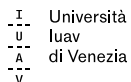


PiANificazione di cOmunità eneRgetiche AMbientalmente e pAesaggisticamente sostenibili

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

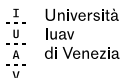
Università luav di Venezia

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 |

Analisi costi-benefici di una Comunità Energetica. Strumento Excel-Python per la simulazione energetica, economica e ambientale delle CER

4

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

PiANificazione di cOmunità eneRgetiche
AMbientalmente e pAesaggisticamente
sostenibili

PLANung von umweltschOnenden
und landschaftlich
gerechten eRneuerbAren
energiegeMeinschAften

Prefazione

Vorwort

Questo volume riassume i risultati del Progetto Interreg VI Italia-Austria PANORAMA (“PiAnificazione di cOmunità eneRgetiche AMbientalmente e pAesaggistica-mente sostenibili”), iniziativa co-finanziata dall’Unione Europea svoltasi nel periodo compreso tra dicembre 2023 e luglio 2026.

L’urgenza della transizione ecologica, acuita dalla crisi climatica globale, impone un’accelerazione nel potenziamento e nell’integrazione delle fonti energetiche rinnovabili su scala locale. L’attuale paradigma energetico richiede l’elaborazione di evidenze scientifiche e soluzioni tecnologiche immediatamente applicabili per l’integrazione dei sistemi solari, idroelettrici ed eolici nel tessuto territoriale. In questo scenario, assumono un ruolo centrale sia la valutazione dell’impatto ambientale dei sistemi energetici, sia la declinazione pratica delle Comunità Energetiche Rinnovabili (CER) o di analoghe configurazioni di autoproduzione diffusa.

In tale quadro concettuale, l’obiettivo della ricerca è stato la condivisione e la sistematizzazione di un *know-how* multidisciplinare atto a verificare la fattibilità tecnico-economica degli interventi e a garantire il miglior inserimento paesaggistico possibile dei nuovi impianti.

Attraverso una sinergia transfrontaliera tra istituti di ricerca, partner industriali, stakeholder e autorità locali, si è giunti allo sviluppo di uno strumento multicriterio di supporto decisionale orientato all’ottimizzazione di soluzioni coordinate di fotovoltaico nel quadro programmatico delle CER. La validazione del modello

Dieser Band fasst die Ergebnisse des Interreg VI-Projekts Italien-Österreich PANORAMA (Planung von umwelt- und landschaftsverträglichen Energiegemeinschaften) zusammen, einer von der Europäischen Union kofinanzierten Initiative, die im Zeitraum zwischen Dezember 2023 und Juli 2026 durchgeführt wurde.

Die Dringlichkeit der ökologischen Wende, die durch die globale Klimakrise verschärft wird, erfordert eine beschleunigte Stärkung und Integration erneuerbarer Energiequellen auf lokaler Ebene. Das aktuelle Energieparadigma verlangt nach der Erarbeitung wissenschaftlicher Erkenntnisse und unmittelbar anwendbarer technologischer Lösungen für die Einbindung von Solar-, Wasserkraft- und Windkraftanlagen in das territoriale Gefüge. In diesem Szenario nehmen sowohl die Bewertung der Umweltverträglichkeit von Energiesystemen als auch die praktische Ausgestaltung von Erneuerbaren Energiegemeinschaften (EEG) oder analogen Modellen der dezentralen Eigenerzeugung eine zentrale Rolle ein.

In diesem konzeptionellen Rahmen bestand das Forschungsziel darin, ein multidisziplinäres Know-how zu teilen und zu systematisieren, um die technisch-wirtschaftliche Machbarkeit der Maßnahmen zu überprüfen und die bestmögliche landschaftliche Integration der neuen Anlagen zu gewährleisten.

”Durch eine grenzüberschreitende Synergie zwischen Forschungseinrichtungen, Industriepartnern, Stakeholdern und lokalen Behörden wurde ein Multikriterien-Entscheidungsunterstützungsinstrument entwickelt,

sviluppato ha interessato diverse aree pilota transfrontaliere, assunte come casi studio: la Provincia di Belluno (con focus specifico sui territori comunali di Pieve di Cadore e Borgo Valbelluna), la Regione di Salisburgo, il distretto industriale di Maniago e ulteriori zone produttive all'interno della Provincia di Pordenone.

Il testo è così strutturato:

- **Capitolo 1:** introduzione al volume, agli obiettivi e ai partner del progetto.
- **Capitolo 2:** descrizione dell'approccio teorico al tool multicriterio.
- **Capitolo 3:** illustrazione della procedura per il calcolo del potenziale di energia rinnovabile.
- **Capitolo 4:** le modalità di analisi costi-benefici di possibili configurazioni di CER.
- **Capitolo 5:** dettaglio della procedura GIS sviluppata per l'analisi dei dati territoriali e catastali.
- **Capitolo 6:** presentazione del modello concettuale per la valutazione dell'integrazione ambientale dei sistemi di rinnovabili.
- **Capitolo 7:** illustrazione delle funzionalità del tool multicriterio sviluppato.
- **Capitoli 8 e 9:** esempi applicativi del tool multicriterio a Salisburgo, Pieve di Cadore, Borgo Valbelluna e Maniago.

das auf die Optimierung koordinierter Photovoltaik-Lösungen im programmatischen Rahmen der Energiegemeinschaften (CER) abzielt. Die Validierung des entwickelten Modells erfolgte anhand mehrerer grenzüberschreitender Pilotgebiete, die als Fallstudien herangezogen wurden: die Provinz Belluno (mit besonderem Fokus auf die Gemeindegebiete von Pieve di Cadore und Borgo Valbelluna), die Region Salzburg, das Industriegebiet von Maniago sowie weitere Produktionszonen innerhalb der Provinz Pordenone.

Der Text ist wie folgt gegliedert:

- **Kapitel 1:** Einführung in den Band, die Projektziele und die Projektpartner.
- **Kapitel 2:** Beschreibung des theoretischen Ansatzes des multikriteriellen Tools.
- **Kapitel 3:** Darstellung des Verfahrens zur Berechnung des Potenzials an erneuerbaren Energien.
- **Kapitel 4:** Methoden der Kosten-Nutzen-Analyse möglicher EEG-Konfigurationen.
- **Kapitel 5:** Details des entwickelten GIS-Verfahrens zur Analyse von Raum- und Katasterdaten.
- **Kapitel 6:** Präsentation des konzeptionellen Modells zur Bewertung der Umweltintegration erneuerbarer Energiesysteme.
- **Kapitel 7:** Erläuterung der Funktionalitäten des entwickelten multikriteriellen Tools.
- **Kapitel 8 und 9:** Anwendungsbeispiele des multikriteriellen Tools in Salzburg, Pieve di Cadore, Borgo Valbelluna und Maniago.

1

**Il progetto PANORAMA e il contesto
socio energetico europeo e
transfrontaliero**

**Das Projekt PANORAMA
und der europäische
sowie grenzübergreifende
sozioenergetische Kontext**

Elisa Zatta

Massimiliano Condotta



1.1 Il contesto della ricerca Der Forschungskontext

Con l'obiettivo di contrastare i sempre più evidenti effetti del cambiamento climatico, le strategie e politiche europee messe in atto negli ultimi decenni hanno adottato un duplice approccio. Da un lato, hanno favorito lo studio e l'adozione di processi di adattamento, volti a migliorare la resilienza dei sistemi antropici e ambientali. Ciò consentirà ai territori soggetti a rischio di limitare i danni che potrebbero verificarsi nel caso di fenomeni particolarmente intensi, come ondate di calore, tempeste violente, inondazioni o siccità prolungate. Dall'altro lato, le misure si sono concentrate sulla possibilità di mitigare le conseguenze del cambiamento climatico perseguendone le cause, ovvero operando una progressiva riduzione delle emissioni di gas effetto serra. La responsabilità di queste ultime è individuabile in molteplici settori economici – tra i quali trasporti, industria e settore edilizio – tuttavia, perché essi possano attuare, nei fatti, una transizione sostenibile, si dimostra prioritario agire su un tema preciso: l'approvvigionamento energetico. Solamente con la diminuzione dell'uso ancora massiccio di combustibili fossili (carbone, petrolio e gas naturale), principali responsabili delle emissioni dannose [Eurostat, 2025], si potranno ottenere benefici trasversali ai diversi ambiti economici coinvolti nel tentativo di avvicinare gli obiettivi di neutralità climatica entro il 2050.

La trasversalità di questa transizione ha caratterizzato in modo particolare le disposizioni relative all'ambiente costruito, attraverso misure (alcune cogenti, altre incentivanti) che hanno operato su più fronti,

Mit dem Ziel, den immer deutlicher spürbaren Auswirkungen des Klimawandels entgegenzuwirken, haben die in den letzten Jahrzehnten umgesetzten europäischen Strategien und Maßnahmen einen doppelten Ansatz verfolgt. Einerseits haben sie die Erforschung und Einführung von Anpassungsprozessen gefördert, die darauf abzielen, die Resilienz anthropogener und ökologischer Systeme zu verbessern. Dies wird es risikogefährdeten Regionen ermöglichen, Schäden zu begrenzen, die bei besonders intensiven Phänomenen wie Hitzewellen, heftigen Stürmen, Überschwemmungen oder lang anhaltenden Dürreperioden auftreten könnten. Andererseits konzentrierten sich die Maßnahmen auf die Möglichkeit, die Folgen des Klimawandels durch die Bekämpfung seiner Ursachen abzumildern – also durch eine schrittweise Reduzierung der Treibhausgasemissionen. Die Verantwortung für Letztere liegt in einer Vielzahl von Wirtschaftssektoren, darunter der Verkehr, die Industrie und der Bausektor. Damit diese jedoch de facto einen nachhaltigen Übergang vollziehen können, ist es von vorrangiger Bedeutung, an einem spezifischen Punkt anzusetzen: der Energieversorgung. Nur durch die Reduzierung der nach wie vor massiven Nutzung fossiler Brennstoffe (Kohle, Erdöl und Erdgas), den Hauptverursachern schädlicher Emissionen [Eurostat, 2025], lassen sich sektorübergreifende Vorteile für die verschiedenen beteiligten Wirtschaftsbereiche erzielen, um den Zielen der Klimaneutralität bis 2050 näher zu kommen.

Die Sektorübergreifung dieses Übergangs hat insbesondere die Bestimmungen für die gebaute Umwelt geprägt, und zwar durch Maßnahmen (teils verpflichtend, teils anreizba-

dalla scala della mobilità urbana a quella degli impianti tecnologici presenti nelle singole unità abitative. Infatti, il significativo consumo complessivo di energia del patrimonio edilizio europeo, sia residenziale che non residenziale, è dovuto in larga parte alle scarse prestazioni dell'involucro dei fabbricati e delle loro componenti impiantistiche. Per questa ragione, negli anni sono state emanate molteplici Direttive volte a incrementare l'efficienza energetica in edilizia (Energy Performance Building Directives, EPBDs), è stata elaborata la strategia Renovation Wave ed emanato il pacchetto di leggi noto come "Fit for 55". Queste misure intendono intervenire sulla diminuzione dei consumi a livello di fabbricato, con il fine di ridurre le risorse necessarie per il riscaldamento e il raffrescamento. In modo complementare, alla riduzione della domanda energetica è stata associata la progressiva transizione verso l'energia pulita, attraverso politiche volte a contenere il più possibile la componente fossile del mix energetico utilizzato nel territorio dell'Unione. A tal fine sono stati utilizzati diversi strumenti, dall'identificazione di target vincolanti all'introduzione di un sistema di scambio delle quote di emissione (EU Emissions Trading System, EU ETS), dall'istituzione di obblighi per i diversi settori economici alla disposizione di incentivi finanziari. Tutti questi sistemi intendono favorire sempre più l'impiego di fonti di energia dette "rinnovabili", ovvero basate su risorse naturali disponibili con un approvvigionamento sostenibile nel tempo e che producono emissioni notevolmente inferiori a quelle fossili; tra queste rientrano in particolare l'energia eolica, solare (termico e fotovoltaico), idroelettrica e geotermica.

La transizione verso le rinnovabili assume una particolare rilevanza non solo per i minimi impatti sull'ambiente, ma anche per le diverse scale alle quali può essere implementata. Se le grandi aziende di produzione e distribuzione dell'energia sono i primi attori coinvolti in questo processo, attraverso la conversione di im-

siert), die auf mehreren Ebenen ansetzen – von der Dimension der urbanen Mobilität bis hin zu den technologischen Anlagen in den einzelnen Wohneinheiten. In der Tat ist der erhebliche Gesamtenergieverbrauch des europäischen Gebäudebestands (sowohl im Wohn- als auch im Nichtwohnbereich) zu einem großen Teil auf die unzureichende Effizienz der Gebäudehülle und der anlagentechnischen Komponenten zurückzuführen. Aus diesem Grund wurden im Laufe der Jahre zahlreiche Richtlinien zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden (*Energy Performance of Buildings Directives*, EPBD) erlassen, die Strategie der „Renovierungswelle“ (*Renovation Wave*) ausgearbeitet und das Gesetzespaket „Fit für 55“ verabschiedet. Diese Maßnahmen zielen darauf ab, den Verbrauch auf Gebäudeebene zu senken, um die für Heizung und Kühlung erforderlichen Ressourcen zu reduzieren. Komplementär zur Verringerung des Energiebedarfs wurde der schrittweise Übergang zu sauberer Energie verknüpft, und zwar durch politische Maßnahmen, die darauf abzielen, den fossilen Anteil am Energiemix im Gebiet der Union so weit wie möglich einzudämmen. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Instrumente eingesetzt: von der Festlegung verbindlicher Ziele über die Einführung eines Emissionshandelssystems (*EU Emissions Trading System*, EU ETS) und Verpflichtungen für die einzelnen Wirtschaftssektoren bis hin zur Bereitstellung finanzieller Anreize. Alle diese Systeme sollen die Nutzung sogenannter „erneuerbarer“ Energiequellen zunehmend fördern, d. h. solcher, die auf natürlichen, langfristig nachhaltig verfügbaren Ressourcen basieren und erheblich geringere Emissionen als fossile Brennstoffe verursachen; dazu gehören insbesondere Windenergie, Solarenergie (Thermie und Photovoltaik), Wasserkraft und Geothermie.

Der Übergang zu erneuerbaren Energien ist nicht nur wegen der minimalen Auswirkungen auf die Umwelt von besonderer Bedeutung, sondern auch wegen der verschiedenen Dimensionen, auf denen er umgesetzt werden kann. Während große Energieerzeugungs- und -versorgungsunternehmen durch die Umrüstung von Produktionsanlagen und Eingriffe in die wichtigsten Infrastrukturen die ersten

1. IL PROGETTO PANORAMA E IL CONTESTO SOCIO ENERGETICO EUROPEO E TRANSFRONTALIERO DAS PROJEKT PANORAMA UND DER EUROPÄISCHE SOWIE GRENZÜBERGREIFENDE SOZIOENERGETISCHE KONTEXT

pianti produttivi e interventi sulle principali infrastrutture di erogazione, anche le comunità locali e i singoli cittadini possono apportare un contributo significativo. Data la elevata efficacia di questi sistemi di produzione anche a piccola scala, per aumentare la quota di rinnovabili l'Unione promuove una decentralizzazione del sistema energetico attraverso il coinvolgimento diretto di cittadini e territori, con la costituzione e diffusione di Comunità Energetiche Rinnovabili (CER). Queste comunità, che si basano su una partecipazione aperta e volontaria, sono entità giuridiche autonome e possono includere tra gli utenti persone fisiche, piccole e medie imprese (PMI) e autorità locali. Loro obiettivo è quello di sviluppare e gestire progetti di energia rinnovabile, definiti "di prossimità" e dei quali sono proprietarie, ma non per ottenere profitti finanziari, bensì per ricavarne benefici ambientali, economici o sociali a vantaggio dei membri della CER stessa o del territorio in cui è collocata. Questo avviene attraverso la produzione di energia da fonti rinnovabili, che può essere autoconsumata e immagazzinata dagli utenti della CER – per questa ragione definiti "autoconsumatori di energia rinnovabile" (in via informale, *prosumer*) – ma anche condivisa con gli altri membri della comunità o venduta nel mercato con l'immissione nella rete di distribuzione.

Attraverso questi meccanismi di decentralizzazione della produzione di energia verso un sistema di reti diffuse, le Comunità Energetiche possono contribuire sensibilmente all'aumento della quota derivante da fonti rinnovabili nell'Unione, favorendone la decarbonizzazione. Questo approccio non solo consente ai membri, spesso privati cittadini, di essere i primi fautori della transizione energetica, ma garantisce loro un risparmio economico. Infatti, i costi di installazione dei dispositivi, solitamente pannelli fotovoltaici o (meno di frequente) apparecchi per il microeolico, sono d'abitudine ammortizzati in un breve periodo e la quota di energia prodotta in eccesso e ceduta alla rete viene compensata economicamente secondo termini vantaggiosi.

Akteure in diesem Prozess sind, können auch lokale Gemeinschaften und einzelne Bürger einen wesentlichen Beitrag leisten. Angesichts der hohen Effizienz dieser Produktionssysteme selbst im kleinen Maßstab fördert die Union zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien eine Dezentralisierung des Energiesystems durch die direkte Einbindung von Bürgern und Regionen mittels der Gründung und Verbreitung von Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften (EEG). Diese Gemeinschaften, die auf einer offenen und freiwilligen Teilnahme basieren, sind autonome juristische Personen und können Privatpersonen, kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sowie lokale Behörden zu ihren Nutzern zählen. Ihr Ziel ist es, Projekte im Bereich der erneuerbaren Energien zu entwickeln und zu verwalten, die als „lokale Projekte“ definiert sind und in deren Eigentum stehen. Dies geschieht jedoch nicht zur Erzielung finanzieller Gewinne, sondern um ökologische, wirtschaftliche oder soziale Vorteile zum Nutzen der EEG-Mitglieder selbst oder der Region, in der sie ansässig sind, zu generieren. Dies erfolgt durch die Erzeugung von Energie aus erneuerbaren Quellen, die von den Nutzern der EEG selbst verbraucht und gespeichert werden kann – weshalb sie als „Eigenversorger im Bereich erneuerbare Energien“ (informell als *Prosumer*) bezeichnet werden –, aber auch mit anderen Mitgliedern der Gemeinschaft geteilt oder durch Einspeisung in das Verteilernetz auf dem Markt verkauft werden kann.

Durch diese Mechanismen der Dezentralisierung der Energieerzeugung hin zu einem System dezentraler Netze können Energiegemeinschaften erheblich zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Quellen in der Union beitragen und deren Dekarbonisierung fördern. Dieser Ansatz ermöglicht es den Mitgliedern – oft Privatbürgern –, nicht nur die Hauptakteure der Energiewende zu sein, sondern garantiert ihnen auch wirtschaftliche Einsparungen. Tatsächlich amortisieren sich die Installationskosten der Anlagen (in der Regel Photovoltaikmodule oder seltener Kleinwindkraftanlagen) meist in kurzer Zeit, und die überschüssige, in das Netz eingespeiste Energiemenge wird zu vorteilhaften Konditionen finanziell vergütet.

Sono molti i benefici di ordine ambientale, sociale ed economico derivanti dalla costituzione delle CER e altrettanto positive sono le testimonianze di chi ne è membro. Tuttavia, nonostante la loro formalizzazione normativa sia avvenuta circa un decennio fa, questi programmi faticano ancora a prendere piede nel contesto europeo – e, con esso, in quello transalpino.

Lo stato dell'arte sul tema evidenzia alcuni fattori principali che incidono negativamente sulla diffusione delle CER a livello internazionale e in modo diffuso. Nonostante molti Stati Membri abbiano attivato finanziamenti a supporto delle CER, l'accesso al capitale necessario per l'investimento iniziale rappresenta ancora un ostacolo (Boostani *et al.*, 2024, Magni *et al.*, 2024). Di fronte all'inferiore costo unitario dell'energia prodotta da fonti non rinnovabili, questo scoraggia la costituzione di comunità energetiche, in particolare nelle fasce di popolazione economicamente più vulnerabili. A ciò si associano l'inerzia di consumatori e istituzioni, la scarsa trasparenza del mercato energetico, i pochi strumenti di finanziamento oltre ai sussidi pubblici e la mancanza di supporto alla pianificazione, che sollevano preoccupazioni sulla sostenibilità a lungo termine (Magni *et al.*, 2024) (Zhu *et al.*, 2025). Si riscontra infatti una limitata alfabetizzazione energetica da parte dei cittadini (Magni *et al.*, 2024), che si traduce spesso in mancanza di consapevolezza sul tema (Boostani *et al.*, 2024). Se la sensibilità ambientale, unita ai benefici economici, è uno dei principali driver nella costituzione delle CER (Fischer *et al.*, 2024), spesso non è sufficiente o diventa addirittura un impedimento. Questo è il caso dei sistemi di produzione di energia eolica, la cui installazione incontra ostacoli di tipo paesaggistico e di accettazione sociale (Corsini *et al.*, 2023). Analogamente, la diffusione del fotovoltaico sta affrontando crescenti difficoltà legate sia agli iter autorizzativi sia al consenso delle comunità locali.

Die Gründung von EEG bringt zahlreiche ökologische, soziale und wirtschaftliche Vorteile mit sich, und ebenso positiv sind die Erfahrungsberichte derer, die ihnen angehören. Trotz ihrer rechtlichen Formalisierung vor rund einem Jahrzehnt tun sich diese Programme im europäischen – und damit auch im alpinen – Kontext jedoch nach wie vor schwer, Fuß zu fassen.

Der aktuelle Forschungsstand zu diesem Thema verdeutlicht einige Hauptfaktoren, die sich negativ auf die Verbreitung von EEG auf internationaler Ebene auswirken. Obwohl viele Mitgliedstaaten Finanzierungsmittel zur Unterstützung von EEG bereitgestellt haben, stellt der Zugang zu dem für die Anfangsinvestition erforderlichen Kapital nach wie vor ein Hindernis dar (Boostani *et al.*, 2024, Magni *et al.*, 2024). Angesichts der geringeren Stückkosten von Energie aus nicht-erneuerbaren Quellen schreckt dies vor der Gründung von Energiegemeinschaften ab, insbesondere in den wirtschaftlich schwächeren Bevölkerungsschichten. Hinzu kommen die Trägheit von Verbrauchern und Institutionen, mangelnde Transparenz auf dem Energiemarkt, wenige Finanzierungsinstrumente abseits öffentlicher Subventionen sowie eine fehlende Unterstützung bei der Planung, was Bedenken hinsichtlich der langfristigen Nachhaltigkeit aufwirft (Magni *et al.*, 2024) (Zhu *et al.*, 2025). Es zeigt sich nämlich eine begrenzte Energiekompetenz (*Energy Literacy*) der Bürger (Magni *et al.*, 2024), was sich oft in einem mangelnden Bewusstsein für das Thema niederschlägt (Boostani *et al.*, 2024). Während das Umweltbewusstsein, gepaart mit wirtschaftlichen Vorteilen, einer der Haupttreiber für die Gründung von EEG ist (Fischer *et al.*, 2024), reicht dies oft nicht aus oder wird sogar zum Hindernis. Dies ist beispielsweise bei Windkraftanlagen der Fall, deren Installation auf landschaftliche Hindernisse und mangelnde gesellschaftliche Akzeptanz stößt (Corsini *et al.*, 2023). Ähnlich steht die Verbreitung der Photovoltaik vor wachsenden Herausforderungen, die sowohl mit den Genehmigungsverfahren als auch mit der Akzeptanz in den lokalen Gemeinschaften zusammenhängen.

1.2 PANORAMA: obiettivi e risultati

PANORAMA: Ziele und Ergebnisse

Il contesto fin qui descritto mostra come in Europa il percorso volto alla transizione energetica incontri ancora ostacoli, nonostante le politiche UE dedicate e l'attivazione di schemi di finanziamento. In particolare, nel complesso quadro di strategie, misure operative e strumenti ideati per mitigare gli effetti del cambiamento climatico, il tassello delle Comunità Energetiche Rinnovabili presenta un potenziale ancora inespresso. Dal punto di vista ambientale, esse consentono di aumentare la produzione di energia pulita, di supportare attivamente l'evoluzione da un sistema centralizzato e verticale a una rete diffusa di consapevoli prosumer e di incrementare la quota di energia "green" consumata immettendo il surplus generato nella rete di distribuzione. In merito ai benefici sociali, le CER favoriscono la coesione nelle comunità e responsabilizzano gli individui consentendo loro "di guidare la transizione energetica a livello locale e di beneficiare direttamente di una maggiore efficienza energetica, bollette più basse, una riduzione della povertà energetica e maggiori opportunità di lavoro verde a livello locale" (European Commission, 2025). Viste le difficoltà delineate, come favorirne la diffusione?

Il progetto di ricerca PANORAMA ("PiANificazione di cOmunità eneRgetiche AMbientalmente e pAesaggisticamente sostenibili"), ideato e condotto nel quadro del programma Interreg Italia - Austria VI, ha inteso dare una risposta a questa domanda. Indubbiamente, alcuni dei fattori del contesto attuale non possono essere affrontati poiché strettamente legati agli ambiti nor-

Der bis hierher beschriebene Kontext verdeutlicht, dass der Weg zur Energiewende in Europa trotz spezifischer EU-Richtlinien und der Aktivierung von Finanzierungsmodellen nach wie vor auf Hindernisse stößt. Insbesondere im komplexen Gefüge aus Strategien, operativen Maßnahmen und Instrumenten zur Milderung der Folgen des Klimawandels weisen Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften ein noch unausgeschöpftes Potenzial auf. Aus ökologischer Sicht ermöglichen sie es, die Erzeugung sauberer Energie zu steigern, die Entwicklung von einem zentralisierten, vertikalen System hin zu einem dezentralen Netzwerk bewusster *Prosumer* aktiv zu unterstützen und den Anteil der verbrauchten „grünen“ Energie zu erhöhen, indem der erzeugte Überschuss in das Verteilernetz eingespeist wird. In Bezug auf den sozialen Nutzen fördern EEG den Zusammenhalt in den Gemeinschaften und stärken die Eigenverantwortung des Einzelnen, indem sie es ihm ermöglichen, „die Energiewende auf lokaler Ebene selbst voranzutreiben und direkt von einer höheren Energieeffizienz, niedrigeren Stromrechnungen, einer Verringerung der Energiearmut und mehr lokalen grünen Arbeitsplätzen zu profitieren“ (European Commission, 2025). Wie kann man angesichts der skizzierten Schwierigkeiten ihre Verbreitung fördern?

Das Forschungsprojekt PANORAMA ("PiANificazione di cOmunità eneRgetiche AMbientalmente e pAesaggisticamente sostenibili" / *Planung von ökologisch und landschaftlich nachhaltigen Energiegemeinschaften*), das im Rahmen des Programms Interreg VI Italien-Österreich konzipiert und durchgeführt wurde, sollte eine

mativi o alle misure di sostegno economico dei diversi Paesi dell'Unione. Tuttavia, è possibile creare condizioni più favorevoli alle CER fornendo ai cittadini e alle Amministrazioni locali degli strumenti che permettano loro di apprendere concretamente quale sia il funzionamento di questi sistemi di produzione e distribuzione dell'energia, di individuare le migliori condizioni di implementazione in termini economici e di rendimento in base allo specifico territorio, nonché di integrarli in modo coerente al contesto dal punto di vista ambientale e paesaggistico.

A partire da queste premesse, il progetto PANORAMA si è prefisso di sviluppare un insieme di conoscenze e strumenti volti a supportare il processo decisionale delle costituenti Comunità Energetiche. Questi esiti supporteranno la diffusione di consapevolezza sul tema e nozioni che, seppur non prettamente tecniche, sono riconducibili a una "cultura delle rinnovabili" la cui assenza costituisce oggi uno dei principali ostacoli all'attivazione delle CER. Obiettivo generale del progetto è stato mettere a sistema un know-how interdisciplinare relativo agli "ecosistemi energetici" e trasporlo in forma di guida alla progettazione e realizzazione di queste reti, mettendolo a disposizione degli stessi cittadini ed enti pubblici che ne saranno promotori e membri. In questo modo, la ricerca svolta intende supportare non solo la diffusione di forme di autoproduzione e autoconsumo di energia sostenibili, ma anche la competitività dei territori nel cogliere opportunità funzionali a una effettiva transizione energetica.

Le conoscenze sviluppate nel progetto coprono tre aspetti fondamentali da considerare nella progettazione delle CER: ottimizzazione della produzione di energia, fattibilità tecnico-economica e integrazione nel contesto. Queste diverse dimensioni sono state tra loro integrate nello sviluppo di un unico tool digitale multicriterio - principale esito del progetto - messo a disposizione in forma gratuita su una piattaforma web. Tale strumento è stato ideato per confrontare soluzioni

risposta a queste domande. Zweisellos können einige Faktoren des aktuellen Kontextes nicht direkt beeinflusst werden, da sie eng mit den rechtlichen Rahmenbedingungen oder den wirtschaftlichen Unterstützungsmaßnahmen der einzelnen EU-Länder verknüpft sind. Es ist jedoch möglich, günstigere Bedingungen für EEG zu schaffen, indem man Bürgern und lokalen Verwaltungen Instrumente an die Hand gibt, die es ihnen ermöglichen, die Funktionsweise dieser Energieerzeugungs- und -verteilungssysteme konkret zu verstehen, die besten Umsetzungsvoraussetzungen in Bezug auf Wirtschaftlichkeit und Ertrag basierend auf der spezifischen Region zu ermitteln sowie diese aus ökologischer und landschaftlicher Sicht kohärent in den Kontext zu integrieren.

Ausgehend von diesen Prämissen zielte das Projekt PANORAMA darauf ab, ein Bündel an Wissen und Werkzeugen zu entwickeln, um den Entscheidungsprozess der sich gründenden Energiegemeinschaften zu unterstützen. Diese Ergebnisse tragen zur Bewusstseinsbildung und zur Vermittlung von Kenntnissen bei, die, obwohl nicht rein technischer Natur, einer „Kultur der erneuerbaren Energien“ zuzurechnen sind, deren Fehlen heute eines der Haupthindernisse für die Aktivierung von EEG darstellt. Das übergeordnete Ziel des Projekts bestand darin, ein interdisziplinäres Know-how zu „Energie-Ökosystemen“ zu bündeln und dieses in Form eines Leitfadens für die Planung und Umsetzung dieser Netze bereitzustellen – gerichtet an die Bürger und öffentlichen Einrichtungen, die als Initiatoren und Mitglieder fungieren werden. Auf diese Weise soll die durchgeführte Forschung nicht nur die Verbreitung nachhaltiger Formen der Eigenherzeugung und des Eigenverbrauchs von Energie unterstützen, sondern auch die Wettbewerbsfähigkeit der Regionen stärken, um Chancen für eine effektive Energiewende zu nutzen.

Das im Projekt erarbeitete Wissen deckt drei grundlegende Aspekte ab, die bei der Planung von EEG zu berücksichtigen sind: Optimierung der Energieherzeugung, technisch-wirtschaftliche Machbarkeit und Integration in den Kontext. Diese verschiedenen Dimensionen wurden bei

diverse e configurazioni tra loro alternative per la realizzazione di una CER in un determinato territorio, fornendo informazioni utili a delineare lo scenario migliore e guidare i relativi processi decisionali.

Questo tool, il cui approccio teorico e metodologico viene approfondito nel Capitolo 2, è stato concepito per supportare il progetto di reti serventi due tipi di territori: da un lato nuclei urbani, piccoli borghi o contesti vallivi, e, dall'altro, periferie, parchi commerciali e aree industriali con insediamenti di PMI. Tale scelta è stata compiuta per ragioni legate al dimensionamento "micro-" o "mini-" della rete di distribuzione, poiché la dimensione delle CER è legata a un perimetro strettamente locale per loro stessa natura, ma anche per esaminare due contesti differenti in termini di integrazione nel paesaggio delle tecnologie rinnovabili: quella, più delicata e "sfidante", delle aree con forte componente naturale e culturale, e quella, più auspicabile, delle aree industriali o commerciali.

L'individuazione di questi contesti è inoltre derivata dalle caratteristiche geografiche, climatiche e di uso del suolo dell'Area di Programma Interreg Italia-Austria, che hanno guidato anche la scelta delle aree pilota in cui testare e validare la sperimentazione: provincia di Belluno, provincia di Udine e Land Salzburg. Come in ogni progetto di ricerca transfrontaliero, le soluzioni volte ad affrontare le sfide comuni devono infatti considerare le specificità degli ambiti territoriali coinvolti, così da essere facilmente replicabili e ottimizzare i vantaggi in modo condiviso. In questo senso, le conoscenze e competenze dei diversi partner hanno giocato un ruolo fondamentale per il buon esito del progetto, attraverso la condivisione di conoscenze, pratiche e criteri progettuali e gestionali.

der Entwicklung eines einzigen digitalen Multikriterien-Tools – dem Hauptergebnis des Projekts – zusammengeführt, das kostenlos auf einer Webplattform zur Verfügung gestellt wird. Dieses Instrument wurde konzipiert, um verschiedene Lösungen und alternative Konfigurationen für die Realisierung einer EEG in einem bestimmten Gebiet zu vergleichen und nützliche Informationen bereitzustellen, um das beste Szenario zu skizzieren und die entsprechenden Entscheidungsprozesse zu leiten.

Dieses Tool, dessen theoretischer und methodischer Ansatz in Kapitel 2 vertieft wird, wurde entwickelt, um die Planung von Netzen für zwei Arten von Gebieten zu unterstützen: einerseits urbane Zentren, kleine Dörfer oder Tallagen und andererseits Peripherien, Gewerbeparks und Industriegebiete mit KMU-Ansiedlungen. Diese Auswahl wurde aus Gründen der „Mikro-“ oder „Mini-“Dimensionierung des Verteilernetzes getroffen, da die Dimension von EEG naturgemäß an einen streng lokalen Umkreis gebunden ist, aber auch, um zwei unterschiedliche Kontexte hinsichtlich der landschaftlichen Integration erneuerbarer Technologien zu untersuchen: den sensibleren und „herausfordernden“ Kontext von Gebieten mit starker natürlicher und kultureller Prägung sowie den naheliegenderen und wünschenswerteren Kontext von Industrie- oder Gewerbegebieten.

Die Identifizierung dieser Kontexte ergab sich zudem aus den geografischen, klimatischen und landnutzungsbezogenen Merkmalen des Interreg-Programmgebiets Italien-Österreich, die auch die Auswahl der Pilotregionen zur Erprobung und Validierung des Vorhabens bestimmten: die Provinz Belluno, die Provinz Udine und das Bundesland Salzburg. Wie bei jedem grenzübergreifenden Forschungsprojekt müssen Lösungen für gemeinsame Herausforderungen die Besonderheiten der beteiligten Regionen berücksichtigen, um leicht übertragbar zu sein und die Vorteile gemeinsam zu optimieren. In diesem Sinne spielten das Wissen und die Kompetenzen der verschiedenen Partner eine fundamentale Rolle für den Erfolg des Projekts – durch den Austausch von Wissen, Praktiken sowie Planungs- und Managementkriterien.

1.3 Il partenariato di PANORAMA

Die Partnerschaft von PANORAMA

Nonostante entrambi gli Stati abbiano recepito la normativa dell'Unione relativa alle CER, il grado di diffusione di queste reti in Austria e Italia, nonché gli ostacoli riscontrati alla loro implementazione, presentano alcune differenze (Neji *et al.*, 2025). L'Austria ha costruito un solido quadro amministrativo, con strutture di supporto coordinate e una normativa semplificata che hanno consentito una rapida crescita del numero di CER in tempi contenuti. Tuttavia, permangono ostacoli legati al capitale necessario per attivarle e difficoltà di tecniche, soprattutto nel concertare la fattibilità con i gestori della rete. Il modello italiano, basato su incentivi e incentrato sulla “condivisione virtuale dell'energia”, registra uno sbilanciamento di ruoli in favore di Amministrazioni e di sviluppatori esterni, ponendo la partecipazione dei cittadini in secondo piano. Anche in questo caso si riscontrano incertezze di tipo economico, relative per lo più al rapporto costi-benefici una volta esauriti i finanziamenti del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), oltre alla necessità di un maggior equilibrio tra i modelli orientati alla comunità e quelli guidati dal mercato. Tutta l'area transfrontaliera beneficerebbe dunque dei risultati di progetto, volti a fornire un sostegno sotto il profilo tecnico ed economico per la costituzione di CER, ma anche a superare la diffidenza dei cittadini restituendo in modo semplificato il funzionamento di questi sistemi e incentivando la partecipazione.

