbreitung zur Erreichung der EU-Dekarbonisierungsziele nicht mehr vernachlässigt werden kann (European Commission, 2019; European Union, 2021). Während andere Komponenten des Projekts quantitative Fragen wie das Energiepotenzial oder die wirtschaftliche Machbarkeit behandeln, konzentrierte sich das WP4 auf einen oft ignorierten, aber entscheidenden Aspekt (De Medici, 2021; Lucchi, 2022; Salak *et al.*, 2021; Wolsink, 2017): die Beziehung zwischen technologischen Systemen aus erneuerbaren Energiequellen (EE) und dem kulturellen Kontext – sei er anthropogen oder natürlich –, in den sie eingebettet sind.

Das Ziel bestand darin, einen Wissensrahmen zu schaffen, der die Integration dieser Technologien in die verschiedenen lokalen Kontexte erleichtert, und zwar durch die Definition einer Reihe von Indikatoren, Kriterien und Gestaltungsstrategien, die auf das jeweilige Referenzgebiet übertragen werden können. Das operative Ergebnis dieser Forschungsarbeit ist eine „Bewertungsmatrix“, die entwickelt wurde, um den Grad der Integration von EE-Erzeugungstechnologien, insbesondere von Photovoltaikanlagen, in die städtische und natürliche Umwelt zu evaluieren.

Die Notwendigkeit, diesen Aspekt der Landschaftsintegration zu untersuchen und zu quantifizieren, ergibt sich aus dem Bewusstsein, dass die Verbreitung von Photovoltaik-

incidono sull'immagine dei luoghi e sulla loro identità. Spesso, tali mutamenti generano resistenze nelle comunità locali (Enserink *et al.*, 2022; Salak *et al.*, 2021; Wolsink, 2017), soprattutto se percepiti come incompatibili con i valori culturali e paesaggistici del territorio (De Medici, 2021; Enserink *et al.*, 2022; Lucchi, 2022; Salak *et al.*, 2021; Wolsink, 2017). Il problema non riguarda quindi solo l'impatto diretto degli impianti (interferenza delle rotte migratorie, disturbi dovuti al riflesso, ...), ma anche l'accettazione sociale e la capacità di tali sistemi di rinnovabili di integrarsi all'interno di un sistema urbano o naturale caratterizzato da un insieme di luoghi.

In questo contesto, è stata definita la matrice di valutazione che, focalizzandosi sull'integrazione dei sistemi sugli edifici, si configura come strumento progettuale e interpretativo che mira a tradurre in forma operativa la complessità di tali relazioni. Essa consente di mettere in relazione le caratteristiche degli edifici e il loro contesto con i sistemi di produzione di energie rinnovabili, fornendo supporto agli *stakeholder* interessati ad attivare una CER nella valutazione e scelta delle soluzioni più appropriate.

La matrice assume un valore strategico non solo come strumento operativo, ma anche come dispositivo interpretativo capace di integrare dimensioni tecniche, percettive e culturali. Essa contribuisce a rendere esplicite relazioni spesso implicite nei processi progettuali, favorendo una maggiore consapevolezza nelle scelte e promuovendo un dialogo più trasparente tra i diversi attori coinvolti. La sua adozione si inserisce dunque in una visione più ampia della transizione energetica, intesa come processo che richiede non solo efficienza tecnica, ma anche qualità paesaggistica e accettabilità sociale.

und Windkraftanlagen in bebauten und natürlichen Kontexten kein neutraler Prozess ist. Sie führt zu sichtbaren und wahrnehmbaren Veränderungen, die das Erscheinungsbild von Orten und deren Identität beeinflussen. Häufig stoßen diese Veränderungen auf Widerstand in den lokalen Gemeinschaften (Enserink *et al.*, 2022; Salak *et al.*, 2021; Wolsink, 2017), insbesondere wenn sie als unvereinbar mit den kulturellen und landschaftlichen Werten des Gebiets wahrgenommen werden (De Medici, 2021; Enserink *et al.*, 2022; Lucchi, 2022; Salak *et al.*, 2021; Wolsink, 2017). Das Problem betrifft daher nicht nur die direkten Auswirkungen der Anlagen (Interferenz mit Zugvogelrouten, Störungen durch Reflexionen, ...), sondern auch die soziale Akzeptanz und die Fähigkeit dieser erneuerbaren Systeme, sich in ein städtisches oder natürliches System zu integrieren, das durch ein Gefüge von Orten gekennzeichnet ist.

In diesem Kontext wurde die Bewertungsmatrix definiert. Indem sie sich auf die Integration von Systemen auf Gebäuden konzentriert, fungiert sie als Entwurfs- und Interpretationsinstrument, das darauf abzielt, die Komplexität dieser Beziehungen in eine operative Form zu übersetzen. Sie ermöglicht es, die Merkmale von Gebäuden und deren Kontext mit den Systemen zur Erzeugung erneuerbarer Energien in Beziehung zu setzen, und unterstützt Stakeholder, die an der Aktivierung einer EEG (Erneuerbare-Energie-Gemeinschaft) interessiert sind, bei der Bewertung und Auswahl der am besten geeigneten Lösungen.

Die Matrix besitzt einen strategischen Wert nicht nur als operatives Werkzeug, sondern auch als interpretative Vorrichtung, die technische, perzeptive und kulturelle Dimensionen integrieren kann. Sie trägt dazu bei, Beziehungen explizit zu machen, die in Entwurfsprozessen oft implizit bleiben, was ein größeres Bewusstsein bei Entscheidungen fördert und einen transparenteren Dialog zwischen den verschiedenen beteiligten Akteuren anregt. Ihre Anwendung fügt sich somit in eine breitere Vision der Energiewende ein, die als ein Prozess verstanden wird, der nicht nur technische Effizienz, sondern auch landschaftliche Qualität und soziale Akzeptanz erfordert.

6.1 La matrice di valutazione Die Bewertungsmatrix

La matrice, studiata per permettere l'assegnazione di valori numerici a caratterizzazioni abitualmente qualitative, è stata sviluppata all'interno di un contesto di crescente attenzione nei confronti delle relazioni tra tecnologia, paesaggio e società. La diffusione sempre più capillare di impianti fotovoltaici ha progressivamente reso evidente come le trasformazioni indotte dalla transizione energetica non possano essere affrontate esclusivamente attraverso strumenti tecnici o economici. Allo stesso modo, emerge la necessità di superare un approccio in cui le istanze paesaggistiche, pur presenti, vengono considerate quasi esclusivamente come vincoli normativi. È necessario, invece, attuare una riflessione più ampia, che includa la dimensione percettiva e culturale, integrando nel processo decisionale anche il punto di vista di chi vive i territori interessati. Il quadro conoscitivo sviluppato, dunque, si inserisce all'interno di una prospettiva più vasta, che riconosce il contesto e il paesaggio come costruzione complessa, risultato di interazioni tra elementi materiali e immateriali. In termini di analisi delle possibili tecnologie, la matrice si focalizza sui sistemi fotovoltaici in quanto i più diffusi e facilmente implementabili, sia per costi sia per facilità autorizzativa.

Un presupposto fondamentale considerato risiede nel fatto che il concetto di integrazione ambientale, come sottolineato in precedenza, sia spesso utilizzato in modo generico e non sufficientemente strutturato:

Die Matrix, die so konzipiert wurde, dass sie üblicherweise qualitativen Merkmalen numerische Werte zuweisen kann, wurde in einem Kontext wachsender Aufmerksamkeit für die Beziehungen zwischen Technologie, Landschaft und Gesellschaft entwickelt. Die immer flächendeckendere Verbreitung von Photovoltaikanlagen hat zunehmend verdeutlicht, dass die durch die Energiewende induzierten Veränderungen nicht ausschließlich mit technischen oder wirtschaftlichen Instrumenten bewältigt werden können. Ebenso zeigt sich die Notwendigkeit, einen Ansatz zu überwinden, bei dem landschaftliche Belange, obwohl vorhanden, fast ausschließlich als regulatorische Einschränkungen betrachtet werden. Stattdessen ist eine umfassendere Reflexion erforderlich, die die perzeptive und kulturelle Dimension einbezieht und auch die Perspektive derjenigen in den Entscheidungsprozess integriert, die in den betroffenen Gebieten leben.

Der entwickelte Wissensrahmen fügt sich daher in eine breitere-Perspektive ein, die den Kontext und die Landschaft als ein komplexes Konstrukt anerkennt, das das Ergebnis von Interaktionen zwischen materiellen und immateriellen Elementen ist. In Bezug auf die Analyse möglicher Technologien konzentriert sich die Matrix auf Photovoltaiksysteme, da diese am weitesten verbreitet und sowohl hinsichtlich der Kosten als auch der Genehmigungsverfahren am einfachsten zu implementieren sind. Ein wesentlicher Presupposto besteht darin, dass

raramente, infatti, l'integrazione dei sistemi produttivi derivanti da FER viene definita attraverso criteri chiari, condivisi e misurabili. Questo rende difficile confrontare soluzioni diverse e valutare in modo oggettivo il loro grado di compatibilità con il contesto. Il lavoro svolto tenta di colmare questo vuoto, proponendo un modello che consenta di esplicitare e organizzare i fattori che contribuiscono all'effettiva integrazione di queste tecnologie nel contesto.

Alla base del modello sviluppato vi è una precisa concezione del paesaggio, inteso non come semplice somma di elementi fisici, ma come sistema di relazioni. Il paesaggio è infatti risultato di una stratificazione di interventi e significati culturali che si sedimentano nel tempo e che contribuiscono a definire l'identità dei luoghi. Gli edifici in questo contesto non sono solo strutture funzionali, ma diventano "luoghi-fatti culturali" (Scanagatta & Condotta, 2025), ossia elementi che incarnano valori, memorie e rappresentazioni condivise della comunità. Essi costituiscono la trasposizione fisica attraverso cui le comunità costruiscono e riconoscono la propria identità.

L'introduzione di un impianto fotovoltaico in un edificio, ad esempio, si configura come un intervento che incide non solo sulla dimensione energetica, ma anche su quella simbolica e percettiva; la presenza dei pannelli modifica l'immagine dell'edificio, alterando il rapporto tra forma, materia e colore, influenzando la percezione complessiva del luogo. Questa trasformazione può essere accolta positivamente, se percepita come coerente e integrata, oppure può generare resistenze da parte delle comunità locali.

La matrice – che analizza l'impatto dei sistemi di rinnovabili sui "luoghi-fatti culturali" – nasce pertanto dalla necessità di comprendere e governare questa trasformazione. Il suo obiettivo non è quello di fornire una valutazione definitiva, bensì di costruire uno strumento che permetta di analizzare in modo sistematico le relazioni tra oggetto e contesto, fornendo un valo-

der Begriff der Umweltintegration, wie bereits erwähnt, oft generisch und unzureichend strukturiert verwendet wird: Selten wird die Integration von Systemen zur Erzeugung aus EE durch klare, gemeinsame und messbare Kriterien definiert. Dies erschwert den Vergleich verschiedener Lösungen und die objektive Bewertung ihres Kompatibilitätsgrades mit dem Kontext. Die vorliegende Arbeit versucht, diese Lücke zu schließen, indem sie ein Modell vorschlägt, das es ermöglicht, die Faktoren, die zur effektiven Integration dieser Technologien in den Kontext beitragen, zu verdeutlichen und zu organisieren.

Dem entwickelten Modell liegt ein präzises Verständnis von Landschaft zugrunde, die nicht als bloße Summe physischer Elemente, sondern als System von Beziehungen verstanden wird. Die Landschaft ist das Ergebnis einer Schichtung von Eingriffen und kulturellen Bedeutungen, die sich im Laufe der Zeit sedimentieren und zur Definition der Identität von Orten beitragen. Gebäude sind in diesem Zusammenhang nicht nur funktionale Strukturen, sondern werden zu „kulturellen Orts-Fakten“ (Scanagatta & Condotta, 2025), also zu Elementen, die Werte, Erinnerungen und geteilte Repräsentationen der Gemeinschaft verkörpern. Sie stellen die physische Umsetzung dar, durch die Gemeinschaften ihre eigene Identität konstruieren und anerkennen.

Die Installation einer Photovoltaikanlage auf einem Gebäude stellt beispielsweise einen Eingriff dar, der sich nicht nur auf die energetische Dimension auswirkt, sondern auch auf die symbolische und perzeptive; das Vorhandensein der Paneele verändert das Erscheinungsbild des Gebäudes, modifiziert das Verhältnis zwischen Form, Material und Farbe und beeinflusst die Gesamtwahrnehmung des Ortes. Diese Veränderung kann positiv aufgenommen werden, wenn sie als kohärent und integriert wahrgenommen wird, oder sie kann zu Widerständen in der lokalen Bevölkerung führen. Die Matrix – die die Auswirkungen von Systemen erneuerbarer Energien auf diese „kulturellen Orts-Fakten“ analysiert – entsteht daher aus der Notwendigkeit, diese Transformation zu verstehen und zu steuern. Ihr Ziel ist es

re che permetta un confronto tra diversi scenari interpretativi. In questo senso, essa diviene una griglia interpretativa, che consente di mettere in relazione le diverse variabili coinvolte.

Il processo di sviluppo ha richiesto una fase preliminare di identificazione dei parametri di valutazione ai quali associare dei valori numerici. Tale attività è stata supportata sia da considerazioni teoriche, sia da osservazioni sul campo utili a determinare gli elementi che più influenzano la percezione relativa all'integrazione di tecnologie per la produzione energetica da FER. Tra questi, il tipo edilizio – inteso come classificazione degli edifici basata su caratteristiche comuni funzionali, distributive, organizzative e formali (Romana Moretti, 2015; Treccani, 2023) – rappresenta un fattore fondamentale, in quanto determina il modo in cui il possibile nuovo impianto di produzione energetica si inserisce nel sistema costruito. Un edificio isolato, ad esempio, presenta condizioni di relazione con il contesto diverse rispetto a un edificio inserito in un tessuto urbano compatto, dove la relazione con gli edifici adiacenti assume un ruolo determinante.

Un altro elemento chiave è rappresentato dal posizionamento dei pannelli fotovoltaici in rapporto all'edificio: la scelta tra l'installazione sull'intera area della copertura o su una porzione di essa ha un impatto diretto sulla percezione dell'intervento. Il posizionamento sull'interezza tende a generare una maggiore continuità visiva, mentre la scelta di sfruttare una porzione del tetto, o in modo ancora più frammentario una porzione di falda, dettata da questioni di necessità energetiche, può introdurre una frammentazione che rende più evidente ed estranea la presenza del sistema tecnologico. Tuttavia, in entrambe le ipotesi, la valutazione in termini di integrazione non è univoca, ma dipende intrinsecamente dal contesto e dalle caratteristiche dell'edificio.

Nello studio dei parametri, particolare attenzione è stata posta alla dimensione cromatica, riconoscendone il ruolo centrale nella percezione dell'integrazione: il

nicht, eine endgültige Bewertung abzugeben, sondern ein Werkzeug bereitzustellen, mit dem die Beziehungen zwischen Objekt und Kontext systematisch analysiert werden können, um einen Wert zu liefern, der den Vergleich verschiedener interpretativer Szenarien ermöglicht. In diesem Sinne wird sie zu einem Interpretationsraster, das es erlaubt, die verschiedenen beteiligten Variablen miteinander in Beziehung zu setzen.

Der Entwicklungsprozess erforderte eine vorläufige Phase zur Identifizierung der Bewertungsparameter, denen numerische Werte zugeordnet werden sollten. Diese Aktivität wurde sowohl durch theoretische Überlegungen als auch durch Feldbeobachtungen unterstützt, um jene Elemente zu bestimmen, die die Wahrnehmung der Integration von EE-Technologien am stärksten beeinflussen. Darunter stellt der Gebäudetyp – verstanden als Klassifizierung von Gebäuden basierend auf gemeinsamen funktionalen, distributiven, organisatorischen und formalen Merkmalen (Romana Moretti, 2015; Treccani, 2023) – einen grundlegenden Faktor dar, da er bestimmt, wie sich die potenzielle neue Energieerzeugungsanlage in das bauliche System einfügt. Ein freistehendes Gebäude weist beispielsweise andere Beziehungsbedingungen zum Kontext auf als ein Gebäude, das in ein kompaktes städtisches Gefüge eingebettet ist, wo die Beziehung zu den angrenzenden Gebäuden eine entscheidende Rolle spielt.

Ein weiteres Schlüsselement ist die Positionierung der Photovoltaikpaneele im Verhältnis zum Gebäude: Die Entscheidung zwischen einer Installation auf der gesamten Dachfläche oder auf einem Teil davon hat direkte Auswirkungen auf die Wahrnehmung des Eingriffs. Eine vollständige Belegung neigt dazu, eine größere visuelle Kontinuität zu erzeugen, während die Nutzung eines Teils des Daches oder – noch fragmentierter – eines Teils einer Dachfläche (bedingt durch energetische Notwendigkeiten) eine Stückelung einführen kann, die das Vorhandensein des technologischen Systems offensichtlicher und fremder wirken lässt. Dennoch ist die Bewertung der Integration in beiden Szenarien nicht

colore dei pannelli fotovoltaici, quello delle coperture e quello del contesto circostante interagiscono tra loro, influenzando il grado di armonia o di contrasto percepito. La matrice ha l'obiettivo di valutare queste relazioni introducendo dei coefficienti capaci di esprimere il grado di compatibilità cromatica dei diversi elementi.

Per garantire una trasposizione operativa al tool multicriterio e un'applicazione efficace ma al contempo realistica, si è optato per una rappresentazione "semplificata" del paesaggio. Tale approccio, tuttavia, non preclude una corretta interpretazione del contesto; esso mantiene una descrizione delle caratteristiche essenziali e delle relazioni tra le componenti fornendo le indicazioni necessarie per orientare le scelte progettuali.

Passaggio cruciale è stata la traduzione delle possibili combinazioni – tipo edilizio, posizione dei pannelli fotovoltaici e cromatismi – in valori numerici con i rispettivi pesi: questa strategia consente di rendere confrontabili elementi che sarebbero altrimenti difficilmente comparabili.

Poiché ogni contesto presenta delle caratteristiche specifiche, un ulteriore elemento che caratterizza la matrice è la sua capacità di considerare il valore di integrazione come variabile situazionale: non vengono infatti attribuiti pesi fissi agli elementi in esame, ma questi sono aggiornabili sulla base della caratterizzazione dei luoghi. Ciò implica che lo stesso impianto fotovoltaico può essere valutato in modo diverso a seconda delle caratteristiche del contesto di inserimento. Si tratta di un'impostazione che consente di restituire una visione dinamica del paesaggio, in cui le relazioni tra gli elementi sono più importanti delle caratteristiche del singolo oggetto tecnologico.

Per tale ragione, prima della sua applicazione ad un territorio specifico, è necessario avviare due operazioni preliminari: (i) la sistematizzazione delle variabili rispetto al contesto operativo specifico e (ii) effettuare un'analisi delle percezioni delle comunità interessate. La prima fase consiste dapprima in una raccolta

eineutig, sondern hängt inhärent vom Kontext und den Merkmalen des Gebäudes ab.

Bei der Untersuchung der Parameter wurde der chromatischen Dimension besondere Aufmerksamkeit gewidmet, da ihr eine zentrale Rolle bei der Wahrnehmung der Integration zukommt: Die Farbe der PV-Paneele, die der Dächer und die des umgebenden Kontextes interagieren miteinander und beeinflussen den Grad der wahrgenommenen Harmonie oder des Kontrasts. Die Matrix zielt darauf ab, diese Beziehungen durch Koeffizienten zu bewerten, die den Grad der chromatischen Kompatibilität der verschiedenen Elemente ausdrücken können.

Um eine operative Umsetzung in das Multikriterien-Tool und eine effektive, aber gleichzeitig realistische Anwendung zu gewährleisten, wurde eine „vereinfachte“ Darstellung der Landschaft gewählt. Dieser Ansatz schließt jedoch eine korrekte Interpretation des Kontextes nicht aus; er bewahrt eine Beschreibung der wesentlichen Merkmale und der Beziehungen zwischen den Komponenten und liefert die notwendigen Hinweise, um Entwurfsentscheidungen zu lenken. Ein entscheidender Schritt war die Übersetzung der möglichen Kombinationen – Gebäudetyp, Position der PV-Paneele und Farbigkeit – in numerische Werte mit entsprechenden Gewichtungen: Diese Strategie ermöglicht es, Elemente vergleichbar zu machen, die andernfalls nur schwer zu vergleichen wären.

Da jeder Kontext spezifische Merkmale aufweist, zeichnet sich die Matrix zudem durch ihre Fähigkeit aus, den Integrationswert als situative Variable zu betrachten: Den untersuchten Elementen werden keine festen Gewichte zugewiesen, sondern diese können auf der Grundlage der Charakterisierung der Orte aktualisiert werden. Dies impliziert, dass dieselbe Photovoltaikanlage je nach den Merkmalen des Kontextes, in den sie eingefügt wird, unterschiedlich bewertet werden kann. Es handelt sich um einen Ansatz, der es ermöglicht, eine dynamische Sicht auf die Landschaft wiederzugeben, in der die Beziehungen zwischen den Elementen wichtiger sind als die Merkmale des einzelnen technologischen Objekts.