Il partenariato di PANORAMA si compone di sette enti che integrano le competenze necessarie per

Obwohl beide Staaten die EU-Vorschriften zu den EEG umgesetzt haben, weisen der Grad der Verbreitung dieser Netze in Österreich und Italien sowie die bei ihrer Umsetzung auftretenden Hindernisse einige Unterschiede auf (Neji *et al.*, 2025). Österreich hat einen soliden administrativen Rahmen mit koordinierten Unterstützungsstrukturen und vereinfachten Vorschriften geschaffen, was ein schnelles Wachstum der Anzahl an EEG innerhalb kurzer Zeit ermöglichte. Dennoch bestehen weiterhin Hindernisse im Zusammenhang mit dem für die Aktivierung erforderlichen Kapital sowie technische Schwierigkeiten, insbesondere bei der Abstimmung der Machbarkeit mit den Netzbetreibern. Das italienische Modell, das auf Anreizen basiert und auf das „virtuelle Teilen von Energie“ ausgerichtet ist, verzeichnet ein Rollenungleichgewicht zugunsten von Verwaltungen und externen Entwicklern, wodurch die Beteiligung der Bürger in den Hintergrund rückt. Auch in diesem Fall gibt es wirtschaftliche Unsicherheiten, die sich meist auf das Kosten-Nutzen-Verhältnis nach dem Auslaufen der Finanzierung des Nationalen Wiederaufbau- und Resilienzplans (PNRR) beziehen, sowie die Notwendigkeit einer besseren Ausgewogenheit zwischen gemeinschaftsorientierten und marktorientierten Modellen. Der gesamte grenzübergreifende Raum würde daher von den Projektergebnissen profitieren, die darauf abzielen, technische und wirtschaftliche Unterstützung bei der Gründung von EEG zu leisten, aber auch das Misstrauen der Bürger abzubauen, indem die Funktionsweise dieser Systeme vereinfacht dargestellt und die Beteiligung gefördert wird.

1. IL PROGETTO PANORAMA E IL CONTESTO SOCIO ENERGETICO EUROPEO E TRANSFRONTALIERO DAS PROJEKT PANORAMA UND DER EUROPÄISCHE SOWIE GRENZÜBERGREIFENDE SOZIOENERGETISCHE KONTEXT

sviluppare gli strumenti a supporto degli “ecosistemi energetici”: tre centri di ricerca, un ente pubblico di gestione territoriale, una PMI, un consorzio di imprese e una società che supporta comunità energetiche.

L'Università degli Studi di Udine - Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura (UNIUD – DPIA), Lead Partner del progetto, possiede una comprovata esperienza in ambito dell'efficientamento energetico e di valutazione dell'impatto ambientale in ottica LCA in ambito urbano, commerciale e artigianale nonché riguardo ai temi legati alla transizione energetica sostenibile. Ha coordinato la ricerca e contribuito alle attività grazie al solido know-how in progettazione e modellazione di sistemi energetici e in ricerca scientifica per la pianificazione energetica e industriale.

Research Studios Austria Forschungsgesellschaft mbH (RSA FG) è un ente di ricerca che si occupa principalmente dello sviluppo di metodi e soluzioni per la gestione sostenibile delle risorse territoriali a supporto di attori pubblici e privati. Il suo apporto alla ricerca ha incluso la strutturazione e l'integrazione dei dati territoriali georeferenziali e l'analisi relativa ai sistemi energetici, approfondendo i potenziali di energia rinnovabile e dei modelli di domanda spaziale e temporale, l'ottimizzazione dei sistemi energetici e lo sviluppo di scenari di sostenibilità.

L'Università Iuav di Venezia (IUAV) ha partecipato al progetto mettendo a disposizione le consolidate competenze nell'ambito della progettazione architettonica, paesaggistica e ambientale, oltre che relative ai sistemi di produzione di energie rinnovabili. Si è principalmente occupata dei temi relativi all'integrazione ambientale dei dispositivi fotovoltaici e minieolici, avvalendosi del know-how di docenti e ricercatori nel campo della fisica degli edifici, della progettazione

Die Partnerschaft von PANORAMA setzt sich aus sieben Institutionen zusammen, welche die notwendigen Kompetenzen für die Entwicklung von Instrumenten zur Unterstützung von „Energie-Ökosystemen“ bündeln: drei Forschungszentren, eine öffentliche Einrichtung für Regionalmanagement, ein KMU, ein Unternehmenskonsortium und ein Unternehmen zur Unterstützung von Energiegemeinschaften.

Università degli Studi di Udine - Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura (UNIUD – DPIA): Als Lead-Partner des Projekts verfügt die Universität über nachgewiesene Erfahrung im Bereich der Energieeffizienz und der Umweltverträglichkeitsprüfung im Sinne der Ökobilanzierung (LCA) im urbanen, gewerblichen und handwerklichen Kontext sowie zu Themen des nachhaltigen Energiewandels. Sie koordinierte die Forschung und trug mit ihrem soliden Know-how in der Planung und Modellierung von Energiesystemen sowie in der wissenschaftlichen Forschung für die Energie- und Industrieplanung zu den Aktivitäten bei.

Research Studios Austria Forschungsgesellschaft mbH (RSA FG): Diese Forschungseinrichtung befasst sich hauptsächlich mit der Entwicklung von Methoden und Lösungen für das nachhaltige Management regionaler Ressourcen zur Unterstützung öffentlicher und privater Akteure. Ihr Beitrag zur Forschung umfasste die Strukturierung und Integration georeferenzierter Regionaldaten sowie Analysen zu Energiesystemen, wobei das Potenzial erneuerbarer Energien, räumliche und zeitliche Bedarfsmodelle, die Optimierung von Energiesystemen und die Entwicklung von Nachhaltigkeitsszenarien vertieft wurden.

Università Iuav di Venezia (IUAV): Die Universität beteiligte sich an dem Projekt, indem sie ihre fundierten Kompetenzen in den Bereichen Architek-

¹ Research Studios Austria Forschungsgesellschaft mbH (RSA FG) opera ora con il nome di iSPACE plus GmbH.

¹ Research Studios Austria Forschungsgesellschaft mbH (RSA FG) firmiert nun unter dem Namen iSPACE plus GmbH.

tecnologica e delle tecnologie dell'informazione per le smart cities.

Il Consorzio del Bacino Imbrifero del Piave (BIM Piave) è un ente pubblico territoriale che rappresenta 60 comuni e gestisce, a beneficio del bellunese, fondi relativi allo sfruttamento idroelettrico delle risorse della montagna, realizzando e promuovendo attività di sviluppo economico e sociale del territorio. Grazie alle consolidate competenze in termini di pianificazione energetica territoriale e di supporto alle Amministrazioni locali, ha contribuito alle attività di progetto con la raccolta e l'analisi dei dati relativi alla Provincia di Belluno, oltre che nella definizione di linee guida a livello legislativo.

CML S.r.l. è un'azienda dalle elevate competenze specifiche e know-how qualificato nel campo dei dispositivi di conversione di energie rinnovabili con macchine a fluido di dimensioni compatibili con l'integrazione architettonica e urbana. A partire da queste solide basi, ha contribuito alle attività di progettazione e sviluppo dei sistemi per le energie rinnovabili, con particolare riferimento allo studio, progettazione e prototipazione del mini-eolico.

Il Consorzio NIP (Nucleo di Industrializzazione della Provincia di Pordenone) è un ente di sviluppo economico locale che opera nel territorio pedemontano pordenonese, amministrando sette zone industriali dell'area. Si occupa di temi inerenti alla sostenibilità ambientale ed energetica, con particolare attenzione al monitoraggio degli inquinanti, allo studio e allo sviluppo di CER, alla mappatura e recupero delle aree industriali dismesse. Oltre a coordinare la comunicazione di PANORAMA, ha gestito l'acquisizione di dati territoriali per la Provincia di Pordenone relativi anche al fabbisogno di energia delle industrie locali.

Ökostrombörse è una associazione senza scopo di lucro creata con l'obiettivo di sostenere le innovazioni nel campo dell'elettricità green, agire come

tur-, Landschafts- und Umweltplanung sowie in Bezug auf Systeme zur Erzeugung erneuerbarer Energien einbrachte. Sie befasste sich hauptsächlich mit Fragen der Umweltintegration von Photovoltaik- und Kleinwindkraftanlagen und nutzte dabei das Know-how von Professoren und Forschern in den Bereichen Bauphysik, technologisches Design und Informationstechnologien für Smart Cities.

Consorzio del Bacino Imbrifero del Piave (BIM Piave): Hierbei handelt es sich um eine lokale öffentliche Körperschaft, die 60 Gemeinden vertritt und im Interesse der Region Belluno Gelder aus der Wasserkraftnutzung der Bergressourcen verwaltet sowie Aktivitäten zur wirtschaftlichen und sozialen Entwicklung der Region umsetzt und fördert. Dank fundierter Kompetenzen in der regionalen Energieplanung und der Unterstützung lokaler Verwaltungen trug das Konsortium durch die Erhebung und Analyse von Daten für die Provinz Belluno sowie durch die Definition von Richtlinien auf gesetzlicher Ebene zu den Projektaktivitäten bei.

CML S.r.l.: Ein Unternehmen mit hoher spezifischer Kompetenz und qualifiziertem Know-how im Bereich von Anlagen zur Umwandlung erneuerbarer Energien mittels Strömungsmaschinen, deren Dimensionen mit der architektonischen und urbanen Integration vereinbar sind. Auf dieser soliden Basis hat das Unternehmen zu den Planungs- und Entwicklungsaktivitäten von Systemen für erneuerbare Energien beigetragen, mit besonderem Schwerpunkt auf der Untersuchung, Konstruktion und Prototypenentwicklung von Kleinwindkraftanlagen.

Consorzio NIP (Nucleo di Industrializzazione della Provincia di Pordenone): Dies ist eine lokale Wirtschaftsentwicklungsbehörde, die im Voralpengebiet von Pordenone tätig ist und sieben Industriezonen der Region verwaltet. Sie befasst sich mit Themen der Umwelt- und Nachhaltigkeitsförderung, mit besonderem Augenmerk auf das Schadstoffmonitoring, die Untersuchung und Entwicklung von EEG sowie die Kartierung

1. IL PROGETTO PANORAMA E IL CONTESTO SOCIO ENERGETICO EUROPEO E TRANSFRONTALIERO DAS PROJEKT PANORAMA UND DER EUROPÄISCHE SOWIE GRENZÜBERGREIFENDE SOZIOENERGETISCHE KONTEXT

incubatore di nuovi modelli di mercato energetico e supportare lo sviluppo e l'implementazione di infrastrutture energetiche condivise in edifici residenziali e in comunità energetiche collegate alla rete pubblica. Nel quadro del progetto, ha contribuito con la raccolta e analisi dei dati relativi al territorio salisburghese, con lo sviluppo di un modello di governance per l'organizzazione e la gestione delle comunità energetiche e partecipando alla realizzazione dei progetti pilota.

und Revitalisierung von Industriebrachen. Neben der Koordination der Kommunikation von PANORAMA leitete das Konsortium die Erfassung regionaler Daten für die Provinz Pordenone, einschließlich des Energiebedarfs der lokalen Industrie.

Ökostrombörse: Ein gemeinnütziger Verein mit dem Ziel, Innovationen im Bereich des Ökostroms zu unterstützen, als Inkubator für neue Energiemarktmodelle zu fungieren und die Entwicklung sowie Umsetzung gemeinsamer Energieinfrastrukturen in Wohngebäuden und an das öffentliche Netz angeschlossenen Energiegemeinschaften zu begleiten. Im Rahmen des Projekts trug der Verein zur Sammlung und Analyse von Daten für das Land Salzburg bei, entwickelte ein Governance-Modell für die Organisation und das Management von Energiegemeinschaften und beteiligte sich an der Umsetzung der Pilotprojekte.

Bibliografia

Literaturverzeichnis

- European Commission, (2025). “Energy Communities”.
https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/energy-consumers-and-prosumers/energy-communities_en
- Eurostat, (2025). “EU economy greenhouse gas emissions: +3.4% in Q1 2025”.
<https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20250814-1>
- Yunxi Zhu, Graziano Salvalai, Paolo Zangheri (2025). “Italian renewable energy communities: status and prospect development analysis”, Energy and Buildings, Volume 348, 2025, ISSN 0378-7788.
doi: 10.1016/j.enbuild.2025.116404
- Boostani, P., Pellegrini-Masini, G., & Klein, J. (2024). “The Role of Community Energy Schemes in Reducing Energy Poverty and Promoting Social Inclusion: A Systematic Literature Review”. Energies, 17(13).
doi: 10.3390/en17133232
- G.U. Magni, F. Battistelli, F. Trovalusci, D. Groppi, D. Astiaso Garcia. “How national policies influence energy community development across Europe? A review on societal, technical, and economical factors”, (2024). Energy Conversion and Management: X, Volume 23, 2024, ISSN 2590-1745.
doi: 10.1016/j.ecmx.2024.100624.
- Helen Anais Fischer H.A., Radosits F., Stamenkovic S., Ajanovic A. (2024). Energy communities: evaluation of existing experiences in Austria and assessment of future perspectives. Presentation.
https://www.tugraz.at/fileadmin/user_upload/tugrazExternal/f560810f-089d-42d8-ae6d-8e82a8454ca9/files/pr/552_PR_Fischer.pdf
- Alessandro Corsini, Giovanni Delibra, Isabella Pizzuti, Erfan Tajalli-Ardekani, (2023). “Challenges of renewable energy communities on small Mediterranean islands: A case study on Ponza island”, Renewable Energy, Volume 215, 2023, ISSN 0960-1481.
doi: 10.1016/j.renene.2023.118986
- L Neij, J Palm, H Busch, T Bauwens, S Becker, A Bergek, A Buzogány, C Candelise, F Coenen, P Devine-Wright, T Hoppe, A Kortetmäki, K Pantazis, F Palaogiannis, M Margosi, D Petrovics, J Plöchl, G Ruggieri, S Ruggiero, K Standal, P Scherhauser, I Soutar, (2025). “Energy communities—lessons learnt, challenges, and policy recommendations”, Oxford Open Energy, Volume 4, 2025, oiafo02.
doi.org/10.1093/ooenergy/oiafo02



2

**L'approccio multicriterio del
progetto panorama**

**Der multikriterielle Ansatz des
Projekts PANORAMA**

Massimiliano Condotta
Elisa Zatta



2. L'APPROCCIO MULTICRITERIO DEL PROGETTO PANORAMA DER MULTIKRITERIELLE ANSATZ DES PROJEKTS PANORAMA

La bilanciata integrazione delle competenze dei partner di progetto è stata fondamentale per l'approccio interdisciplinare adottato nelle attività di ricerca, che si riflette nelle caratteristiche del *tool* multicriterio sviluppato.

Come brevemente delineato nel capitolo 1, il progetto ha identificato tre diverse dimensioni da indagare per supportare al meglio la pianificazione di Comunità Energetiche Rinnovabili, adattando il loro rapporto costo-efficacia allo specifico contesto territoriale:

- efficienza potenziale del sistema, calcolata basandosi sulle caratteristiche climatiche, geomorfologiche e urbane dell'area;
- rapporto costi/benefici, sia economici che di impatto ambientale, in relazione alle diverse soluzioni tecnologiche adottabili, al rapporto produzione/consumo, ai possibili incentivi;
- livello e qualità dell'integrazione nel contesto urbano o nel paesaggio dei sistemi per la produzione di energia.

Sulla base di queste dimensioni è stata ideata la struttura logica di uno strumento digitale transcalare – ovvero funzionale a scale diverse – e multicriterio, poiché ciascuno dei tre ambiti indagati è interpretato e analizzato dai modelli di calcolo implementati nel sistema. In tal modo, considerando al contempo gli aspetti di produzione, costi/benefici e integrazione ambientale, unitamente alle interazioni tra gli stessi, il *tool* guida la progettazione di comunità energetiche basate su fonti

Die ausgewogene Integration der Kompetenzen der Projektpartner war grundlegend für den interdisziplinären Ansatz der Forschungsaktivitäten, was sich maßgeblich in den Eigenschaften des entwickelten multikriteriellen Tools widerspiegelt.

Wie in Kapitel 1 kurz dargelegt, wurden im Projekt drei verschiedene Untersuchungsebenen identifiziert, um die Planung von Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften (EEG) optimal zu unterstützen und deren Kosten-Nutzen-Verhältnis an den spezifischen territorialen Kontext anzupassen:

- die potenzielle Effizienz des Systems, berechnet auf Basis der klimatischen, geomorphologischen und urbanen Charakteristika des Gebietes;
- das Kosten-Nutzen-Verhältnis (sowohl in ökonomischer Hinsicht als auch in Bezug auf die Umweltverträglichkeit) unter Berücksichtigung der verschiedenen einsetzbaren technologischen Lösungen, des Verhältnisses zwischen Erzeugung und Verbrauch sowie potenzieller Anreizmechanismen;
- der Grad und die Qualität der Integration der Energieerzeugungssysteme in den urbanen Kontext oder in das Landschaftsbild.

Auf Basis dieser Dimensionen wurde die logische Struktur eines transskalaren – d. h. über verschiedene Maßstabsebenen hinweg funktionierenden – und multikriteriellen digitalen Instruments konzipiert, da jeder der drei untersuchten Bereiche durch die im System implementierten Berechnungsmodelle interpretiert und analy-

rinnovabili in relazione agli aspetti fisici e socioculturali del territorio di riferimento. La risposta che esso fornisce a seguito dell'interrogazione non è univoca, ma descrive quale sia l'opzione più adeguata sulla base delle priorità che gli stessi utenti decidono di prestabilire: rendimento, rapporto costi/benefici o relazione con l'ambiente e con il paesaggio.

Considerando l'attuale predominanza dei sistemi rinnovabili basati sul fotovoltaico rispetto a quelli di mini-eolico e mini-idroelettrico, lo sviluppo del sistema è stato circoscritto al tema della progettazione di CER basate sulla distribuzione diffusa di pannelli fotovoltaici.

Per garantire il funzionamento del *tool* sono stati definiti, per ciascuna delle tre dimensioni, parametri quantificabili ed associabili ad un set di specifici livelli informativi riferibili agli edifici presenti nell'area analizzata.

Per la stima del potenziale di produzione di energia solare ottenibile in un determinato contesto – output principale della prima dimensione informativa – è necessario calcolare l'effettivo irraggiamento solare per le diverse superfici interessate dall'analisi. Per ottenere questi dati è stata considerata ed esaminata l'orografia dei territori unitamente alle caratteristiche geometriche degli edifici. Tali aspetti influenzano, da un lato, i livelli di irraggiamento solare specifici di un determinato luogo e, dall'altro, la relativa quantità di energia che è possibile produrre utilizzando le falde dei fabbricati esistenti come superfici fotovoltaiche. Il relativo livello informativo, di natura cartografica, è stato creato a partire dai modelli digitali denominati Digital Terrain Models (DTMs) e Digital Surface Models (DSMs), disponibili sui geoportali pubblici. Questi layer descrivono, in forma digitale, l'orografia del territorio, caratterizzandolo in modo diverso: il primo riporta l'andamento della superficie del suolo terrestre, mentre il secondo include anche la morfologia degli elementi collocati al di sopra del piano campagna (edifici, vegetazione, infrastrutture...). Questa base georeferenziata è messa in reazione con i dati relativi alla radiazione solare, ottenendo pertanto valori

siert wird. Indem das Tool die Aspekte der Erzeugung, des Kosten-Nutzen-Verhältnisses und der Umweltintegration sowie deren Wechselwirkungen simultan berücksichtigt, leitet es die Planung von Energiegemeinschaften auf Basis erneuerbarer Quellen in Relation zu den physischen und soziokulturellen Aspekten des jeweiligen Zielgebietes an. Die vom Tool generierte Antwort auf eine Abfrage ist nicht monolithisch, sondern beschreibt die adäquateste Option auf Grundlage der von den Nutzern selbst gewählten Prioritäten: Ertrag, Kosten-Nutzen-Verhältnis oder die Beziehung zu Umwelt und Landschaft.

Angesichts der aktuellen Dominanz photovoltaik-basierter erneuerbarer Systeme im Vergleich zu Kleinwindkraft- und Kleinwasserkraftanlagen wurde die Systementwicklung auf die Planung von EEG beschränkt, die auf einer dezentralen Verteilung der Photovoltaikmodule basieren. Um die Funktionsfähigkeit des Tools zu gewährleisten, wurden für jede der drei Dimensionen quantifizierbare Parameter definiert, die mit einem Satz spezifischer Datenebenen (*Information Layers*) verknüpft werden können, welche sich auf die im Analysegebiet vorhandenen Gebäude beziehen.

Für die Abschätzung des in einem bestimmten Kontext erzielbaren Solarenergiepotenzials – dem Hauptoutput der ersten Informationsebene – ist die Berechnung der tatsächlichen Sonneneinstrahlung auf die verschiedenen von der Analyse betroffenen Oberflächen erforderlich. Zur Gewinnung dieser Daten wurden die Orografie der Gebiete sowie die geometrischen Eigenschaften der Gebäude untersucht. Diese Aspekte beeinflussen einerseits die ortsspezifischen Einstrahlungswerte und andererseits die entsprechende Energiemenge, die durch die Nutzung vorhandener Dachflächen als Photovoltaikflächen generiert werden kann. Die entsprechende kartografische Informationsebene wurde auf Basis digitaler Geländemodelle (*Digital Terrain Models*, DTMs) und digitaler Oberflächenmodelle (*Digital Surface Models*, DSMs) erstellt, die über öffentliche Geoportale zugänglich sind. Diese Layer beschreiben die Orografie des Territoriums in digitaler Form, jedoch mit unter-

di irraggiamento solare specifici per le diverse superfici considerate. I dettagli e la descrizione della metodologia utilizzata sono riportati nel capitolo 3.

L'indagine degli aspetti di fattibilità tecnico-economica coinvolge più livelli informativi che devono tra loro interagire. Essi riguardano: la quantità di energia che è possibile produrre calcolata sulla base dei dati generati dalla dimensione informativa precedente; i costi di fornitura e installazione dei dispositivi; la domanda di energia dei singoli edifici e della potenziale CER nel suo complesso; la presenza di sistemi di accumulo e il loro dimensionamento; i possibili ed eventuali incentivi a livello nazionale e locale.

Questi aspetti, interrelati tra loro, sono funzionali sia a definire una previsione di spesa per la costituzione di una CER sulla base dei parametri forniti dall'utente che all'individuazione dei possibili benefici economici a seconda del territorio in cui viene realizzata.

I set di informazioni vengono messi in relazione tra loro e inseriti in un modello di calcolo finalizzato a valutare, per alcune combinazioni predefinite di tecnologie complementari, il costo e il beneficio economico derivante dall'integrazione di più soggetti prosumer. Mentre gli aspetti relativi al potenziale di produzione di energia sono desumibili dai livelli informativi della dimensione precedente, la stima del fabbisogno di energia dei singoli edifici ed attività dipende da molti fattori, ma soprattutto dal numero di utenze e dalle destinazioni d'uso dei fabbricati. Queste informazioni sono già disponibili per le aree analizzate del Land di Salisburgo, mentre per il territorio italiano è necessario rielaborarle a partire dai dati catastali.

Nel capitolo 4 è descritta in dettaglio la procedura sviluppata per l'analisi costi/benefici, mentre nel capitolo 5 è riportata la procedura per l'analisi dei dati catastali per il territorio italiano.

Per la valutazione dell'integrazione ambientale dei dispositivi di produzione energetica è stata messa a punto una procedura che consente di analizzare il gra-

schiedlicher Charakteristik: Das DTM bildet den Verlauf der Erdoberfläche ab, während das DSM auch die Morphologie der über dem Geländeniveau befindlichen Elemente (Gebäude, Vegetation, Infrastruktur etc.) einschließt. Diese georeferenzierte Basis wird mit den Daten der Solarstrahlung korreliert, woraus spezifische Einstrahlungswerte für die verschiedenen betrachteten Oberflächen resultieren. Die Details und die Beschreibung der angewandten Methodik sind in Kapitel 3 dargelegt.

Die Untersuchung der technisch-wirtschaftlichen Machbarkeit umfasst mehrere Informationsebenen, die miteinander interagieren müssen. Diese betreffen: die potenziell erzeugbare Energiemenge (berechnet auf Basis der in der vorherigen Dimension generierten Daten), die Liefer- und Installationskosten der Komponenten, den Energiebedarf der einzelnen Gebäude sowie der potenziellen EEG als Ganzes, das Vorhandensein und die Dimensionierung von Energiespeichersystemen sowie mögliche nationale und lokale Förderinstrumente. Diese miteinander verflochtenen Aspekte dienen sowohl der Erstellung einer Ausgabenprognose für die Gründung einer EEG auf Basis der vom Nutzer eingegebenen Parameter als auch der Identifizierung potenzieller wirtschaftlicher Vorteile in Abhängigkeit von der Region, in der das Projekt realisiert wird. Die Datensätze werden miteinander in Beziehung gesetzt und in ein Berechnungsmodell eingespeist, das darauf abzielt, für bestimmte vordefinierte Kombinationen komplementärer Technologien die Kosten und den wirtschaftlichen Nutzen zu bewerten, die sich aus dem Zusammenschluss mehrerer *Prosumer* ergeben. Während die Aspekte des Energieerzeugungspotenzials aus den Informationsebenen der vorherigen Dimension abgeleitet werden können, hängt die Abschätzung des Energiebedarf einzelner Gebäude und Aktivitäten von zahlreichen Faktoren ab – insbesondere von der Anzahl der Verbraucher und den Nutzungsarten der Gebäude. Diese Informationen liegen für die analysierten Gebiete des Landes Salzburg bereits vor, während sie für das italienische Staatsgebiet auf Basis von Katasterdaten neu aufbereitet werden müssen. In Kapi-

do di idoneità dell'inserimento di "oggetti" all'interno di un "luogo" quale un ambiente antropico o naturale. La modellazione di tale aspetto è stata particolarmente complessa per il carattere qualitativo che queste valutazioni richiedono, poiché l'inserimento ambientale dipende in modo molto stretto dalle caratteristiche o peculiarità dello specifico sito e dalla percezione che le comunità locali hanno del contesto naturale o costruito. Dunque, questa dimensione informativa non si pone l'obiettivo di suggerire modalità di installazione univoche, ma offre una griglia di valutazione di supporto alla fase progettuale. In tal senso, essa esula dalle prescrizioni normative per porsi invece al servizio dei cittadini e dell'identità culturale locale, favorendo dunque un maggiore grado di accettazione dei sistemi di produzione di energia rinnovabile. La strategia adottata traspone un modello interpretativo del sistema ambientale strutturato in una "matrice di valutazione" che considera: la morfologia degli edifici, il posizionamento di installazione dei dispositivi rinnovabili, i cromatismi del luogo e dell'edificio e la colorazione dei dispositivi. La valutazione complessiva di integrazione ambientale viene computata a partire dall'interrelazione tra i valori che questi parametri assumono e, naturalmente, messa poi a sistema con le informazioni presenti sugli altri due livelli informativi. Nel capitolo 6 è riportata in dettaglio la procedura sviluppata.

La struttura logica multicriterio e transcalare del *tool* si basa sulle tre dimensioni informative descritte ed è stata concepita per avere una duplice modalità di utilizzo nella guida alla pianificazione e progettazione di CER.

La prima di queste è quella di strumento interattivo che opera su piattaforma GIS (*Geographic Information System*) il quale, a partire da un set di indicatori che traducono i dati input dell'utente, è in grado di fornire informazioni utili a valutare la combinazione ottimale di posizionamento, fattibilità tecnico-economica e integrazione ambientale per la progettazione di Comunità Energetiche Rinnovabili. Come anticipato,

nel 4 viene descritto il metodo per la Analisi dei Costi e dei Benefici, mentre nel 5 viene descritto il metodo per l'analisi dei dati catastali per il territorio italiano.

Für die Bewertung der Umweltintegration der Energieerzeugungsanlagen wurde ein Verfahren entwickelt, das den Eignungsgrad der Integration von „Objekten“ in einen bestimmten „Ort“ – sei es eine anthropogene oder eine natürliche Umwelt – analysiert. Die Modellierung dieses Aspekts gestaltete sich aufgrund des qualitativen Charakters, den diese Bewertungen erfordern, als besonders komplex, da die Umweltintegration in hohem Maße von den spezifischen Charakteristika oder Eigenheiten des Standorts sowie von der Wahrnehmung des natürlichen oder gebauten Kontextes durch die lokalen Gemeinschaften abhängt. Folglich zielt diese Dimension nicht darauf ab, universelle Installationsvorgaben vorzuschlagen, sondern bietet eine Bewertungsmatrix zur Unterstützung der Planungsphase. In diesem Sinne bricht sie bewusst mit rein normativen Vorschriften, um sich stattdessen in den Dienst der Bürger und der lokalen kulturellen Identität zu stellen, wodurch eine höhere Akzeptanz von Systemen zur Erzeugung erneuerbarer Energien gefördert wird. Die gewählte Strategie übersetzt ein interpretatives Modell des Umweltsystems in eine strukturierte „Bewertungsmatrix“, die folgende Parameter berücksichtigt: die Gebäudemorphologie, die Platzierung und Installation der erneuerbaren Systeme, die Farbgestaltung des Ortes und des Gebäudes sowie die Farbgebung der Anlagen selbst. Die Gesamteinschätzung der Umweltintegration wird aus der Interrelation der Werte dieser Parameter berechnet und naturgemäß mit den Informationen der anderen beiden Dimensionen systemisch verknüpft. Das entwickelte Verfahren wird in Kapitel 6 detailliert beschrieben.

Die logische, multikriterielle und transskalare Struktur des Tools basiert auf den drei beschriebenen Informationsebenen und wurde für eine zweifache Nutzung im Rahmen der Planung und Projektierung von EEG konzipiert. Die erste von diesen ist die eines interaktiven Werkzeugs auf

2. L'APPROCCIO MULTICRITERIO DEL PROGETTO PANORAMA DER MULTIKRITERIELLE ANSATZ DES PROJEKTS PANORAMA

la consultazione del *tool* prevede la personalizzazione del risultato in base alle preferenze dell'utente, priorità che si traducono in diverse visualizzazioni offerte dallo strumento. L'interpretazione dei risultati può infatti considerare un peso diverso per le tre dimensioni su cui si basa la valutazione, consentendo la maggior aderenza possibile alle esigenze della costituenda CER. Per esempio, in un caso gli utenti potrebbero essere disposti a tollerare livelli meno soddisfacenti di integrazione ambientale per ottenere una maggiore efficienza del sistema e costi di attivazione inferiori, o, al contrario, accettare il compromesso di un alto livello di integrazione paesaggistica a scapito dell'efficienza del sistema o del suo costo complessivo. La combinazione ottimale esito della consultazione del *tool* dipende in modo diretto dalle necessità e preferenze dei cittadini, supportando al meglio gli obiettivi di promozione di una sostenibilità trasversale e di valorizzazione degli aspetti sociali e comunitari propri delle CER.

La seconda modalità di utilizzo è quella che considera le tre dimensioni come set informativi consultabili in modo autonomo e dedicati specificatamente agli aspetti produttivi, tecnico-economici e paesaggistici relativi alle fonti rinnovabili di produzione di energia. In tal modo, è possibile utilizzare lo strumento per compiere valutazioni e verifiche inerenti a uno solo dei criteri. Tale funzionalità, strettamente informativa e non interpretativa, è possibile grazie alla complessa attività di raccolta e messa a sistema di un insieme di dati, realizzata in modo inedito e interattivo: lo strumento sviluppato consente a chiunque acceda al portale la consultazione diretta di informazioni fino a quel momento non disponibili.

einer GIS-Plattform (*Geographic Information System*). Ausgehend von einer Reihe von Indikatoren, welche die Inputdaten des Nutzers übersetzen, liefert es fundierte Informationen zur Bewertung der optimalen Kombination aus Positionierung, technisch-wirtschaftlicher Machbarkeit und Umweltintegration für die Planung von EEG. Wie bereits erwähnt, sieht die Abfrage des Tools eine Personalisierung des Ergebnisses gemäß den Präferenzen des Nutzers vor – Prioritäten, die in unterschiedlichen, vom Instrument angebotenen Visualisierungen resultieren. Die Interpretation der Ergebnisse kann somit die drei Dimensionen der Bewertung unterschiedlich gewichten, um eine maximale Konformität mit den Anforderungen der sich gründenden EEG zu gewährleisten. Beispielsweise könnten Nutzer in einem Szenario bereit sein, Abstriche bei der Umweltintegration zu akzeptieren, um eine höhere Systemeffizienz und geringere Aktivierungskosten zu erzielen; umgekehrt könnten sie den Kompromiss einer hohen landschaftlichen Integration auf Kosten der Systemeffizienz oder der Gesamtkosten eingehen. Die aus der Konsultation des Tools resultierende optimale Kombination hängt somit direkt von den Bedürfnissen und Präferenzen der Bürger ab. Dies unterstützt das Ziel, eine sektorübergreifende Nachhaltigkeit zu fördern und die den EEG immanenten sozialen und gemeinschaftlichen Aspekte aufzuwerten. Die zweite Modalität der Nutzung betrachtet die drei Dimensionen als eigenständig abrufbare Datensätze, die spezifisch den produktiven, technisch-wirtschaftlichen und landschaftlichen Aspekten erneuerbarer Energieträger gewidmet sind. Auf diese Weise kann das Instrument genutzt werden, um Bewertungen und Überprüfungen durchzuführen, die sich lediglich auf ein einzelnes Kriterium beziehen. Diese rein informative und nicht-interpretative Funktionalität basiert auf einer komplexen, in dieser Form neuartigen und interaktiven Datenerhebung und -systematisierung: Das entwickelte Werkzeug ermöglicht jedem Portalnutzer den direkten Zugriff auf Informationen, die bis zu diesem Zeitpunkt nicht flächendeckend verfügbar waren.

3

Potenzialità del sistema

Leistungsfähigkeit des Systems

Markus Biberacher

Lisa Riefer



L'utilizzo dell'energia solare rappresenta un elemento fondamentale della transizione energetica. Soprattutto a livello locale – ad esempio nei comuni, nelle comunità energetiche (CER) o a livello di singole abitazioni – è fondamentale comprendere quale sia il potenziale effettivo di produzione di energia elettrica e come questo possa essere sfruttato in modo efficiente. In questo contesto è stato sviluppato un approccio che consente di analizzare sistematicamente il potenziale solare delle superfici dei tetti, di rappresentarlo spazialmente e di renderlo utilizzabile per ulteriori valutazioni.

Al centro dell'approccio vi è il collegamento tra dati geografici e calcoli energetici. La base è costituita da modelli digitali di superficie (DSM), dai quali vengono ricavate le superfici dei tetti, la loro inclinazione e il loro orientamento. Queste caratteristiche geometriche sono determinanti per il calcolo della resa energetica solare, poiché influenzano la quantità di radiazione solare che una superficie riceve nel corso della giornata e dell'anno. A integrazione di ciò, vengono utilizzati dati di irraggiamento specifici per la località, al fine di modellare valori di irraggiamento realistici per tipiche giornate estive e invernali.

Come risultati intermedi si ottengono due livelli: da un lato i poligoni degli edifici, integrati da attributi aggiuntivi quali la superficie lorda di piano e i profili di carico standardizzati, dall'altro le superfici dei tetti da

Die Nutzung von Solarenergie stellt einen zentralen Baustein für die Energiewende dar. Insbesondere auf lokaler Ebene – etwa in Gemeinden, Energiegemeinschaften oder auf Einzelhausebene – ist es entscheidend zu verstehen, welches Potenzial zur Stromerzeugung tatsächlich vorhanden ist und wie dieses effizient genutzt werden kann. Vor diesem Hintergrund wurde ein Ansatz entwickelt, der es ermöglicht, das Solarpotenzial von Dachflächen systematisch zu analysieren, räumlich darzustellen und für weiterführende Bewertungen nutzbar zu machen.

Im Zentrum steht die Verknüpfung von geographischen Daten mit energiewirtschaftlichen Berechnungen. Grundlage bilden digitale Oberflächenmodelle (DOM), aus denen Dachflächen sowie deren Neigung und Ausrichtung abgeleitet werden. Diese geometrischen Eigenschaften sind maßgeblich für die Berechnung des solaren Energieertrags, da sie beeinflussen, wie viel Sonnenstrahlung eine Fläche im Tages- und Jahresverlauf empfängt. Ergänzend werden standortspezifische Strahlungsdaten herangezogen, um realistische Einstrahlungswerte für typische Sommer- und Wintertage zu modellieren.

Als Zwischenergebnisse entstehen zwei Layer: Zum einen die Gebäudepolygone, die um zusätzliche Attribute wie Bruttogeschossfläche und standardisierte Lastprofile ergänzt werden, zum anderen die daraus abgeleiteten

essi derivate con informazioni su orientamento, inclinazione e potenziale solare.