6. LA MATRICE DI INTEGRAZIONE AMBIENTALE DEL FV DIE MATRIX DER UMWELTINTEGRATION VON PV

di dati – basata su schede di analisi tipologica e tecnico-costruttiva degli edifici e di analisi dei cromatismi del contesto – finalizzata alla caratterizzazione dei luoghi-fatti culturali e alla successiva definizione di una prima ipotesi – su base teorica - di valori e coefficienti di valutazione da assegnare alle variabili. La seconda fase comporta una valutazione del livello di apprezzamento effettivo di diverse opzioni di installazione dei sistemi fotovoltaici, così da poter calibrare ed aggiornare i valori e i coefficienti di valutazione precedentemente definiti rispetto alle specificità e peculiarità del territorio e alla sensibilità delle comunità locali.

La matrice si propone quindi come uno strumento capace di supportare il processo decisionale, offrendo una base per il confronto tra diverse soluzioni progettuali. È opportuno sottolineare come essa non sostituisca il parere di chi è incaricato di valutare la possibile attivazione di una comunità energetica rinnovabile (CER), ma lo integri, fornendo un quadro di riferimento che aiuta a esplicitare le implicazioni delle scelte. Conseguentemente, i punteggi sintetici derivanti dalla valutazione degli scenari alternativi devono essere intesi come indicatori che esprimono una tendenza: gli attori locali dovranno effettuare poi una scelta finale su quale, tra le configurazioni simulate attraverso il tool multicriterio, sia la più adatta a soddisfare le esigenze della comunità locale. In tal senso, la matrice diviene uno strumento di mediazione, studiato per facilitare il dialogo tra diversi attori – progettisti, amministratori, cittadini – rendendo più trasparente il processo decisionale.

In conclusione, la matrice rappresenta una possibile supporto per affrontare in modo sistematico la complessità del rapporto tra tecnologia e paesaggio, offrendo uno strumento che consente di tradurre in valori comparabili una tematica tradizionalmente difficile da quantificare. La sua importanza risiede non solo nell'output analitico, ma anche nel processo che attiva, stimolando una riflessione più consapevole sulle implicazioni delle scelte progettuali.

Aus diesem Grund müssen vor der Anwendung auf ein bestimmtes Gebiet zwei vorbereitende Schritte eingeleitet werden: (i) die Systematisierung der Variablen in Bezug auf den spezifischen operativen Kontext und (ii) eine Analyse der Wahrnehmungen der betroffenen Gemeinschaften. Die erste Phase besteht zunächst in einer Datenerhebung – basierend auf typologischen und technisch-konstruktiven Analysebögen der Gebäude sowie der Farbanalyse des Kontextes –, die darauf abzielt, die „kulturellen Orts-Fakten“ zu charakterisieren und anschließend eine erste – auf theoretischer Basis beruhende – Hypothese von Bewertungswerten und -koeffizienten für die Variablen zu definieren. Die zweite Phase umfasst eine Bewertung des tatsächlichen Zustimmungsgrads zu verschiedenen Installationsoptionen von PV-Systemen, um die zuvor definierten Werte und Bewertungskoeffizienten an die Spezifika und Eigenheiten des Gebiets sowie an die Sensibilität der lokalen Gemeinschaften anzupassen und zu kalibrieren.

Die Matrix versteht sich daher als ein Instrument zur Unterstützung des Entscheidungsprozesses, indem sie eine Basis für den Vergleich verschiedener Entwurfslösungen bietet. Es ist zu betonen, dass sie das Urteil derjenigen, die mit der Bewertung einer möglichen Aktivierung einer erneuerbaren Energiegemeinschaft (CER) beauftragt sind, nicht ersetzt, sondern ergänzt, indem sie einen Referenzrahmen bietet, der hilft, die Auswirkungen von Entscheidungen zu verdeutlichen. Folglich sind die aus der Bewertung alternativer Szenarien resultierenden zusammenfassenden Punktwerte als Indikatoren zu verstehen, die eine Tendenz ausdrücken: Die lokalen Akteure müssen dann eine endgültige Entscheidung darüber treffen, welche der durch das Multikriterien-Tool simulierten Konfigurationen am besten geeignet ist, um den Bedürfnissen der lokalen Gemeinschaft gerecht zu werden. In diesem Sinne wird die Matrix zu einem Vermittlungsinstrument, das den Dialog zwischen verschiedenen Akteuren – Planern, Verwaltern, Bürgern – erleichtern und den Entscheidungsprozess transparenter gestalten soll.

In questa prospettiva, si configura non come uno strumento statico o definitivo, ma come un sistema aperto e adattabile, la cui efficacia dipende dalla capacità di integrare approcci teorici ed evidenze desunte dall'analisi dei contesti locali. La possibilità di aggiornare i coefficienti sulla base di dati reali consente infatti di affinare progressivamente il modello, rendendolo sensibile alle specificità culturali e contestuali. Questo processo di iterazione continua rappresenta uno degli elementi più rilevanti per uno strumento che si propone non solo come supporto tecnico, ma anche come mezzo capace di orientare una riflessione più ampia sul rapporto tra tecnologia, paesaggio e identità dei luoghi.

Zusammenfassend stellt die Matrix eine mögliche Unterstützung dar, um die Komplexität der Beziehung zwischen Technologie und Landschaft systematisch anzugehen, indem sie ein Werkzeug bietet, mit dem eine traditionell schwer zu quantifizierende Thematik in vergleichbare Werte übersetzt werden kann. Ihre Bedeutung liegt nicht nur im analytischen Output, sondern auch in dem Prozess, den sie in Gang setzt, indem sie eine bewusstere Reflexion über die Auswirkungen von Entwurfsentscheidungen anregt. Aus dieser Perspektive konfiguriert sie sich nicht als statisches oder endgültiges Instrument, sondern als openes und anpassungsfähiges System, dessen Wirksamkeit von der Fähigkeit abhängt, theoretische Ansätze und Erkenntnisse aus der Analyse lokaler Kontexte zu integrieren. Die Möglichkeit, die Koeffizienten auf der Grundlage realer Daten zu aktualisieren, erlaubt es, das Modell schrittweise zu verfeinern und es für kulturelle und kontextuelle Spezifika zu sensibilisieren. Dieser kontinuierliche Iterationsprozess stellt eines der relevantesten Elemente für ein Werkzeug dar, das sich nicht nur als technische Unterstützung versteht, sondern auch als Mittel, das eine breitere Reflexion über das Verhältnis zwischen Technologie, Landschaft und der Identität von Orten lenken kann.

6.2 Struttura della matrice Struktur der Matrix

La costruzione teorica della matrice si fonda su un presupposto fondamentale: l'integrazione non può essere considerata una proprietà propria dell'elemento tecnologico, ma deve essere intesa come il risultato di una relazione tra oggetto e contesto. Questa relazione non è statica né univoca, ma varia in funzione delle caratteristiche spaziali, materiali e percettive del luogo in cui l'oggetto viene inserito.

Per rendere praticabile la valutazione di queste relazioni, la matrice introduce un sistema di variabili che consentono di scomporre le questioni legate al tema dell'integrazione in componenti effettivamente analizzabili. Tra queste, un ruolo centrale è svolto dalla dimensione spaziale, che riguarda il modo in cui l'impianto fotovoltaico si colloca rispetto alla copertura dell'edificio e, più in generale, rispetto al contesto in cui anche l'edificio si inserisce. Ad esempio, un posizionamento dei pannelli sull'interezza della copertura tende a generare una superficie continua e coerente, che può essere interpretata come una trasformazione integrata dell'edificio, mentre un rivestimento parziale introduce una discontinuità superficiale, che rende più evidente la presenza dell'impianto come elemento aggiunto.

Questa distinzione, tuttavia, non è caratteristica esclusiva per la definizione del livello di integrazione; essa, infatti, dipende anche dalla tipologia edilizia considerata e, come detto, dal contesto. In un edificio isolato, ad esempio, un posizionamento su tutta la su-

Die theoretische Konstruktion der Matrix basiert auf einer grundlegenden Prämisse: Integration kann nicht als eine inhärente Eigenschaft des technologischen Elements betrachtet werden, sondern muss als das Ergebnis einer Beziehung zwischen Objekt und Kontext verstanden werden. Diese Beziehung ist weder statisch noch eindeutig, sondern variiert in Abhängigkeit von den räumlichen, materiellen und perzeptiven Merkmalen des Ortes, an dem das Objekt eingefügt wird. Um die Bewertung dieser Beziehungen praktikabel zu machen, führt die Matrix ein System von Variablen ein, die es ermöglichen, die mit dem Thema der Integration verbundenen Fragen in effektiv analysierbare Komponenten zu zerlegen.

Darunter nimmt die räumliche Dimension eine zentrale Rolle ein. Sie betrifft die Art und Weise, wie die Photovoltaikanlage im Verhältnis zum Dach des Gebäudes und allgemeiner zum Kontext, in den auch das Gebäude eingebettet ist, positioniert wird. Beispielsweise tendiert eine Positionierung der Paneele auf der gesamten Dachfläche dazu, eine kontinuierliche und kohärente Oberfläche zu erzeugen, was als integrierte Transformation des Gebäudes interpretiert werden kann, während eine teilweise Belegung eine oberflächliche Diskontinuität einführt, die das Vorhandensein der Anlage als hinzugefügtes Element deutlicher hervorhebt. Diese Unterscheidung ist jedoch kein exklusives Merkmal für die Definition des Integrationsgrades; dieser hängt vielmehr auch von der betrachteten Gebäudetypologie und, wie

perficie del tetto può risultare particolarmente efficace, in quanto non vi è necessità di relazionarsi con altri elementi antropici adiacenti che possano creare contrasti visivi. Al contrario, in un contesto urbano compatto, caratterizzato da una forte omogeneità formale e cromatica, anche un rivestimento totale della copertura – ad esempio di un singolo edificio – potrebbe risultare dissonante se non coerente con il sistema circostante. La matrice tiene conto di queste circostanze attraverso la definizione di variabili e relativi valori che riflettono il grado di integrazione delle diverse configurazioni.