Su questa base viene calcolato il potenziale teorico di produzione di energia elettrica tramite il fotovoltaico. Si tratta volutamente di un approccio semplificato, ma comprensibile, che consente di evidenziare le differenze spaziali e di effettuare una prima valutazione. I calcoli forniscono, per i singoli edifici, valori indicativi specifici per l'ubicazione relativi alla resa fotovoltaica e al fabbisogno di energia elettrica, che possono essere ulteriormente affinati tramite adeguamenti da parte dell'utente. Allo stesso tempo, è possibile considerare insieme più superfici di tetto ed edifici per consentire analisi cumulative, ad esempio a livello di una comunità energetica, di un quartiere o addirittura di un intero comune.

Le procedure e i risultati descritti nel capitolo seguente confluiscono in un'applicazione web, il cosiddetto tool multicriterio. I potenziali calcolati vengono presentati sotto forma di mappe e grafici interattivi. Ciò consente agli utenti di cogliere intuitivamente le relazioni spaziali, selezionare le superfici dei tetti e confrontare diversi scenari. I riferimenti per i link al tool multicriterio si trovano nel capitolo 06.

Nel complesso, questo approccio contribuisce a rendere trasparenti le potenzialità dello sfruttamento dell'energia solare e a creare una base solida per lo sviluppo di comunità energetiche e sistemi energetici locali. Grazie alla combinazione di analisi dei dati, modellizzazione e rappresentazione grafica, viene messo a disposizione uno strumento che può essere utilizzato sia per una prima valutazione orientativa sia per processi di pianificazione più approfonditi.

Dachflächen mit Informationen zu Ausrichtung, Neigung und Solarpotenzial.

Auf dieser Basis wird das theoretische Potenzial zur Stromerzeugung durch Photovoltaik berechnet. Dabei handelt es sich bewusst um eine vereinfachte, aber nachvollziehbare Annäherung, die es erlaubt, räumliche Unterschiede sichtbar zu machen und erste Einschätzungen zu ermöglichen. Die Berechnungen liefern für einzelne Gebäude standortbezogene Orientierungswerte zu PV-Ertrag und Strombedarf, die durch userseitige Anpassungen weiter verfeinert werden können. Zugleich können mehrere Dachflächen und Gebäude gemeinsam betrachtet werden, um kumulierte Analysen z. B. auf Ebene einer Energiegemeinschaft, eines Quartiers oder gar einer ganzen Gemeinde zu ermöglichen.

Die im folgenden Kapitel beschriebenen Vorgehensweisen und Ergebnisse fließen in eine webbasierte Anwendung, dem sog. Simulations-Service für erneuerbare Energiegemeinschaften ein. Die berechneten Potenziale werden in Form interaktiver Karten und Diagramme aufbereitet. Dadurch können Nutzer:innen räumliche Zusammenhänge intuitiv erfassen, Dachflächen auswählen und verschiedene Szenarien vergleichen. Die Links der finalen Simulations-Services für erneuerbare Energiegemeinschaften finden sich in Kapitel 6.

Insgesamt trägt dieser Ansatz dazu bei, die Möglichkeiten der Solarenergienutzung transparent zu machen und eine fundierte Grundlage für die Entwicklung von Energiegemeinschaften und lokalen Energiesystemen zu schaffen. Durch die Verbindung von Datenanalyse, Modellierung und anschaulicher Darstellung wird ein Werkzeug bereitgestellt, das sowohl für erste Orientierungen als auch für weiterführende Planungsprozesse eingesetzt werden kann.

3.1 Archiviazione dei dati e software utilizzato

Datenspeicherung und verwendete Software

Alla base dell'analisi e dell'implementazione del servizio vi è una banca dati centrale in cui vengono raccolti e gestiti tutti i geodati rilevanti. A tal fine è stato utilizzato un database relazionale PostgreSQL con l'estensione spaziale PostGIS. Questo consente l'archiviazione strutturata di geodati quali edifici, superfici dei tetti o altre informazioni spaziali e funge da pool di dati comune per tutti i partner del progetto.

L'effettiva elaborazione e preparazione dei dati non è avvenuta tuttavia direttamente nel database, ma con l'ausilio di software specializzato per l'elaborazione dei geodati. In particolare, è stato utilizzato FME by Safe Software, un cosiddetto Feature Manipulation Engine, con il quale è stato possibile modellare e implementare in modo automatizzato complessi processi di elaborazione dei dati. Tra questi figurano, tra l'altro, la derivazione delle superfici dei tetti, il calcolo dei parametri geometrici, nonché l'unione e l'armonizzazione di diversi set di dati.

Per la verifica dei risultati e la loro elaborazione visiva sono state utilizzate applicazioni GIS come QGIS e l'applicazione di web mapping open source Lizmap. Queste consentono di controllare i dati generati, analizzarli dal punto di vista spaziale e renderli accessibili sotto forma di mappe interattive.

La combinazione tra una gestione centralizzata dei dati e un software specializzato ha garantito che i dati

Die Grundlage für die Analyse und die Umsetzung des Services bildet eine zentrale Datenbank, in der alle relevanten Geodaten zusammengeführt und verwaltet werden. Dafür wurde eine relationale PostgreSQL-Datenbank mit der räumlichen Erweiterung PostGIS eingesetzt. Diese ermöglicht die strukturierte Speicherung von Geodaten wie Gebäuden, Dachflächen oder weiteren räumlichen Informationen und dient als gemeinsamer Datenpool für alle Projektpartner:innen.

Die eigentliche Verarbeitung und Aufbereitung der Daten erfolgte jedoch nicht direkt in der Datenbank, sondern mithilfe spezialisierter Geodatenverarbeitungssoftware. Insbesondere kam dabei FME by Safe Software, eine sog. Feature Manipulation Engine, zum Einsatz, mit der komplexe Datenverarbeitungsprozesse modelliert und automatisiert umgesetzt werden konnten. Dazu zählen unter anderem die Ableitung von Dachflächen, die Berechnung geometrischer Parameter sowie die Zusammenführung und Harmonisierung unterschiedlicher Datensätze.

Für die Prüfung der Ergebnisse sowie deren visuelle Aufbereitung wurden GIS-Anwendungen wie QGIS sowie die Open-Source-Webmapping-Anwendung Lizmap genutzt. Diese ermöglichen es, die erzeugten Daten zu kontrollieren, räumlich zu analysieren und in Form interaktiver Karten zugänglich zu machen.

Die Kombination aus zentraler Datenhaltung und spezialisierter Software stellte sicher, dass die Daten effizient

potessero essere elaborati in modo efficiente, condivisi e sviluppati in modo tracciabile. Allo stesso tempo, ha costituito la base per una stretta collaborazione tra i partner del progetto. I dati dovevano essere forniti da diverse fonti, armonizzati e trasferiti in un sistema comune. Il tipo di archiviazione dei dati scelto ha supportato questo processo, consentendo una gestione coerente dei dati e fasi di elaborazione trasparenti e tracciabili.

verarbeitet, gemeinsam genutzt und nachvollziehbar weiterentwickelt werden konnten. Gleichzeitig bildete sie die Grundlage für die enge Zusammenarbeit zwischen den Projektpartner:innen. Daten mussten aus unterschiedlichen Quellen bereitgestellt, abgestimmt und in ein gemeinsames System überführt werden. Die gewählte Art der Datenspeicherung unterstützte diesen Prozess, indem sie eine konsistente Datenhaltung sowie transparente und nachvollziehbare Verarbeitungsschritte ermöglichte.

3.2 Determinazione delle superfici dei tetti Ableitung der Dachflächen

Per il calcolo del potenziale solare sono necessarie le superfici dei tetti dei singoli edifici, poiché costituiscono la base per la stima della superficie che può essere coperta con pannelli fotovoltaici. Le superfici dei tetti non possono essere ricavate da set di dati esistenti, ma vengono ricavate da una combinazione di poligoni degli edifici e di un modello digitale di superficie. Un DSM descrive l'altezza della superficie terrestre, compresi tutti gli oggetti che si trovano su di essa, come edifici o vegetazione, sotto forma di una griglia regolare. Per la presente analisi sono stati utilizzati modelli digitali di superficie con una risoluzione spaziale di 1 m.

La derivazione delle superfici dei tetti avviene in diverse fasi di elaborazione. Innanzitutto, dai poligoni degli edifici e dal modello digitale di superficie vengono estratte superfici di tetto omogenee. Successivamente, a queste superfici vengono assegnati orientamenti e pendenze. Infine, i frammenti molto piccoli vengono eliminati e assegnati alle superfici di tetto adiacenti, al fine di creare una base dati coerente per gli ulteriori calcoli.

3.2.1 Estrazione delle superfici dei tetti

Il punto di partenza sono i poligoni degli edifici, che ne rappresentano le planimetrie (prima immagine della figura 01). Questi vengono combinati con le informazioni

Für die Berechnung des Solarpotenzials werden die Dachflächen der einzelnen Gebäude benötigt, da sie die Grundlage für die Abschätzung der mit PV-Modulen belegbaren Fläche bilden. Die Dachflächen können nicht aus bestehenden Datensätzen übernommen werden, sondern werden aus einer Kombination von Gebäudepolygonen und einem digitalen Oberflächenmodell (DOM) abgeleitet. Ein digitales Oberflächenmodell beschreibt die Höhe der Erdoberfläche inklusive aller darauf befindlichen Objekte wie Gebäude oder Vegetation in Form eines regelmäßigen Rasters. Für die vorliegende Analyse wurden digitale Oberflächenmodelle mit einer räumlichen Auflösung von 1 m verwendet.

Die Ableitung der Dachflächen erfolgt in mehreren Verarbeitungsschritten. Zunächst werden aus den Gebäudepolygonen und dem digitalen Oberflächenmodell homogene Dachflächen extrahiert. Anschließend werden diesen Flächen Ausrichtungen und Neigungen zugewiesen. Abschließend werden sehr kleine Fragmente bereinigt und benachbarten Dachflächen zugeordnet, um eine konsistente Datengrundlage für die weiteren Berechnungen zu schaffen.

3.2.1 Extraktion der Dachflächen

Ausgangspunkt sind die Gebäudepolygone, die die Grundrisse der Gebäude darstellen (1. Bild der Abbil-

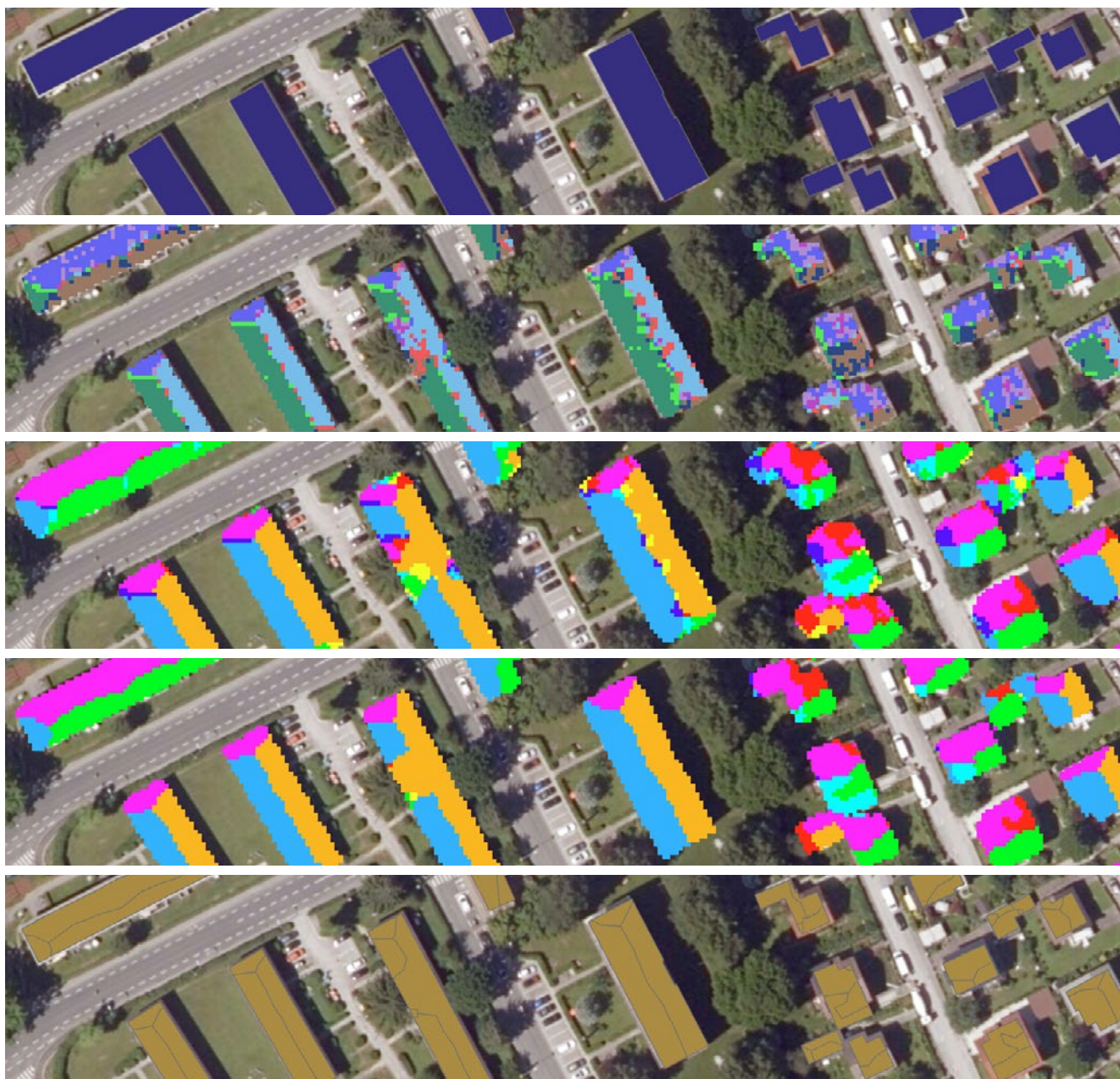


Fig. 01 ArcGIS Pro ModelBuilder: risultati delle fasi intermedie di elaborazione dei dati a Salisburgo

Abb. 01 ArcGIS Pro ModelBuilder: Ergebnisse der Zwischenschritte in Salzburg

3. POTENZIALITÀ DEL SISTEMA LEISTUNGSFÄHIGKEIT DES SYSTEMS

altimetriche del DSM per rilevare con maggiore precisione la struttura delle superfici dei tetti. L'obiettivo è quello di rappresentare le superfici dei tetti nel modo più realistico possibile.

A tal fine, dal DSM vengono innanzitutto calcolati, su base raster, l'orientamento e l'inclinazione delle superfici. Questi valori aiutano a identificare aree con caratteristiche simili e a raggrupparle in superfici di tetto omogenee (seconda immagine della figura 01).

Poiché le superfici dei tetti reali non sono completamente omogenee e si verificano irregolarità dovute a imprecisioni di misurazione e strutture su piccola scala, i dati vengono livellati e generalizzati in più fasi (terza immagine della figura 01). A tal fine vengono utilizzati, tra l'altro, metodi di filtraggio che riducono le deviazioni su piccola scala e consentono una delimitazione più chiara delle aree più estese delle superfici dei tetti (quarta immagine della figura 01). L'obiettivo di queste fasi è ottenere un risultato stabile e interpretabile, senza alterare le strutture di base.

Successivamente, i risultati basati su griglia vengono convertiti in forma vettoriale, in modo che le superfici dei tetti siano disponibili come poligoni (quinta immagine della figura 01).

3.2.2 Calcolo dell'orientamento e dell'inclinazione

I valori di orientamento e inclinazione calcolati in precedenza vengono successivamente elaborati e assegnati come attributi alle superfici del tetto estratte. Questi due parametri influenzano in modo determinante la quantità di radiazione solare che una superficie può assorbire nel corso della giornata e dell'anno e costituiscono quindi una base fondamentale per il successivo calcolo del potenziale solare.

Prima di assegnare gli orientamenti e le inclinazioni calcolati alle superfici del tetto estratte, le griglie con i

dung 01). Queste vengono con le Höheninformationen des DOM kombiniert, um die Struktur der Dachflächen genauer zu erfassen. Ziel ist es, die Dachflächen möglichst realitätsnah abzubilden.

Dafür werden aus dem digitalen Oberflächenmodell zunächst rasterbasiert die Ausrichtung und Neigung der Oberflächen berechnet. Diese Werte unterstützen dabei, Bereiche mit ähnlichen Eigenschaften zu identifizieren und zu homogenen Dachflächen zusammenzufassen (2. Bild der Abbildung 01).

Da reale Dachflächen nicht vollständig homogen sind und durch Messungenauigkeiten sowie kleinräumige Strukturen Unregelmäßigkeiten entstehen, werden die Daten in mehreren Schritten geglättet und generalisiert (3. Bild der Abbildung 01). Dabei kommen unter anderem Filterverfahren zum Einsatz, die kleinräumige Abweichungen reduzieren und eine klarere Abgrenzung größerer Dachflächenbereiche ermöglichen (4. Bild der Abbildung 01). Ziel dieser Schritte ist es, ein stabiles und interpretierbares Ergebnis zu erhalten, ohne dabei die grundlegenden Strukturen zu verfälschen.

Im Anschluss werden die rasterbasierten Ergebnisse in Vektorform überführt, sodass die Dachflächen als Polygone vorliegen (5. Bild der Abbildung 01).

3.2.2 Berechnung von Ausrichtung und Neigung

Die zuvor berechneten Werte für Ausrichtung und Neigung werden anschließend weiterverarbeitet und den extrahierten Dachflächen als Attribute zugewiesen. Diese beiden Parameter beeinflussen maßgeblich, wie viel Sonnenstrahlung eine Fläche im Tages- und Jahresverlauf aufnehmen kann und bilden daher eine zentrale Grundlage für die spätere Berechnung des Solarpotenzials.

Vor der Zuweisung der berechneten Ausrichtungen und Neigungen an die extrahierten Dachflächen werden

valori relativi agli orientamenti e alle inclinazioni vengono convertite in griglie di punti con la stessa risoluzione (1 m).

Successivamente, i punti con un'inclinazione del tetto superiore a 60° vengono esclusi dall'ulteriore elaborazione. Tali valori non derivano solitamente da superfici di tetto reali, ma spesso da oggetti di piccole dimensioni come i camini o da imprecisioni nella sovrapposizione dei poligoni degli edifici e del modello digitale di superficie. Quest'ultimo aspetto è stato già ampiamente ridotto in precedenza mediante l'applicazione di un buffer negativo, in cui i confini dei poligoni degli edifici vengono spostati uniformemente verso l'interno. L'esclusione di questi punti porta complessivamente a un netto miglioramento dei risultati nell'estrazione delle superfici dei tetti e nel calcolo dell'orientamento e dell'inclinazione.

Allo stesso tempo, è stato verificato se ciò comportasse l'esclusione di tetti reali con pendenze molto elevate. Nelle due aree pilota italiane di Belluno e Maniago, ad esempio, solo due edifici su un totale di 14.383 presentavano effettivamente una pendenza superiore a 60° . Ciò corrisponde a una percentuale di circa lo 0,014%. Non è stato possibile effettuare una verifica visiva di questi tetti tramite Google Street View, poiché gli edifici si trovano in una zona densamente boscosa e quindi non erano disponibili immagini Street View adeguate. A causa di questa percentuale molto bassa e del netto miglioramento complessivo della qualità dei risultati, si è deciso di escludere questi punti dal calcolo.

La convalida dei valori di inclinazione è stata effettuata a campione utilizzando Google Street View e Google Earth. A tal fine sono stati selezionati singoli edifici nelle aree di progetto e le loro inclinazioni dei tetti sono state confrontate con i valori calcolati.

I punti con i valori relativi all'orientamento e all'inclinazione vengono quindi assegnati spazialmente a ciascuna superficie del tetto (vedi figura 02), i valori vengono mediati per ciascuna superficie del tetto e allegati

die Raster mit den Werten zu Ausrichtungen und Neigungen in Punktgrids derselben Auflösung (1 m) umgewandelt.

Anschließend werden Punkte mit einer Dachneigung von über 60° aus der weiteren Verarbeitung ausgeschlossen. Solche Werte entstehen in der Regel nicht durch reale Dachflächen, sondern häufig durch kleinräumige Objekte wie Schornsteine oder durch Ungenauigkeiten in der Überlagerung von Gebäudepolygonen und digitalem Oberflächenmodell. Letzteres wurde bereits im Vorfeld durch die Anwendung eines negativen Buffers, bei dem die Grenzen der Gebäudepolygone gleichmäßig nach innen verschoben werden, weitestgehend reduziert. Der Ausschluss dieser Punkte führt insgesamt zu einer deutlichen Verbesserung der Ergebnisse bei der Dachflächenextraktion und der Berechnung von Ausrichtung und Neigung.

Gleichzeitig wurde geprüft, ob dadurch reale Dächer mit sehr hoher Neigung ausgeschlossen werden. In den beiden italienischen Pilotgebieten Belluno und Maniago waren beispielsweise lediglich zwei von insgesamt 14.383 Gebäuden betroffen, deren Dächer tatsächlich eine Neigung von über 60° aufwiesen. Dies entspricht einem Anteil von rund 0,014 %. Eine visuelle Überprüfung dieser Dächer anhand von Google Street View konnte nicht durchgeführt werden, da die Gebäude in dicht bewaldetem Gebiet liegen und daher keine geeigneten Street-View-Aufnahmen verfügbar waren. Aufgrund dieses sehr geringen Anteils sowie der insgesamt deutlich verbesserten Ergebnisqualität wurde entschieden, diese Punkte aus der Berechnung auszuschließen.

Die Validierung der Neigungswerte erfolgte stichprobenartig mithilfe von Google Street View und Google Earth. Dabei wurden einzelne Gebäude in den Projektgebieten ausgewählt und deren Dachneigungen mit den berechneten Werten verglichen.

Die Punkte mit den Werten zu Ausrichtungen und Neigungen werden anschließend jeder Dachfläche räumlich zugeordnet (siehe Abbildung 02), die Werte je Dachflä-

3. POTENZIALITÀ DEL SISTEMA LEISTUNGSFÄHIGKEIT DES SYSTEMS

ai rispettivi poligoni sotto forma di attributi. Ciò crea un set di dati che rappresenta le proprietà geometriche delle superfici dei tetti in una forma adatta a ulteriori calcoli.

che gemittelt und den jeweiligen Polygonen in Form von Attributen angehängt. Dadurch entsteht ein Datensatz, der die geometrischen Eigenschaften der Dachflächen in einer für weitere Berechnungen geeigneten Form abbildet.

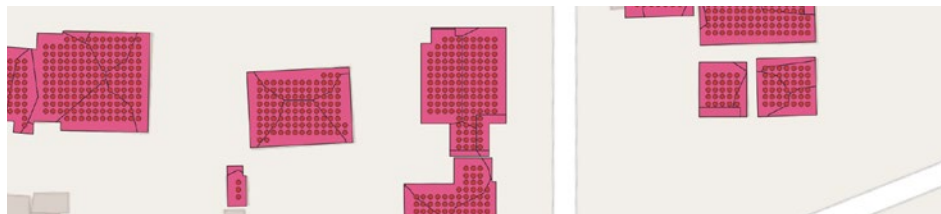


Fig. 02 Griglia regolare di punti all'interno delle superfici del tetto
Abb. 02 Regelmäßiges Punktgrid innerhalb der Dachflächen

3.2.3 Trattamento dei frammenti di piccole dimensioni

Un altro passo importante consiste nel trattare le superfici molto piccole che possono derivare dalla segmentazione. Tali superfici si formano spesso lungo i bordi o nelle zone di transizione e spesso non è possibile calcolarne l'orientamento o l'inclinazione. Pertanto, le superfici inferiori a una dimensione minima definita di 2,0 m² vengono unite alle superfici del tetto adiacenti per creare un quadro d'insieme più coerente e assegnare loro i valori corrispondenti (vedi figura 03).

Le superfici che superano o eguagliano il valore di 2,0 m² e per le quali, a causa della loro forma o posizione, non è stato possibile calcolare valori di inclinazione e/o orientamento, vengono contrassegnate con il valore -99 e sulla mappa con l'informazione "Aspect could not be calculated". Se in futuro, in determinati scenari applicativi, vengono selezionate superfici di tetto per le quali non è stato possibile effettuare calcoli, verrà visualizzato un messaggio di avviso che segnala il valore non valido. Successivamente è possibile effettuare una modifica manuale oppure deselectare nuovamente la superfi-

3.2.3 Behandlung kleiner Fragmente

Ein weiterer wichtiger Schritt besteht darin, sehr kleine Flächen zu behandeln, die durch die Segmentierung entstehen können. Solche Flächen entstehen häufig an Kanten oder Übergängen und oftmals können für diese keine Ausrichtung oder Neigung berechnet werden. Daher werden Flächen unterhalb einer definierten Mindestgröße von 2,0 m² mit benachbarten Dachflächen zusammengeführt, um ein konsistenteres Gesamtbild zu erzeugen und ihnen die entsprechenden Werte zuzuweisen (siehe Abbildung 03).

Flächen, die über oder gleich dem Wert von 2,0 m² liegen, und für die aufgrund ihrer Form oder Lage keine Werte für Neigung und/oder Ausrichtung berechnet werden konnte, werden mit dem Wert -99 und in der Karte mit der Info „Aspect could not be calculated“ versehen. Werden zukünftig in Anwendungsszenarien Dachflächen selektiert, bei denen keine Berechnungen erfolgen konnte, erscheint eine Warnmeldung, die auf den invaliden Wert hinweist. Danach kann entweder eine händische Anpassung erfolgen oder die betreffende Dachfläche wieder abgewählt werden. Bei großflächigen

cie di tetto in questione. In caso di calcoli su grandi superfici, ad esempio a livello comunale, tali superfici di tetto senza valori validi vengono ignorate.

Berechnungen, beispielsweise auf Gemeindeebene, werden solche Dachflächen ohne gültige Werte ignoriert.

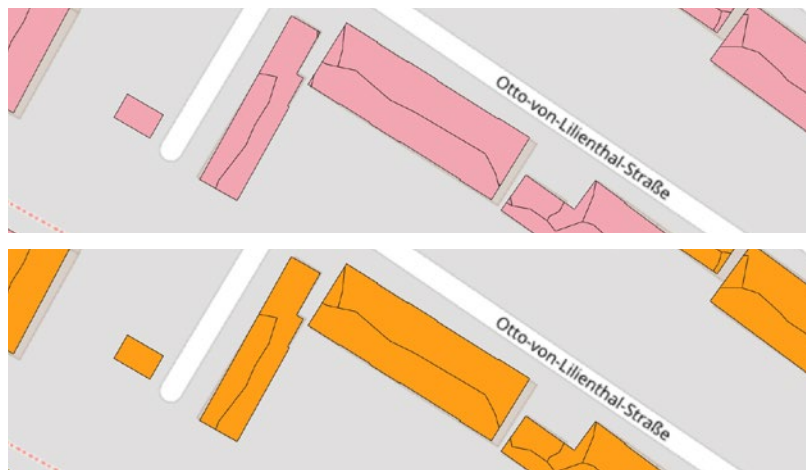


Fig. 03 In alto: agli angoli delle impronte sono ancora visibili piccoli frammenti. In basso: le superfici inferiori a 2 m² vengono assegnate alla superficie immediatamente superiore

Abb. 03 Oben: Kleine Fragmente sind noch an den Ecken der Footprints zu sehen. Unten: Flächen kleiner als 2 m² sind der nächstgrößeren Fläche zugewiesen

3.3 Calcolo del potenziale solare Berechnung des Solarpotenzials

Il calcolo del potenziale solare si basa sulla determinazione dell'irraggiamento solare sulle superfici dei tetti precedentemente individuate. A tal fine vengono utilizzati dati di irraggiamento specifici per ogni sito, messi a disposizione tramite l'interfaccia PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) del Joint Research Centre (JRC) della Commissione europea. Questi dati forniscono una base solida per la stima dell'energia solare disponibile nell'ambito della progettazione fotovoltaica.

Tramite l'interfaccia è possibile richiamare diversi valori di irraggiamento e opzioni di calcolo per varie applicazioni della progettazione fotovoltaica.

Nel presente approccio si ricorre al nodo "DRcalc" (Daily Radiation), che fornisce valori su 24 ore per ogni mese. Questi si basano su valori di irraggiamento mediati su diversi anni e rappresentano l'andamento giornaliero tipico dell'irraggiamento solare per il mese in questione. Non si tratta di singoli giorni reali, ma di cosiddetti giorni tipo, derivati statisticamente da serie di dati di irraggiamento pluriennali. Nel caso in esame, tra queste giornate tipo mensili vengono utilizzati giugno come giornata tipo estiva e dicembre come giornata tipo invernale. Questi due mesi rappresentano l'ampiezza delle condizioni di irraggiamento annuali e consentono di tenere conto sia delle rese elevate che di quelle basse.

I valori di irraggiamento vengono calcolati individualmente per ogni superficie del tetto, tenendo con-

Die Berechnung des Solarpotenzials basiert auf der Ermittlung der solaren Einstrahlung auf die zuvor abgeleiteten Dachflächen. Dafür werden standortspezifische Strahlungsdaten verwendet, die über die PVGIS-Schnittstelle (Photovoltaic Geographical Information System) des Joint Research Centre (JRC) der Europäischen Kommission bereitgestellt werden. Diese Daten liefern eine fundierte Grundlage zur Abschätzung der verfügbaren Solarenergie im Bereich der Photovoltaikplanung.

Über die Schnittstelle können unterschiedliche Strahlungswerte und Berechnungsoptionen für verschiedene Anwendungen der Photovoltaikplanung abgerufen werden.

Im vorliegenden Ansatz wird auf den Endpunkt „DRcalc“ (Daily Radiation) zurückgegriffen, der für jeden Monat 24 Stundenwerte bereitstellt. Diese basieren auf über mehrere Jahre gemittelten Einstrahlungswerten und repräsentieren den typischen Tagesverlauf der solaren Einstrahlung für den jeweiligen Monat. Dabei handelt es sich nicht um reale Einzeltage, sondern um sogenannte Typtage, die aus langjährigen Strahlungsreihen statistisch abgeleitet werden. Im vorliegenden Fall werden aus diesen monatlichen Typtagen der Juni als Sommertypntag und der Dezember als Wintertypntag herangezogen. Diese beiden Monate bilden die Spannweite der jährlichen Einstrahlungsbedingungen ab und erlauben es, sowohl hohe als auch niedrige Erträge zu berücksichtigen.

to, oltre alla posizione geografica, in particolare dell'orientamento e dell'inclinazione delle superfici del tetto precedentemente determinati. Questi dati vengono trasmessi all'interfaccia come parametri.

I valori di irraggiamento restituiti da PVGIS descrivono l'energia solare che colpisce una superficie inclinata, tenendo conto della topografia locale. Sulla base dei valori di irraggiamento forniti da PVGIS viene quindi calcolata una potenza fotovoltaica potenziale. A tal fine, i valori di irraggiamento vengono inizialmente moltiplicati per un fattore di potenza pari a 0,2 e successivamente per la rispettiva superficie del tetto. Il fattore di potenza funge da ipotesi forfettaria per relativizzare il valore massimo teorico e rappresentare un grado di sfruttamento più realistico, poiché nella pratica esistono limitazioni tecniche, strutturali e legate all'utilizzo.

Per la rappresentazione cumulativa della produzione energetica potenziale su tutti i mesi, vengono utilizzati i due giorni tipo generati in precedenza e ponderati di conseguenza. In questo modo, dalle condizioni estive e invernali prese in esame a titolo esemplificativo è possibile ricavare indicazioni semplificate sull'andamento annuale dei rendimenti potenziali.

Il risultato di questo calcolo sono i valori temporali della produzione energetica potenziale per ciascuna superficie del tetto. Questi costituiscono la base per le ulteriori analisi nel servizio di simulazione per le comunità energetiche rinnovabili, in particolare per il confronto tra produzione e consumo.

Die Einstrahlungswerte werden für jede Dachfläche individuell berechnet, wobei neben dem geografischen Standort insbesondere die zuvor ermittelte Ausrichtung und Neigung der Dachflächen berücksichtigt werden. Diese werden als Parameter an die Schnittstelle übergeben.

Die von PVGIS zurückgegebenen Strahlungswerte beschreiben die auf eine geneigte Fläche treffende solare Energie unter Berücksichtigung der lokalen Topografie. Auf Basis der von PVGIS bereitgestellten Strahlungswerte wird anschließend eine potenzielle PV-Leistung berechnet. Dazu werden die Einstrahlungswerte zunächst mit einem Leistungsfaktor von 0,2 und anschließend mit der jeweiligen Dachfläche multipliziert. Der Leistungsfaktor dient dabei als pauschale Annahme, um den theoretischen Maximalwert zu relativieren und einen realistischeren Ausbaugrad abzubilden, da in der Praxis technische, bauliche und nutzungsbedingte Einschränkungen bestehen.

Für die kumulative Darstellung der potenziellen Energieerzeugung über alle Monate hinweg werden die beiden zuvor generierten Typtage herangezogen und entsprechend gewichtet. Dadurch können aus den exemplarisch betrachteten Sommer- und Winterbedingungen vereinfachte Aussagen über den Jahresverlauf der potenziellen Erträge abgeleitet werden.

Das Ergebnis dieser Berechnung sind zeitlich aufgelöste Werte der potenziellen Energieerzeugung für jede Dachfläche. Diese bilden die Grundlage für die weiteren Analysen im Simulations-Service für erneuerbare Energiegemeinschaften, insbesondere für die Gegenüberstellung von Erzeugung und Verbrauch.

3.4 Modellizzazione dei parametri edilizi e del fabbisogno di energia elettrica

Modellierung von Gebäudeparametern und Strombedarf

Mentre il calcolo del potenziale solare viene effettuato a livello delle singole superfici dei tetti, per la valutazione delle comunità energetiche è di fondamentale importanza anche il fabbisogno di energia elettrica dell'intero edificio.

Poiché per le aree considerate non sono disponibili dati reali di consumo su tutto il territorio, la stima del fabbisogno di energia elettrica viene effettuata con l'ausilio di profili di carico standardizzati.

Ai poligoni degli edifici vengono assegnati, in base alla loro destinazione d'uso, profili di carico standardizzati come attributi aggiuntivi, ad esempio per edifici residenziali o ad uso commerciale (vedi capitolo 08). La distribuzione temporale del fabbisogno di energia elettrica si basa su andamenti giornalieri tipici per i mesi estivi e invernali. Per tenere conto delle diverse dimensioni degli edifici, i profili di carico vengono scalati in base alla rispettiva superficie lorda di piano. Questa rappresenta quindi un parametro centrale per la modellizzazione del fabbisogno.

Per le aree di progetto austriache, la superficie lorda di piano era già disponibile come attributo nei dati di partenza. Per le aree italiane, invece, questo valore ha dovuto essere calcolato ex novo. Il calcolo si è basato sui poligoni degli edifici esistenti e sulle informazioni relative all'altezza degli edifici. Sulla base di questi dati è stato ricavato approssimativamente il numero di piani,

Während die Berechnung des Solarpotenzials auf Ebene der einzelnen Dachflächen erfolgt, ist für die Bewertung von Energiegemeinschaften auch der Strombedarf des gesamten Gebäudes von zentraler Bedeutung.

Da für die betrachteten Gebiete keine flächendeckenden realen Verbrauchsdaten zur Verfügung stehen, erfolgt die Abschätzung des Strombedarfs mit Hilfe von standardisierten Lastprofilen.

Den Gebäudepolygonen werden in Abhängigkeit ihrer Nutzung standardisierte Lastprofile als zusätzliche Attribute zugewiesen, beispielsweise für Wohngebäude oder gewerbliche Nutzungen. Die zeitliche Verteilung des Strombedarfs basiert dabei auf typischen Tagesverläufen für Sommer- und Wintermonate. Um die unterschiedlichen Größen der Gebäude zu berücksichtigen, werden die Lastprofile mit der jeweiligen Bruttogeschossfläche skaliert. Diese stellt somit einen zentralen Parameter für die Bedarfsmodellierung dar.

Für die österreichischen Projektgebiete lag die Bruttogeschossfläche bereits als Attribut in den Ausgangsdaten vor. Für die italienischen Gebiete musste dieser Wert hingegen zunächst berechnet werden. Grundlage dafür bildeten die vorhandenen Gebäudepolygone sowie Informationen zur Gebäudehöhe. Auf Basis dieser Daten wurde die Anzahl der Geschosse näherungsweise abgeleitet und mit der Grundfläche der Gebäude kombiniert, um eine Bruttogeschossfläche zu ermitteln. Dabei wurde

che è stato poi combinato con la superficie di base degli edifici per determinare la superficie lorda di piano. A tal fine è stata ipotizzata un'altezza media dei piani di 3,0 m per dedurre il numero di piani dall'altezza degli edifici. Inoltre, sono stati considerati anche i piani intermedi, ad esempio per rappresentare approssimativamente i piani mansardati con minore fruibilità.

I valori così calcolati fungono da base uniforme per la scalatura dei profili di carico e consentono una modellizzazione comparabile del fabbisogno di energia elettrica in tutte le regioni considerate. Allo stesso tempo, occorre tenere presente che si tratta di valori modellizzati che possono discostarsi dall'utilizzo effettivo dei singoli edifici. L'obiettivo non è quindi quello di rappresentare con esattezza i dati di consumo individuali, ma di ottenere un'approssimazione coerente e comprensibile, sufficientemente affidabile per le ulteriori analisi.

eine durchschnittliche Geschosshöhe von 3,0 m angenommen, um aus der Gebäudehöhe auf die Anzahl der Geschosse zu schließen. Zusätzlich wurden auch halbe Geschosse berücksichtigt, um beispielsweise Dachgeschosse mit geringerer Nutzbarkeit näherungsweise abzubilden.

Die so berechneten Werte dienen als einheitliche Grundlage für die Skalierung der Lastprofile und ermöglichen eine vergleichbare Modellierung des Strombedarfs über alle betrachteten Regionen hinweg. Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass es sich hierbei um modellierte Werte handelt, die von der tatsächlichen Nutzung einzelner Gebäude abweichen können. Das Ziel besteht daher nicht in einer exakten Abbildung individueller Verbrauchsdaten, sondern in einer konsistenten und nachvollziehbaren Annäherung, die für die weiteren Analysen ausreichend belastbar ist.

3.5 Armonizzazione dei dati, qualità dei dati e collaborazione

Datenharmonisierung, Datenqualität und Zusammenarbeit

L'integrazione dei dati provenienti dalle aree di progetto austriache e italiane ha rappresentato una componente centrale del lavoro e ha richiesto uno stretto coordinamento tra i partner del progetto. I geodati necessari sono stati forniti dai rispettivi partner e integrati in un database comune. In questo contesto è stato necessario armonizzare fonti, formati e strutture di dati diversi e trasformarli in una base coerente per le ulteriori analisi.

Nel corso di questa armonizzazione sono emerse notevoli differenze nella disponibilità e nella qualità dei dati di partenza. Mentre per le aree austriache erano disponibili serie di dati complete e relativamente omogenee – inclusi attributi aggiuntivi quali la superficie lorda di piano, l'appartenenza comunale o le aree di trasformazione – i dati relativi alle aree italiane del progetto erano più eterogenei e in parte meno completi. Ciò ha richiesto ulteriori fasi di elaborazione. Una sfida particolare è derivata dalla diversa qualità e risoluzione dei poligoni degli edifici e dei modelli digitali di superficie. Queste due basi di dati devono corrispondere bene dal punto di vista spaziale per consentire risultati affidabili nella derivazione delle superfici dei tetti e nel calcolo dell'orientamento e dell'inclinazione. Nell'area di progetto di Maniago è stato possibile raggiungere questa corrispondenza in larga misura, ottenendo così risultati stabili e tracciabili.

Die Zusammenführung der Daten aus den österreichischen und italienischen Projektgebieten stellte einen zentralen Bestandteil der Arbeiten dar und erforderte eine enge Abstimmung zwischen den Projektpartner:innen. Die benötigten Geodaten wurden von den jeweiligen Partner:innen bereitgestellt und in einem gemeinsamen Datenbestand zusammengeführt. Dabei galt es, unterschiedliche Datenquellen, Formate und Strukturen aufeinander abzustimmen und in eine konsistente Grundlage für die weiteren Analysen zu überführen.

Im Zuge dieser Harmonisierung zeigten sich deutliche Unterschiede in der Verfügbarkeit und Qualität der Ausgangsdaten. Während für die österreichischen Gebiete umfangreiche und vergleichsweise homogene Datensätze vorlagen – einschließlich zusätzlicher Attribute wie Bruttogeschossfläche, Gemeindezugehörigkeit oder Tragraubgebiete – waren die Daten in den italienischen Projektgebieten heterogener und teilweise weniger vollständig. Dies erforderte zusätzliche Verarbeitungsschritte. Eine besondere Herausforderung ergab sich aus der unterschiedlichen Qualität und Auflösung der Gebäudopolygone und digitalen Oberflächenmodelle. Diese beiden Datengrundlagen müssen räumlich gut übereinstimmen, um verlässliche Ergebnisse bei der Ableitung von Dachflächen sowie der Berechnung von Ausrichtung und Neigung zu ermöglichen. Im Projektgebiet Maniago konnte diese Übereinstimmung weitgehend erreicht

Nell'area di progetto di Belluno si sono inizialmente riscontrate notevoli discrepanze tra i poligoni degli edifici e il DSM. Non è stato possibile effettuare uno spostamento uniforme dell'intero set di dati, poiché i dati provengono da fonti diverse e presentano quindi trasformazioni, precisioni di posizione e qualità diverse. Lo scostamento spaziale ha potuto quindi essere ridotto in gran parte solo tramite lo spostamento manuale dei singoli edifici.

Nonostante queste correzioni, la qualità dei risultati a Belluno è rimasta limitata. Ciò è dipeso soprattutto dalla minore qualità dei poligoni degli edifici e dalla provenienza eterogenea delle fonti dei dati. In confronto, i dati di Maniago provengono da una fonte più coerente e i poligoni degli edifici riproducono meglio le forme effettive degli edifici. Di conseguenza, i dati degli edifici e il modello di superficie coincidono molto meglio, il che porta a risultati più stabili nel calcolo delle superfici dei tetti, dell'orientamento e dell'inclinazione.

Nel complesso, questa fase di lavoro evidenzia che la qualità e la comparabilità delle analisi dipendono in modo significativo dalla coerenza dei dati sottostanti. Allo stesso tempo, risulta evidente che è necessaria una stretta collaborazione tra i partner del progetto per valutare e adattare i diversi set di dati e convertirli in una base comune e utilizzabile.

werden, wodurch stabile und nachvollziehbare Ergebnisse erzielt werden konnten.

Im Projektgebiet Belluno zeigten sich zunächst deutliche Abweichungen zwischen den Gebäudepolygonen und dem digitalen Oberflächenmodell. Ein einheitliches Verschieben des gesamten Datensatzes war nicht möglich, da die Daten aus unterschiedlichen Quellen stammen und entsprechend unterschiedliche Transformationen, Lagegenauigkeiten und Qualitäten aufweisen. Der räumliche Versatz konnte daher größtenteils nur durch die händische Verschiebung einzelner Gebäude reduziert werden.

Trotz dieser Korrekturen blieb die Ergebnisqualität in Belluno eingeschränkt. Ausschlaggebend dafür waren vor allem die geringere Qualität der Gebäudepolygone sowie die heterogene Herkunft der Datengrundlagen. Im Vergleich dazu stammen die Daten in Maniago aus einer konsistenteren Quelle und die Gebäudepolygone bilden die tatsächlichen Gebäudeformen besser ab. Dadurch stimmen Gebäudedaten und Oberflächenmodell dort deutlich besser überein, was zu stabileren Ergebnissen bei der Ableitung der Dachflächen sowie der Berechnung von Ausrichtung und Neigung führt.

Insgesamt verdeutlicht dieser Arbeitsschritt, dass die Qualität und Vergleichbarkeit der Analysen wesentlich von der Konsistenz der zugrunde liegenden Daten abhängt. Gleichzeitig zeigt sich, dass eine enge Zusammenarbeit zwischen den Projektpartner:innen erforderlich ist, um unterschiedliche Datenbestände zu bewerten, anzupassen und in eine gemeinsame, nutzbare Grundlage zu überführen.

3.6 Prospettive: ulteriore sviluppo delle basi comuni in diversi strumenti

Ausblick: Weiterentwicklung der gemeinsamen Grundlagen in unterschiedlichen Werkzeugen

I metodi e le basi dati descritti in precedenza sono stati applicati sia alle aree di progetto austriache che a quelle italiane. Nel corso del progetto è emerso tuttavia che occorreva tenere conto di contesti organizzativi, tecnici e normativi diversi. Ciò ha portato, nel prosieguo del progetto, a tradurre le basi comuni in diverse applicazioni del servizio di simulazione per le comunità energetiche rinnovabili.

Mentre sul versante austriaco erano necessari ulteriori calcoli aggregati a livello di comuni, aree di trasformazione e sottostazioni, per le aree di progetto italiane sono emersi requisiti aggiuntivi relativi alla considerazione del quadro normativo e dei modelli di incentivazione per le comunità energetiche rinnovabili.

A tal fine, le basi di dati esistenti sono state integrate con ulteriori informazioni. Ai set di dati sono stati aggiunti, tra l'altro, i profili di carico italiani, il numero di unità di utilizzo e ulteriori attributi per la caratterizzazione del fabbisogno energetico dei singoli edifici. Queste informazioni costituiscono la base per i successivi meccanismi di distribuzione e ponderazione basati sulla simulazione all'interno delle aree di progetto italiane.

L'implementazione concreta delle applicazioni e degli strumenti di simulazione che ne sono derivati è descritta in dettaglio nel capitolo 7.

Die zuvor beschriebenen Methoden und Datengrundlagen wurden sowohl für die österreichischen als auch für die italienischen Projektgebiete angewendet. Im Projektverlauf zeigte sich jedoch, dass unterschiedliche organisatorische, technische und regulatorische Rahmenbedingungen berücksichtigt werden müssen. Dies führte dazu, dass die gemeinsamen Grundlagen im weiteren Verlauf des Projekts in unterschiedliche Anwendungen des Simulations-Service für erneuerbare Energiegemeinschaften überführt wurden.

Während auf österreichischer Seite zusätzlich aggregierte Berechnungen auf Ebene von Gemeinden, Trafo-gebieten und Umspannwerken erforderlich waren, ergaben sich für die italienischen Projektgebiete zusätzliche Anforderungen hinsichtlich der Berücksichtigung regulatorischer Rahmenbedingungen und Anreizmodelle für erneuerbare Energiegemeinschaften.

Dafür wurden die bestehenden Datengrundlagen um zusätzliche Informationen erweitert. So wurden den Datensätzen unter anderem italienische Lastprofile, die Anzahl der Nutzungseinheiten sowie weitere Attribute zur Charakterisierung des Energiebedarfs einzelner Gebäude hinzugefügt. Diese Informationen bilden die Grundlage für die späteren simulationsbasierten Verteilungs- und Gewichtungsmechanismen innerhalb der italienischen Projektgebiete.

Die konkrete Umsetzung der daraus entstandenen Anwendungen und Simulations-Tools wird in Kapitel 6 näher beschrieben.

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 CER

Damiana Chinese

Stefano Savino

Marlee Wasserman



Il *work package* 3, “Caratterizzazione delle tecnologie applicabili nel contesto transfrontaliero”, ha avuto un ruolo centrale nello sviluppo di uno strumento di simulazione per la valutazione preliminare delle Comunità Energetiche Rinnovabili. Lo strumento combina un modello Excel, utilizzato inizialmente per definire le ipotesi di calcolo e ricostruire i bilanci energetici orari su base annuale, con una successiva implementazione in Python, integrata in un’interfaccia GIS e discussa nella Sezione 4.10. Tale implementazione consente di elaborare un insieme più ampio di edifici e di automatizzare i calcoli. L’obiettivo è supportare la stima del potenziale fotovoltaico, dei profili di consumo, dell’energia condivisa, degli incentivi economici e degli impatti ambientali associati alla configurazione di una CER. Rispetto a strumenti già esistenti, il modello integra dati georeferenziati relativi alle aree di indagine previste dal progetto. Ciò consente di stimare la produzione fotovoltaica e la domanda elettrica potenziale anche in assenza di informazioni preliminari dettagliate sulle caratteristiche specifiche dei possibili membri della CER.

Il modello iniziale è stato sviluppato in Microsoft Excel con elementi di Visual Basic for Applications. Dal punto di vista software, lo strumento basato su Excel è una singola cartella di lavoro Microsoft Excel composta da 12 fogli. Il primo foglio è l’interfaccia principale di input/output del modello ed è collegato ai fogli suc-

Das *Arbeitspaket* 3, „Charakterisierung der im grenzüberschreitenden Kontext anwendbaren Technologien“, spielte eine zentrale Rolle bei der Entwicklung eines Simulationswerkzeugs für die Vorabbewertung erneuerbarer Energiegemeinschaften (CER). Das Werkzeug kombiniert ein Excel-Modell, das zunächst zur Festlegung der Berechnungsannahmen und zur Rekonstruktion der stündlichen Energiebilanzen auf Jahresbasis verwendet wurde, mit einer anschließenden Implementierung in Python, die in eine GIS-Schnittstelle integriert ist und in Abschnitt 4.10 erläutert wird. Diese Implementierung ermöglicht die Verarbeitung einer größeren Anzahl von Gebäuden und die Automatisierung der Berechnungen. Ziel ist es, die Abschätzung des Photovoltaikpotenzials, der Verbrauchsprofile, der gemeinsam genutzten Energie, der wirtschaftlichen Anreize und der mit der Konfiguration einer CER verbundenen Umweltauswirkungen zu unterstützen. Im Vergleich zu bereits bestehenden Werkzeugen integriert das Modell georeferenzierte Daten zu den im Projekt vorgesehenen Untersuchungsgebieten. Dadurch lassen sich die Photovoltaikproduktion und der potenzielle Strombedarf auch ohne detaillierte Vorabinformationen über die spezifischen Merkmale möglicher CER-Mitglieder abschätzen.

Das Ausgangsmodell wurde in Microsoft Excel mit Elementen von Visual Basic for Applications entwickelt. Aus softwaretechnischer Sicht ist das Excel-basierte Werk-

cessivi, che riguardano specifiche categorie di utenti o analisi specifiche (bilanci energetici, aspetti economici, impatti ambientali). Questo file Excel richiede un file eseguibile (*.exe) per connettersi all'interfaccia API (Application Programming Interface) dell'applicazione Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), al fine di raccogliere le informazioni sulla produzione fotovoltaica.

Il modello si basa su dati tratti da letteratura, rapporti, indagini e banche dati. Il funzionamento della CER è simulato per 8760 intervalli orari, corrispondenti a 24 ore per ciascun giorno dell'anno. Questa risoluzione oraria è necessaria perché il meccanismo di incentivazione italiano per le comunità energetiche confronta, ora per ora, l'elettricità immessa in rete e quella prelevata dalla rete. Le sezioni seguenti descrivono i 12 fogli della cartella di lavoro del modello.

zeug eine einzelne Microsoft-Excel-Arbeitsmappe mit 12 Tabellenblättern. Das erste Blatt ist die zentrale Ein-/Ausgabeschnittstelle des Modells und mit den folgenden Blättern verknüpft, die spezifische Nutzerkategorien oder bestimmte Analysen betreffen (Energiebilanzen, wirtschaftliche Aspekte, Umweltauswirkungen). Diese Excel-Datei benötigt eine ausführbare Datei (*.exe), um eine Verbindung zur API-Schnittstelle (Application Programming Interface) der Anwendung Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) herzustellen und Informationen zur Photovoltaikproduktion zu erfassen.

Das Modell basiert auf Daten aus Literatur, Berichten, Erhebungen und Datenbanken. Der Betrieb der CER wird für 8760 stündliche Intervalle simuliert, entsprechend 24 Stunden für jeden Tag des Jahres. Diese stündliche Auflösung ist erforderlich, da der italienische Fördermechanismus für Energiegemeinschaften Stunde für Stunde den in das Netz eingespeisten Strom mit dem aus dem Netz entnommenen Strom vergleicht. Die folgenden Abschnitte beschreiben die 12 Tabellenblätter der Modell-Arbeitsmappe.

4.1 Input e output Eingabe und Ausgabe

La prima scheda del modello è costituita dal foglio Input/Output, denominato *IO_main*. L'utente inserisce le principali informazioni necessarie per descrivere la comunità: ubicazione, numero e tipologia dei membri, superfici di copertura disponibili, caratteristiche dei pannelli fotovoltaici e, ove pertinente, parametri di accumulo. Le celle di input sono evidenziate in giallo e le celle di output in verde.

Il modello consente di analizzare una CER, che può includere i seguenti membri:

- Un produttore energetico domestico o non domestico, indicato come produttore, che utilizza un campo fotovoltaico sulla sua copertura.
- Un consumatore domestico, come un'unità residenziale, che non è dotato di impianto fotovoltaico e consuma soltanto elettricità.
- Un consumatore non domestico, come un'attività industriale o civile (negozi, teatri, hotel, scuole, ecc.), che non dispone di un impianto fotovoltaico e consuma soltanto elettricità.
- Un prosumer domestico, come un'unità residenziale, che è dotato di impianto fotovoltaico e consuma anche elettricità.
- Un prosumer non domestico, come un'attività industriale, che dispone di un impianto fotovoltaico, consuma elettricità e ha la possibilità di utilizzare una batteria.

Das erste Tabellenblatt des Modells ist das Ein-/Ausgabeblatt mit der Bezeichnung *IO_main*. Der Nutzer gibt die wichtigsten Informationen zur Beschreibung der Gemeinschaft ein: Standort, Anzahl und Typologie der Mitglieder, verfügbare Dachflächen, Eigenschaften der Photovoltaikmodule und, soweit relevant, Speicherparameter. Eingabezellen sind gelb und Ausgabezellen grün hervorgehoben.

Das Modell ermöglicht die Analyse einer CER, die folgende Mitglieder umfassen kann:

- Einen privaten oder nicht privaten Energieerzeuger, als Erzeuger bezeichnet, der auf seiner Dachfläche ein Photovoltaikfeld nutzt.
- Einen Haushaltsverbraucher, etwa eine Wohneinheit, der nicht mit einer Photovoltaikanlage ausgestattet ist und ausschließlich Strom verbraucht.
- Einen Nicht-Haushaltsverbraucher, etwa einen industriellen oder zivilen Betrieb (Geschäfte, Theater, Hotels, Schulen usw.), der über keine Photovoltaikanlage verfügt und ausschließlich Strom verbraucht.
- Einen Haushalts-Prosumer, etwa eine Wohneinheit, der mit einer Photovoltaikanlage ausgestattet ist und ebenfalls Strom verbraucht.
- Einen Nicht-Haushalts-Prosumer, etwa einen Industriebetrieb, der über eine Photovoltaikanlage verfügt, Strom verbraucht und die Möglichkeit hat, eine Batterie zu nutzen.

Il foglio è suddiviso in 6 sezioni principali. Le tre sezioni superiori, evidenziate in azzurro o blu, si riferiscono a produttori e prosumer. Le due sezioni immediatamente sottostanti, evidenziate in arancione, riguardano i consumatori. La sezione inferiore, evidenziata in verde, è dedicata alle prestazioni energetiche, economiche e in termini di impronta di carbonio dell'intera CER.

Per produttori e prosumer fotovoltaici, la taglia dell'impianto è inserita dall'utente oppure stimata a partire dalla superficie di copertura disponibile e dall'efficienza dei pannelli ipotizzata. Il modello collega quindi le caratteristiche fisiche degli edifici con le prestazioni energetiche ed economiche attese della comunità.

Per quanto riguarda la CER, tra gli esempi di misure di prestazione energetica fornite vi sono le quantità di energia autoconsumata, prelevata dalla rete, immessa in rete e condivisa tra i membri della CER. Gli indici economici riportati sono la somma degli incentivi per l'energia condivisa e il ricavo dalla vendita dell'energia eccedente alla rete. I valori di impatto ambientale forniti si riferiscono all'impronta di carbonio associata alla produzione dei pannelli, della struttura di montaggio e dell'inverter, della produzione del sistema fotovoltaico della CER e della somma di acquisto e condivisione.

Questo modulo si basa su diverse ipotesi semplificative; ad esempio, non sono previsti impianti a terra. Inoltre, si assume che vi sia un solo produttore e un solo prosumer con accumulo, mentre gli altri membri possono essere più numerosi. La figura 01 mostra il foglio *IO_main* e un esempio di configurazione della CER. Tutte le immagini seguenti in questo capitolo si riferiscono alla stessa configurazione di CER.

Das Blatt ist in 6 Hauptabschnitte gegliedert. Die drei oberen, hellblau oder blau hervorgehobenen Abschnitte beziehen sich auf Erzeuger und Prosumer. Die zwei unmittelbar darunter liegenden, orange hervorgehobenen Abschnitte betreffen Verbraucher. Der untere, grün hervorgehobene Abschnitt ist den Kennzahlen zu Energie, Wirtschaftlichkeit und CO₂-Fußabdruck der gesamten CER gewidmet.

Für Photovoltaikerzeuger und -prosumer wird die Anlagengröße vom Nutzer eingegeben oder anhand der verfügbaren Dachfläche und der angenommenen Moduleffizienz geschätzt. Das Modell verknüpft damit die physischen Merkmale der Gebäude mit den erwarteten energetischen und wirtschaftlichen Ergebnissen der Gemeinschaft.

Für die CER gehören zu den bereitgestellten Beispielen energetischer Leistungskennzahlen die Mengen der selbst verbrauchten, aus dem Netz entnommenen, in das Netz eingespeisten und zwischen den CER-Mitgliedern gemeinsam genutzten Energie. Die ausgewiesenen wirtschaftlichen Indikatoren sind die Summe der Anreize für die gemeinsam genutzte Energie und der Erlös aus dem Verkauf der überschüssigen Energie an das Netz. Die angegebenen Umweltauswirkungen beziehen sich auf den CO₂-Fußabdruck der Herstellung der Module, der Montagestruktur und des Wechselrichters, der Produktion des Photovoltaiksystems der CER sowie der Summe aus Strombezug und gemeinsamer Nutzung.

Dieses Modul beruht auf mehreren vereinfachenden Annahmen; beispielsweise sind keine Freiflächenanlagen vorgesehen. Außerdem wird angenommen, dass es nur einen Erzeuger und nur einen Prosumer mit Speicher gibt, während die anderen Mitglieder zahlreicher sein können. Abbildung 01 zeigt das Blatt *IO_main* und ein Beispiel für eine CER-Konfiguration. Alle folgenden Abbildungen in diesem Kapitel beziehen sich auf dieselbe CER-Konfiguration.

4. ANALISI COSTI-BENEFICI DI UNA COMUNITÀ ENERGETICA KOSTEN-NUTZEN-ANALYSE EINER ENERGIEGEMEINSCHAFT

PRODUCER	Roof available	2000	m ²	Slope angle	40	°	Degr./year %	0,5	L/h	2,14	m ²	Annual production	804,7	MWh
	Latitude	46,064		Limit shading angle	25	°			PV area	932,6	m ²			
	Longitude	13,236		PV efficiency	5,0	m ² /kWp			PV size	186,5	kWp			
	Azimuth	0	°	Year (PVGIS data)	2023		UPDATE PVGIS		Annual production	213,7	MWh			
PROSUMER with STORAGE	Roof available	3000	m ²	Slope angle	40	°	Degr./year %	0,5	L/h	2,14	m ²	Annual production	804,7	MWh
	Latitude	46,064		Limit shading angle	25	°			PV area	1158,9	m ²			
	Longitude	13,236		PV efficiency	5,0	m ² /kWp			PV size	279,8	kWp			
	Azimuth	0	°	Year (PVGIS data)	2023		UPDATE PVGIS		Pmax_PV	226,3	kW			
DOMESTIC PROSUMER	Storage size	500	kWh	Eff. charge	0,99		Self discharge/month	5	Pmax_ch	162,4	kW	Annual consumption	295,2	MWh
	DOD limit	80%	%	Eff. discharge	0,8		EOI_80% storage_ye	12	Pmax_disch	140,6	kW			
	Roof available (single prosum)	40	m ²	Roof slope angle	30	°	Degr./year %	0,5	PV area	1847,5	m ²			
	Latitude	46,064		% Roof for PV	40%	%			PV size	369,5	kWp			
NON-DOMESTIC CONSUMER	Consumers:	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	Manufacturing processes			Trades (non food)			Crop farming and transportation		Livestock farming		Water supply and telecommunications		Restaurants	
	Trades (food)			Education			Food industry		Wine industry		Energy supply and rental activities		Hotels	
	Office													
DOMESTIC CONSUMER	Power	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Consumers:	0	0	20	0	0								
	Consumption	2255,2	MWh	Shared	390,7	MWh	Incentives/remuneration			52.808,76 €		Embedded CO2eq PV panels	1420	kgCO2eq/kWp
	Production	936,8	MWh	Self consumption	355,8	MWh	Dedicated withdraaf			61.788,58 €		Total embedded CO2eq	1.186,9	tCO2eq/year
CER	Self-consumption	335,8	MWh	% Production/consumption	41,5%		Total cost benefit			116.593,34 €		Total CO2eq electricity consumption	488,5	tCO2eq/year
	Taken from network	1899,3	MWh	% Shared/fed to network	67,2%		PV tot (prod + pros_w_stor + pros_dc)			835,8	kWp	CO2eq Emissions over 20 years	10.956,9	tCO2eq
	Fed to network	580,9	MWh	Shared + self consumption	746,5	MWh								

Fig. 01 Foglio principale di input e output con esempio di configurazione della CER

Abb. 01 Zentrales Ein- und Ausgabebblatt mit Beispiel einer CER-Konfiguration

4.2 Costi Kosten

Il foglio *Costs* contiene le principali ipotesi utilizzate per la valutazione economica, utilizzando dati forniti da aziende di installazione fotovoltaica del Nord-Est Italia. Riporta costi di investimento, costi di esercizio e manutenzione e costi totali per sistemi fotovoltaici (pannelli FV, strutture di montaggio e inverter), espressi in funzione della potenza installata. Include inoltre oneri di distribuzione e di sistema da includere nel costo dell'energia elettrica, nonché ipotesi di costo per i sistemi a batteria. La figura 02 mostra il foglio *Costs*.

Das Blatt *Costs* enthält die wichtigsten Annahmen für die wirtschaftliche Bewertung und verwendet Daten, die von Photovoltaik-Installationsunternehmen aus Nordostitalien bereitgestellt wurden. Es weist Investitionskosten, Betriebs- und Wartungskosten sowie Gesamtkosten für Photovoltaiksysteme (PV-Module, Montagestrukturen und Wechselrichter) in Abhängigkeit von der installierten Leistung aus. Zudem enthält es Verteilungs- und Systementgelte, die in die Stromkosten einzubeziehen sind, sowie Kostenannahmen für Batteriesysteme. Abbildung 02 zeigt das Blatt *Costs*.

PV				
	Size kW	Investment costs €/kW	O&M costs €/kW	Total costs €/kW
1	P<=20			1.450,00 €
2	20<P<=100	1.175,00 €	19,00 €	1.194,00 €
3	100<P<=200	1.047,00 €	13,00 €	1.060,00 €
4	200<P<=500	1.080,00 €	20,00 €	1.100,00 €
5	500<P<=1000	992,00 €	17,00 €	1.009,00 €
6	P> 1000	905,00 €	15,00 €	920,00 €

Electricity price	
	€/MWh
Distribution and system charges	20

Storage	
	€/kWh
Storage cost	500

Fig. 02 Foglio Costs
Abb. 02 Blatt Costs

4. ANALISI COSTI-BENEFICI DI UNA COMUNITÀ ENERGETICA
KOSTEN-NUTZEN-ANALYSE EINER ENERGIEGEMEINSCHAFT

4.3 Vita utile
Nutzungsdauer

Il foglio *Lifespan*, come mostrato in figura 03, consente all'utente di considerare la vita operativa attesa del sistema fotovoltaico. Per ciascun anno, il modello può tenere conto del degrado dei pannelli e, se è presente una batteria, della riduzione della capacità della batteria. Se la capacità della batteria scende al di sotto della soglia dell'80%, si assume la sua sostituzione.

La sezione Output mostra il passaggio da un bilancio energetico di un singolo anno a una visione di più lungo periodo della comunità, fornendo risultati per ogni anno della simulazione. Viene mostrato come il degrado possa influenzare produzione, autoconsumo, energia condivisa e prestazioni economiche lungo la vita utile del sistema. L'iterazione finale, corrispondente all'ultimo anno del ciclo di vita dei pannelli, viene restituita in *IO_main* nella sezione “CER.”

Das Blatt *Lifespan* ermöglicht, wie in Abbildung 03 gezeigt, die Berücksichtigung der erwarteten Betriebsdauer des Photovoltaiksystems. Für jedes Jahr kann das Modell die Degradation der Module und, sofern eine Batterie vorhanden ist, die Verringerung der Batteriekapazität berücksichtigen. Sinkt die Batteriekapazität unter den Schwellenwert von 80 %, wird ihr Austausch angenommen.

Der Abschnitt Output zeigt den Übergang von einer Energiebilanz für ein einzelnes Jahr zu einer längerfristigen Sicht auf die Gemeinschaft, indem Ergebnisse für jedes Jahr der Simulation bereitgestellt werden. Es wird gezeigt, wie Degradation Produktion, Eigenverbrauch, gemeinsam genutzte Energie und wirtschaftliche Leistung über die Nutzungsdauer des Systems beeinflussen kann. Die letzte Iteration, die dem letzten Jahr des Lebenszyklus der Module entspricht, wird im Abschnitt „CER“ von *IO_main* zurückgegeben.

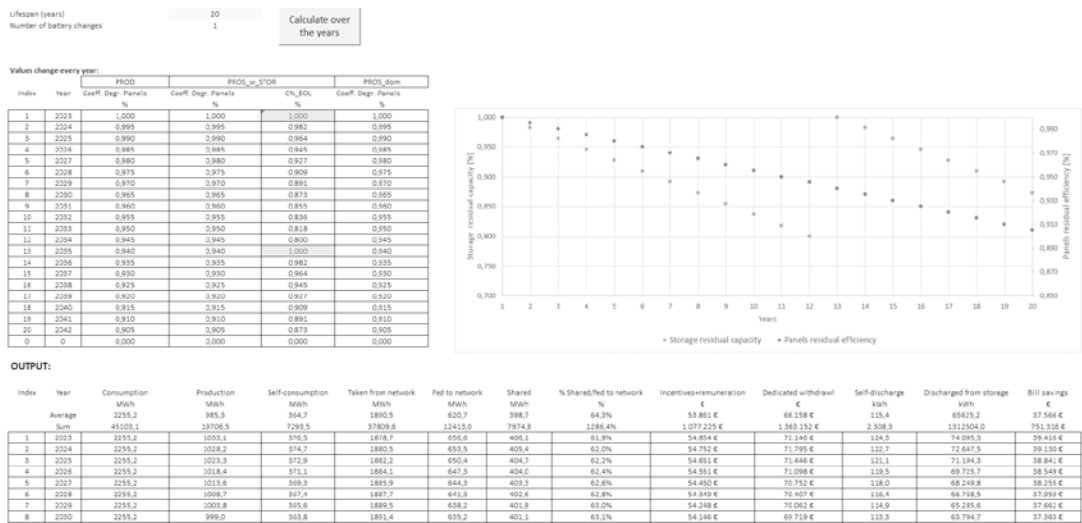


Fig. 03 Foglio *Lifespan*
Abb. 03 Blatt *Lifespan*

4.4 Produttore Erzeuger

Il foglio *PROD*, presentato in figura 04, è incentrato sul membro produttore. Si ricorda che il modello Excel consente un solo produttore puro, ovvero senza alcun consumo, nella CER simulata. Il profilo di produzione è ottenuto da PVGIS, che fornisce dati di irraggiamento solare e di prestazione fotovoltaica per località specifiche. Tutti i valori relativi al consumo (consumato, autoconsumato ed energia prelevata) sono pari a zero, poiché il consumo elettrico è nullo. In questo foglio sono forniti i valori orari di energia prodotta per chilowatt di picco di pannelli, prodotta dal membro e immessa in rete.

Das in Abbildung 04 dargestellte Blatt *PROD* konzentriert sich auf das Erzeugermitglied. Es ist zu beachten, dass das Excel-Modell in der simulierten CER nur einen reinen Erzeuger zulässt, also einen Erzeuger ohne Verbrauch. Das Produktionsprofil wird aus PVGIS abgeleitet, das für bestimmte Standorte Daten zur Sonneneinstrahlung und Photovoltaikleistung bereitstellt. Alle verbrauchsbezogenen Werte (Verbrauch, Eigenverbrauch und aus dem Netz bezogene Energie) sind null, da kein Stromverbrauch vorliegt. In diesem Blatt werden die stündlichen Werte der pro Kilowatt Peak Modulleistung erzeugten Energie, der vom Mitglied erzeugten Energie und der in das Netz eingespeisten Energie bereitgestellt.

				Plant cost					
Plant size		186,523 kWp		197.714 €					
Coeff. Degr. Panels		0,905							
PRODUCER 1									
Year	Month	Day	Hour	P 1kWp	P	C	AC	A	V
				Prod. 1kWp Wh	Produced kWh	Consumed kWh	Autoconsumed kWh	Withdrawn kWh	Entered kWh
totali:				213659,1		0,0	0,0	0,0	213659,1
01/01/2023 00:00	1	1	1	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
01/01/2023 01:00	1	1	2	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
01/01/2023 02:00	1	1	3	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
01/01/2023 03:00	1	1	4	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
01/01/2023 04:00	1	1	5	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
01/01/2023 05:00	1	1	6	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
01/01/2023 06:00	1	1	7	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
01/01/2023 07:00	1	1	8	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
01/01/2023 08:00	1	1	9	84,9	14,3		0,0	0,0	14,3
01/01/2023 09:00	1	1	10	77,8	13,1		0,0	0,0	13,1
01/01/2023 10:00	1	1	11	34,3	5,8		0,0	0,0	5,8
01/01/2023 11:00	1	1	12	43,8	7,4		0,0	0,0	7,4
01/01/2023 12:00	1	1	13	44,6	7,5		0,0	0,0	7,5
01/01/2023 13:00	1	1	14	38,6	6,5		0,0	0,0	6,5

Fig. 04 Foglio del produttore
Abb. 04 Blatt des Erzeugers

4.5 Consumatore Verbraucher

Questa sezione descrive i membri consumatori di una CER. Poiché i valori di consumo di soggetti privati, come stabilimenti industriali, negozi e uffici, spesso non sono pubblici, il modello crea profili rappresentativi basati su letteratura, rapporti, banche dati e dati raccolti tramite indagini sul territorio. Si creano così profili di consumo orario per le diverse tipologie di membri della comunità come descritto in dettaglio nel capitolo 5.

4.6.1 Consumatore domestico

Il foglio relativo al consumatore residenziale si chiama *CONS_dom* ed è mostrato in figura 05. Il modello elenca gruppi di utenti con diversa potenza contrattuale e il rispettivo consumo orario medio nel corso dell'anno. La colonna totale somma il consumo di tutti i consumatori domestici per ciascun intervallo temporale.

Dieser Abschnitt beschreibt die Verbrauchermitglieder einer CER. Da Verbrauchswerte privater Akteure wie Industriebetriebe, Geschäfte und Büros häufig nicht öffentlich sind, erzeugt das Modell repräsentative Profile auf Grundlage von Literatur, Berichten, Datenbanken und durch Erhebungen im Gebiet gesammelten Daten. So werden stündliche Verbrauchsprofile für die verschiedenen Typen von Gemeinschaftsmitgliedern erstellt, wie in Kapitel 5 im Detail beschrieben.

4.6.1 Haushaltsverbraucher

Das Blatt zum Wohnverbraucher heißt *CONS_dom* und ist in Abbildung 05 dargestellt. Das Modell listet Nutzergruppen mit unterschiedlicher vertraglich vereinbarter Leistung und deren durchschnittlichem stündlichem Verbrauch im Jahresverlauf auf. Die Spalte „Total“ summiert den Verbrauch aller Haushaltsverbraucher für jedes Zeitintervall.