Accanto alla dimensione spaziale, è stata attribuita grande importanza alla dimensione cromatica. Il colore rappresenta infatti uno degli elementi maggiormente percepibili e, allo stesso tempo, uno dei più complessi da analizzare: la sua interpretazione dipende da fattori culturali, psicologici e contestuali. Tale complessità è stata affrontata introducendo coefficienti che esprimono il grado di compatibilità tra il colore dei pannelli, quello del tetto e i cromatismi del contesto. Questo apporto richiede una semplificazione della caratterizzazione della realtà, ma consente di costruire un modello funzionale: i coefficienti cromatici infatti esprimono una tendenza alla compatibilità o alla dissonanza. La loro definizione si basa su considerazioni teoriche relative alla percezione del colore nel paesaggio. Ad esempio, colori di pannelli fotovoltaici che richiamano tonalità presenti nel contesto – come il rosso dei coppi o il marrone delle scandole in legno – tendono a essere percepiti come maggiormente integrati, mentre colori contrastanti, come il blu intenso dei pannelli tradizionali, possono risultare più evidenti, portando ad un minor grado di integrazione.

La combinazione dei valori delle variabili spaziali e di quelle cromatiche avviene successivamente attraverso una formula di media ponderata che sintetizza i contributi delle diverse componenti in un indice univoco che rappresenta il livello di integrazione ambientale. Tale valore finale permette di confrontare oggettivamente

erwähnt, vom Kontext ab. Bei einem freistehenden Gebäude kann beispielsweise eine Positionierung auf der gesamten Dachfläche besonders effektiv sein, da keine Notwendigkeit besteht, sich auf andere angrenzende anthropogene Elemente zu beziehen, die visuelle Kontraste erzeugen könnten. Im Gegenteil dazu könnte in einem kompakten städtischen Kontext, der durch eine starke formale und chromatische Homogenität gekennzeichnet ist, selbst eine vollständige Belegung des Daches – beispielsweise eines einzelnen Gebäudes – dissonant wirken, wenn sie nicht mit dem umgebenden System kohärent ist. Die Matrix berücksichtigt diese Umstände durch die Definition von Variablen und entsprechenden Werten, die den Integrationsgrad der verschiedenen Konfigurationen widerspiegeln.

Neben der räumlichen Dimension wurde der chromatischen Dimension große Bedeutung beigemessen. Die Farbe stellt eines der am stärksten wahrnehmbaren und gleichzeitig eines der am komplexesten zu analysierenden Elemente dar: Ihre Interpretation hängt von kulturellen, psychologischen und kontextuellen Faktoren ab. Diese Komplexität wurde durch die Einführung von Koeffizienten bewältigt, die den Grad der Kompatibilität zwischen der Farbe der Paneele, der des Daches und den Farbtönen des Kontextes ausdrücken. Dieser Aspekt erfordert eine Vereinfachung der Charakterisierung der Realität, ermöglicht jedoch den Aufbau eines funktionalen Modells: Die chromatischen Koeffizienten drücken eine Tendenz zur Kompatibilität oder Dissonanz aus. Ihre Definition basiert auf theoretischen Überlegungen zur Farbwahrnehmung in der Landschaft. Beispielsweise werden Farben von PV-Paneele, die im Kontext vorhandene Töne aufgreifen – wie das Rot von Dachziegeln oder das Braun von Holzschindeln –, tendenziell als stärker integriert wahrgenommen, während kontrastierende Farben, wie das intensive Blau traditioneller Paneele, auffälliger sein können, was zu einem geringeren Integrationsgrad führt.

Die Kombination der Werte der räumlichen und chromatischen Variablen erfolgt anschließend über eine Formel

6. LA MATRICE DI INTEGRAZIONE AMBIENTALE DEL FV DIE MATRIX DER UMWELTINTEGRATION VON PV

diverse soluzioni progettuali, gerarchizzandole in base alla loro capacità di inserimento nel contesto.

La matrice si colloca dunque in una posizione intermedia tra modelli quantitativi e approcci qualitativi. Essa non pretende infatti di fornire una misura oggettiva e definitiva dell'integrazione, ma offre supporto nella valutazione dell'impatto, tenendo conto della complessità dei contesti reali considerati aiutando a esplorare le relazioni tra le diverse variabili e a orientare le scelte progettuali.

Un ulteriore elemento di interesse riguarda la capacità della matrice di poter essere utilizzato anche indipendentemente rispetto al tool multicriterio sviluppato nel progetto PANORAMA. In quest'ultimo caso, l'indice di integrazione può essere utilizzato in combinazione con altri indicatori, come quelli energetici ed economici, contribuendo a una valutazione complessiva delle diverse soluzioni favorendo un approccio integrato alla progettazione.

Tuttavia, è importante riconoscere anche i limiti dello strumento sviluppato e dell'approccio adottato. La sua efficacia dipende infatti dalla definizione delle variabili, dei valori e dei coefficienti che sono inevitabilmente influenzati da scelte interpretative. Inoltre, la semplificazione necessaria per costruire il modello comporta una perdita di dettaglio, che potrebbe risultare significativa in contesti particolarmente complessi. Per questi motivi, indipendentemente dal suo utilizzo in modo autonomo o come componente di un tool multicriterio, essa deve essere utilizzata come strumento di supporto, e non come unico criterio decisionale.

Al contempo, va intesa come un modello dinamico, il cui valore risiede tanto nella struttura teorica quanto nella sua capacità di evolversi ed arricchirsi attraverso il confronto con applicazioni reali.

des gewichteten Mittelwerts, die die Beiträge der verschiedenen Komponenten in einem eindeutigen Index zusammenfasst, der den Grad der Umweltintegration repräsentiert. Dieser endgültige Wert ermöglicht es, verschiedene Entwurfsprojekte objektiv zu vergleichen und sie basierend auf ihrer Fähigkeit zur Einfügung in den Kontext zu hierarchisieren. Die Matrix bewegt sich somit in einer Zwischenstellung zwischen quantitativen Modellen und qualitativen Ansätzen. Sie beansprucht nicht, ein objektives und endgültiges Maß für die Integration zu liefern, bietet jedoch Unterstützung bei der Folgenabschätzung, indem sie die Komplexität der betrachteten realen Kontexte berücksichtigt und dabei hilft, die Beziehungen zwischen den verschiedenen Variablen zu untersuchen und Entwurfsentscheidungen zu lenken.

Ein weiterer interessanter Aspekt betrifft die Möglichkeit, die Matrix auch unabhängig von dem im PANORAMA-Projekt entwickelten Multikriterien-Tool zu nutzen. In diesem Fall kann der Integrationsindex in Kombination mit anderen Indikatoren, wie energetischen und wirtschaftlichen Kennzahlen, verwendet werden, was zu einer Gesamtbewertung der verschiedenen Lösungen beiträgt und einen integrierten Planungsansatz fördert. Dennoch ist es wichtig, auch die Grenzen des entwickelten Werkzeugs und des gewählten Ansatzes anzuerkennen. Seine Wirksamkeit hängt von der Definition der Variablen, Werte und Koeffizienten ab, die unweigerlich von interpretativen Entscheidungen beeinflusst werden. Zudem bringt die für den Modellaufbau notwendige Vereinfachung einen Detailverlust mit sich, der in besonders komplexen Kontexten signant sein könnte. Aus diesen Gründen muss sie, unabhängig von ihrer autonomen Nutzung oder als Komponente eines Multikriterien-Tools, als unterstützendes Instrument und nicht als einziges Entscheidungskriterium herangezogen werden. Gleichzeitig ist sie als dynamisches Modell zu verstehen, dessen Wert ebenso in seiner theoretischen Struktur wie in seiner Fähigkeit liegt, sich durch den Abgleich mit realen Anwendungen weiterzuentwickeln und zu bereichern.

6.3 Parametri, valori e coefficienti

Parameter, Werte und Koeffizienten

La matrice si articola in due componenti principali: la caratterizzazione del “luogo”, inteso come edificio e suo contesto, e quella dell’“oggetto”, ovvero del sistema fotovoltaico da installare. Questa struttura consente di mettere in relazione le specificità di entrambi gli elementi. L’esito della sua applicazione è un indicatore numerico che, rapportato ad una scala predefinita, determina il livello di integrazione raggiunto dal caso analizzato, facilitando così il confronto tra diverse soluzioni e i relativi scenari progettuali.

Per ciascuna delle due componenti sono stati definiti dei parametri relativi al “luogo” e agli “oggetti” (figura 01).

In merito all’edificio-luogo essi sono: la definizione del tipo di edificio; i cromatismi dell’edificio relativamente alla sua copertura; i cromatismi dell’intorno sia esso naturale o urbano.

In merito agli oggetti: le possibili posizioni che esprimono il rapporto tra la collocazione dell’impianto e la tipologia edilizia a cui corrispondono dei valori di posizione; i cromatismi degli “oggetti” da installare in copertura a cui corrispondono dei coefficienti di colorazione che indicano il livello di armonia tra il colore dell’oggetto e i cromatismi sia dell’edificio sia del contesto.

La struttura della matrice restituisce tre valori: il valore di output della sezione “A” e valori dei coefficienti cromatici “B1” e “B2” (in riferimento alla figura 01). Il valore “A” è ottenuto dalla valutazione della posizione degli oggetti rispetto agli edifici analizzati: esso esprime la qualità del rapporto spaziale tra il sistema fotovoltaico

Die Matrix gliedert sich in zwei Hauptkomponenten: die Charakterisierung des „Ortes“ (verstanden als Gebäude und sein Kontext) und die des „Objekts“ (das zu installierende Photovoltaiksystem). Diese Struktur erlaubt es, die Spezifika beider Elemente miteinander in Beziehung zu setzen. Das Ergebnis ihrer Anwendung ist ein numerischer Indikator, der, bezogen auf eine vordefinierte Skala, den erreichten Integrationsgrad des analysierten Falles bestimmt und so den Vergleich zwischen verschiedenen Lösungen und den entsprechenden Entwurfsszenarien erleichtert.

Für jede der beiden Komponenten wurden Parameter definiert, die sich auf den „Ort“ und die „Objekte“ beziehen (Abbildung 01). In Bezug auf das Gebäude/den Ort sind dies: die Definition des Gebäudetyps; die Farbigkeit des Gebäudes im Bereich seines Daches; die Farbigkeit der Umgebung, sei sie natürlich oder städtisch. In Bezug auf die Objekte sind dies: die möglichen Positionen, die das Verhältnis zwischen der Platzierung der Anlage und der Gebäudetypologie ausdrücken, denen Positionswerte entsprechen; die Farbigkeit der auf dem Dach zu installierenden „Objekte“, denen Farbkoeffizienten entsprechen, die den Grad der Harmonie zwischen der Farbe des Objekts und den Farbtönen sowohl des Gebäudes als auch des Kontextes anzeigen.