Total number of domestic members 20
Total annual consumption 59038.116 kWh



DOMESTIC CONSUMERS

AVERAGE DAY

Calculate average annual day

Number of members	DOMESTIC					Total
	0	0	20	0	0	
kW contract	0<P<=1.5	1.5<P<=3	3<P<=4.5	4.5<P<=6	P>6	
01/01/2023 00:00	0.0149	0.1609	0.3227	0.4576	1.0134	6,454
01/01/2023 01:00	0.0137	0.1408	0.2796	0.4166	0.9605	5,592
01/01/2023 02:00	0.0128	0.1283	0.2602	0.399	0.9445	5,204
01/01/2023 03:00	0.0129	0.1236	0.2539	0.3949	0.9453	5,078
01/01/2023 04:00	0.013	0.1247	0.2569	0.4011	0.9605	5,138
01/01/2023 05:00	0.0136	0.1394	0.2828	0.4417	1.0435	5,656
01/01/2023 06:00	0.0154	0.186	0.3645	0.5439	1.2129	7,29
01/01/2023 07:00	0.0185	0.2339	0.453	0.6374	1.4119	9,06
01/01/2023 08:00	0.0184	0.235	0.4383	0.6105	1.3852	8,766
01/01/2023 09:00	0.0183	0.2336	0.4147	0.5564	1.2682	8,294
01/01/2023 10:00	0.0179	0.2262	0.3879	0.5013	1.1152	7,758
01/01/2023 11:00	0.0186	0.2278	0.3796	0.4732	1.0179	7,592
01/01/2023 12:00	0.0182	0.2354	0.3937	0.4772	0.9624	7,874
01/01/2023 13:00	0.0177	0.2382	0.3965	0.4724	0.9261	7,93
01/01/2023 14:00	0.0175	0.2377	0.4016	0.4798	0.9436	8,032
01/01/2023 15:00	0.0177	0.2347	0.4083	0.5055	1.0238	8,166
01/01/2023 16:00	0.0189	0.2509	0.4516	0.5803	1.2108	9,032
01/01/2023 17:00	0.0209	0.2945	0.5294	0.6818	1.4152	10,588
01/01/2023 18:00	0.0226	0.339	0.6121	0.7743	1.5306	12,242
01/01/2023 19:00	0.0239	0.367	0.6708	0.8394	1.581	13,416
01/01/2023 20:00	0.0226	0.3502	0.6443	0.8035	1.5002	12,886
01/01/2023 21:00	0.0205	0.3245	0.5944	0.7448	1.4213	11,888
01/01/2023 22:00	0.0184	0.268	0.4961	0.6367	1.2609	9,922
01/01/2023 23:00	0.0167	0.213	0.3997	0.5391	1.1321	7,994
02/01/2023 00:00	0.0149	0.1669	0.3227	0.4576	1.0134	6,454
02/01/2023 01:00	0.0137	0.1408	0.2796	0.4166	0.9605	5,592
02/01/2023 02:00	0.0128	0.1283	0.2602	0.399	0.9445	5,204
02/01/2023 03:00	0.0129	0.1236	0.2539	0.3949	0.9453	5,078

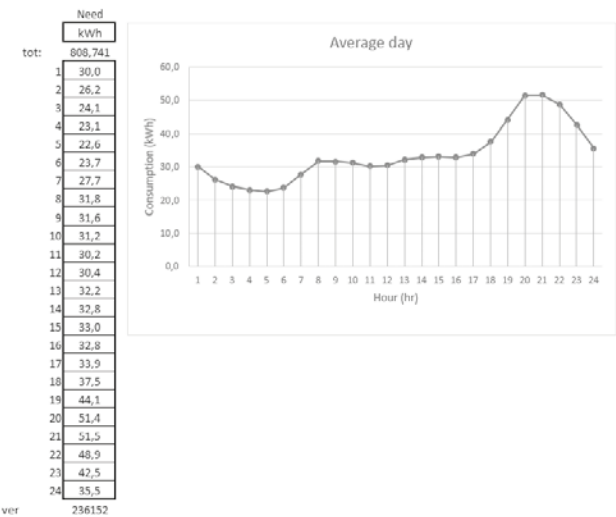


Fig. 05 Foglio relativo ai consumatori domestici
Abb. 05 Blatt zu den Haushaltsverbrauchern

4.6.2 Consumatore non-domestico

Il foglio *CONS* è dedicato ai consumatori non domestici, come uffici, istruzione, manifattura, ristoranti, hotel e ospedali, e riporta per ciascuna categoria la superficie media di utilizzo, il consumo medio annuo per metro quadrato e il fattore di distribuzione oraria. Il consumo orario di ciascuna categoria è calcolato moltiplicando il fattore di distribuzione per la rispettiva quantità media di consumo della categoria. La colonna totale somma la domanda di tutti i consumatori non domestici e può essere utilizzata per produrre un grafico di consumo di un giorno medio.

4.6.2 Nicht-Haushaltsverbraucher

Das Blatt *CONS* ist den Nicht-Haushaltsverbrauchern gewidmet, etwa Büros, Bildungseinrichtungen, verarbeitendem Gewerbe, Restaurants, Hotels und Krankenhäusern. Für jede Kategorie werden die durchschnittliche Nutzfläche, der mittlere Jahresverbrauch pro Quadratmeter und der stündliche Verteilungsfaktor angegeben. Der stündliche Verbrauch jeder Kategorie wird berechnet, indem der Verteilungsfaktor mit der jeweiligen durchschnittlichen Verbrauchsmenge der Kategorie multipliziert wird. Die Spalte „Total“ summiert die Nachfrage aller Nicht-Haushaltsverbraucher und kann zur Erstellung eines Verbrauchsdiagramms für einen Durchschnittstag verwendet werden.

4. ANALISI COSTI-BENEFICI DI UNA COMUNITÀ ENERGETICA
KOSTEN-NUTZEN-ANALYSE EINER ENERGIEGEMEINSCHAFT

Total number of consumers:
Total annual consumption

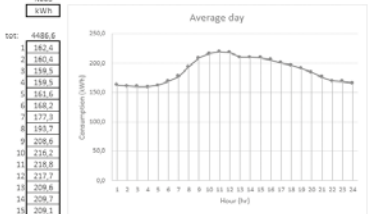
5
1310713,219 kWh

NON DOMESTIC CONSUMERS													Average day	
Floor area (m²)	23807,4	8445,0	7235,3	2624,3	13884,3	1762,3	299,8	9335,8	3037,1	1343,9	1732,9	Total		
Consumption per area (kWh/m²)	40,86	55,09	64,13	40,01	69,88	63,27	350,27	42,47	91,7	40,86	47,58			
Number of members	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	3		
	Manufacturing	Trades (non food)	Trades (food)	Education	Office	Hotels	Battery	Property management	Hospital activities	Recreational and social activities	Construction			
01/01/2023 00:00	6.113946E-05	7.446727E-05	7.623886E-05	9.145335E-05	0.0001020027	0.0001108556	8.088876E-05	0.000143938	9.899512E-05	0.0001028219	9.765322E-05	118.000264	1	182,2
01/01/2023 01:00	6.112534E-05	7.517798E-05	7.756598E-05	9.046818E-05	0.0001108001	0.0001108001	8.987188E-05	0.0001871204	9.836548E-05	0.0001088811	0.0001020025	128.931801	2	180,0
01/01/2023 02:00	6.11323E-05	7.599528E-05	7.87238E-05	9.075088E-05	0.0001026321	0.0001026112	8.612818E-05	0.0001842383	9.805877E-05	0.0001078632	9.880428E-05	128.937489	3	189,9
01/01/2023 03:00	6.183048E-05	7.768648E-05	8.078611E-05	8.845458E-05	0.0001020511	0.0001020889	8.084176E-05	0.000118111	9.88188E-05	0.0001081992	0.0001018668	128.4209178	4	189,9
01/01/2023 04:00	6.108911E-05	8.100771E-05	9.060254E-05	8.709945E-05	0.0001021735	0.0001030668	9.69106E-05	0.000185302	9.824311E-05	0.000103219	0.000103984	128.834942	5	181,6
01/01/2023 05:00	6.662111E-05	9.071054E-05	0.000106752	9.092654E-05	0.0001095666	0.000107228	0.000104206	0.000188641	0.000101498	0.000116404	0.0001095884	136.294857	6	168,2
01/01/2023 06:00	7.047251E-05	0.000107679	0.000126856	9.682911E-05	0.0001151324	0.000107085	0.000106645	0.000114081	0.000111923	0.000123599	0.000111761	145.054275	7	177,3
01/01/2023 07:00	7.30056E-05	0.000138826	0.000133718	0.000101154	0.000124527	0.000114481	0.000110787	0.000121027	0.000130564	0.000127041	0.000125153	161.641793	8	185,7
01/01/2023 08:00	7.89775E-05	0.000157917	0.00014577	0.000103169	0.00013287	0.00012872	0.00012895	0.00013224	0.000143717	0.00012462	0.000128497	176.050066	9	206,6
01/01/2023 09:00	7.88991E-05	0.000172865	0.000151377	0.000100746	0.000133144	0.00013315	0.00011361	0.000127027	0.000150204	0.000133184	0.000125634	179.407422	10	216,2
01/01/2023 10:00	7.65161E-05	0.000180388	0.0001521	0.000100862	0.000133652	0.000134024	0.000134005	0.000127432	0.000148114	0.000155778	0.000122366	180.143925	11	218,6
01/01/2023 11:00	7.56262E-05	0.000179643	0.00013415	0.000102013	0.000136555	0.000135091	0.000117161	0.000145349	0.000148269	0.000137489	0.000120771	182.588622	12	217,2
01/01/2023 12:00	7.688284E-05	0.000162881	0.000146278	9.71821E-05	0.000130176	0.000132152	0.000136006	0.000144641	0.000139317	0.000132737	0.000135231	178.875132	13	209,6
01/01/2023 13:00	7.623678E-05	0.000158283	0.000141733	9.71401E-05	0.000138053	0.000134388	0.000145464	0.000148542	0.000141108	0.000128605	0.000130865	177.043053	14	209,7
01/01/2023 14:00	7.623678E-05	0.000170153	0.000152838	9.84278E-05	0.000128143	0.000117355	0.000118711	0.000119947	0.000133848	0.000128915	0.000111867	177.084	15	208,1
01/01/2023 15:00	7.52617E-05	0.000167876	0.000131951	9.47118E-05	0.000134388	0.000111817	0.000118879	0.000138142	0.000130752	0.000139105	0.000108488	168.938688	16	205,8
01/01/2023 16:00	7.25242E-05	0.000164787	0.000118064	9.53015E-05	0.000126152	0.000118493	0.000112498	0.000123438	0.000128843	0.000130813	0.000111687	164.951585	17	200,6
01/01/2023 17:00	7.16276E-05	0.000163252	0.000154701	9.80796E-05	0.000126773	0.000127511	0.000111341	0.000110375	0.000130382	0.00013629	0.000113875	167.913964	18	196,2
01/01/2023 18:00	7.04181E-05	0.000150929	0.000149621	9.64814E-05	0.000123053	0.000133322	0.000109648	0.000117292	0.000125469	0.000131699	0.000105111	164.500512	19	190,4
01/01/2023 19:00	6.96036E-05	0.000122118	0.000128913	9.50519E-05	0.000117131	0.000136002	0.000107401	0.000117372	0.00012048	0.000131035	0.000103599	159.04017	20	185,5
01/01/2023 20:00	6.88026E-05	9.430294E-05	9.94823E-05	9.21548E-05	0.000111016	0.000136087	0.000105289	0.000123219	0.000110779	0.000123389	0.000100112	150.612545	21	175,5
01/01/2023 21:00	6.77114E-05	8.35356E-05	8.68498E-05	9.11998E-05	0.000107447	0.000131298	0.00010337	0.000108699	0.000105048	0.000118104	9.59051E-05	144.33926	22	169,1
01/01/2023 22:00	6.70832E-05	7.9911E-05	8.38162E-05	9.22117E-05	0.000102892	0.000141443	0.000103803	0.000149431	0.000102782	0.000105867	0.000108802	139.103502	23	165,5
01/01/2023 23:00	6.70593E-05	7.79247E-05	8.17678E-05	9.19075E-05	0.000103517	0.000127027	0.000102661	0.000103047	0.000108899	0.000112077	9.66103E-05	133.122654	24	165,2
02/01/2023 00:00	6.66873E-05	7.60186E-05	8.14821E-05	9.0733E-05	0.000102531	0.000120201	0.000102992	0.000144866	9.9453E-05	0.00010924	9.6841E-05	129.787469	ver	528881
02/01/2023 01:00	6.69962E-05	7.84712E-05	8.28839E-05	9.03413E-05	0.000102171	0.000114907	0.00010471	0.000145035	9.89098E-05	0.000108625	9.88197E-05	128.494853		
02/01/2023 02:00	6.67839E-05	7.84818E-05	8.17972E-05	8.88987E-05	0.000102081	0.000110453	0.00010642	0.000131811	9.78188E-05	0.000108186	9.86408E-05	128.972137		
02/01/2023 03:00	6.68723E-05	7.70357E-05	8.10077E-05	8.78398E-05	0.000102443	0.000102988	0.000108737	0.000131888	9.73988E-05	0.000106787	0.000101008	127.18086		
02/01/2023 04:00	6.78123E-05	7.88388E-05	9.39833E-05	8.73847E-05	0.000108605	0.000108187	0.000112899	0.000131888	9.73793E-05	0.000107846	0.000104802	128.968629		

Need kWh

528881

Calculate the average annual day



4.6 Prosumer

Prosumer

Un prosumer è un membro che produce e consuma elettricità. Nel modello, un profilo di produzione fotovoltaica (come visto in *PROD*) è combinato con un profilo di consumo (come visto in *CONS_dom*) e viene calcolato il bilancio orario.

Ein Prosumer ist ein Mitglied, das Strom erzeugt und verbraucht. Im Modell wird ein Photovoltaik-Produktionsprofil (wie in *PROD* gesehen) mit einem Verbrauchsprofil (wie in *CONS_dom* gesehen) kombiniert und die stündliche Bilanz berechnet.

4.7.1 Prosumer domestico

Il foglio *PROS_dom* combina il consumo residenziale con la produzione fotovoltaica. Per ciascuna ora dell'anno calcola produzione, consumo, autoconsumo, elettricità immessa in rete ed elettricità prelevata dalla rete. Nel modello, i prosumer domestici non dispongono di batteria.

4.7.1 Haushalts-Prosumer

Das Blatt *PROS_dom* kombiniert den Wohnverbrauch mit der Photovoltaikproduktion. Für jede Stunde des Jahres berechnet es Produktion, Verbrauch, Eigenverbrauch, in das Netz eingespeisten Strom und aus dem Netz entnommenen Strom. Im Modell verfügen Haushalts-Prosumer über keine Batterie.

4.7.2 Prosumer non domestico

Il foglio *PROS_w_STOR*, come mostrato in figura 07, contiene dati sul prosumer non domestico con la possibilità di utilizzare una batteria per l'accumulo energetico. Contiene le stesse variabili del foglio *PROD*, con quattro colonne aggiuntive necessarie per calcolare le interazioni tra il sistema e la batteria:

- Flussi di energia in entrata e in uscita dalla batteria.
- Stato di carica orario della batteria.

4.7.2 Nicht-Haushalts-Prosumer

Das Blatt *PROS_w_STOR* enthält, wie in Abbildung 07 gezeigt, Daten zum Nicht-Haushalts-Prosumer mit der Möglichkeit, eine Batterie zur Energiespeicherung zu nutzen. Es enthält dieselben Variablen wie das Blatt *PROD*, mit vier zusätzlichen Spalten, die zur Berechnung der Wechselwirkungen zwischen dem System und der Batterie erforderlich sind:

- Energieflüsse in die Batterie und aus der Batterie.

4. ANALISI COSTI-BENEFICI DI UNA COMUNITÀ ENERGETICA
KOSTEN-NUTZEN-ANALYSE EINER ENERGIEGEMEINSCHAFT

- Perdite dovute alla carica e alla scarica.
- Energia utile prelevata dalla batteria per coprire la domanda.

Il modello è stato sviluppato per favorire l'autoconsumo in caso di surplus di produzione. Ogni volta che la produzione supera il consumo, su base oraria, l'energia in eccesso viene utilizzata prima per riempire il sistema di accumulo e l'energia residua viene venduta. Al contrario, in caso di deficit di produzione, l'energia mancante viene prima prelevata dalla batteria e, come ultima opzione, acquistata.

- Stündlicher Ladezustand der Batterie.
- Verluste durch Laden und Entladen.
- Nutzenergie, die der Batterie entnommen wird, um die Nachfrage zu decken.

Das Modell wurde entwickelt, um den Eigenverbrauch bei Produktionsüberschüssen zu begünstigen. Wenn die Produktion stündlich den Verbrauch übersteigt, wird die überschüssige Energie zunächst zum Laden des Speichersystems genutzt; die verbleibende Energie wird verkauft. Umgekehrt wird bei einem Produktionsdefizit die fehlende Energie zunächst der Batterie entnommen und erst als letzte Option gekauft.

Plant size		279,785 kWp	Plant cost		Siniziale	100 kWh																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
------------	--	-------------	------------	--	-----------	---------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fig. 07 Foglio del prosumer con accumulo
Abb. 07 Blatt des Prosumers mit Speicher

4.7 Bilancio energetico della CER

Energiebilanz der CER

Il foglio *CER_energy* aggrega tutti i profili di produzione e consumo ed effettua il bilancio energetico orario della CER. Il foglio include:

- Un riepilogo della domanda energetica totale, dell'energia prodotta, autoconsumata, prelevata e immessa in rete dall'intera CER.
- L'energia condivisa all'interno della CER.
- Il bilancio energetico di un giorno medio, prodotto mediando la stessa ora nel corso dell'anno.
- Il bilancio energetico di un giorno specifico, scelto dall'utente, con il relativo grafico.

L'energia condivisa è calcolata come il minimo tra l'energia prelevata e l'energia immessa in rete in ciascuna ora, come definito dalla legislazione italiana. In altri termini, è l'energia prodotta da alcuni membri e consumata virtualmente da altri membri nello stesso intervallo orario. Questo valore non è rilevante per l'utente austriaco, poiché gli incentivi in Austria non si basano sull'energia condivisa. La figura 08 mostra il bilancio energetico in tabelle e la figura 09 mostra il bilancio energetico del giorno medio annuale e di un giorno specifico.

Das Blatt *CER_energy* aggregiert alle Produktions- und Verbrauchsprofile und erstellt die stündliche Energiebilanz der CER. Das Blatt umfasst:

- Eine Zusammenfassung der gesamten Energienachfrage sowie der von der gesamten CER erzeugten, selbst verbrauchten, entnommenen und in das Netz eingespeisten Energie.
- Die innerhalb der CER gemeinsam genutzte Energie.
- Die Energiebilanz eines Durchschnittstages, erstellt durch Mittelung derselben Stunde über das Jahr.
- Die Energiebilanz eines vom Nutzer ausgewählten spezifischen Tages mit dem zugehörigen Diagramm.

Die gemeinsam genutzte Energie wird als Minimum zwischen der aus dem Netz entnommenen und der in das Netz eingespeisten Energie in jeder Stunde berechnet, wie es die italienische Gesetzgebung definiert. Mit anderen Worten handelt es sich um Energie, die von einigen Mitgliedern erzeugt und im selben Stundenintervall virtuell von anderen Mitgliedern verbraucht wird. Dieser Wert ist für den österreichischen Nutzer nicht relevant, da die Förderungen in Österreich nicht auf der gemeinsam genutzten Energie basieren. Abbildung 08 zeigt die Energiebilanz in Tabellenform, und Abbildung 09 zeigt die Energiebilanz des jährlichen Durchschnittstages sowie eines spezifischen Tages.

4. ANALISI COSTI-BENEFICI DI UNA COMUNITÀ ENERGETICA KOSTEN-NUTZEN-ANALYSE EINER ENERGIEGEMEINSCHAFT

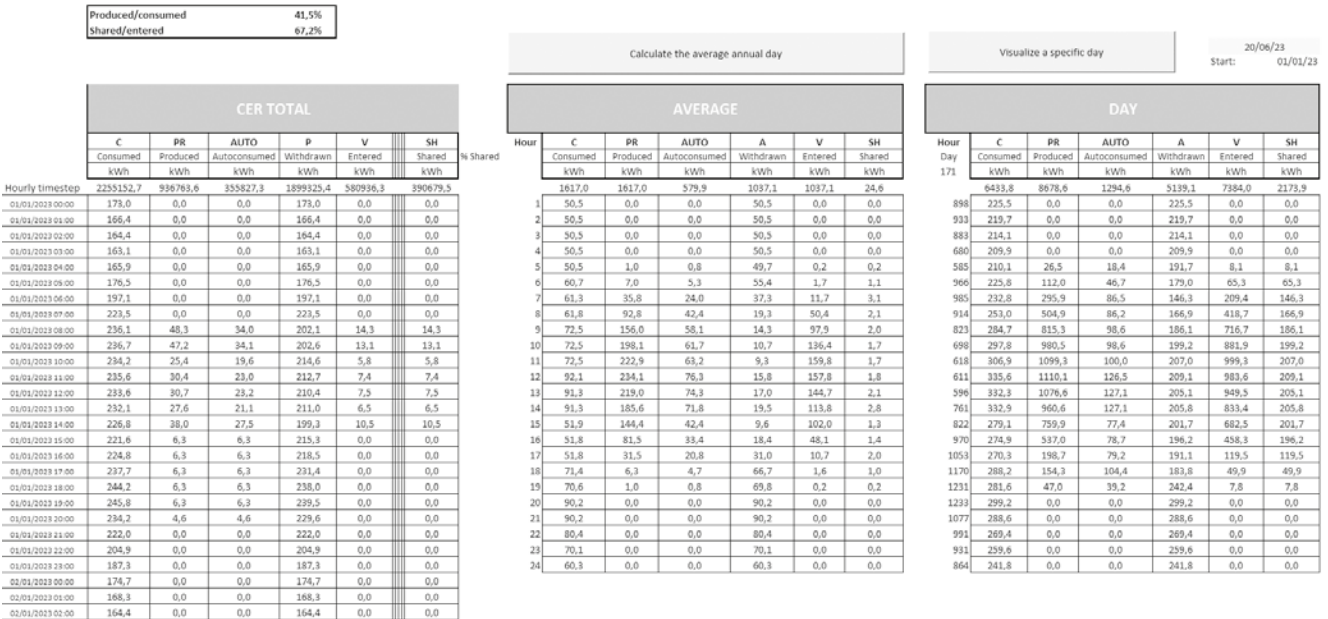


Fig. 08 Valori del bilancio energetico orario della CER
Abb. 08 Werte der stündlichen Energiebilanz der CER

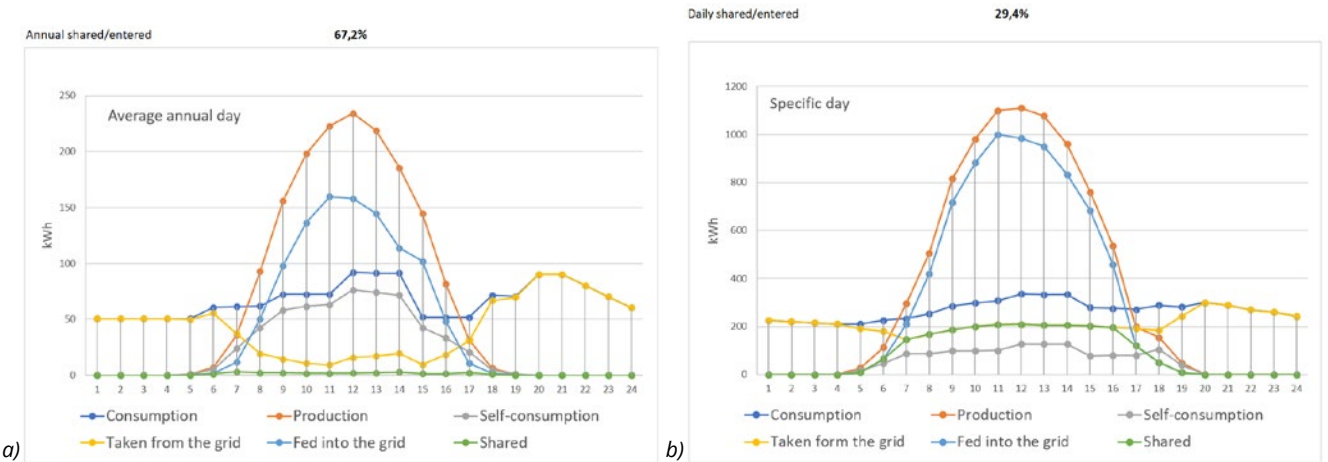


Fig. 09 Bilancio energetico della CER per a) un giorno medio annuale e b) un giorno specifico scelto dall'utente
Abb. 09 Energiebilanz der CER für a) einen jährlichen Durchschnittstag und b) einen vom Nutzer ausgewählten spezifischen Tag

4.8 Impatto ambientale in termini di emissioni di CO2

Umweltauswirkungen in Bezug auf CO2-Emissionen

Il foglio *CER_CO2* valuta l'impronta di carbonio della CER in termini di emissioni equivalenti di CO2 dovute all'utilizzo dei pannelli fotovoltaici e al consumo di energia elettrica da parte dei membri. Le emissioni associate al consumo sono calcolate sottraendo alle emissioni associate all'energia elettrica acquistata dalla rete, quelle associate all'energia condivisa che viene considerata a bilancio pressoché neutro, poiché generata da fonte rinnovabile e utilizzata a livello locale. Come mostrato in figura 10, in questo foglio viene ripetuto il bilancio energetico complessivo della CER proveniente da *CER_energy* e sono fornite le seguenti nuove informazioni:

- Il fattore di emissione orario della trasmissione dell'elettricità all'interno della rete.
- L'impronta di carbonio dell'elettricità acquistata.
- L'impronta di carbonio dell'elettricità condivisa.

Das Blatt *CER_CO2* bewertet den CO2-Fußabdruck der CER in Form von CO2-Äquivalentemissionen, die durch die Nutzung der Photovoltaikmodule und den Stromverbrauch der Mitglieder entstehen. Die mit dem Verbrauch verbundenen Emissionen werden berechnet, indem von den Emissionen des aus dem Netz bezogenen Stroms die Emissionen der gemeinsam genutzten Energie abgezogen werden; diese wird bilanziell als nahezu neutral betrachtet, da sie aus erneuerbarer Quelle erzeugt und lokal genutzt wird. Wie in Abbildung 10 gezeigt, wird in diesem Blatt die aus *CER_energy* stammende Gesamtenergiebilanz der CER wiederholt und es werden folgende zusätzliche Informationen bereitgestellt:

- Der stündliche Emissionsfaktor der Stromübertragung innerhalb des Netzes.
- Der CO2-Fußabdruck des bezogenen Stroms.
- Der CO2-Fußabdruck des gemeinsam genutzten Stroms.

4. ANALISI COSTI-BENEFICI DI UNA COMUNITÀ ENERGETICA
KOSTEN-NUTZEN-ANALYSE EINER ENERGIEGEMEINSCHAFT

TOTALE CER CONSUMPTION CO2										
day	C	PR	AUTO	P	V	SH	CO2 PRODUCED			
	Consumed	Produced	Autoconsumed	Withdrawn	Entered	Shared	Factor	Withdrawn	Shared	Total
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kgCO2eq/kWh	kgCO2eq	kgCO2eq	kgCO2eq
day	2255152,7	936763,6	355827,3	1899325,4	580936,3	390679,5	0,3128	600170,8	-111666,9	488503,9
01/01/2023 00:00	173,0	0,0	0,0	173,0	0,0	0,0	0,367	63,5	0,0	63,5
01/01/2023 01:00	166,4	0,0	0,0	166,4	0,0	0,0	0,371	61,7	0,0	61,7
01/01/2023 02:00	164,4	0,0	0,0	164,4	0,0	0,0	0,369	60,6	0,0	60,6
01/01/2023 03:00	163,1	0,0	0,0	163,1	0,0	0,0	0,360	58,7	0,0	58,7
01/01/2023 04:00	165,9	0,0	0,0	165,9	0,0	0,0	0,351	58,3	0,0	58,3
01/01/2023 05:00	176,5	0,0	0,0	176,5	0,0	0,0	0,356	62,8	0,0	62,8
01/01/2023 06:00	197,1	0,0	0,0	197,1	0,0	0,0	0,355	70,0	0,0	70,0
01/01/2023 07:00	223,5	0,0	0,0	223,5	0,0	0,0	0,353	78,9	0,0	78,9
01/01/2023 08:00	236,1	48,3	34,0	202,1	14,3	14,3	0,335	67,6	-4,8	62,8
01/01/2023 09:00	236,7	47,2	34,1	202,6	13,1	13,1	0,320	64,8	-4,2	60,6
01/01/2023 10:00	234,2	25,4	19,6	214,6	5,8	5,8	0,314	67,3	-1,8	65,5
01/01/2023 11:00	235,6	30,4	23,0	212,7	7,4	7,4	0,310	65,8	-2,3	63,5
01/01/2023 12:00	233,6	30,7	23,2	210,4	7,5	7,5	0,315	66,3	-2,4	63,9
01/01/2023 13:00	232,1	27,6	21,1	211,0	6,5	6,5	0,320	67,6	-2,1	65,5
01/01/2023 14:00	226,8	38,0	27,5	199,3	10,5	10,5	0,326	65,0	-3,4	61,6
01/01/2023 15:00	221,6	6,3	6,3	215,3	0,0	0,0	0,343	73,8	0,0	73,8

Fig. 10 Impronta di CO2 della trasmissione elettrica
Abb. 10 CO2-Fußabdruck der Stromübertragung

4.9 Incentivi e tariffa premio

Anreize und Prämientarif

Il foglio *tariffa_premio* è utilizzato esclusivamente per calcolare la tariffa premio applicata all'energia condivisa all'interno della CER secondo la normativa italiana. La tariffa è funzione della potenza totale installata, del prezzo zonale orario approssimato con il prezzo unico nazionale orario (PUN) e della localizzazione geografica dell'impianto. Il foglio è mostrato in figura 11.

Il foglio *CER_incentives* è utilizzato per stimare la somma degli incentivi corrisposti alla CER per la condivisione dell'elettricità, composta dalla tariffa premio e dal corrispettivo di valorizzazione. Quest'ultimo è proporzionale alla quantità di energia condivisa all'interno della CER ed è riconosciuto per le mancate perdite di rete date da produzione e consumo locale. Inoltre, viene calcolato il ritiro dedicato, assumendo come prezzo di vendita dell'energia eccedente alla rete il PUN.

Questi due fogli implementano l'algoritmo di incentivazione italiano. Questa simulazione è un esempio del quadro italiano con diverse ipotesi. Altri Paesi possono richiedere ipotesi e input economici differenti a causa di diverse legislazioni e opzioni di finanziamento, che possono comunque essere inserite facilmente nel modello di calcolo.

Das Blatt *tariffa_premio* wird ausschließlich zur Berechnung des Prämientarifs verwendet, der nach italienischer Regelung auf die innerhalb der CER gemeinsam genutzte Energie angewendet wird. Der Tarif ist eine Funktion der insgesamt installierten Leistung, des stündlichen zonalen Preises, der näherungsweise mit dem stündlichen einheitlichen nationalen Preis (PUN) abgebildet wird, und des geografischen Standorts der Anlage. Das Blatt ist in Abbildung 11 dargestellt.

Das Blatt *CER_incentives* wird verwendet, um die Summe der Anreize zu schätzen, die der CER für die gemeinsame Nutzung von Strom gezahlt werden; sie setzt sich aus dem Prämientarif und der Vergütung für die Wertanrechnung zusammen. Letztere ist proportional zur innerhalb der CER gemeinsam genutzten Energiemenge und wird für vermiedene Netzverluste durch lokale Produktion und lokalen Verbrauch gewährt. Außerdem wird der ritiro dedicato berechnet, wobei der PUN als Verkaufspreis der überschüssigen Energie an das Netz angenommen wird.

Diese beiden Blätter implementieren den italienischen Förderalgorithmus. Diese Simulation ist ein Beispiel des italienischen Rahmens mit mehreren Annahmen. Andere Länder können aufgrund unterschiedlicher Rechtsvorschriften und Finanzierungsoptionen andere wirtschaftliche Annahmen und Eingaben erfordern, die jedoch problemlos in das Berechnungsmodell aufgenommen werden können.

4. ANALISI COSTI-BENEFICI DI UNA COMUNITÀ ENERGETICA
KOSTEN-NUTZEN-ANALYSE EINER ENERGIEGEMEINSCHAFT

PREMIUM TARRIFF				
	PUN	<=200 kW	>200 - <=600 kW	> 600 kW
	€/MWh	€/MWh	€/MWh	€/MWh
day	127,24	113,01	103,01	93,01
01/01/2023 00:00	195,9	80,0	70,0	60,0
01/01/2023 01:00	191,1	80,0	70,0	60,0
01/01/2023 02:00	188,0	80,0	70,0	60,0
01/01/2023 03:00	187,8	80,0	70,0	60,0
01/01/2023 04:00	187,7	80,0	70,0	60,0
01/01/2023 05:00	187,7	80,0	70,0	60,0
01/01/2023 06:00	187,2	80,0	70,0	60,0
01/01/2023 07:00	187,8	80,0	70,0	60,0
01/01/2023 08:00	186,5	80,0	70,0	60,0
01/01/2023 09:00	186,5	80,0	70,0	60,0
01/01/2023 10:00	177,3	82,8	72,8	62,8
01/01/2023 11:00	168,5	91,5	81,5	71,5
01/01/2023 12:00	173,0	87,0	77,0	67,0
01/01/2023 13:00	165,9	94,1	84,1	74,1
01/01/2023 14:00	179,7	80,3	70,3	60,3
01/01/2023 15:00	188,1	80,0	70,0	60,0
01/01/2023 16:00	193,7	80,0	70,0	60,0
01/01/2023 17:00	213,4	80,0	70,0	60,0
01/01/2023 18:00	230,0	80,0	70,0	60,0
01/01/2023 19:00	243,4	80,0	70,0	60,0
01/01/2023 20:00	235,0	80,0	70,0	60,0
01/01/2023 21:00	203,3	80,0	70,0	60,0
01/01/2023 22:00	190,9	80,0	70,0	60,0
01/01/2023 23:00	187,3	80,0	70,0	60,0
02/01/2023 00:00	187,3	80,0	70,0	60,0
02/01/2023 01:00	187,2	80,0	70,0	60,0
02/01/2023 02:00	180,0	80,0	70,0	60,0
02/01/2023 03:00	180,0	80,0	70,0	60,0
02/01/2023 04:00	185,9	80,0	70,0	60,0

Fig. 11 Calcolo della tariffa premio
Abb. 11 Berechnung des Prämientarifs

1. Calcolo della tariffa premio

La tariffa premio spettante applicabile all'energia elettrica condivisa, espressa in €/MWh, è determinata sulla base della presente formula:

a) per impianti di potenza > 600 kW

$$TIP: 60 + \max(0, 180 - Pz)$$

Dove Pz è il prezzo zonale orario dell'energia elettrica.

La tariffa premio non può eccedere il valore di 100 €/MWh.

b) per impianti di potenza > 200 kW e ≤ 600 kW

$$TIP: 70 + \max(0, 180 - Pz)$$

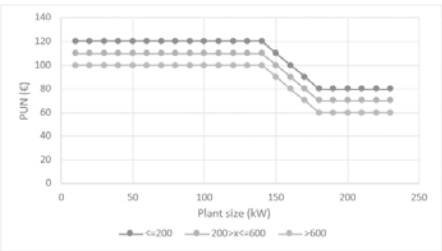
Dove Pz è il prezzo zonale orario dell'energia elettrica.

La tariffa premio non può eccedere il valore di 110 €/MWh.

c) Per impianti di potenza ≤ 200 kW

$$TIP: 80 + \max(0, 180 - Pz)$$

Dove Pz è il prezzo zonale orario dell'energia elettrica.



PUN	<=200 kW	>200 - <=600 kW	> 600 kW
10	120	110	100
20	120	110	100
30	120	110	100
40	120	110	100
50	120	110	100
60	120	110	100
70	120	110	100
80	120	110	100
90	120	110	100
100	120	110	100
110	120	110	100
120	120	110	100
130	120	110	100
140	120	110	100
150	110	100	90
160	100	90	80
170	90	80	70
180	80	70	60
190	80	70	60
200	80	70	60
210	80	70	60
220	80	70	60
230	80	70	60

4.10 Implementazione in ambiente Python

Implementierung in Python-Umgebung

L'algoritmo sviluppato è stato implementato in Python al fine di realizzare uno strumento di simulazione delle CER flessibile, scalabile e integrabile con l'ambiente GIS del progetto. Tale scelta consente, da un lato, l'integrazione con lo strumento multicriterio finale ospitato nell'applicazione open-source di mappatura web GIS Lizmap, discussa nel Capitolo 3, e, dall'altro, il collegamento con PVGIS, utilizzato come fonte dati e calcolatore per la stima della produzione fotovoltaica. La maggiore capacità di gestire input su larga scala e di automatizzare i calcoli permette inoltre di rappresentare configurazioni di CER più complesse e più vicine a casi reali, includendo più produttori, prosumer e consumatori.

Il flusso delle informazioni tra il codice Python e lo strumento multicriterio è mostrato in figura 12. L'utente seleziona superfici di copertura ed edifici in Lizmap e l'interfaccia produce valori che Python utilizza come dati di input. Questi dati includono area, pendenza, orientamento, coordinate geografiche, numero di unità abitative e categoria dell'edificio. Il codice Python elabora questi dati e stima la capacità fotovoltaica installabile sulle superfici di copertura selezionate. Allo stesso tempo, il codice assegna un profilo di consumo a ciascun edificio in base al suo settore prevalente, ovvero domestico, civile o manifatturiero, e più specificamente in base alla categoria catastale prevalente nell'edificio.

Der entwickelte Algorithmus wurde in Python implementiert, um ein flexibles, skalierbares und in die GIS-Umgebung des Projekts integrierbares CER-Simulationswerkzeug zu realisieren. Diese Wahl ermöglicht einerseits die Integration mit dem finalen Multikriterienwerkzeug, das in der Open-Source-Web-GIS-Kartierungsanwendung Lizmap gehostet wird und in Kapitel 3 erläutert ist, und andererseits die Verbindung mit PVGIS, das als Datenquelle und Rechner zur Schätzung der Photovoltaikproduktion dient. Die größere Fähigkeit, Eingangsdaten in großem Maßstab zu verarbeiten und Berechnungen zu automatisieren, ermöglicht außerdem die Darstellung komplexerer und realitätsnäherer CER-Konfigurationen, einschließlich mehrerer Erzeuger, Prosumer und Verbraucher.

Der Informationsfluss zwischen dem Python-Code und dem Multikriterienwerkzeug ist in Abbildung 12 dargestellt. Der Nutzer wählt in Lizmap Dachflächen und Gebäude aus, und die Schnittstelle erzeugt Werte, die Python als Eingabedaten verwendet. Diese Daten umfassen Fläche, Neigung, Ausrichtung, geografische Koordinaten, Anzahl der Wohneinheiten und Gebäudekategorie. Der Python-Code verarbeitet diese Daten und schätzt die auf den ausgewählten Dachflächen installierbare Photovoltaikkapazität. Gleichzeitig weist der Code jedem Gebäude anhand seines vorherrschenden Sektors, also Haushalt, Dienstleistung oder Produktion,

4. ANALISI COSTI-BENEFICI DI UNA COMUNITÀ ENERGETICA KOSTEN-NUTZEN-ANALYSE EINER ENERGIEGEMEINSCHAFT

Ogni edificio, ora considerato membro della CER, ha una propria domanda elettrica e una propria produzione fotovoltaica. I membri vengono quindi aggregati in un'unica CER e il bilancio annuale è calcolato ora per ora.

und genauer anhand der im Gebäude vorherrschenden Katasterkategorie ein Verbrauchsprofil zu. Jedes Gebäude, nun als Mitglied der CER betrachtet, hat seine eigene Stromnachfrage und seine eigene Photovoltaikproduktion. Die Mitglieder werden anschließend zu einer einzigen CER aggregiert, und die Jahresbilanz wird Stunde für Stunde berechnet.

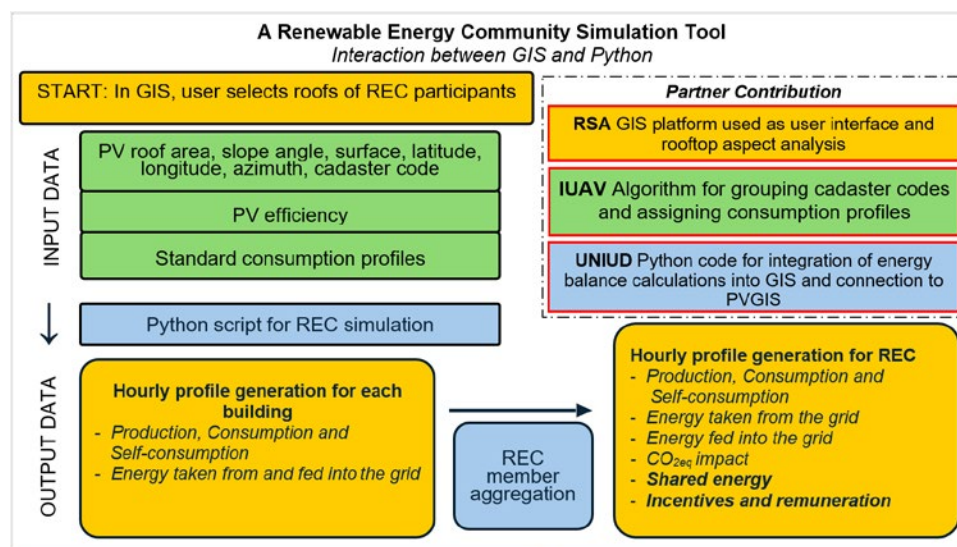


Fig. 12 Schema di integrazione tra lo strumento multicriterio GIS e il modello Python

Abb. 12 Schema der Integration zwischen dem GIS-Multikriterienwerkzeug und dem Python-Modell

L'implementazione in Python è organizzata in diversi script:

- Uno script **principale** legge i dati di input, avvia la fase di pre-processing, crea i membri della CER e stampa i risultati finali.
- Uno script di **pre-processing** raggruppa le superfici di copertura per orientamento e prepara i profili di produzione.
- Uno script per ogni **prosumer** calcola produzione, consumo, autoconsumo, funzionamento dell'accumulo e scambi con la rete per ciascun membro.
- Uno script **CER** aggrega tutti i membri, calcola energia condivisa, incentivi economici, profili del giorno medio e output Excel.

Il modello Python calcola e restituisce in Lizmap i risultati del bilancio energetico, economico e ambientale della CER. Gli indicatori energetici calcolati sono la capacità fotovoltaica totale installata e l'energia prodotta, consumata, autoconsumata, prelevata dalla rete, immessa in rete e condivisa. I risultati economici includono i ricavi totali su 20 anni, il tempo di ritorno semplice e la variazione relativa del risparmio annuo dovuta all'implementazione della comunità. Si noti che il codice Python semplifica la valutazione economica utilizzando valori medi di costo per chilowatt di potenza, invece di calcolare il costo in funzione della taglia dell'impianto fotovoltaico, come avviene nella cartella di lavoro Excel. Sono inoltre calcolati indicatori ambientali della CER, come le emissioni totali di CO₂ su 20 anni e la variazione relativa del risparmio annuo di CO₂eq dovuta all'implementazione della comunità.

Nel complesso, lo strumento della cartella di lavoro Excel e il codice Python forniscono una base combinata per la valutazione delle CER. Il modello Excel offre un ambiente di calcolo trasparente e strutturato, mentre Python migliora scalabilità, automazione e integrazione con strumenti geospaziali. Insieme, supportano

Die Python-Implementierung ist in mehrere Skripte gegliedert:

- Ein **Hauptskript** liest die Eingabedaten, startet die Vorverarbeitung, erstellt die CER-Mitglieder und gibt die Endergebnisse aus.
- Ein **Vorverarbeitungsskript** gruppiert die Dachflächen nach Ausrichtung und bereitet die Produktionsprofile vor.
- Ein Skript für jeden **Prosumer** berechnet Produktion, Verbrauch, Eigenverbrauch, Speicherbetrieb und Netzaustausch für jedes Mitglied.
- Ein **CER-Skript** aggregiert alle Mitglieder, berechnet gemeinsam genutzte Energie, wirtschaftliche Anreize, Profile des Durchschnittstages und Excel-Ausgaben.

Das Python-Modell berechnet die Ergebnisse der energetischen, wirtschaftlichen und ökologischen Bilanz der CER und gibt sie an Lizmap zurück. Die berechneten energetischen Indikatoren sind die insgesamt installierte Photovoltaikkapazität sowie die erzeugte, verbrauchte, selbst verbrauchte, aus dem Netz entnommene, in das Netz eingespeiste und gemeinsam genutzte Energie. Die wirtschaftlichen Ergebnisse umfassen die Gesamterlöse über 20 Jahre, die einfache Amortisationszeit und die relative Veränderung der jährlichen Einsparung aufgrund der Umsetzung der Gemeinschaft. Es ist zu beachten, dass der Python-Code die wirtschaftliche Bewertung vereinfacht, indem er durchschnittliche Kostenwerte pro Kilowatt Leistung verwendet, statt die Kosten in Abhängigkeit von der Größe der Photovoltaikanlage zu berechnen, wie es in der Excel-Arbeitsmappe geschieht. Außerdem werden Umweltindikatoren der CER berechnet, etwa die gesamten CO₂-Emissionen über 20 Jahre und die relative Veränderung der jährlichen CO₂eq-Einsparung aufgrund der Umsetzung der Gemeinschaft.

Insgesamt bilden das Excel-Arbeitsmappenwerkzeug und der Python-Code eine kombinierte Grundlage für die Bewertung von CER. Das Excel-Modell bietet eine transparente und strukturierte Berechnungsumgebung,

4. ANALISI COSTI-BENEFICI DI UNA COMUNITÀ ENERGETICA KOSTEN-NUTZEN-ANALYSE EINER ENERGIEGEMEINSCHAFT

la valutazione preliminare delle comunità energetiche traducendo dati degli edifici, potenziale fotovoltaico, profili di consumo, regole di incentivazione e fattori di emissione in una procedura semplificata, applicabile in ultima analisi al processo decisionale.

während Python Skalierbarkeit, Automatisierung und Integration mit georäumlichen Werkzeugen verbessert. Gemeinsam unterstützen sie die Vorabbewertung von Energiegemeinschaften, indem sie Gebäudedaten, Photovoltaikpotenzial, Verbrauchsprofile, Förderregeln und Emissionsfaktoren in ein vereinfachtes Verfahren überführen, das letztlich im Entscheidungsprozess angewendet werden kann.

5

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

**Datengestaltung institutioneller
Daten zur energetischen
Klassifizierung des Gebäudebestands**

Giovanni Borga
Marlee Wasserman



Di seguito viene descritta e dettagliata una procedura di elaborazione di dati su base geografica per la classificazione del patrimonio edilizio del comune di Pieve di Cadore, Provincia di Belluno (BL), replicata con leggere variazioni per il comune di Borgo Valbelluna (BL) e Maniago, Provincia di Pordenone (PN). La procedura in oggetto è finalizzata a condurre elaborazioni statistiche e simulazioni del comportamento energetico a scala urbana e, più specificatamente, è legata all'obiettivo di definire un protocollo sistematico e replicabile, basato su dati istituzionali consolidati, utile allo sviluppo di applicazioni interoperabili sui temi della pianificazione ed dell'efficientamento energetico delle città.

Il livello di dettaglio dei risultati e le tolleranze ammesse nella quantificazione degli indici sono state stabilite bilanciando da un lato la fattibilità dei calcoli in funzione dei dati disponibili, dall'altro l'incidenza degli errori, in ragione di una scala di analisi che volutamente non si spinge al dettaglio del singolo edificio ma si mantiene "a scala di isolato urbano". Le assunzioni di partenza quindi, pur riducendo l'accuratezza dei risultati finali, permettono la definizione di una procedura comunque applicabile, facilmente scalabile e adattabile a tutte le realtà urbane del territorio nazionale, per il quale i dati istituzionali disponibili sono di norma affetti da limiti e incongruenze storicamente noti, nonché in buona parte metabolizzati all'interno delle procedure amministrative correnti.

Im Folgenden wird ein Verfahren zur Verarbeitung geografisch basierter Daten für die Klassifizierung des Gebäudebestands der Gemeinde Pieve di Cadore, Provinz Belluno (BL), beschrieben und im Detail erläutert; es wurde mit geringfügigen Abweichungen für die Gemeinde Borgo Valbelluna (BL) und Maniago, Provinz Pordenone (PN), repliziert. Das betreffende Verfahren dient der Durchführung statistischer Auswertungen und Simulationen des energetischen Verhaltens auf städtischer Ebene und ist genauer mit dem Ziel verbunden, ein systematisches und replizierbares Protokoll auf der Grundlage konsolidierter institutioneller Daten zu definieren, das für die Entwicklung interoperabler Anwendungen zu Fragen der Stadtplanung und der energetischen Effizienzsteigerung von Städten nützlich ist.

Der Detaillierungsgrad der Ergebnisse und die zulässigen Toleranzen bei der Quantifizierung der Indizes wurden festgelegt, indem einerseits die Durchführbarkeit der Berechnungen in Abhängigkeit von den verfügbaren Daten und andererseits die Auswirkungen der Fehler berücksichtigt wurden, und zwar im Hinblick auf einen Analysemaßstab, der bewusst nicht bis ins Detail des einzelnen Gebäudes reicht, sondern „auf Ebene des städtischen Blocks“ verbleibt. Die Ausgangsannahmen verringern daher zwar die Genauigkeit der Endergebnisse, ermöglichen aber die Definition eines dennoch anwendbaren, leicht skalierbaren und anpassbaren Verfahrens für alle städtischen Gegebenheiten des nationalen Gebiets, für das die verfügbaren institutionellen Daten in der Regel von historisch bekannten Grenzen und Inkonsistenzen geprägt sind, die zudem zu einem großen Teil in den laufenden Verwaltungsverfahren verarbeitet wurden.

5.1 Dataset disponibili

Verfügbare Datensätze

La classificazione che si ottiene da questa procedura ha il suo punto più critico nell'integrazione delle caratteristiche dimensionali dell'edificio fisico con quelle relative alla categorizzazione amministrativa presente nell'archivio catastale che viene definita sulla base della destinazione d'uso e del livello di dotazione e finitura di ciascun immobile. Questa criticità tocca due diversi aspetti; il primo riguarda l'impossibilità oggettiva di correlare in modo rigoroso la materializzazione fisica degli edifici (il fabbricato) con la loro rappresentazione a livello amministrativo (lo stato di diritto di un immobile). Questo aspetto, in Italia, assume una particolare rilevanza anche per uno storico vulnus delle banche dati catastali che in altre nazioni è stato già risolto ma che nelle nostre realtà urbane continua a mostrare limiti pesanti di accuratezza sia geometrica (mappe), sia temporale (storico delle variazioni). Un secondo aspetto è dovuto invece alla natura stessa dei dati da correlare, ma è reso maggiormente critico sempre in virtù della suddetta inaccuracy degli archivi catastali; si tratta in sostanza della necessità di ricostruire le relazioni tra titolarità amministrativa e categorizzazione catastale, espressa per singola unità (subalterno), e i fabbricati fisici che tipicamente incorporano più unità immobiliari distribuite a livello planimetrico (es. abitazione con garage separato), oppure in elevazione (es. appartamenti sovrapposti di una palazzina). Com'è noto infatti, le geometrie dei fabbricati e quelle delle unità immobiliari, nel catasto italiano, vengono gestite separatamente e non esiste attualmente alcun modo per integrarle automaticamente a livello digitale.

Der kritischste Punkt der mit diesem Verfahren erzielten Klassifizierung liegt in der Integration der dimensional Eigenschaften des baulichen Bestands mit den administrativen Kategorisierungen im Katasterarchiv, die auf Grundlage der Nutzungsart sowie des Ausstattungs- und Ausbauniveaus jeder Immobilie definiert werden. Diese Problematik betrifft zwei verschiedene Aspekte; der erste betrifft die objektive Unmöglichkeit, die physische Materialisierung der Gebäude (das Bauwerk) streng mit ihrer administrativen Darstellung (dem Rechtszustand einer Immobilie) zu korrelieren. In Italien erhält dieser Aspekt auch aufgrund einer historischen Schwachstelle der Katasterdatenbanken besondere Bedeutung, die in anderen Ländern bereits gelöst wurde, in unseren städtischen Kontexten jedoch weiterhin erhebliche Genauigkeitsgrenzen sowohl geometrischer Art (Karten) als auch zeitlicher Art (Änderungshistorie) zeigt. Ein zweiter Aspekt ergibt sich dagegen aus der Natur der zu korrelierenden Daten selbst, wird aber wiederum durch die genannte Ungenauigkeit der Katasterarchive verschärft; im Wesentlichen geht es um die Notwendigkeit, die Beziehungen zwischen administrativer Eigentümerschaft und Katasterkategorisierung, ausgedrückt für einzelne Einheiten (Subalterno), und den physischen Gebäuden zu rekonstruieren, die typischerweise mehrere Immobilieneinheiten enthalten, die planimetrisch (z. B. Wohnung mit separater Garage) oder vertikal (z. B. übereinanderliegende Wohnungen in einem Mehrfamilienhaus) verteilt sind. Bekanntlich werden die Geometrien der Gebäude und jene der Immobilieneinheiten im italienischen Kataster getrennt geführt, und derzeit gibt es keine Möglichkeit, sie auf digitaler Ebene automatisch zu integrieren.

5. DATA SHAPING DI DATI ISTITUZIONALI PER LA CLASSIFICAZIONE ENERGETICA DEL PATRIMONIO EDILIZIO
DATA SHAPING VON INSTITUTIONELLEN DATEN FÜR DIE ENERGETISCHE KLASSIFIZIERUNG DES GEBÄUBEBESTANDS

Tutto ciò premesso, la procedura definita dal protocollo di elaborazione utilizzato si basa sostanzialmente su tre dataset di input:

1. il layer geografico della Carta Tecnica Numerica (CTN) contenente i perimetri delle coperture restituite da volo aerofotogrammetrico opportunamente ottimizzate secondo il protocollo tecnico consolidato e con accuratezza planimetrica standard inferiore al metro (fig. 01);
2. il layer geografico estratto degli edifici catastali contenente i perimetri dei fabbricati accatastati con accuratezza planimetrica variabile in funzione dell'orografia con scostamenti locali che possono arrivare ad alcuni metri (fig. 02);
3. l'elenco delle unità immobiliari catastali contenente la descrizione, la categoria catastale (indicativa sia del livello di dotazione e finitura, sia della destinazione d'uso) e l'identificativo del mappale di riferimento della proprietà (tab. 02).

Come indicato nella tabella riepilogativa che segue (tabella 01), il layer dei fabbricati catastali presenta il suddetto limite di accuratezza planimetrica. In alcuni casi, anche il dataset delle unità immobiliari può risultare problematico qualora venga fornito già unito alla mappa catastale con conseguente ridondanza delle feature areali di ogni fabbricato.

Vor diesem Hintergrund basiert das im verwendeten Verarbeitungsprotokoll definierte Verfahren im Wesentlichen auf drei Eingabedatensätzen:

1. dem geografischen Layer der Carta Tecnica Numerica (CTN), der die aus einem photogrammetrischen Flug abgeleiteten Dachumrisse enthält, die nach dem konsolidierten technischen Protokoll entsprechend optimiert wurden und eine standardmäßige planimetrische Genauigkeit von weniger als einem Meter aufweisen (Abb. 01);
2. dem aus den Katastergebäuden extrahierten geographischen Layer, der die Umrisse der eingetragenen Gebäude mit einer je nach Orographie variierenden planimetrischen Genauigkeit enthält, wobei lokale Abweichungen bis zu einigen Metern auftreten können (Abb. 02);
3. der Liste der Kataster-Immobilienheiten, die die Beschreibung, die Katasterkategorie (Hinweis sowohl auf das Ausstattungs- und Ausbauniveau als auch auf die Nutzungsart) und die Kennung der Referenzparzelle des Eigentums enthält (Tab. 02).

Wie in der folgenden Übersichtstabelle (Tabelle 01) angegeben, weist der Layer der Katastergebäude die genannte Grenze der planimetrischen Genauigkeit auf. In einigen Fällen kann auch der Datensatz der Immobilienheiten problematisch sein, wenn er bereits mit der Katasterkarte verbunden bereitgestellt wird, was zu einer Redundanz der Flächen-Features jedes Gebäudes führt.

Dataset Datensatz	Tipologia Typologie	Unità minima Minimale Einheit	Contenuto Inhalt	Anomalia Anomalien
1. Edifici CTN 1. CTN-Gebäude	Mappa Karte	Edificio fisico Physisches Gebäude	Localizzazione, dimensioni Lage, Abmessungen	Nessuna significativa Keine signifikanten
2. Fabbricati catastali 2. Kat.-Geb.	Mappa Karte	Fabbricato giuridico Rechtliches Gebäude	Localizzazione Lage	Inaccuratezza geometrica Geometrische Ungenauigkeit
3. Unità immobiliari catastali 3. Kat.-Einh.	Tabella Tabelle	Unità immobiliare giuridica Rechtliche Einheit	Categorizzazione Kategorie	(a volte fornito come mappa con ridondanza di poligoni) (manchmal als Karte mit redundanten Polygonen bereitgestellt)

Tab. 01 Analisi dei limiti di accuratezza del layer dei fabbricati catastali
Tab. 01 Analyse der Genauigkeitsgrenzen des Layers der Katastergebäude

La procedura definita per ottenere la classificazione e l'estrazione dei parametri dimensionali del patrimonio edilizio include specifici passaggi definiti per superare tutte le anomalie di cui sopra.

Das zur Klassifizierung und Extraktion der dimensional Parameter des Gebäudebestands definierte Verfahren umfasst spezifische Schritte, die darauf ausgelegt sind, alle oben genannten Anomalien zu überwinden.



Fig. 01 Anteprima del layer Edifici CTN
Abb. 01 Vorschau des Layers CTN-Gebäude



Fig. 02 Anteprima del layer fabbricati catastali
Abb. 02 Vorschau des Layers Katastergebäude

g642_categoria_urbano — Elementi Totali: 9273, Filtrati: 9273, Selezionati: 0						
	cod_catasto	foglio	mappale	subalterno	categoria	descr_categoria
1481	G642	20	135	0021	A04	ABITAZIONI DI TIPO POPOLARE
1482	G642	20	135	0013	A04	ABITAZIONI DI TIPO POPOLARE
1483	G642	20	135	0016	A04	ABITAZIONI DI TIPO POPOLARE
1484	G642	20	135	0023	A04	ABITAZIONI DI TIPO POPOLARE
1485	G642	20	135	0008	F01	AREA URBANA
1486	G642	20	135	0010	F01	AREA URBANA
1487	G642	20	135	0012	F01	AREA URBANA
1488	G642	20	135	0011	F01	AREA URBANA
1489	G642	20	135	0007	F01	AREA URBANA
1490	G642	20	135	0009	F01	AREA URBANA
1491	G642	20	135	0006	F01	AREA URBANA
1492	G642	20	148	0004	A02	ABITAZIONI DI TIPO CIVILE
1493	G642	20	148	0002	C06	STALLE, SCUDERIE, RIMESSE ED AUTORIMESSE
1494	G642	20	148	0006	F03	UNITA' IN CORSO DI COSTRUZIONE
1495	G642	20	148	0007	F03	UNITA' IN CORSO DI COSTRUZIONE
1496	G642	20	151	0001	A04	ABITAZIONI DI TIPO POPOLARE
1497	G642	20	151	0002	C06	STALLE, SCUDERIE, RIMESSE ED AUTORIMESSE
1498	G642	20	154	0020	A02	ABITAZIONI DI TIPO CIVILE
1499	G642	20	154	0021	A02	ABITAZIONI DI TIPO CIVILE

Tab. 02 Anteprima del dataset unità immobiliari catastali
Tab. 02 Vorschau des Datensatzes der Kataster-Immobilieinheiten

5.2 Procedura Verfahren

La procedura si articola in due parti. La prima consiste nell'analisi dei dati catastali comunali, nella creazione di profili di consumo basati su abitudini di consumo simili e nell'assegnazione di ciascun codice catastale a un profilo. La seconda consiste nell'assegnazione dei dati catastali ai poligoni degli edifici e nella definizione del profilo energetico principale di ciascun edificio.

5.2.1 Definizione dei profili di consumo in base alla tipologia d'uso

Alle unità immobiliari viene assegnato un codice catastale, secondo un sistema stabilito dall'Agenzia delle Entrate. Il codice fa riferimento alla tipologia d'uso della particella ed è composto da una lettera (A, B, C, D, E o F) e da un numero. Un esempio è riportato nella figura 03, nella colonna denominata "categoria".

5.2.1.1 Profili residenziali

Il gruppo residenziale comprende le unità immobiliari destinate all'abitazione e al pernottamento, quali appartamenti, case e ville. I fattori di distribuzione, la percentuale di elettricità consumata per ciascuna ora e i valori medi di consumo mensile sono stati ottenuti con procedure suggerite dal Gestore dei Servizi Energetici e con dati di consumo per fasce orarie forniti dall'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente per le province del Nord Est. La tabella 03 mostra le fasce orarie della tariffazione elettrica e la distribuzione del-

Das Verfahren gliedert sich in zwei Teile. Der erste besteht in der Analyse der kommunalen Katasterdaten, in der Erstellung von Verbrauchsprofilen auf der Grundlage ähnlicher Verbrauchsgewohnheiten und in der Zuordnung jedes Katastercodes zu einem Profil. Der zweite besteht in der Zuordnung der Katasterdaten zu den Gebäudepolygonen und in der Definition des Hauptenergieprofils jedes Gebäudes.

5.2.1 Definition der Verbrauchsprofile nach Nutzungsart

Den Immobilieneinheiten wird nach einem von der Agenzia delle Entrate festgelegten System ein Katastercode zugewiesen. Der Code bezieht sich auf die Nutzungsart der Parzelle und besteht aus einem Buchstaben (A, B, C, D, E oder F) und einer Zahl. Ein Beispiel ist in Abbildung 03 in der Spalte „Kategorie“ dargestellt.

5.2.1.1 Wohnprofile

Die Wohnnutzungsgruppe umfasst Immobilieneinheiten, die dem Wohnen und der Übernachtung dienen, wie Wohnungen, Häuser und Villen. Die Verteilungsfaktoren, der prozentuale Stromverbrauch je Stunde und die durchschnittlichen monatlichen Verbrauchswerte wurden mit vom Gestore dei Servizi Energetici vorgeschlagenen Verfahren sowie mit Verbrauchsdaten nach Zeitbändern ermittelt, die von der Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente für die Provinzen Nordostitaliens be-

la domanda in ciascuna fascia per l’anno 2023, scelto come anno di riferimento. Per ogni ora, il rispettivo fattore di distribuzione dei consumi è stato moltiplicato per il consumo medio mensile domestico, ottenendo così un profilo di consumo orario, come mostrato nella tabella 04. Il profilo di consumo non dipende dalla dimensione dell’unità immobiliare ed è stato applicato a tutte le categorie catastali residenziali italiane elencate nella tabella 05.

reitgestellt wurden. Tabelle 03 zeigt die Zeitbänder der Stromtarifizierung und die Verteilung der Nachfrage in jedem Zeitband für das Jahr 2023, das als Referenzjahr gewählt wurde. Für jede Stunde wurde der entsprechende Verbrauchsverteilungsfaktor mit dem durchschnittlichen monatlichen Haushaltsverbrauch multipliziert, wodurch ein stündliches Verbrauchsprofil erhalten wurde, wie in Tabelle 04 gezeigt. Das Verbrauchsprofil hängt nicht von der Größe der Immobilieneinheit ab und wurde auf alle in Tabelle 05 aufgeführten italienischen Wohnkatasterkategorien angewandt.

a)

	F1(%)	F2(%)	F3(%)	TOT
Gen	31,35%	28,97%	39,68%	100,00%
Feb	31,21%	31,92%	36,88%	100,00%
Mar	32,51%	32,03%	35,46%	100,00%
Apr	26,28%	30,73%	42,99%	100,00%
Mag	30,51%	30,66%	38,82%	100,00%
Giu	30,75%	29,28%	39,97%	100,00%
Lug	30,17%	29,56%	40,27%	100,00%
Ago	31,28%	28,48%	40,24%	100,00%
Set	31,10%	31,55%	37,34%	100,00%
Ott	31,68%	30,16%	38,16%	100,00%
Nov	32,13%	29,99%	37,88%	100,00%
Dic	26,85%	27,91%	45,24%	100,00%

b) ESCLUSE FESTIVIT/ESCLUSE FESTIVITA' NAZIONALI

Feriale	0:00	F3	SABATO	0:00	F3	DOMENICA	0:00	F3
	7:00			7:00		E TUTTI I		
	7:00	F2		7:00	F2	FESTIVI	0:00	
	8:00			23:00				
	8:00	F1		23:00	F3			
	19:00			0:00				
	19:00	F2						
	23:00							
	23:00	F3						
	0:00							

Tab. 03 a) Fasce orarie per la tariffazione dell'elettricità e b) distribuzione della domanda elettrica nelle diverse fasce nella provincia di Pordenone
Tab. 03 a) Zeitbänder für die Stromtarifizierung und b) Verteilung der Stromnachfrage in den verschiedenen Zeitbändern in der Provinz Pordenone

Date/Time	Rate Band	Rate Band Distribution in Month	Distribution of Energy Consumption in Day	(Rate Band Distribution in Month) * (Energy Consumption Distribution in Day)	Monthly Average Consumption (kWh/family)	kWh Consumed (kW/(family-hour))
1/1/23 0:00	F3	39,68%	0,28%	0,11%	321,67362	0,354883355168153
1/1/23 1:00	F3	39,68%	0,23%	0,09%	321,67362	0,299112658734267
1/1/23 2:00	F3	39,68%	0,21%	0,08%	321,67362	0,268943382564415
1/1/23 3:00	F3	39,68%	0,20%	0,08%	321,67362	0,255276673255442
1/1/23 4:00	F3	39,68%	0,20%	0,08%	321,67362	0,253649470112798
1/1/23 5:00	F3	39,68%	0,22%	0,09%	321,67362	0,274480884475384
1/1/23 6:00	F3	39,68%	0,27%	0,11%	321,67362	0,340582089912881
1/1/23 7:00	F3	39,68%	0,34%	0,14%	321,67362	0,438267652357954
1/1/23 8:00	F3	39,68%	0,37%	0,15%	321,67362	0,466869512255558
1/1/23 9:00	F3	39,68%	0,38%	0,15%	321,67362	0,480709125342688
1/1/23 10:00	F3	39,68%	0,37%	0,15%	321,67362	0,473816926616804
1/1/23 11:00	F3	39,68%	0,37%	0,15%	321,67362	0,473824575654956

Tab. 04 Esempio di applicazione dei fattori orari al consumo medio mensile per ottenere il profilo elettrico orario
Tab. 04 Beispiel für die Anwendung stündlicher Faktoren auf den durchschnittlichen monatlichen Verbrauch zur Ermittlung des stündlichen Stromprofils

5. DATA SHAPING DI DATI ISTITUZIONALI PER LA CLASSIFICAZIONE ENERGETICA DEL PATRIMONIO EDILIZIO
DATA SHAPING VON INSTITUTIONELLEN DATEN FÜR DIE ENERGETISCHE KLASSIFIZIERUNG DES GEBÄUDEBESTANDS

Residenziale Wohnnutzung		
A/1	Abitazioni signorili	Gehobene Wohnungen
A/2	Abitazioni di tipo civile	Wohnungen bürgerlichen Typs
A/3	Abitazioni di tipo economico	Wohnungen einfacher Art
A/4	Abitazioni di tipo popolare	Sozialwohnungen
A/5	Abitazioni di tipo ultrapopolare	Einfachstwohnungen
A/6	Abitazioni di tipo rurale	Ländliche Wohnungen
A/7	Abitazioni in villini	Wohnungen in kleinen Villen
A/8	Abitazioni in ville	Wohnungen in Villen
A/9	Castelli, palazzi di eminente pregio artistico o storico	Schlösser, Paläste von herausragendem künstlerischem oder historischem Wert
A/11	Abitazioni e alloggi tipici dei luoghi	Ortsübliche Wohnungen und Unterkünfte

Tab. 05 Codici catastali che indicano l'uso residenziale
Tab. 05 Katastercodes, die auf Wohnnutzung hinweisen

5.2.1.2 Profili manufatturieri

Il gruppo di utenza produttivo/manifatturiera descrive le unità immobiliari utilizzate come magazzini, stabilimenti e immobili adattati alle esigenze particolari delle attività produttive. I dati sono stati raccolti presso 25 aziende manifatturiere di Maniago. È stata svolta un'analisi di clustering e una regressione lineare dei dati, dividendo le aziende in due gruppi: quelle con superficie inferiore a 3816 m² e quelle con superficie maggiore o uguale a 3816 m² (figura 03). Il consumo medio giornaliero per le aziende più piccole è risultato pressoché costante, mentre per le aziende più grandi è stato espresso in funzione della superficie dell'edificio. È stato quindi definito un profilo di consumo orario moltiplicando il fattore di distribuzione oraria per il valore di consumo, in funzione della dimensione dell'azienda. Il profilo di consumo è stato applicato alle categorie catastali elencate nella tabella 06.

5.2.1.2 Profile des verarbeitenden Gewerbes

Die Nutzergruppe Produktion/Verarbeitendes Gewerbe beschreibt Immobilieneinheiten, die als Lager, Betriebsstätten und an die besonderen Anforderungen produktiver Tätigkeiten angepasste Immobilien genutzt werden. Die Daten wurden bei 25 Fertigungsunternehmen in Maniago erhoben. Es wurden eine Clusteranalyse und eine lineare Regression der Daten durchgeführt, wobei die Unternehmen in zwei Gruppen unterteilt wurden: solche mit einer Fläche unter 3816 m² und solche mit einer Fläche von mindestens 3816 m² (Abbildung 03). Der durchschnittliche Tagesverbrauch der kleineren Unternehmen erwies sich als nahezu konstant, während er für die größeren Unternehmen in Abhängigkeit von der Gebäudefläche ausgedrückt wurde. Anschließend wurde ein stündliches Verbrauchsprofil definiert, indem der stündliche Verteilungsfaktor in Abhängigkeit von der Unternehmensgröße mit dem Verbrauchswert multipliziert wurde. Das Verbrauchsprofil wurde auf die in Tabelle 06 aufgeführten Katasterkategorien angewandt.

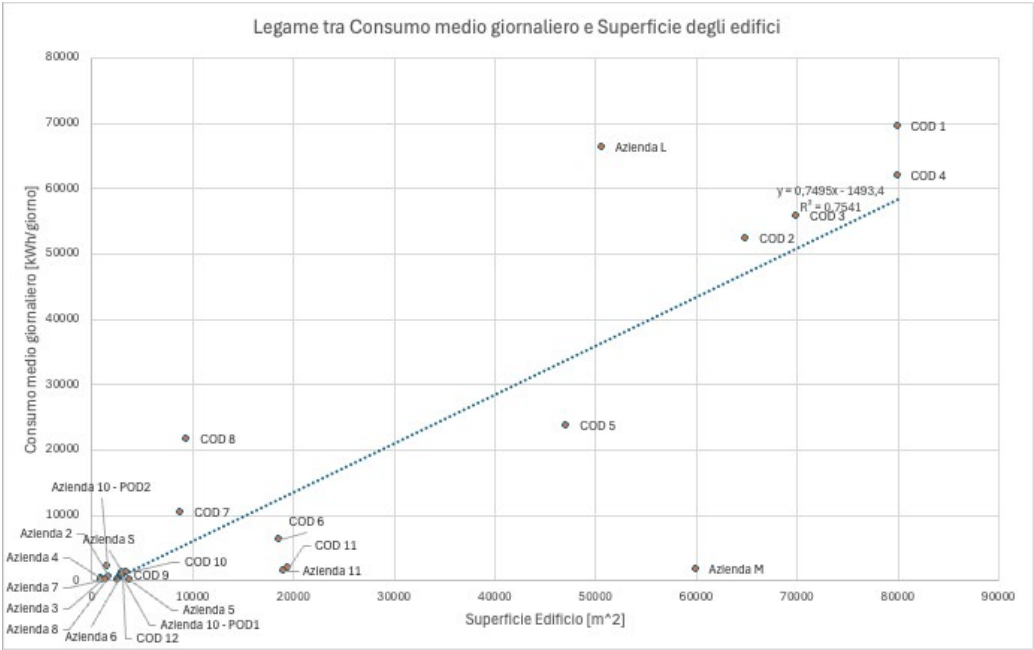


Fig. 03. Analisi del consumo industriale in funzione della superficie dell'attività per attività con superficie < 3816 m² e >= 3816 m²
Abb. 03. Analyse des industriellen Verbrauchs in Abhängigkeit von der Fläche der Tätigkeit für Tätigkeiten mit Fläche < 3816 m² und >= 3816 m²

Produttivo Produktiv		
C/2	Magazzini e locali di deposito	Lager und Lagerräume
C/7	Tettoie chiuse o aperte	Geschlossene oder offene Überdachungen
D/1	Opifici	Betriebsstätten
D/7	Fabbricati costruiti o adattati per le speciali esigenze di un'attività industriale e non suscettibili di diversa utilizzazione senza radicali trasformazioni	Gebäude, die für die besonderen Anforderungen einer industriellen Tätigkeit errichtet oder angepasst wurden und ohne grundlegende Umgestaltungen keiner anderen Nutzung zugänglich sind

Tab. 06 Codici catastali assegnati al gruppo d'uso produttivo
Tab. 06 Katastercodes, die der produktiven Nutzungsgruppe zugeordnet sind

5. DATA SHAPING DI DATI ISTITUZIONALI PER LA CLASSIFICAZIONE ENERGETICA DEL PATRIMONIO EDILIZIO
DATA SHAPING VON INSTITUTIONELLEN DATEN FÜR DIE ENERGETISCHE KLASSIFIZIERUNG DES GEBÄUBEBESTANDS

5.2.1.3 Profili civili

Per quanto riguarda i profili del settore civile-terziario, sono stati consultati letteratura e rapporti provenienti da diversi Paesi europei per i dati di consumo. È stata svolta un’analisi di clustering sui fattori di distribuzione di diverse categorie del settore civile (si veda la tabella 07), che ha portato all’individuazione di tre gruppi sulla base della similarità. La figura 04 mostra i tre gruppi, denominati Cluster 1, Cluster 2 e Cluster 3.