Die Struktur der Matrix liefert drei Werte: den Output-Wert des Abschnitts „A“ und die Werte der chromatischen Koeffizienten „B1“ und „B2“ (in Bezug auf Abbildung 01). Der Wert „A“ wird aus der Bewertung der Position der Objekte im Verhältnis zu den analysierten Gebäuden ab-

6. LA MATRICE DI INTEGRAZIONE AMBIENTALE DEL FV
DIE MATRIX DER UMWELTINTEGRATION VON PV

characterisation of the “building” and “place”		characteristics of the “object” and evaluation			
		PV panels positioning			
	types of building	whole roof	full slab	part of the slab	
	terraced - single unit	position value (1 to 3)	position value (1 to 3)	position value (1 to 3)	
	terraced - complete volume	position value (1 to 3)	position value (1 to 3)	position value (1 to 3)	
	detached	position value (1 to 3)	position value (1 to 3)	position value (1 to 3)	
		PV panels colouring			
type of chromaticity	chromaticity of building and place	black	blue	red	transparent
chromaticity of the roof (analysed building)	black	colour coefficient (0.1 to 1)	colour coefficient (0.1 to 1)	colour coefficient (0.1 to 1)	colour coefficient (0.1 to 1)
	brown	colour coefficient (0.1 to 1)	colour coefficient (0.1 to 1)	colour coefficient (0.1 to 1)	colour coefficient (0.1 to 1)
	red	colour coefficient (0.1 to 1)	colour coefficient (0.1 to 1)	colour coefficient (0.1 to 1)	colour coefficient (0.1 to 1)
chromaticity of the context	black	colour coefficient (0.1 to 1)	colour coefficient (0.1 to 1)	colour coefficient (0.1 to 1)	colour coefficient (0.1 to 1)
	brown	colour coefficient (0.1 to 1)	colour coefficient (0.1 to 1)	colour coefficient (0.1 to 1)	colour coefficient (0.1 to 1)
	green	colour coefficient (0.1 to 1)	colour coefficient (0.1 to 1)	colour coefficient (0.1 to 1)	colour coefficient (0.1 to 1)
	red	colour coefficient (0.1 to 1)	colour coefficient (0.1 to 1)	colour coefficient (0.1 to 1)	colour coefficient (0.1 to 1)
		A*B ₁ + n(A*B ₂) / number of coefficients	A*B ₁ + n(A*B ₂) / number of coefficients	A*B ₁ + n(A*B ₂) / number of coefficients	A*B ₁ + n(A*B ₂) / number of coefficients

Fig. 01 Struttura della matrice; le variabili dei parametri sono riferite al caso studio del progetto (Belluno e Maniago)
Abb. 01 Struktur der Matrix; die Variablen der Parameter beziehen sich auf die Fallstudie des Projekts (Belluno und Maniago)

co e la tipologia edilizia, e viene assegnato attraverso una scala numerica – da un minimo di 1 a un massimo di 3 – in funzione della configurazione di installazione considerata. I valori “B1” e “B2”, invece, derivano dalla componente cromatica: essi considerano sia il cromatismo della copertura sulla quale viene posizionato l’oggetto in questione sia le interazioni cromatiche con il paesaggio circostante, e viene ottenuto come valore medio di una serie di coefficienti di colorazione – espressi su una scala da 0,1 a 1 – che indicano il grado di armonia tra il colore dell’oggetto e i cromatismi del contesto alle specifiche localizzazioni considerate. Il livello di integrazione complessiva per ciascun oggetto si ottiene dunque dalla moltiplicazione tra il valore “A” e i valori “B”, producendo un indice sintetico che consente di confrontare diverse soluzioni progettuali in

geleitet: Er drückt die Qualität der räumlichen Beziehung zwischen dem PV-System und dem Gebäudetyp aus und wird über eine numerische Skala – von minimal 1 bis maximal 3 – in Abhängigkeit von der betrachteten Installationskonfiguration vergeben. Die Werte „B1“ und „B2“ hingegen stammen aus der chromatischen Komponente: Sie berücksichtigen sowohl die Farbigkeit des Daches, auf dem das betreffende Object platziert wird, als auch die chromatischen Interaktionen mit der umgebenden Landschaft. Sie werden als Mittelwert einer Reihe von Farbkoeffizienten ermittelt – ausgedrückt auf einer Skala von 0,1 bis 1 –, die den Grad der Harmonie zwischen der Farbe des Objekts und den Farbtönen des Kontextes an den spezifisch betrachteten Standorten angeben.
Der Grad der Gesamtintegration für jedes Object ergibt sich somit aus der Multiplikation des Wertes „A“

modo sistematico. La moltiplicazione dei valori avviene secondo la seguente formula:

mit den „B“-Werten, woraus ein synthetischer Index resultiert, der den systematischen Vergleich verschiedener Entwurfslösungen ermöglicht. Die Multiplikation der Werte erfolgt nach folgender Formel:

$$\{[(\text{position points} * \text{roof chromaticity coefficient}) + [n \text{ times } (\text{position points} * \text{context chromaticity coefficient})]] / (\text{number of used chromaticity coefficients}) = \text{integration value}$$

All'interno della formula il valore „A“ è definito dal parametro „position points“, il „B1“ è indicato da „roof chromaticity coefficient“, e „context chromaticity coefficient“ esprime il valore „B2“.

Sia le variabili relative alla posizione dei pannelli – e i relativi valori – sia quelle relative ai cromatismi – e i relativi coefficienti – vanno definiti di volta in volta sulla base delle caratteristiche dei territori studiati. Nel caso del progetto PANORAMA, in riferimento alla dimensione „A“ sono state definite due macrocategorie edilizie di riferimento, individuate a partire dall'analisi del contesto studiato: edifici a schiera e edifici isolati (figura 02). Ciascuna di queste macrocategorie presenta molteplici combinazioni in termini di posizione dei sistemi di produzione energetica rispetto al volume edilizio (figura 03). Per gli edifici a schiera, ad esempio, si distinguono configurazioni di installazione parziale – su una porzione della falda di pertinenza dell'unità abitativa o sull'intera falda dell'unità – e configurazioni complete, che coinvolgono l'intera superficie di copertura dell'unità o del volume complessivo. Per gli edifici isolati si considerano invece la copertura parziale o completa della superficie del tetto. Questa classificazione delle casistiche edilizie consente di popolare la matrice in maniera sistematica, attribuendo a ciascuna configurazione un valore di posizione che esprime il grado di coerenza formale tra oggetto e edificio (figura 04).

In der Formel wird der Wert „A“ durch den Parameter „position points“ definiert, „B1“ wird durch den „roof chromaticity coefficient“ angegeben und „context chromaticity coefficient“ drückt den Wert „B2“ aus.

Sowohl die Variablen bezüglich der Position der Panneele (und die entsprechenden Werte) als auch jene bezüglich der Farbigkeit (und die entsprechenden Koeffizienten) müssen von Fall zu Fall auf der Grundlage der Merkmale der untersuchten Gebiete definiert werden.

Im Fall des PANORAMA-Projekts wurden in Bezug auf die Dimension „A“ zwei bauliche Makrokategorien als Referenz definiert, die aus der Analyse des untersuchten Kontextes abgeleitet wurden: Reihenhäuser und freistehende Gebäude (Abbildung 02). Jede dieser Makrokategorien weist mehrere Kombinationen hinsichtlich der Position der Energieerzeugungssysteme im Verhältnis zum Gebäudevolumen auf (Abbildung 03). Bei Reihenhäusern wird beispielsweise zwischen Teilinstallationskonfigurationen (auf einem Teil der Dachfläche, die der Wohneinheit zusteht, oder auf der gesamten Dachfläche der Einheit) und vollständigen Konfigurationen, die die gesamte Dachfläche der Einheit oder des Gesamtvolumens betreffen, unterschieden. Bei freistehenden Gebäuden wird hingegen die teilweise oder vollständige Belegung der Dachfläche betrachtet. Diese Klassifizierung der Gebäudefälle ermöglicht es, die Matrix systematisch zu füllen, indem jeder Konfiguration ein Positionswert zugewiesen wird, der den Grad der formalen Kohärenz zwischen Objekt und Gebäude ausdrückt (Abbildung 04).

6. LA MATRICE DI INTEGRAZIONE AMBIENTALE DEL FV
 DIE MATRIX DER UMWELTINTEGRATION VON PV

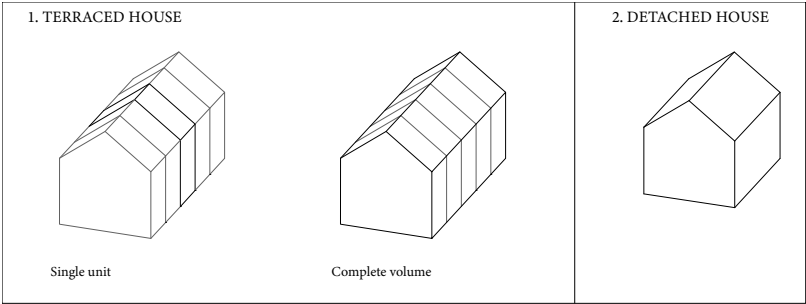


Fig. 02 Macrocategorie edilizie di riferimento
 Abb. 02 Makrokategorien der Referenzgebäude

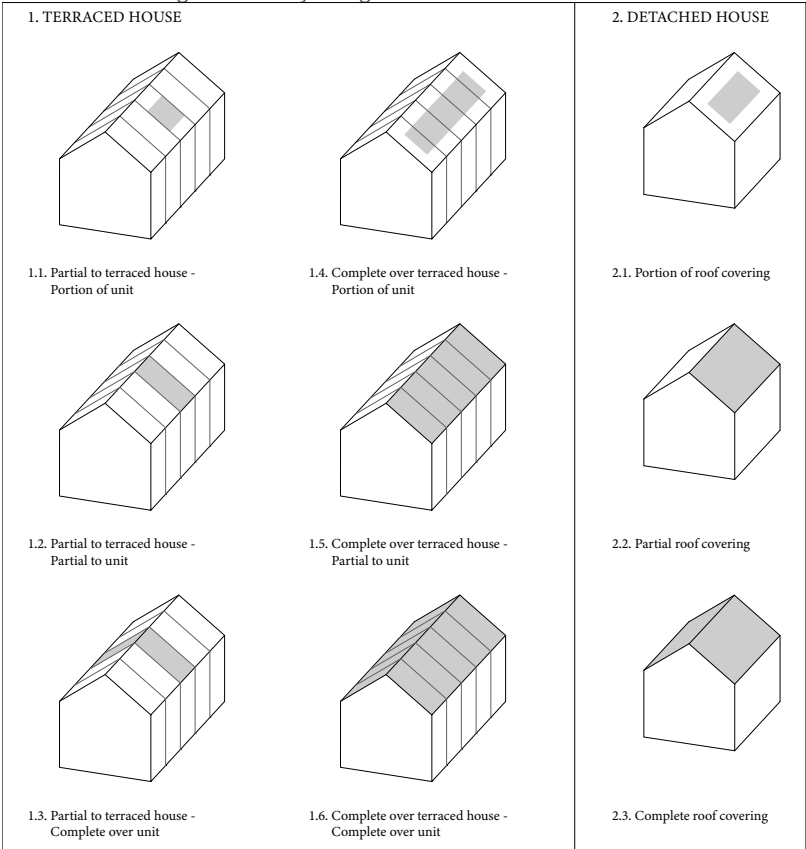


Fig. 03 Posizionamento dei pannelli FV rispetto alle categorie edilizie
 Abb. 03 Positionierung der PV-Paneele im Verhältnis zu den Gebäudekategorien

In riferimento alle dimensioni “B” dei cromatismi, sono stati definiti 3 colori di finitura dei tetti, 4 colori del contesto e 4 possibili colorazioni dei pannelli. Ad ogni possibile combinazione tra colore del pannello e cromatismi del tetto e del contesto è stato assegnato un valore di coefficiente di moltiplicazione compreso tra 0,1 e 1, dove 0,1 indica una minima compatibilità cromatica e 1 indica la massima compatibilità in termini di cromatismo (figura 04). Per ogni soluzione analizzata è definibile un singolo coefficiente di cromatismo del tetto (coefficiente B1), mentre è possibile considerare più cromatismi – e quindi più coefficienti – per il contesto dai quali si ricava un coefficiente medio (coefficiente B2).

In Bezug auf die „B“-Dimensionen der Farbigkeit wurden 3 Oberflächenfarben für Dächer, 4 Farben für den Kontext und 4 mögliche Paneelfarben definiert. Jeder möglichen Kombination aus Paneelfarbe und der Farbigkeit von Dach und Kontext wurde ein Multiplikationskoeffizient zwischen 0,1 und 1 zugewiesen, wobei 0,1 eine minimale chromatische Kompatibilität und 1 die maximale Kompatibilität in Bezug auf die Farbigkeit anzeigt (Abbildung 04). Für jede analysierte Lösung kann ein einzelner Dachchromatismus-Koeffizient (Koeffizient B1) definiert werden, während für den Kontext mehrere Farbtöne – und damit mehrere Koeffizienten – berücksichtigt werden können, aus denen ein mittlerer Koeffizient (Koeffizient B2) abgeleitet wird.

characterisation of the “building” and “place”		characteristics of the “object” and evaluation			
		PV panels positioning			
types of building	chromaticity of building and place	whole roof	full slab	part of the slab	
terraced - single unit	black	2,0	1,0	0,5	
terraced - complete volume	brown	3,0	2,0	1,0	
detached	red	3,0	2,0	1,0	
		PV panels colouring			
type of chromaticity	chromaticity of building and place	black	blue	red	transparent
chromaticity of the roof (analysed building)	black	1,0	0,3	0,8	1,0
	brown	0,5	0,8	0,3	1,0
	red	0,8	0,1	1,0	1,0
chromaticity of the context	black	1,0	0,3	0,8	1,0
	brown	0,5	0,8	0,3	1,0
	green	0,1	0,5	0,1	1,0
	red	0,8	0,1	1,0	1,0
		A*B ₁ + n(A*B ₂) / number of coefficients	A*B ₁ + n(A*B ₂) / number of coefficients	A*B ₁ + n(A*B ₂) / number of coefficients	A*B ₁ + n(A*B ₂) / number of coefficients

Fig. 04 Matrice con definiti i valori delle possibili variabili (i valori sono quelli definiti per l'applicazione ai casi studio di Belluno e Maniago)
Abb. 04 Matrix mit definierten Werten der möglichen Variablen (die Werte sind diejenigen, die für die Anwendung auf die Fallstudien von Belluno und Maniago definiert wurden)

6. LA MATRICE DI INTEGRAZIONE AMBIENTALE DEL FV DIE MATRIX DER UMWELTINTEGRATION VON PV

A titolo esemplificativo, si consideri il caso di un edificio a schiera inserito in un contesto urbano. Le soluzioni di installazione ipotizzate possono comprendere: la posa in copertura sfruttando una sola delle due falde di una singola unità abitativa oppure la posa in copertura su tutte le falde di uno dei due fronti dell'intero volume (figura 05). Se l'edificio presenta una copertura in coppi (rosso), con un contesto con cromatismo nero e rosso (presenza di coperture metalliche o in coppi), l'analisi cromatica evidenzia come pannelli fotovoltaici rossi posizionati sull'intera falda del fronte continuo conseguano un livello di integrazione cromatica superiore rispetto all'applicazione sia di pannelli rossi su sola delle due falde di una singola unità abitativa, sia di pannelli blu sulla tutte le falde di uno dei due fronti dell'intero volume (figura 06). Questo risultato conferma come il calcolo dell'indicatore di integrazione – prodotto della moltiplicazione tra valore „A“ (posizione) e valori „B“ (cromatismo) – restituisca un'indicazione articolata e non banale: non è sufficiente che un oggetto occupi una posizione favorevole, se il suo colore non è coerente con i cromatismi dell'edificio e del contesto; analogamente, un coefficiente cromatico elevato non compensa del tutto un posizionamento meno integrato dal punto di vista formale.

Als Beispiel wird der Fall eines Reihenhauses in einem städtischen Kontext betrachtet. Die hypothetischen Installationslösungen können umfassen: die Verlegung auf dem Dach unter Nutzung nur einer der beiden Dachflächen einer einzelnen Wohneinheit oder die Verlegung auf dem Dach auf allen Dachflächen einer der beiden Fronten des gesamten Volumens (Abbildung 05). Wenn das Gebäude eine Eindeckung mit Ziegeln (rot) aufweist, in einem Kontext mit schwarzer und roter Farbigkeit (Vorhandensein von Metaldächern oder Ziegeln), zeigt die Farbanalyse, wie rote Photovoltaikpaneele, die auf der gesamten Dachfläche der kontinuierlichen Front positioniert sind, ein höheres Maß an chromatischer Integration erreichen als die Anwendung von roten Paneelen auf nur einer der beiden Dachflächen einer einzelnen Wohneinheit oder von blauen Paneelen auf allen Dachflächen einer der beiden Fronten des gesamten Volumens (Abbildung 06). Dieses Ergebnis bestätigt, wie die Berechnung des Integrationsindikators – das Produkt aus der Multiplikation von Wert „A“ (Position) und Werten „B“ (Farbigkeit) – eine differenzierte und nicht triviale Aussage liefert: Es reicht nicht aus, dass ein... t eine günstige Position einnimmt, wenn seine Farbe nicht mit der Farbigkeit des Gebäudes und des Kontextes übereinstimmt; ebenso kompensiert ein hoher chromatischer Koeffizient eine aus formaler Sicht weniger integrierte Positionierung nicht vollständig.

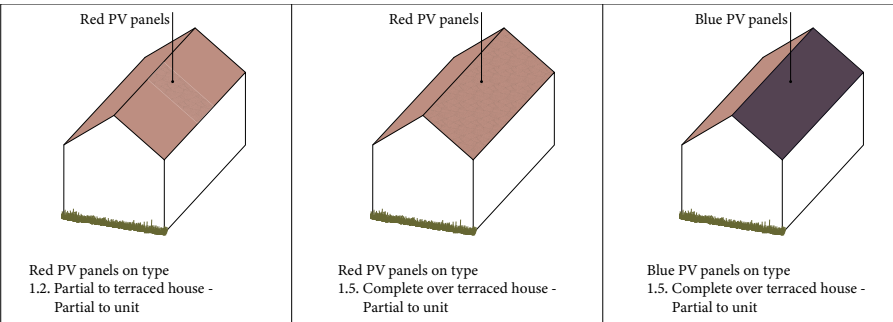


Fig. 05 Casi di esempio comparati
Abb. 05 Vergleichene Fallbeispiele

Fig. 06 Calcolo dei valori di integrazione ambientale dei tre casi esemplificativi di figura 05 (prosegue nella pagina successiva)
Abb. 06 Berechnung der Umweltintegrationswerte der drei Beispielkonfigurationen aus Abbildung 05 (Fortsetzung auf der nächsten Seite)

Case study 1

PV panels positioning				
types of building	whole roof	full slab	part of the slab	
terraced - single unit	2,0	1,0	0,5	
terraced - complete volume	3,0	2,0	1,0	
detached	3,0	2,0	1,0	

PV panels colouring					
type of chromaticity	chromaticity of building and place	black	blue	red	transparent
chromaticity of the roof (analysed building)	black	1,0	0,3	0,8	1,0
	brown	0,5	0,8	0,3	1,0
	red	0,8	0,1	1,0	1,0
chromaticity of the context	black	1,0	0,3	0,8	1,0
	brown	0,5	0,8	0,3	1,0
	green	0,1	0,5	0,1	1,0
	red	0,8	0,1	1,0	1,0
		A*B1 + n(A*B2) / number of coefficients	A*B1 + n(A*B2) / number of coefficients	0,93	A*B1 + n(A*B2) / number of coefficients

A

B1

B2

6. LA MATRICE DI INTEGRAZIONE AMBIENTALE DEL FV
DIE MATRIX DER UMWELTINTEGRATION VON PV

Case study 2

PV panels positioning

types of building	whole roof	full slab	part of the slab
terraced - single unit	2,0	1,0	0,5
terraced - complete volume	3,0	2,0	1,0
detached	3,0	2,0	1,0

PV panels colouring

type of chromaticity	chromaticity of building and place	black	blue	red	transparent
chromaticity of the roof (analysed building)	black	1,0	0,3	0,8	1,0
	brown	0,5	0,8	0,3	1,0
	red	0,8	0,1	1,0	1,0
chromaticity of the context	black	1,0	0,3	0,8	1,0
	brown	0,5	0,8	0,3	1,0
	green	0,1	0,5	0,1	1,0
	red	0,8	0,1	1,0	1,0
		A*B1 + n(A*B2) / number of coefficients	A*B1 + n(A*B2) / number of coefficients	1,87	A*B1 + n(A*B2) / number of coefficients

Case study 3

PV panels positioning

types of building	whole roof	full slab	part of the slab
terraced - single unit	2,0	1,0	0,5
terraced - complete volume	3,0	2,0	1,0
detached	3,0	2,0	1,0

PV panels colouring

type of chromaticity	chromaticity of building and place	black	blue	red	transparent
chromaticity of the roof (analysed building)	black	1,0	0,3	0,8	1,0
	brown	0,5	0,8	0,3	1,0
	red	0,8	0,1	1,0	1,0
chromaticity of the context	black	1,0	0,3	0,8	1,0
	brown	0,5	0,8	0,3	1,0
	green	0,1	0,5	0,1	1,0
	red	0,8	0,1	1,0	1,0
		A*B1 + n(A*B2) / number of coefficients	0,3	A*B1 + n(A*B2) / number of coefficients	A*B1 + n(A*B2) / number of coefficients

6.4 Applicazione ai casi pilota e calibrazione dei valori per lo specifico contesto operativo

Anwendung auf die Pilotfälle und Kalibrierung der Werte für den spezifischen operativen Kontext

La fase di test in ambiente reale ha rappresentato un momento cruciale nel processo di validazione del modello. Questo passaggio ha permesso di comprendere come, e se, gli aspetti considerati potessero essere realmente applicabili ai territori e fossero rappresentativi delle possibili situazioni da analizzare.