5.2.1.3 Profile des zivilen Sektors

Für die Profile des zivilen bzw. tertiären Sektors wurden Literatur und Berichte aus verschiedenen europäischen Ländern zu Verbrauchsdaten herangezogen. Für die Verteilungsfaktoren verschiedener Kategorien des zivilen Sektors (siehe Tabelle 07) wurde eine Clusteranalyse durchgeführt, die auf Grundlage der Ähnlichkeit zur Identifizierung von drei Gruppen führte. Abbildung 04 zeigt die drei Gruppen, bezeichnet als Cluster 1, Cluster 2 und Cluster 3.

nPro Categories	ELMAS Categories	APCS Categories
Canteen	Trades (non-food)	Shop/hairdresser
Car park	Education	Bakery with on-site production
Church	Office	Weekend-only operations
Gym	Crop farming and transportation	Agricultural enterprises
Hospital	Restaurants	
Hotel	Hotels	
Kindergarten	Bakery	
Library	Hospital activities	
Museum	Recreational and social activities	
Nursing home		
Office		
Restaurant		
Retail		
School		
Shopping center		
Sports hall		
Supermarket		
Swimming pool		
Theatre		

Tab. 07 Categorie d'uso del settore civile-terziario da tre fonti di dati di origine austriaca, tedesca e francese
Tab. 07 Nutzungskategorien des zivilen/tertiären Sektors aus drei Datenquellen österreichischer, deutscher und französischer Herkunft

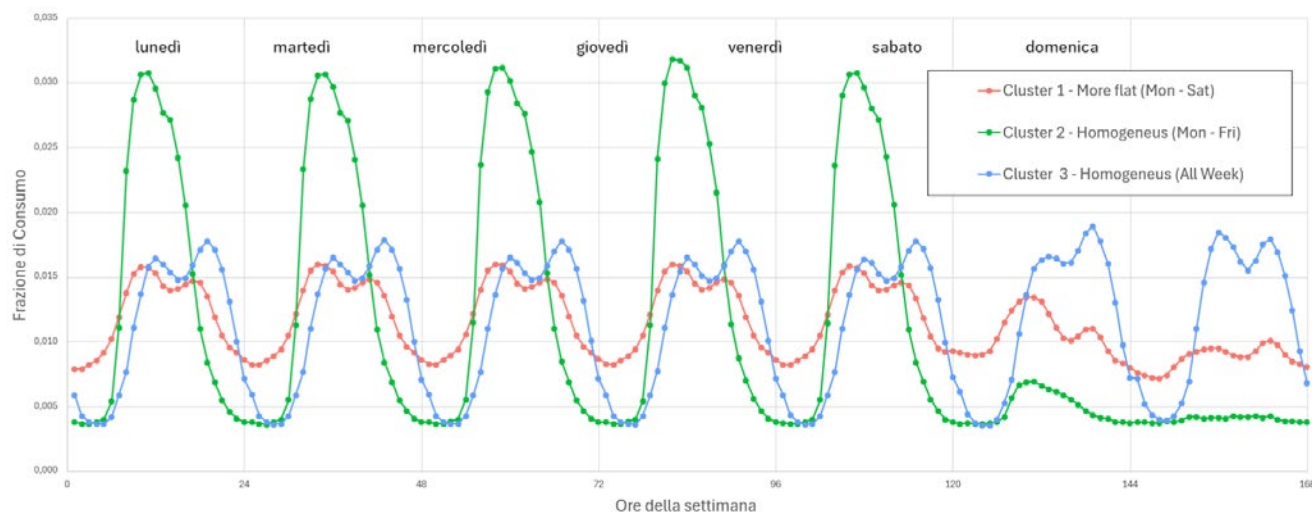


Fig. 04 Risultato dell'analisi di clustering per la categoria civile

Abb. 04 Ergebnis der Clusteranalyse für die Kategorie des zivilen Sektors

Una descrizione generale del comportamento dei tre cluster nell'arco di una settimana è la seguente:

- Cluster 1: presenta un profilo di consumo generalmente simile dal lunedì al sabato, che diminuisce poi la domenica.
- Cluster 2: presenta un profilo di consumo più uniforme nell'arco della giornata e simile dal lunedì al venerdì, che diminuisce poi il sabato e la domenica.
- Cluster 3: mostra un andamento simile in tutti i giorni della settimana, dal lunedì alla domenica.

I valori di consumo annuo per metro quadrato per le diverse categorie sono stati ricavati dalla letteratura. Il profilo di consumo orario è stato calcolato moltiplicando i fattori di distribuzione dei consumi del cluster per il valore di consumo annuo. Le categorie catastali italiane sono state assegnate a uno dei tre cluster sulla base della similarità, come mostrato nella tabella 08.

Eine allgemeine Beschreibung des Verhaltens der drei Cluster im Verlauf einer Woche lautet wie folgt:

- Cluster 1: weist von Montag bis Samstag ein im Allgemeinen ähnliches Verbrauchsprofil auf, das am Sonntag abnimmt.
- Cluster 2: weist ein über den Tagesverlauf gleichmäßigeres Verbrauchsprofil auf, das von Montag bis Freitag ähnlich ist und am Samstag und Sonntag abnimmt.
- Cluster 3: zeigt an allen Wochentagen, von Montag bis Sonntag, einen ähnlichen Verlauf.

Die jährlichen Verbrauchswerte pro Quadratmeter für die verschiedenen Kategorien wurden der Literatur entnommen. Das stündliche Verbrauchsprofil wurde berechnet, indem die Verbrauchsverteilungsfaktoren des Clusters mit dem jährlichen Verbrauchswert multipliziert wurden. Die italienischen Katasterkategorien wurden auf Grundlage der Ähnlichkeit einem der drei Cluster zugeordnet, wie in Tabelle 08 gezeigt.

5. DATA SHAPING DI DATI ISTITUZIONALI PER LA CLASSIFICAZIONE ENERGETICA DEL PATRIMONIO EDILIZIO DATA SHAPING VON INSTITUTIONELLEN DATEN FÜR DIE ENERGETISCHE KLASSIFIZIERUNG DES GEBÄUDEBESTANDS

a) CIVILE - CLUSTER 1 ZIVIL - CLUSTER 1		
B/2	Case di cura e ospedali (senza fine di lucro)	Pflegeheime und Krankenhäuser (ohne Gewinnzweck)
C/1	Negozi, botteghe, ristoranti	Geschäfte, Läden, Restaurants
C/3	Laboratori per arti e mestieri	Werkstätten für Handwerk und Gewerbe
D/10	Fabbricati per funzioni produttive connesse alle attività agricole	Gebäude für produktive Funktionen im Zusammenhang mit landwirtschaftlichen Tätigkeiten
b) CIVILE - CLUSTER 2 ZIVIL - CLUSTER 2		
A/10	Uffici e studi privati	Büros und private Praxen
B/4	Uffici pubblici	Öffentliche Ämter
B/5	Scuole e laboratori scientifici	Schulen und wissenschaftliche Labore
D/5	Istituti di credito, cambio e assicurazione (con fine di lucro)	Kredit-, Wechsel- und Versicherungsinstitute (mit Gewinnzweck)
c) CIVILE - CLUSTER 3 ZIVIL - CLUSTER 3		
B/1	Collegi e convitti; educandati; ricoveri; orfanotrofi, ospizi; conventi; seminari; caserme	Internate und Konvikte; Erziehungsheime; Heime; Waisenhäuser, Hospize; Klöster; Seminare; Kasernen
B/3	Prigioni e riformatori	Gefängnisse und Besserungsanstalten
B/6	Biblioteche, pinacoteche, musei, gallerie, accademie che non hanno sede in edifici della categoria A/9	Bibliotheken, Pinakotheken, Museen, Galerien, Akademien, die nicht in Gebäuden der Kategorie A/9 untergebracht sind
B/7	Cappelle e oratori non destinati all'esercizio pubblico del culto	Kapellen und Oratorien, die nicht für die öffentliche Religionsausübung bestimmt sind
C/4	Fabbricati e locali per attività sportive (senza fine di lucro)	Gebäude und Räume für sportliche Tätigkeiten (ohne Gewinnzweck)
C/5	Stabilimenti balneari e di acque curative (senza fine di lucro)	Badeanstalten und Heilbäder (ohne Gewinnzweck)
D/2	Alberghi e pensioni (con fine di lucro)	Hotels und Pensionen (mit Gewinnzweck)
D/3	Teatri, cinematografi, sale per concerti e spettacoli e simili (con fine di lucro)	Theater, Kinos, Konzert- und Veranstaltungssäle und Ähnliches (mit Gewinnzweck)
D/4	Case di cura e ospedali (con fine di lucro)	Pflegeheime und Krankenhäuser (mit Gewinnzweck)
D/6	Fabbricati e locali per attività sportive (con fine di lucro)	Gebäude und Räume für sportliche Tätigkeiten (mit Gewinnzweck)
D/8	Fabbricati costruiti o adattati per le speciali esigenze di un'attività commerciale e non suscettibili di diversa utilizzazione senza radicali trasformazioni	Gebäude, die für die besonderen Anforderungen einer gewerblichen Tätigkeit errichtet oder angepasst wurden und ohne grundlegende Umgestaltungen keiner anderen Nutzung zugänglich sind

Tab. 08 Codici catastali assegnati a) al Cluster 1, b) al Cluster 2 e c) al Cluster 3
Tab. 08 Katastercodes, die a) Cluster 1, b) Cluster 2 und c) Cluster 3 zugeordnet sind

5.2.2 Assegnazione dei gruppi energetici agli edifici

La procedura si compone di 9 passaggi. Come si potrà notare, l'anomalia di carattere planimetrico, associata alla diversa divisione in pianta dei vari edifici dovuta al fatto che la restituzione aerofotogrammetrica rileva le coperture mentre il catastale riporta le divisioni interne, viene risolta effettuando per l'overlay solamente i centroidi di ciascun fabbricato catastale, anziché il perimetro. Con questa tecnica, vengono introdotti localmente errori dovuti alle situazioni in cui il centroide del fabbricato catastale non ricade all'interno del relativo edificio riportato nella Carta Tecnica Numerica. A fronte di questi errori, numericamente contenuti e in qualche modo gestibili, si ottiene però l'eliminazione delle ridondanze provocate dalle onnipresenti difformità tra i perimetri degli edifici e quelli dei fabbricati catastali che renderebbero impossibile l'analisi integrata. L'approccio adottato, inoltre, non preclude l'applicazione di specifiche tecniche di bonifica dei dati finalizzate all'eliminazione dei *mismatch* dovuti all'overlay con i centroidi qualora questo dovesse rendersi necessario per altri tipi di elaborazioni.

In sintesi, i passaggi della procedura sono i seguenti:

1. Unione del dataset tabellare delle unità immobiliari con il layer dei fabbricati catastali
2. Creazione del layer dei centroidi dei fabbricati catastali
3. (Ri)calcolo, a titolo cautelativo, della superficie planimetrica degli edifici della CTN
4. Esecuzione dell'intersezione (overlay) tra gli edifici della CTN e i centroidi dei fabbricati catastali
5. Query geografica (layer virtuale*) di raggruppamento e calcolo dei volumi per ogni mappale catastale (ID catastale)
6. Query geografica (layer virtuale*) di conteggio unità immobiliari per le categorie catastali e i cluster

5.2.2 Zuordnung der Energiegruppen zu den Gebäuden

Das Verfahren besteht aus 9 Schritten. Wie erkennbar ist, wird die planimetrische Anomalie, die mit der unterschiedlichen Grundrissaufteilung der verschiedenen Gebäude zusammenhängt, da die photogrammetrische Erfassung die Dächer erfasst, während der Kataster die internen Unterteilungen abbildet, dadurch gelöst, dass für das Overlay nur die Zentroiden jedes Katastergebäudes und nicht dessen Umriss verwendet werden. Mit dieser Technik werden lokal Fehler in den Fällen eingeführt, in denen der Zentroid des Katastergebäudes nicht innerhalb des entsprechenden in der Carta Tecnica Numerica verzeichneten Gebäudes liegt. Angesichts dieser zahlenmäßig begrenzten und in gewisser Weise beherrschbaren Fehler wird jedoch die Beseitigung der Redundanzen erreicht, die durch die allgegenwärtigen Abweichungen zwischen den Gebäudeumrissen und jenen der Katastergebäude verursacht werden und eine integrierte Analyse unmöglich machen würden. Der gewählte Ansatz schließt zudem die Anwendung spezifischer Datenbereinigungstechniken zur Beseitigung von Mismatches infolge des Overlays mit den Zentroiden nicht aus, falls dies für andere Arten von Auswertungen erforderlich werden sollte.

Zusammenfassend sind die Schritte des Verfahrens folgende:

1. Verknüpfung des tabellarischen Datensatzes der Immobilieneinheiten mit dem Layer der Katastergebäude
2. Erstellung des Layers der Zentroiden der Katastergebäude
3. (Neu-)Berechnung der planimetrischen Fläche der CTN-Gebäude aus Vorsichtsgründen
4. Durchführung der Schnittmengenbildung (Overlay) zwischen den CTN-Gebäuden und den Zentroiden der Katastergebäude
5. Geografische Abfrage (virtueller Layer*) zur Gruppierung und Berechnung der Volumina für jede Katasterparzelle (Kataster-ID)

5. DATA SHAPING DI DATI ISTITUZIONALI PER LA CLASSIFICAZIONE ENERGETICA DEL PATRIMONIO EDILIZIO DATA SHAPING VON INSTITUTIONELLEN DATEN FÜR DIE ENERGETISCHE KLASSIFIZIERUNG DES GEBÄUBEBESTANDS

definiti dal progetto per ciascuna combinazione ID catastale + ID edificio CTN

7. Unione dei due dataset dei precedenti passaggi 5 e 6 per ID catastale e correlazione dei conteggi per categoria con i volumi complessivi
8. Query geografica (layer virtuale*) sul dataset di cui al punto 6 per il conteggio delle unità immobiliari per categorie e cluster definiti dal progetto per ID edificio CTN e contestuale individuazione della categoria catastale e cluster prevalenti
9. Unione del dataset del precedente punto 7 al layer degli edifici CTN per mezzo dell'identificativo ID edificio CTN per la gestione in mappa dei dati complessivi.

** Un layer virtuale, nel software utilizzato QGIS, consiste in un dataset geografico mappabile derivato dinamicamente da altri dataset fisici per mezzo di una query SQL.*

Di seguito i dettagli di ciascun passaggio.

6. Geografische Abfrage (virtueller Layer*) zur Zählung der Immobilieneinheiten für die Katasterkategorien und die vom Projekt definierten Cluster für jede Kombination aus Kataster-ID + CTN-Gebäude-ID
7. Verknüpfung der beiden Datensätze aus den vorherigen Schritten 5 und 6 nach Kataster-ID und Korrelation der Zählungen nach Kategorie mit den Gesamtvolumina
8. Geografische Abfrage (virtueller Layer*) auf dem Datensatz aus Punkt 6 zur Zählung der Immobilieneinheiten nach Kategorien und vom Projekt definierten Clustern je CTN-Gebäude-ID und gleichzeitiger Bestimmung der vorherrschenden Katasterkategorie und des vorherrschenden Clusters
9. Verknüpfung des Datensatzes aus dem vorherigen Punkt 7 mit dem Layer der CTN-Gebäude anhand der Kennung CTN-Gebäude-ID zur kartografischen Verwaltung der Gesamtdaten

** Ein virtueller Layer im verwendeten QGIS-Programm besteht aus einem kartierbaren geografischen Datensatz, der dynamisch aus anderen physischen Datensätzen mittels einer SQL-Abfrage abgeleitet wird*

Nachfolgend werden die Details der einzelnen Schritte dargestellt.

Passaggio 1

Tramite l'algoritmo "Unisci attributi secondo il valore del campo", viene impostato un JOIN con cardinalità 1-n e generato un layer con una feature areale per ogni unità immobiliare catastale. Per utilizzare l'algoritmo occorre definire una chiave univoca per entrambi i dataset composta dai valori di foglio e mappale concatenati con un separatore.

Parametri dell'algoritmo:

- Layer in ingresso: areale fabbricati catasto
- Campo di join: chiave univoca
- Tabella in ingresso: tabella unità immobiliari catastali
- Campo di join: chiave univoca
- Campi della tabella da aggiungere: subalterno, categoria, descr_categoria
- Tipo di unione: crea elementi separati per ciascun elemento corrispondente
- Scarta i record che non possono essere uniti (flag): selezionato

Output: g642_edif

Passaggio 2

Viene generato un layer di features puntuali tramite l'algoritmo "centroidi" a partire dal layer creato al passaggio precedente (g642_edif).

Output: g642_centroids

Passaggio 3

Viene aggiunto un campo virtuale contenente l'area del poligono per il layer degli edifici CTN

Parametri del campo virtuale:

- Nome campo virtuale: f_area
- Espressione: \$area

Output: nuovo attributo f_area

Schritt 1

Mithilfe des Algorithmus „Attribute nach Feldwert verknüpfen“ wird ein JOIN mit der Kardinalität 1-n eingerichtet und ein Layer mit einem Flächen-Feature für jede Kataster-Immobilieneinheit erzeugt. Zur Verwendung des Algorithmus muss für beide Datensätze ein eindeutiger Schlüssel definiert werden, der aus den Werten von Blatt und Parzelle besteht, die mit einem Trennzeichen verkettet sind.

Parameter des Algorithmus:

- Eingabe-Layer: Flächenlayer der Katastergebäude
- Join-Feld: eindeutiger Schlüssel
- Eingabetabelle: Tabelle der Kataster-Immobilieneinheiten
- Join-Feld: eindeutiger Schlüssel
- Aus der Tabelle hinzuzufügende Felder: subalterno, categoria, descr_categoria
- Verknüpfungstyp: separate Elemente für jedes übereinstimmende Element erzeugen
- Datensätze verwerfen, die nicht verknüpft werden können (Flag): ausgewählt

Output: g642_edif

Schritt 2

Es wird ein Layer mit Punkt-Features mithilfe des Algorithmus „Zentroiden“ ausgehend von dem im vorherigen Schritt erstellten Layer (g642_edif) erzeugt.

Output: g642_centroids

Schritt 3

Es wird ein virtuelles Feld hinzugefügt, das die Polyгонfläche für den Layer der CTN-Gebäude enthält

Parameter des virtuellen Feldes:

- Name des virtuellen Feldes: f_area
- Ausdruck: \$area

Output: neues Attribut f_area

5. DATA SHAPING DI DATI ISTITUZIONALI PER LA CLASSIFICAZIONE ENERGETICA DEL PATRIMONIO EDILIZIO DATA SHAPING VON INSTITUTIONELLEN DATEN FÜR DIE ENERGETISCHE KLASSIFIZIERUNG DES GEBÄUDEBESTANDS

Passaggio 4

Viene eseguito un overlay intersezione tra centroidi catastali e edifici della CTN per ottenere la correlazione tra dati dimensionali e informazioni catastali. I poligoni della CTN vengono identificati univocamente tramite l'attributo chiave „aid“.

Parametri dell'overlay:

- Layer di ingresso: g642_centroids (pass.2)
- Layer di sovrapposizione: edifici CTC
- Campi in ingresso: foglio, mappale, subalterno, categoria
- Campi in sovrapposizione: aid, h_media, f_area

Output: g642_intersect

Passaggio 5

Viene creato un layer virtuale che esegue il raggruppamento delle feature di g642_intersect (pass.4) per foglio e mappale, calcola il volume totale per ogni ID catastale. L'ID catastale („c_id“) viene generato contestualmente concatenando foglio e mappale separati dal carattere *underscore* „_“.

Frase SQL:

```
SELECT
  FOGLIO || '_' || MAPPALE AS c_id,
  FOGLIO,
  MAPPALE,
  SUM(f_area * H_MEDIA) AS volume,
  COUNT(AID) AS e_count
FROM
  (
    SELECT DISTINCT
      FOGLIO,
      MAPPALE,
      AID,
      H_MEDIA,
      f_area
    FROM
      g642_intersect
  ) AS g
GROUP BY
  FOGLIO,
  MAPPALE
```

Schritt 4

Es wird ein Overlay vom Typ Schnittmenge zwischen Katasterzentroiden und CTN-Gebäuden durchgeführt, um die Korrelation zwischen dimensional Daten und Katasterinformationen zu erhalten. Die CTN-Polygone werden eindeutig über das Schlüsselattribut „aid“ identifiziert.

Parameter des Overlays:

- Eingabe-Layer: g642_centroids (Schritt 2)
- Überlagerungs-Layer: CTC-Gebäude
- Eingabefelder: foglio, mappale, subalterno, categoria
- Überlagerungsfelder: aid, h_media, f_area

Output: g642_intersect

Schritt 5

Es wird ein virtueller Layer erstellt, der die Features von g642_intersect (Schritt 4) nach Blatt und Parzelle gruppiert und das Gesamtvolumen für jede Kataster-ID berechnet. Die Kataster-ID („c_id“) wird dabei erzeugt, indem Blatt und Parzelle durch das Unterstrichzeichen „_“ verkettet werden.

SQL-Anweisung:



QR code del codice SQL
QR-Code des SQL-Codes

Output: g642_ed_vol_by_catID

Passaggio 6

Viene creato un layer virtuale che esegue il conteggio delle feature di g642_intersect su ciascuna delle 32 categorie catastali e la somma per ciascuno dei 5 gruppi definiti dal progetto con raggruppamento per id univoco generato dalla concatenazione di ID catastale (c_id) e ID edificio CTN (aid).

Frase SQL:

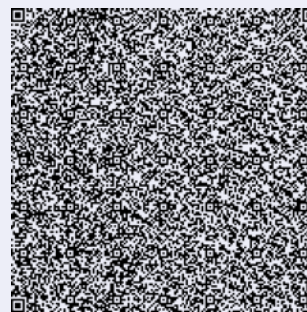
```
SELECT
  c_id,
  AID,
  H_MEDIA,
  f_area,
  sum(residential) as residential,
  sum(manufacturing) as manufacturing,
  sum(cluster1) as cluster1,
  sum(cluster2) as cluster2,
  sum(cluster3) as cluster3,
  sum(CATEGORIA = 'A01') as A01,
  sum(CATEGORIA = 'A02') as A02,
  sum(CATEGORIA = 'A03') as A03,
  sum(CATEGORIA = 'A04') as A04,
  sum(CATEGORIA = 'A05') as A05,
  sum(CATEGORIA = 'A06') as A06,
  sum(CATEGORIA = 'A07') as A07,
  sum(CATEGORIA = 'A08') as A08,
  sum(CATEGORIA = 'A09') as A09,
  sum(CATEGORIA = 'A11') as A11,
  sum(CATEGORIA = 'C02') as C02,
  sum(CATEGORIA = 'D01') as D01,
  sum(CATEGORIA = 'D07') as D07,
  sum(CATEGORIA = 'B02') as B02,
  sum(CATEGORIA = 'C01') as C01,
  sum(CATEGORIA = 'C03') as C03,
  sum(CATEGORIA = 'D10') as D10,
  sum(CATEGORIA = 'A10') as A10,
  sum(CATEGORIA = 'B04') as B04,
```

Output: g642_ed_vol_by_catID

Schritt 6

Es wird ein virtueller Layer erstellt, der die Features von g642_intersect für jede der 32 Katasterkategorien zählt und für jede der 5 vom Projekt definierten Gruppen summiert, mit Gruppierung nach eindeutiger ID, die durch Verkettung von Kataster-ID (c_id) und CTN-Gebäude-ID (aid) erzeugt wird.

SQL-Anweisung:



QR code del codice SQL
QR-Code des SQL-Codes

5. DATA SHAPING DI DATI ISTITUZIONALI PER LA CLASSIFICAZIONE ENERGETICA DEL PATRIMONIO EDILIZIO DATA SHAPING VON INSTITUTIONELLEN DATEN FÜR DIE ENERGETISCHE KLASSIFIZIERUNG DES GEBÄUBEBESTANDS

```

sum(CATEGORIA = 'B05') as B05,
sum(CATEGORIA = 'D05') as D05,
sum(CATEGORIA = 'B01') as B01,
sum(CATEGORIA = 'B03') as B03,
sum(CATEGORIA = 'B06') as B06,
sum(CATEGORIA = 'B07') as B07,
sum(CATEGORIA = 'C04') as C04,
sum(CATEGORIA = 'C05') as C05,
sum(CATEGORIA = 'D02') as D02,
sum(CATEGORIA = 'D03') as D03,
sum(CATEGORIA = 'D04') as D04,
sum(CATEGORIA = 'D06') as D06,
sum(CATEGORIA = 'D08') as D08,
count(CATEGORIA) as count_p
FROM (
  SELECT
    FOGLIO || '_' || MAPPALE as c_id,
    AID,
    H_MEDIA,
    f_area,
    CATEGORIA,
    CATEGORIA In ('A01','A02','A03','A04','A05','A06','A07','A08','A09','A11') as
                                                                residential,
    CATEGORIA In ('C02','D01','D07') as manufacturing,
    CATEGORIA In ('B02','C01','C03','D10') as cluster1,
    CATEGORIA In ('A10','B04','B05','D05') as cluster2,
    CATEGORIA In ('B01','B03','B06','B07','C04','C05','D02','D03','D04','D06',
'D08') as
                                                                cluster3
  FROM
    g642_intersect
) AS groups
GROUP BY
  c_id,
  AID

```

Output: g642_rel_ed

Passaggio 7

Si imposta un join sul layer g642_rel_ed (pass.6) al layer tra g642_ed_vol_by_catID (pass.5) per mezzo dell'ID catastale (c_id) in modo da unire a g642_rel_ed il dato del volume dell'edificio.

Parametri del join:

- Vettore di join: g642_ed_vol_by_catID
- Campo unione: c_id
- Campo destinazione: c_id
- Campi uniti: volume
- Prefisso del nome del campo personalizzato: catID_

Output: nuovo attributo unito catID_volume

Passaggio 8

Viene creato un layer virtuale che esegue il conteggio delle feature di g642_rel_ed (pass.6) per categoria e ID edificio CTN (aid) individuando contestualmente la categoria catastale prevalente (maj_cat) e il gruppo prevalente (main_typ) tra i 5 definiti dal progetto. Il gruppo prevalente viene individuato per esclusione annidando multipli IIF.

Frase SQL:

```
SELECT
  AID,
  catID_volume AS tot_vol,
  SUM(residential) AS resident,
  SUM(manufacturing) AS manufact,
  SUM(cluster1) AS cluster1,
  SUM(cluster2) AS cluster2,
  SUM(cluster3) AS cluster3,
  SUM(residential) + SUM(manufacturing) + SUM(cluster1) + SUM(cluster2) +
    SUM(cluster3) AS totunits,
  iif(
    SUM(residential) + SUM(manufacturing) + SUM(cluster1) + SUM(cluster2) +
    SUM(cluster3) = 0, 'nd',
  iif(
    SUM(residential) >= SUM(manufacturing) and
    SUM(residential) >= SUM(cluster1) and
```

Output: g642_rel_ed

Schritt 7

Auf dem Layer g642_rel_ed (Schritt 6) wird ein Join mit dem Layer g642_ed_vol_by_catID (Schritt 5) über die Kataster-ID (c_id) eingerichtet, um den Wert des Gebäudevolumens mit g642_rel_ed zu verknüpfen.

Parameter des Joins:

- Join-Vektor: g642_ed_vol_by_catID
- Join-Feld: c_id
- Zielfeld: c_id
- Verknüpfte Felder: volume
- Präfix des benutzerdefinierten Feldnamens: catID_

Output: neues verknüpftes Attribut catID_volume

Schritt 8

Es wird ein virtueller Layer erstellt, der die Features von g642_rel_ed (Schritt 6) nach Kategorie und CTN-Gebäude-ID (aid) zählt und gleichzeitig die vorherrschende Katasterkategorie (maj_cat) sowie die vorherrschende Gruppe (main_typ) unter den 5 vom Projekt definierten Gruppen bestimmt. Die vorherrschende Gruppe wird durch Ausschluss mithilfe mehrfach verschachtelter IIF-Anweisungen bestimmt.

SQL-Anweisung:

5. DATA SHAPING DI DATI ISTITUZIONALI PER LA CLASSIFICAZIONE ENERGETICA DEL PATRIMONIO EDILIZIO DATA SHAPING VON INSTITUTIONELLEN DATEN FÜR DIE ENERGETISCHE KLASSIFIZIERUNG DES GEBÄUDEBESTANDS

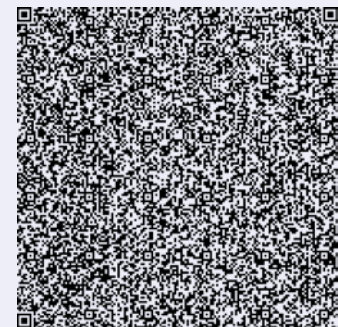
```

SUM(residential) >= SUM(cluster2) and
SUM(residential) >= SUM(cluster3) , 'resident',
iif(
SUM(cluster2) >= SUM(cluster1) and
SUM(cluster2) >= SUM(manufacturing) and
SUM(cluster2) >= SUM(cluster3) , 'cluster2',
iif(
SUM(cluster1) >= SUM(manufacturing) and
SUM(cluster1) >= SUM(cluster3) , 'cluster1',
iif(
SUM(manufacturing) >= SUM(cluster3) , 'manufact', 'cluster3')))))
AS main_typ,

iif (SUM(A01) > SUM(A02), 'A01',
iif (SUM(A02) > SUM(A03), 'A02',
iif (SUM(A03) > SUM(A04), 'A03',
iif (SUM(A04) > SUM(A05), 'A04',
iif (SUM(A05) > SUM(A06), 'A05',
iif (SUM(A06) > SUM(A07), 'A06',
iif (SUM(A07) > SUM(A08), 'A07',
iif (SUM(A08) > SUM(A09), 'A08',
iif (SUM(A09) > SUM(A11), 'A09',
iif (SUM(A11) > SUM(C02), 'A11',
iif (SUM(C02) > SUM(D01), 'C02',
iif (SUM(D01) > SUM(D07), 'D01',
iif (SUM(D07) > SUM(A10), 'D07',
iif (SUM(A10) > SUM(B01), 'A10',
iif (SUM(B01) > SUM(B03), 'B01',
iif (SUM(B03) > SUM(B04), 'B03',
iif (SUM(B04) > SUM(B05), 'B04',
iif (SUM(B05) > SUM(B06), 'B05',
iif (SUM(B06) > SUM(C01), 'B06',
iif (SUM(C01) > SUM(C03), 'C01',
iif (SUM(C03) > SUM(D05), 'C03',
iif (SUM(D05) > SUM(D10), 'D05',
iif (SUM(D10) > SUM(B02), 'D10',
iif (SUM(B02) > SUM(B07), 'B02',
iif (SUM(B07) > SUM(C04), 'B07',
iif (SUM(C04) > SUM(C05), 'C04',
iif (SUM(C05) > SUM(D02), 'C05',
iif (SUM(D02) > SUM(D03), 'D02',
iif (SUM(D03) > SUM(D04), 'D03',
iif (SUM(D04) > SUM(D06), 'D04',
iif (SUM(D06) > SUM(D08), 'D06',
iif (SUM(D08) > 0, 'D08', 'other'
)))))))))))))))))))))) AS maj_cat

FROM
g642_rel_ed
GROUP BY
AID

```



QR code del codice SQL
QR-Code des SQL-Codes

Output: g642_REL_DATA

Si tratta di fatto della tabella dei risultati finali richiesti dal progetto (tabella 09). Il dataset è espresso per singolo edificio fisico (edificio CTN) e possiede la seguente struttura:

- aid (*identificativo univoco feature planimetrica edifici CTN*)
- tot_vol (*volume lordo complessivo della proprietà catastale a cui appartiene l'edificio*)
- resident (*numero di unità immobiliari a destinazione residenziale*)
- manufact (*numero di unità immobiliari a destinazione produttiva*)
- cluster1 (*numero di unità immobiliari a destinazione d'uso inclusa nel gruppo n.1 **)
- cluster2 (*numero di unità immobiliari a destinazione d'uso inclusa nel gruppo n.2 **)
- cluster3 (*numero di unità immobiliari a destinazione d'uso inclusa nel gruppo n.3 **)
- totunits (*numero complessivo di unità immobiliari della proprietà catastale*)
- main_typ (*destinazione d'uso prevalente*)
- maj_cat (*categoria catastale prevalente*)

* vedi passaggio 6 per le definizioni dei gruppi

Output: g642_REL_DATA

Es handelt sich de facto um die Tabelle der vom Projekt geforderten Endergebnisse (Tabelle 09). Der Datensatz wird für jedes einzelne physische Gebäude (CTN-Gebäude) angegeben und weist folgende Struktur auf:

- aid (eindeutige Kennung des planimetrischen Features der CTN-Gebäude)
- tot_vol (gesamtes Bruttovolumen des Katastereigentums, zu dem das Gebäude gehört)
- resident (Anzahl der Immobilieneinheiten mit Wohnnutzung)
- manufact (Anzahl der Immobilieneinheiten mit produktiver Nutzung)
- cluster1 (Anzahl der Immobilieneinheiten mit Nutzungsart, die in Gruppe Nr. 1 enthalten ist *)
- cluster2 (Anzahl der Immobilieneinheiten mit Nutzungsart, die in Gruppe Nr. 2 enthalten ist *)
- cluster3 (Anzahl der Immobilieneinheiten mit Nutzungsart, die in Gruppe Nr. 3 enthalten ist *)
- totunits (Gesamtzahl der Immobilieneinheiten des Katastereigentums)
- main_typ (vorherrschende Nutzungsart)
- maj_cat (vorherrschende Katasterkategorie)

* siehe Schritt 6 für die Definitionen der Gruppen

5. DATA SHAPING DI DATI ISTITUZIONALI PER LA CLASSIFICAZIONE ENERGETICA DEL PATRIMONIO EDILIZIO
DATA SHAPING VON INSTITUTIONELLEN DATEN FÜR DIE ENERGETISCHE KLASSIFIZIERUNG DES GEBÄUDEBESTANDS

g642_REL_DATA — Elementi Totali: 1576, Filtrati: 1576, Selezionati: 0

	AID	tot_vol	resident	manufact	cluster1	cluster2	cluster3	totunits	main_typ	maj_cat
432	34406	41,61669797128095	0	1	0	0	0	1	manufact	C02
433	34814	616,0711670736493	1	1	0	0	0	2	resident	A04
434	34815	971,0990969378138	2	0	0	0	0	2	resident	A02
435	34817	2770,7334690594844	0	0	4	0	0	4	cluster1	C03
436	34820	513,0738459517105	0	1	0	0	0	1	manufact	C02
437	35303	28,21121659640735	0	1	0	0	0	1	manufact	C02
438	35316	1534,128581490372	3	0	1	0	0	4	resident	A02
439	35325	2091,4594437478167	6	0	0	0	0	6	resident	A03
440	35326	281,6560126118921	0	1	0	0	0	1	manufact	C02
441	35328	2530,745097738435	7	1	0	0	0	8	resident	A02
442	35329	2607,3813668369685	3	1	3	0	0	7	resident	A03
443	35363	1324,7751696335456	1	0	0	0	0	1	resident	A02
444	35364	686,8909326084084	2	1	0	0	0	3	resident	A04
445	35811	180,58132475093234	1	0	0	0	0	1	resident	A05
446	35820	243,5803883759667	0	1	0	0	0	1	manufact	C02
447	35850	186,68140013096033	1	0	0	0	0	1	resident	A11

Mostra Tutti gli Elementi

Tab. 09 Anteprima del dataset
Tab. 09 Vorschau des Datensatzes

Passaggio 9

Si imposta un join sul layer degli edifici CTN al layer g642_REL_DATA (pass.8) per mezzo dell'ID edificio (aid) in modo da unire al primo tutti i conteggi e le somme per categoria e gruppo oltre alla categoria e gruppo prevalenti (figura 05).

Parametri del join:

- Vettore di join: g642_REL_DATA
- Campo unione: aid
- Campo destinazione: aid
- Campi uniti: (*non selezionato*)
- Prefisso del nome del campo personalizzato: (*lasciare vuoto*)

Output: nuovi attribute uniti c_id, tot_vol, resident, manufact, cluster1, cluster2, cluster3, totunits, main_typ, maj_cat

Schritt 9

Auf dem Layer der CTN-Gebäude wird ein Join mit dem Layer g642_REL_DATA (Schritt 8) über die Gebäude-ID (aid) eingerichtet, um dem ersten Layer alle Zählungen und Summen nach Kategorie und Gruppe sowie die vorherrschende Kategorie und Gruppe zuzuordnen (Abbildung 05).