Nella sua declinazione operativa, inoltre, è stato possibile confrontare i valori teorici preliminarmente definiti con le percezioni soggettive degli abitanti desunte attraverso un'indagine a livello locale. Questa operazione è particolarmente importante e indispensabile anche per le future applicazioni dello strumento dato che si basa sulla definizione formale di fenomeni percettivi che, per loro natura, sono influenzati da fattori soggettivi e contestuali.

Nel caso applicativo al territorio italiano del progetto PANORAMA, tale passaggio di ricalibrazione dei valori è stato attuato attraverso la realizzazione di un questionario, somministrato agli attori e alle comunità locali, che ha permesso di raccogliere dati statistici per verificare e, eventualmente, ricalibrare e aggiornare i valori e i coefficienti preliminarmente definiti su base teorica.

Nel questionario, ai partecipanti sono state presentate una serie di immagini che rappresentano diverse configurazioni di impianti fotovoltaici inserite in contesti differenti. Questo consente di valutare le preferenze esplicite in merito alla percezione della qualità dell'integrazione dei sistemi di fotovoltaico con gli edifici e il contesto nel quale questi sono inseriti.

Die Testphase in realer Umgebung stellte einen entscheidenden Moment im Validierungsprozess des Modells dar. Dieser Schritt ermöglichte es zu verstehen, wie und ob die betrachteten Aspekte tatsächlich auf die Gebiete anwendbar und repräsentativ für die verschiedenen zu analysierenden Situationen waren. In seiner operativen Umsetzung war es zudem möglich, die vorläufig definierten theoretischen Werte mit den subjektiven Wahrnehmungen der Einwohner zu vergleichen, die durch eine lokale Untersuchung ermittelt wurden. Diese Operation ist besonders wichtig und auch für zukünftige Anwendungen des Instruments unerlässlich, da sie auf der formalen Definition von Wahrnehmungsphänomenen basiert, die naturgemäß von subjektiven und kontextuellen Faktoren beeinflusst werden.

Im Anwendungsfall des PANORAMA-Projekts auf das italienische Staatsgebiet wurde dieser Schritt der Neukalibrierung der Werte durch die Durchführung eines Fragebogens umgesetzt, der den lokalen Akteuren und Gemeinschaften vorgelegt wurde. Dies erlaubte es, statistische Daten zu sammeln, um die vorläufig auf theoretischer Basis definierten Werte und Koeffizienten zu überprüfen und gegebenenfalls neu zu kalibrieren und zu aktualisieren. Im Fragebogen wurden den Teilnehmern eine Reihe von Bildern präsentiert, die verschiedene Konfigurationen von Photovoltaikanlagen in unterschiedlichen Kontexten zeigten. Dies ermöglichte es, die expliziten Präferenzen hinsichtlich der Wahrnehmung der Integrationsqualität von Photovoltaiksystemen auf Gebäuden und in dem Kontext, in den sie eingebettet sind, zu bewerten.

6. LA MATRICE DI INTEGRAZIONE AMBIENTALE DEL FV DIE MATRIX DER UMWELTINTEGRATION VON PV

Sono state individuate due tipologie di quesito. La prima chiedeva di esprimere una valutazione su scala numerica di una unica scena con più opzioni di installazione; la seconda proponeva più alternative tra le quali individuare la migliore (figura 07). Questo doppio metodo di indagine permette di ottenere informazioni sulla valutazione assoluta delle singole configurazioni e sulla preferenza relativa tra diverse opzioni. I dati raccolti sono stati successivamente analizzati utilizzando diversi metodi: statistici¹, soggettivi² e indicatori sintetici³, al fine di individuare tendenze e differenze significative.

I questionari sono stati somministrati nei due contesti territoriali di Belluno e Maniago, per un totale di circa 200 partecipanti. I risultati dell'indagine hanno evidenziato alcune dinamiche rilevanti che hanno permesso di approfondire la comprensione del fenomeno dell'integrazione e di confrontare in modo diretto i valori teorici della matrice con le preferenze espresse. Questo ha portato ad una calibrazione dei valori e dei coefficienti ipotizzati nella prima versione della matrice.

In merito ai risultati, in primo luogo è emersa una chiara preferenza per le soluzioni che presentano una maggiore uniformità e continuità visiva, come nel caso dell'installazione dei pannelli fotovoltaici sull'intera superficie della copertura (figura 08): questa soluzione viene preferita rispetto a installazioni parziali, con percentuali comprese tra il 74% e l'87% nei diversi casi analizzati. Il risultato convalida le ipotesi teoriche, confermando l'importanza della dimensione spaziale nella percezione dell'integrazione.

Es wurden zwei Arten von Fragen identifiziert. Die erste verlangte eine Bewertung auf einer numerischen Skala für eine einzelne Szene mit mehreren Installationsoptionen; die zweite schlug mehrere Alternativen vor, unter denen die beste zu identifizieren war (Abbildung 07). Diese doppelte Untersuchungsmethode ermöglicht es, Informationen über die absolute Bewertung der einzelnen Konfigurationen und über die relative Präferenz zwischen verschiedenen Optionen zu erhalten. Die gesammelten Daten wurden anschließend unter Verwendung verschiedener Methoden analysiert: statistische¹, subjektive² und synthetische Indikatoren³, um signifikante Trends und Unterschiede festzustellen.

Die Fragebögen wurden in den beiden territorialen Kontexten von Belluno und Maniago an insgesamt etwa 200 Teilnehmer verteilt. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigten einige relevante Dynamiken auf, die es erlaubten, das Verständnis des Integrationsphänomens zu vertiefen und die theoretischen Werte der Matrix direkt mit den ausgedrückten Präferenzen zu vergleichen. Dies führte zu einer Kalibrierung der Werte und Koeffizienten, die in der ersten Version der Matrix angenommen worden waren.

Hinsichtlich der Ergebnisse kristallisierte sich an erster Stelle eine klare Präferenz für Lösungen heraus, die eine größere visuelle Gleichförmigkeit und Kontinuität aufweisen, wie im Fall der Installation von Photovoltaikpaneelen auf der gesamten Oberfläche der Eindeckung (Abbildung 08): Diese Lösung wurde gegenüber Teilinstallationen mit Prozentsätzen zwischen 74 % und 87 % in den verschiedenen analysierten Fällen bevorzugt. Das Ergebnis bestätigt die theoretischen Annahmen und untermauert die Bedeutung der räumlichen Dimension bei der Wahrnehmung der Integration.

Ein interessantes Ergebnis zeigte sich bei den Verglei-

¹ I metodi statistici utilizzati sono quelli parametrici (Test T), non parametrici (Kruskal-Wallis, Spearman), test di associazione (chi-quadro, Fisher), e misure di concordanza (Kappa).

² I metodi soggettivi di valutazione includono il confronto diretto e la scala di Likert.

³ Gli indicatori sintetici utilizzati sono: percentuali, mediane e valore di apprezzamento.

¹ Die verwendeten statistischen Methoden sind parametrische (T-Test), nicht-parametrische (Kruskal-Wallis, Spearman), Assoziationstests (Chi-Quadrat, Fisher) und Konkordanzmaße (Kappa).

² Die subjektiven Bewertungsmethoden umfassen den direkten Vergleich und die Likert-Skala.

³ Die verwendeten zusammenfassenden Indikatoren sind: Prozentsätze, Mediane und der Wert der Wertschätzung.

Confrontando le due immagini, quale soluzione ritieni garantisca una migliore integrazione nel contesto? *



- ☐ Immagine A
☐ Immagine B

Confrontando le quattro immagini, quale ritieni sia maggiormente integrata nel contesto? *



- ☐ Immagine A
☐ Immagine B
☐ Immagine C
☐ Immagine D

Fig. 07 Esempi di quesiti: valutazione tra opzioni di installazione (sinistra) e scelta della soluzione ritenuta migliore (destra)
Abb. 07 Beispiele für Fragen: Bewertung von Installationsoptionen (links) und Auswahl der am besten bewerteten Lösung (rechts)



Immagine A



Immagine B

Fig. 08 Esempio comparazione copertura parziale e totale
Abb. 08 Beispiel für den Vergleich von Teil- und Vollbelegung)

6. LA MATRICE DI INTEGRAZIONE AMBIENTALE DEL FV DIE MATRIX DER UMWELTINTEGRATION VON PV



Fig. 09 Caso di confronto su nuclei composti da più edifici

Abb. 09 Fall des Vergleichs von Kernen, die aus mehreren Gebäuden bestehen)

Un dato interessante è emerso nei confronti tra più opzioni di installazione, come quelle di configurazioni degli edifici a schiera; infatti, nel caso di installazione completa sulla falda di una, due o di tutte le unità (figura 09), i risultati restituiscono un quadro meno delineato; ciò suggerisce che, in contesti edilizi più complessi, la percezione dell'integrazione potrebbe dipendere da un insieme più articolato di fattori.

Per quanto riguarda la componente cromatica, i risultati mostrano dinamiche più articolate. In generale, i pannelli di colore rosso e nero sono risultati essere i più apprezzati, mentre quelli blu, neri e trasparenti hanno ottenuto punteggi inferiori (figura 10). Questa tendenza è coerente con la presenza diffusa di coperture tradizionali con rivestimenti di colore rosso o marrone, rispetto alle quali i pannelli rossi risultano maggiormente integrati dal punto di vista percettivo. Tuttavia, sono emerse alcune eccezioni significative: in specifici contesti, come quello della baita in ambiente naturale (figura 11), i pannelli neri risultano preferiti rispetto a quelli rossi. Questo evidenzia come la relazione tra colore e integrazione sia fortemente dipendente anche dal contesto in cui l'edificio è integrato.

Un altro caso particolarmente interessante riguarda il confronto tra pannelli blu e trasparenti; nonostante valutazioni assolute generalmente basse, i pannelli trasparenti risultano preferiti in termini relativi.

chen zwischen mehreren Installationsoptionen, wie im Fall von Konfigurationen bei Reihenhäusern; tatsächlich lieferten die Ergebnisse im Fall einer vollständigen Installation auf der Dachfläche einer, zweier oder aller Einheiten (Abbildung 09) ein weniger eindeutiges Bild; dies deutet darauf hin, dass in komplexeren baulichen Kontexten die Wahrnehmung der Integration von einem differenzierteren Gefüge von Faktoren abhängen könnte.

Was die chromatische Komponente betrifft, zeigen die Ergebnisse vielschichtigere Dynamiken. Im Allgemeinen erwiesen sich Paneele in den Farben Rot und Schwarz als am stärksten geschätzt, während blaue, schwarze und transparente Paneele geringere Punktwerte erhielten (Abbildung 10). Dieser Trend deckt sich mit dem flächendeckenden Vorhandensein traditioneller Dächer mit Eindeckungen in roter oder brauner Farbe, im Vergleich zu denen rote Paneele aus perzeptiver Sicht stärker integriert wirken. Dennoch traten einige signifikante Ausnahmen hervor: In spezifischen Kontexten, wie dem einer Berghütte (Baita) in natürlicher Umgebung (Abbildung 11), wurden schwarze Paneele gegenüber roten bevorzugt. Dies verdeutlicht, wie stark die Beziehung zwischen Farbe und Integration auch von dem Kontext abhängt, in den das Gebäude eingebettet ist.

Ein weiterer besonders interessanter Fall betrifft den Vergleich zwischen blauen und transparenten Paneelen; trotz allgemein niedriger absoluter Bewertungen wurden transparente Paneele im relativen Vergleich bevorzugt. Dieser Be-



Fig. 10 Esempio confronto colori pannelli FV su malga in contesto naturale

Abb. 10 Beispiel für den Farbvergleich von PV-Paneelen auf einer Almhütte (Malga) in natürlichem Kontext



Fig. 11 Esempio confronto colori su baita in ambiente naturale

Abb. 11 Beispiel für den Farbvergleich auf einer Berghütte (Baita) in natürlicher Umgebung

6. LA MATRICE DI INTEGRAZIONE AMBIENTALE DEL FV DIE MATRIX DER UMWELTINTEGRATION VON PV

Questo dato evidenzia una possibile discrepanza tra valutazione individuale e scelta comparativa, e suggerisce che la percezione dell'integrazione non dipende esclusivamente dalle caratteristiche intrinseche della soluzione, ma anche dal tipo di confronto proposto.

Il processo di calibrazione dei valori e dei coefficienti poc'anzi descritto supporta l'ipotesi iniziale della necessità di adeguare i parametri di riferimento in base ai territori analizzati al fine di garantire il corretto funzionamento della matrice (figura 12).

L'analisi dell'esito dei questionari ha consentito inoltre di verificare la possibile influenza di variabili sociodemografiche, come l'età e la professione, sulla percezione dell'integrazione. I risultati hanno indicato che tali variabili hanno un impatto limitato sulla percezione degli utenti; infatti, le preferenze osservate sono relativamente trasversali.

Queste osservazioni portano a una riflessione più ampia sul rapporto tra teoria e pratica. La matrice, nella sua formulazione teorica, rappresenta dunque un modello semplificato che deve essere puntualmente verificato e aggiornato alla luce dei dati reali.

In questa prospettiva, la matrice si configura come un sistema dinamico, capace di evolversi attraverso il confronto con le comunità locali e di adattarsi alle specificità dei diversi contesti territoriali. Il processo di raccolta e analisi dei dati rappresenta dunque non solo una fase di validazione, ma un elemento necessario affinché lo strumento possa funzionare correttamente.

fund zeigt eine mögliche Diskrepanz zwischen individueller Bewertung und vergleichender Auswahl auf und legt nahe, dass die Wahrnehmung der Integration nicht ausschließlich von den inhärenten Merkmalen der Lösung abhängt, sondern auch von der Art des angebotenen Vergleichs.

Der soeben beschriebene Prozess der Kalibrierung der Werte und Koeffizienten stützt die Ausgangshypothese der Notwendigkeit, die Referenzparameter an die analysierten Gebiete anzupassen, um das korrekte Funktionieren der Matrix zu gewährleisten (Abbildung 12).

Die Analyse der Ergebnisse der Fragebögen erlaubte es zudem, den möglichen Einfluss soziodemografischer Variablen wie Alter und Beruf auf die Wahrnehmung der Integration zu überprüfen. Die Ergebnisse zeigten, dass diese Variablen einen begrenzten Einfluss auf die Wahrnehmung der Nutzer haben; tatsächlich sind die beobachteten Präferenzen relativ homogen und gruppenübergreifend. Diese Beobachtungen führen zu einer breiteren Reflexion über das Verhältnis zwischen Theorie und Praxis. Die Matrix stellt in ihrer theoretischen Formulierung somit ein vereinfachtes Modell dar, das im Lichte realer Daten gezielt überprüft und aktualisiert werden muss. In dieser Perspektive konfiguriert sich die Matrix als ein dynamisches System, das in der Lage ist, sich durch den Austausch mit den lokalen Gemeinschaften weiterzuentwickeln und sich an die Spezifika der verschiedenen territorialen Kontexte anzupassen. Der Prozess der Datenerhebung und -analyse stellt somit nicht nur eine Validierungsphase dar, sondern ein notwendiges Element, damit das Instrument korrekt funktionieren kann.



chromaticity of the context

black

brown

green

red

1,0

0,5

0,1

0,8

0,3

0,8

0,5

0,1

0,8

0,3

0,1

1,0

1,0

1,0

1,0

1,0

$A^*B_i = n(A^*B_i) / \text{number of coefficients}$

$A^*B_i = n(A^*B_i) / \text{number of coefficients}$

$A^*B_i = n(A^*B_i) / \text{number of coefficients}$

$A^*B_i = n(A^*B_i) / \text{number of coefficients}$

characteristics of the "object" and evaluation

PV panels positioning

types of building

whole roof

full slab

part of the slab

terraced - single unit

terraced - complete volume

detached

whole roof

full slab

part of the slab

2,0

1,0

0,5

3,0

2,0

1,0

3,0

2,0

1,0

types of chromaticity

chromaticity of building and place

black

blue

red

transparent

chromaticity of the roof (analysed building)

black

brown

red

1,0

0,9

0,7

0,8

0,4

0,2

0,5

0,8

1,0

0,3

0,3

0,3

0,3

0,3

0,3

chromaticity of the context

black

brown

green

red

1,0

0,9

0,1

0,7

0,8

0,4

0,5

0,2

0,5

0,8

0,1

1,0

0,3

0,3

0,3

0,3

$A^*B_i = n(A^*B_i) / \text{number of coefficients}$

$A^*B_i = n(A^*B_i) / \text{number of coefficients}$

$A^*B_i = n(A^*B_i) / \text{number of coefficients}$

$A^*B_i = n(A^*B_i) / \text{number of coefficients}$

Imagine A

Imagine B

Imagine C

Imagine D

Mediana e Frequenza dei punteggi -
Caso 1 - Belluno

100%

90%

80%

70%

60%

50%

40%

30%

20%

10%

0%

Rate Blue

Rate Red

Rate Black

Rate Transparent

Somma rate

Rate = 1

Rate = 2

Rate = 3

characterisation of the "building" and "place"

types of building

whole roof

full slab

part of the slab

terraced - single unit

terraced - complete volume

detached

whole roof

full slab

part of the slab

2,0

1,0

0,5

3,0

2,0

1,0

3,0

2,0

1,0

types of chromaticity

chromaticity of building and place

black

blue

red

transparent

chromaticity of the roof (analysed building)

black

brown

red

1,0

0,9

0,7

0,8

0,4

0,2

0,5

0,8

1,0

0,3

0,3

0,3

0,3

0,3

0,3

chromaticity of the context

black

brown

green

red

1,0

0,9

0,1

0,7

0,8

0,4

0,5

0,2

0,5

0,8

0,1

1,0

0,3

0,3

0,3

0,3

$A^*B_i = n(A^*B_i) / \text{number of coefficients}$

$A^*B_i = n(A^*B_i) / \text{number of coefficients}$

$A^*B_i = n(A^*B_i) / \text{number of coefficients}$

$A^*B_i = n(A^*B_i) / \text{number of coefficients}$

Fig. 12 Evoluzione della matrice
Abb. 12 Entwicklung der Matrix

Bibliografia

Literaturverzeichnis

- De Medici, S. (2021). Italian Architectural Heritage and Photovoltaic Systems. Matching Style with Sustainability. *Sustainability*, 13(4), 2108.
<https://doi.org/10.3390/su13042108>
- Enserink, M., Van Etteger, R., Van Den Brink, A., & Strenke, 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*, 91, 102740.
<https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102740>
- European Commission. (2019). *The European Green Deal* (COM(2019) 640 final). Publications Office of the European Union.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>
- European Union (2021). Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 (“European Climate Law”). *Official Journal of the European Union*, L243, 1–17.
- 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*, 171, 113303.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113303>
- Romana Moretti, F. (2015). *Tipologie edilizie* (online). In Treccani, Enciclopedia Italiana - IX App.
[https://www.treccani.it/enciclopedia/tipologie-edilizie_\(Enciclopedia-Italiana\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/tipologie-edilizie_(Enciclopedia-Italiana)/)
- Salak, B., Lindberg, K., Kienast, F., & Hunziker, M. (2021). How landscape-technology fit affects public evaluations of renewable energy infrastructure scenarios. A hybrid choice model. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 143, 110896.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110896>
- Scanagatta, C., & Condotta, M. (2025). The design of energy communities: optimising environment, time and place. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, 29(1), 149–160.
<https://doi.org/10.36253/techne-16591>
- Treccani (2023). Casa. In Treccani, Enciclopedia Italiana
<https://www.treccani.it/enciclopedia/casa/>
- Wolsink, M. (2017). Co-production in distributed generation: renewable energy and creating space for fitting infrastructure within landscapes. *Landscape Research*, 43(4), 542–561. <https://doi.org/10.1080/01426397.2017.1358360>



Finito di stampare in Fertig gedruckt in
Luglio 2026 Juli 2026