Parameter des Joins:

- Join-Vektor: g642_REL_DATA
- Join-Feld: aid
- Zielfeld: aid
- Verknüpfte Felder: (nicht ausgewählt)
- Präfix des benutzerdefinierten Feldnamens: (leer lassen)

Output: neue verknüpfte Attribute c_id, tot_vol, resident, manufact, cluster1, cluster2, cluster3, totunits, main_typ, maj_cat

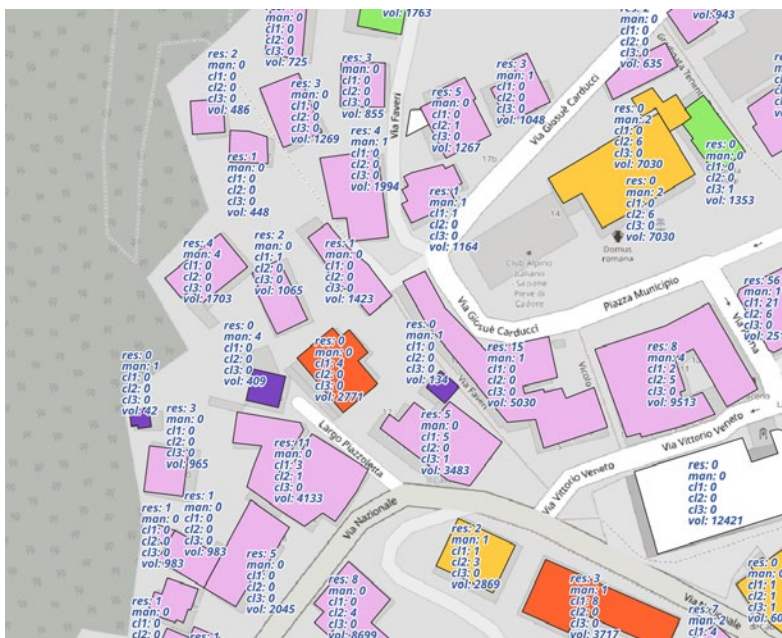


Fig. 05 Anteprima del layer Edifici CTN con dati di classificazione associati
Abb. 05 Vorschau des Layers CTN-Gebäude mit zugeordneten Klassifizierungsdaten



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:

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

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

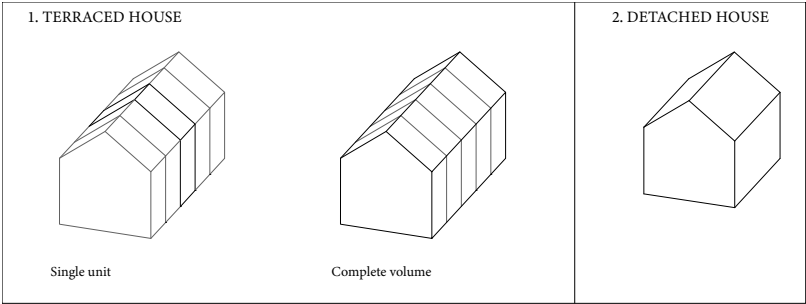


Fig. 02 Macrocategorie edilizie di riferimento
 Abb. 02 Makrokategorien der Referenzgebäude

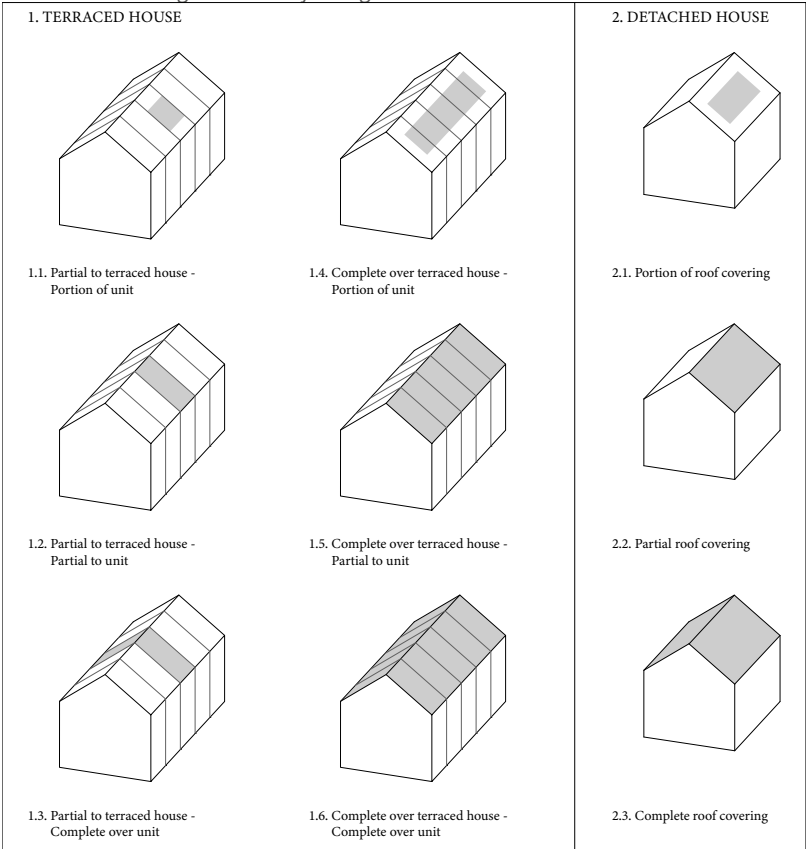


Fig. 03 Posizionamento dei pannelli FV rispetto alle categorie edilizie
 Abb. 03 Positionierung der PV-Paneele im Verhältnis zu den Gebäudekategorien

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 Metalldächern 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.

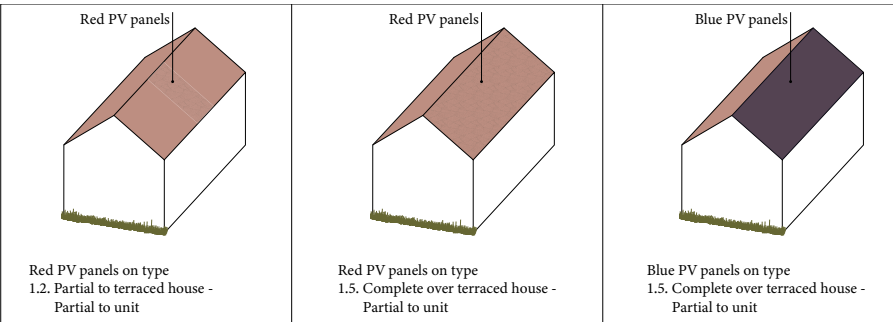


Fig. 05 Casi di esempio comparati
Abb. 05 Vergleichene Fallbeispiele

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 socio-demografiche, 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.



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>

7

**Il tool multicriterio.
Interfaccia e funzionamento
operativo**

**Das Simulations-Service für
erneuerbare Energiegemeinschaften.
Benutzeroberfläche und
Funktionsweise**

Lisa Riefer
Markus Biberacher
Chiara Scanagatta



7.1 Accesso ai servizi di simulazione Zugriff auf die Simulations-Services

L'accesso ai servizi di simulazione sviluppati per le comunità energetiche rinnovabili avviene tramite il sito web del progetto PANORAMA, accessibile attraverso il QR-Code di seguito riportato.

Der Zugriff auf die entwickelten Simulations-Services für erneuerbare Energiegemeinschaften erfolgt über die Website des PANORAMA-Projekts, die über den unten abgebildeten QR-Code aufgerufen werden kann.



Le interfacce utente si basano su applicazioni cartografiche web che integrano informazioni spaziali, risultati di analisi e strumenti di simulazione.

Die Benutzeroberflächen basieren auf webbasierten Kartenanwendungen, in denen räumliche Informationen, Analyseergebnisse und Simulationswerkzeuge miteinander kombiniert werden.

¹ Il sito web è accessibile anche al seguente URL: www.interreg-panorama.eu.

¹ Die Website ist auch unter folgender URL erreichbar: www.interreg-panorama.eu.

7.2 Panoramica degli strumenti sviluppati Überblick über die entwickelten Tools

Come già brevemente descritto nel capitolo 3, le applicazioni sviluppate si basano sugli stessi principi metodologici e tecnici relativi ai dati. Tuttavia, a seconda dei requisiti organizzativi, tecnici e normativi delle aree di progetto austriache e italiane, questi sono stati trasferiti in diverse applicazioni del **tool multicriterio**, che di seguito e nel servizio stesso vengono denominate “strumenti” e che nel loro insieme costituiscono lo strumento multicriteriale. La tabella 01 mostra una panoramica degli strumenti sviluppati e dei rispettivi punti chiave.

Il primo e l'ultimo strumento riportati nella tabella 1 corrispondono alle applicazioni originariamente previste per il servizio di simulazione. Lo strumento di integrazione paesaggistica (cfr. capitolo 6) è stato tuttavia implementato solo per le aree italiane del progetto, poiché in Austria non sussisteva una corrispondente esigenza.

Wie bereits in Kapitel 3 kurz beschrieben, basieren die entwickelten Anwendungen auf denselben methodischen und datentechnischen Grundlagen. Je nach organisatorischen, technischen und regulatorischen Anforderungen der österreichischen und italienischen Projektgebiete wurden diese jedoch in unterschiedliche Anwendungen des Simulations-Service für erneuerbare Energiegemeinschaften überführt, die im Folgenden und im Service selbst als „Tools“ bezeichnet werden und in ihrer Gesamtheit das Simulations-Service für erneuerbare Energiegemeinschaften bilden. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die entwickelten Tools und deren jeweilige Schwerpunkte.

Das erste und das letzte Tool in Tabelle 1 entsprechen den ursprünglich geplanten Anwendungen des Simulations-Service. Das Landscape integration tool (siehe Kapitel 6) wurde allerdings nur für die italienischen Projektgebiete umgesetzt, da auf österreichischer Seite kein entsprechender Bedarf bestand.

7. IL TOOL MULTICRITERIO
 DAS SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN

N.	Strumento Tool	Area di progetto Projektgebiet	Descrizione Beschreibung
1	Strumento di simulazione CER o strumento di simulazione CER [AT] EEG-Simulationstool bzw. REC simulation tool [AT]	Austria / Italia Österreich / Italien	Strumento di simulazione per il confronto tra la produzione energetica potenziale e il fabbisogno di energia elettrica di uno o più edifici Simulationstool zur Gegenüberstellung von potenzieller Energieerzeugung und Strombedarf einzelner oder mehrerer Gebäude
2	Strumento di simulazione CER a livello comunale EEG-Simulationstool auf Gemeindeebene	Austria Österreich	Analisi aggregata della produzione energetica e del fabbisogno di energia elettrica a livello comunale, di trasformatore e di sottostazione Aggregierte Betrachtung von Energieerzeugung und Strombedarf auf Gemeinde-, Trafo- und Umspannwerksebene
3	Strumento di simulazione CER [IT] REC simulation tool [IT]	Italia Italien	Strumento di simulazione per la considerazione dei fattori di ponderazione normativi e dei modelli di incentivazione italiani nell'ambito delle comunità energetiche rinnovabili Simulationstool zur Berücksichtigung regulatorischer Gewichtungsfaktoren und italienischer Anreizmodelle innerhalb von erneuerbaren Energiegemeinschaften
4	Strumento di integrazione paesaggistica Landscape integration tool	Italia Italien	Strumento per la valutazione dell'integrazione visiva di diversi colori dei moduli fotovoltaici nell'ambiente esistente Tool zur Bewertung der visuellen Integration unterschiedlicher PV-Modulfarben in die bestehende Umgebung

Tab. 01 Panoramica di tutti gli strumenti sviluppati nell'ambito del servizio di simulazione per le comunità energetiche rinnovabili
 Tab. 01 Übersicht über alle Tools, die im Rahmen des Simulations-Service für erneuerbare Energiegemeinschaften entstanden sind

7.3 Interfaccia utente comune

Gemeinsame Benutzeroberfläche

Indipendentemente dagli strumenti utilizzati, tutte le applicazioni si basano sulla stessa interfaccia cartografica web. La schermata iniziale del **tool multicriterio** è costituita da una vista cartografica centrale e da una struttura a livelli sul lato sinistro dello schermo (figura 01). Tramite questi livelli è possibile visualizzare o nascondere le diverse basi di dati e i risultati delle analisi. La mappa costituisce il livello centrale di interazione del servizio di simulazione.

Come si vede nella figura 02, due livelli centrali costituiscono la base per le ulteriori simulazioni: il livello “Selezione degli edifici per l’analisi dell’integrazione paesaggistica” (aree di progetto austriache: “Nutzungsprofil auf Objektebene”) e il livello “Scelta del tetto per le simulazioni dei costi energetici” (“Dachfläche nach Ausrichtung”).

Mentre il primo livello contiene informazioni relative agli edifici come ID, comune o regione, unità abitative e profili di carico, il secondo riproduce le superfici dei tetti precedentemente estratte con la rispettiva esposizione, inclinazione e superficie. Entrambi i livelli fungono da base per gli ulteriori calcoli all’interno degli strumenti di simulazione.

Unabhängig von den jeweiligen Tools basieren alle Anwendungen auf derselben webbasierten Kartenoberfläche. Die Startansicht des **Simulations-Service für erneuerbare Energiegemeinschaften** besteht aus einer zentralen Kartenansicht sowie einer Layerstruktur am linken Bildschirmrand (Abbildung 01). Über diese Layer können die verschiedenen Datengrundlagen und Analyseergebnisse ein- und ausgeblendet werden. Die Karte bildet dabei die zentrale Interaktionsebene des Simulations-Service.

Wie in Abbildung 02 zu sehen, bilden zwei zentrale Layer die Grundlage für die weiteren Simulationen: der Layer „Nutzungsprofil auf Objektebene“ (italienische Projektgebiete: „Selezione degli edifici per l’analisi dell’integrazione paesaggistica“) sowie der Layer „Dachfläche nach Ausrichtung“ („Scelta del tetto per le simulazioni dei costi energetici“). Während der erste Layer gebäudebezogene Informationen wie ID, Gemeinde oder Region, Wohneinheiten und Lastprofile bereithält, bildet der zweite die zuvor extrahierten Dachflächen mit ihrer jeweiligen Ausrichtung, Neigung und Fläche ab. Beide Layer dienen als Grundlage für die weiteren Berechnungen innerhalb der Simulations-Tools

7. IL TOOL MULTICRITERIO DAS SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN

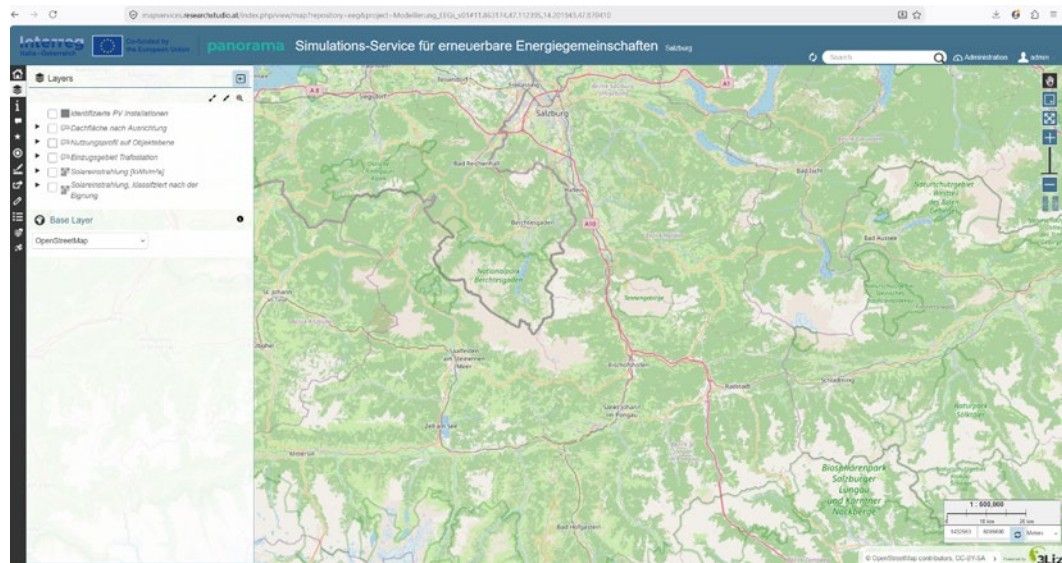


Fig. 01 Pagina iniziale del servizio di simulazione per le comunità energetiche rinnovabili sul sito austriaco
Abb. 01 Startansicht des Simulations-Service für erneuerbare Energiegemeinschaften auf österreichischer Seite

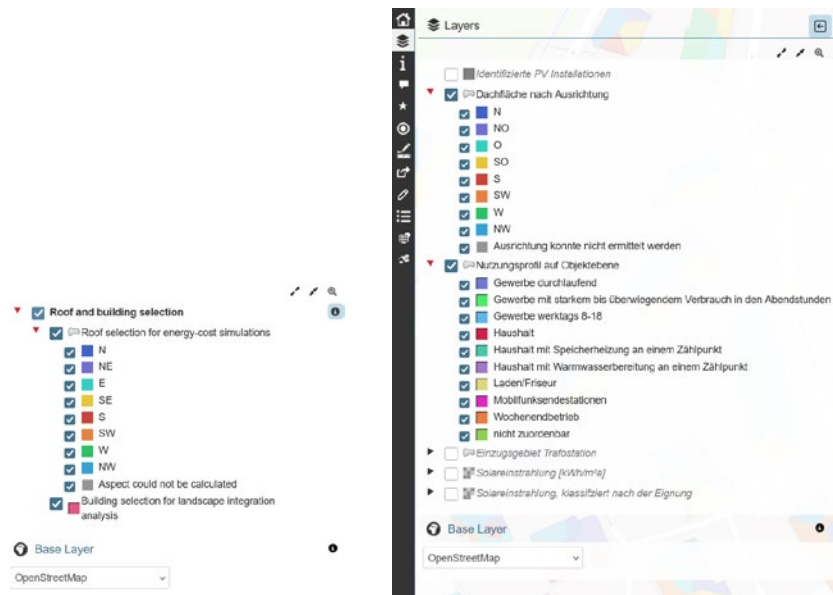


Fig. 02 Struttura a livelli con le banche dati centrali; a sinistra: Italia, a destra: Austria
Abb. 02 Layerstruktur mit den zentralen Datengrundlagen; Links: Italien, Rechts: Österreich

7.4 Lo strumento comune a entrambi i paesi: strumento di simulazione CER [AT]

Das gemeinsame Tool in beiden Ländern: EEG-/REC-Simulationstool [AT]

Lo strumento di simulazione CER per le aree di progetto austriache e lo strumento di simulazione CER [AT] per quelle italiane si basano sullo stesso principio di funzionamento e si differenziano principalmente per la lingua, i requisiti regionali e il quadro normativo di riferimento.

Le applicazioni combinano informazioni spaziali e temporali all'interno di un'interfaccia utente comune. Le superfici dei tetti e gli edifici possono essere selezionati direttamente sulla mappa e successivamente utilizzati per la simulazione insieme agli attributi associati. Le informazioni precedentemente calcolate relative alla superficie del tetto, all'orientamento, all'inclinazione e ai profili di carico modellati vengono collegate tra loro e rappresentate sotto forma di grafici.

A seconda della modalità selezionata, è possibile visualizzare singole superfici di tetto o più edifici contemporaneamente. I grafici mostrano l'andamento temporale della produzione energetica potenziale, del fabbisogno di energia elettrica, dei bilanci energetici e dei livelli di accumulo per tipiche giornate estive e invernali. Inoltre, all'interno dell'interfaccia utente vengono visualizzati gli attributi più importanti degli edifici e delle superfici di tetto selezionati.

Das EEG-Simulationstool für die österreichischen sowie das REC simulation tool [AT] für die italienischen Projektgebiete basieren auf derselben grundlegenden Funktionsweise und unterscheiden sich hauptsächlich hinsichtlich Sprache, regionaler Anforderungen und zugrunde liegender regulatorischer Rahmenbedingungen.

Die Anwendungen kombinieren räumliche und zeitliche Informationen innerhalb einer gemeinsamen Benutzeroberfläche. Dachflächen und Gebäude können direkt in der Karte ausgewählt und anschließend gemeinsam mit den zugehörigen Attributen für die Simulation verwendet werden. Dabei werden die zuvor berechneten Informationen zu Dachfläche, Ausrichtung, Neigung sowie die modellierten Lastprofile miteinander verknüpft und als Diagramme dargestellt.

Je nach gewähltem Modus können einzelne Dachflächen oder mehrere Gebäude gemeinsam betrachtet werden. Die Diagramme zeigen dabei den zeitlichen Verlauf von potenzieller Energieerzeugung, Strombedarf, Energiebilanzen sowie Speicherständen für typische Sommer- und Wintertage. Ergänzend werden die wichtigsten Attribute der ausgewählten Gebäude und Dachflächen innerhalb der Benutzeroberfläche angezeigt.

7. IL TOOL MULTICRITERIO DAS SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN



Fig. 03 Esempio basato sullo strumento di simulazione austriaco CER, con selezione personalizzata delle singole superfici del tetto e visualizzazione combinata di mappe e grafici

Abb. 03 Beispiel anhand dem österreichischen EEG-Simulationstool mit individueller Auswahl einzelner Dachflächen und gekoppelter Karten- und Diagrammdarstellung

7.4.1 Presentazione e visualizzazione dello strumento di simulazione CER o Strumento di simulazione CER [AT]

La visualizzazione dei risultati ha rappresentato una componente fondamentale dello sviluppo dei servizi di simulazione. L'obiettivo era quello di combinare le informazioni spaziali e temporali nel modo più chiaro possibile, consentendo al contempo un'interpretazione intuitiva dei risultati.

Una sfida particolare è stata rappresentata dalla rappresentazione simultanea di più valori all'interno dei grafici. Oltre alla produzione di energia e al fabbisogno

7.4.1 Darstellung und Visualisierung des EEG-Simulationstools bzw. REC simulation tool [AT]

Die Visualisierung der Ergebnisse stellte einen wesentlichen Bestandteil der Entwicklung der Simulations-Services dar. Ziel war es, räumliche und zeitliche Informationen möglichst übersichtlich miteinander zu kombinieren und gleichzeitig eine intuitive Interpretation der Ergebnisse zu ermöglichen.

Eine besondere Herausforderung bestand in der gleichzeitigen Darstellung mehrerer Werte innerhalb der Diagramme. Neben Energieerzeugung und Strombedarf

di energia elettrica, è stato necessario rappresentare contemporaneamente anche i bilanci energetici e i livelli di stoccaggio per le condizioni estive e invernali. Le precedenti varianti di visualizzazione utilizzavano simboli completamente riempiti e aree colorate più accentuate. Nel corso dell'ulteriore processo di sviluppo, tuttavia, è emerso che ciò causava una sovrapposizione visiva dei singoli elementi del diagramma, rendendo in parte difficile distinguere i contenuti l'uno dall'altro.

mussten zusätzlich Energiebilanzen sowie Speicherstände für Sommer- und Winterbedingungen gleichzeitig dargestellt werden. Frühere Visualisierungsvarianten arbeiteten dabei mit vollständig ausgefüllten Symbolen und stärker hervorgehobenen Farbflächen. Im weiteren Entwicklungsprozess zeigte sich jedoch, dass sich einzelne Diagrammelemente dadurch visuell überlagern und Inhalte teilweise schwer voneinander unterscheidbar werden.

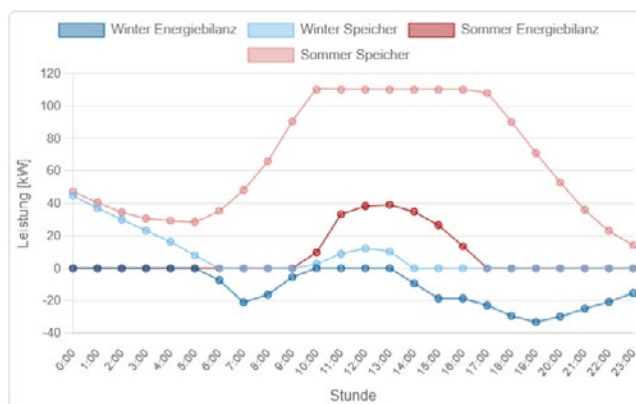
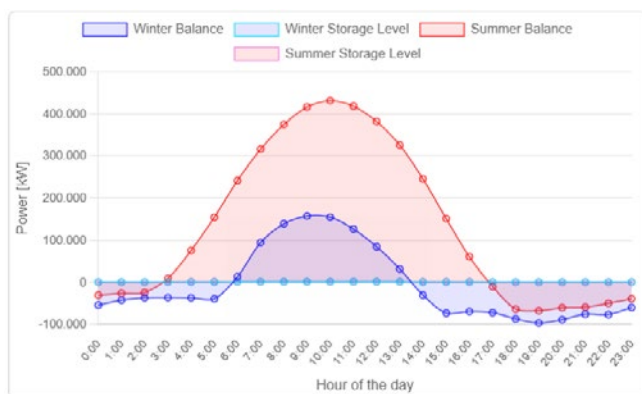


Fig. 04 Confronto tra una versione precedente della rappresentazione grafica «CER giornaliero» e la versione finale della visualizzazione
Abb. 04 Vergleich eines früheren Entwicklungsstands der Diagrammdarstellung „EEG täglich“ mit der finalen Visualisierungsvariante

Nel corso dell'ulteriore processo di sviluppo sono state quindi testate diverse varianti di rappresentazione, ottimizzandole in termini di leggibilità, contrasto e chiarezza visiva. Linee, indicatori e aree colorate sono stati gradualmente ridotti e adattati per ottenere una separazione più netta dei valori rappresentati. Allo stesso tempo, si è prestata attenzione affinché l'attribuzione dei singoli elementi del grafico rimanesse intuitivamente comprensibile.

Particolare attenzione è stata inoltre dedicata alla scelta di colori e contrasti adeguati, al fine di migliorare l'usabilità delle visualizzazioni anche per le persone con deficit nella percezione dei colori. Le palette di colori

Im weiteren Entwicklungsprozess wurden daher unterschiedliche Darstellungsvarianten getestet und hinsichtlich Lesbarkeit, Kontrast und visueller Klarheit optimiert. Linien, Marker und Farbflächen wurden schrittweise reduziert und angepasst, um eine klarere Trennung der dargestellten Werte zu erreichen. Gleichzeitig wurde darauf geachtet, dass die Zuordnung der einzelnen Diagrammelemente weiterhin intuitiv nachvollziehbar bleibt.

Besonderes Augenmerk lag zudem auf der Auswahl geeigneter Farben und Kontraste, um die Nutzbarkeit der Visualisierungen auch für Personen mit Farbschwächen zu verbessern. Die verwendeten Farbpalet-

7. IL TOOL MULTICRITERIO DAS SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN

utilizzate sono state quindi verificate in termini di distinguibilità e adattate di conseguenza. In questo modo è stato possibile tenere conto, per quanto possibile, delle diverse forme di deficit nella percezione dei colori. La verifica è stata effettuata utilizzando lo strumento online “Coblis – Color Blindness Simulator”², con il quale è stato possibile simulare e valutare le rappresentazioni in presenza di diversi tipi di deficit nella percezione dei colori. Un’eccezione è rappresentata dal daltonismo totale (acromatopsia), in cui i colori non possono essere distinti in generale. In questo caso, l’attivazione e la disattivazione mirata di singole linee nel diagramma ne consente l’univoca attribuzione al rispettivo elemento della legenda. In questo modo gli utenti possono adattare la rappresentazione alle loro esigenze individuali e concentrarsi sui contenuti rilevanti.

ten wurden daher hinsichtlich ihrer Unterscheidbarkeit geprüft und entsprechend angepasst. Dadurch konnten unterschiedliche Formen von Farbfehlsichtigkeiten weitestgehend berücksichtigt werden. Die Überprüfung erfolgte mithilfe des Online-Tools „Coblis – Color Blindness Simulator“², mit dem die Darstellungen unter verschiedenen Arten von Farbsehschwächen simuliert und bewertet werden konnten. Eine Ausnahme stellt die vollständige Farbenblindheit (Achromatopsie) dar, bei der Farben generell nicht unterschieden werden können. Für diesen Fall ermöglicht das gezielte Ein- und Ausblenden einzelner Linien im Diagramm deren eindeutige Zuordnung zum jeweiligen Legendenelement. Dadurch können User die Darstellung an ihre individuellen Anforderungen anpassen und sich auf relevante Inhalte konzentrieren.



Fig. 05 Confronto tra le combinazioni cromatiche definitive per i grafici «Superficie del tetto (singola)» (a sinistra) e «CER giornaliero» (a destra), nonché la loro visualizzazione nella simulazione di diverse forme di daltonismo. In basso a sinistra: protanopia; in basso a destra: deuteranopia
Abb. 05 Vergleich der finalen Farbkonzeppte für die Diagramme „Dachfläche(n) individuell“ (links) und „EEG täglich“ (rechts) sowie deren Darstellung bei der Simulation unterschiedlicher Formen von Farbfehlsichtigkeiten. Unten links: Protanopia; unten rechts: Deuteranopia.

² Colblindor. (n.d.). Coblis – Color Blindness Simulator. Ultimo accesso 28 maggio 2026: <https://www.color-blindness.com/coblis-color-blindness-simulator/>

² Colblindor. (n.d.). Coblis – Color Blindness Simulator. Abgerufen am 28. Mai 2026, von <https://www.color-blindness.com/coblis-color-blindness-simulator/>

7.5 Strumento di simulazione CER a livello comunale EEG-Simulationstool auf Gemeindeebene

Per le aree di progetto austriache è stato inoltre sviluppato uno strumento di simulazione CER a livello comunale. Ciò consente analisi aggregate a livello di comuni, aree di trasformazione e sottostazioni. La base di riferimento è costituita dai dati relativi agli edifici e alle superfici dei tetti descritti in precedenza, nonché dai profili di carico e dai rendimenti fotovoltaici modellizzati.

In questo contesto, il livello “Bacino di utenza della stazione di trasformazione” riveste un ruolo importante. Esso può essere visualizzato nell'applicazione cartografica e mostra quali edifici e superfici di tetto sono assegnati a una determinata area di trasformazione. In questo modo, la base spaziale per l'ulteriore selezione e il calcolo viene rappresentata in modo comprensibile.

La selezione spaziale avviene quindi direttamente all'interno dell'applicazione cartografica. A seconda dell'estensione selezionata – comune, area di trasformazione o sottostazione – gli edifici e le superfici dei tetti associati vengono valutati congiuntamente. I valori calcolati in precedenza a livello di edificio o di superficie del tetto vengono cumulati e rappresentati come potenziale dell'area selezionata. Inoltre, è possibile adattare parametri quali le dimensioni degli accumulatori e simulare diversi scenari.

I risultati vengono visualizzati sia per le giornate tipiche estive e invernali sia in forma aggregata mensile. In questo modo è possibile valutare in quali aree geogra-

Für die österreichischen Projektgebiete wurde zusätzlich ein EEG-Simulationstool auf Gemeindeebene entwickelt. Dieses ermöglicht aggregierte Betrachtungen auf Ebene von Gemeinden, Trafogebieten und Umspannwerken. Grundlage dafür bilden die zuvor beschriebenen Gebäude- und Dachflächendaten sowie die modellierten Lastprofile und PV-Erträge.

Eine wichtige Rolle spielt dabei der Layer „Einzugsgebiet Trafostation“. Dieser kann in der Kartenanwendung eingeblendet werden und macht sichtbar, welche Gebäude und Dachflächen einem bestimmten Trafogebiet zugeordnet sind. Dadurch wird die räumliche Grundlage für die weitere Auswahl und Berechnung nachvollziehbar dargestellt.

Die räumliche Auswahl erfolgt anschließend direkt innerhalb der Kartenanwendung. Je nach gewählter Ausdehnung – Gemeinde, Trafogebiet oder Umspannwerk – werden die zugehörigen Gebäude und Dachflächen gemeinsam ausgewertet. Die zuvor auf Gebäude- bzw. Dachflächenebene berechneten Werte werden dabei kumuliert und als Potenzial des ausgewählten Gebiets dargestellt. Ergänzend können Parameter wie Speichergrößen angepasst und unterschiedliche Szenarien simuliert werden.

Die Ergebnisse werden sowohl für typische Sommer- und Wintertage als auch in aggregierter monatlicher Form visualisiert. Auf diese Weise lässt sich abschätzen,

7. IL TOOL MULTICRITERIO
DAS SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN

fiche esistono potenzialità per la produzione di energia rinnovabile e quale sia la loro entità.

La rappresentazione dei grafici avviene in modo analogo ai concetti di visualizzazione e rappresentazione descritti nella sezione 7.4.1.

in welchen räumlichen Einheiten Potenziale für die Erzeugung erneuerbarer Energie bestehen und in welcher Größenordnung diese liegen.

Die Darstellung der Diagramme erfolgt dabei analog zu den in Abschnitt 7.4.1 beschriebenen Visualisierungs- und Darstellungskonzepten.

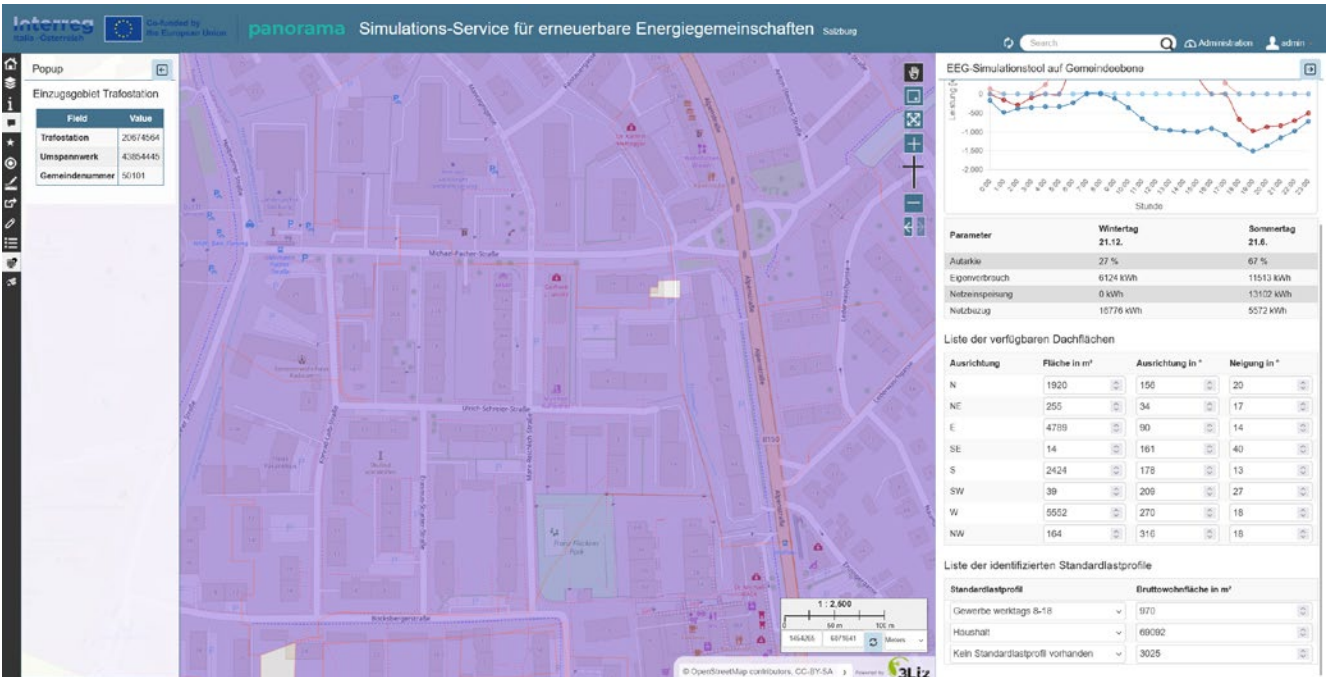


Fig. 06 Strumento di simulazione CER a livello comunale con analisi aggregata della produzione energetica e del fabbisogno di energia elettrica
Abb. 06 EEG-Simulationstool auf Gemeindeebene mit aggregierter Darstellung von Energieerzeugung und Strombedarf

7.6 Lo strumento di integrazione paesaggistica Das Landschaftsintegrationstool

Lo strumento di integrazione paesaggistica, accessibile dalla medesima interfaccia cartografica web degli strumenti di simulazione CER, consente di effettuare delle valutazioni di carattere paesaggistico sulla base dei criteri presentati nel precedente capitolo 6. Per poter utilizzare la matrice di integrazione paesaggistica è pertanto necessario avere a disposizione le seguenti informazioni:

- quali edifici devono essere analizzati e valutati;
- qual è il tipo di edificio e il cromatismo del tetto;
- quali sono i cromatismi del contesto in cui è inserito l'edificio;
- qual è il cromatismo dei pannelli FV da installare.

Dopo aver effettuato l'accesso è necessario attivare il layer "Selezione degli edifici per l'analisi di integrazione paesaggistica" (fig. 07), che consente di visualizzare la sagoma degli edifici contenente le informazioni necessarie all'utilizzo della matrice. Successivamente è possibile identificare quali edifici inserire all'interno dell'ipotesi di CER selezionando ogni relativo poligono: la scelta viene convalidata attraverso il pulsante di spunta "Seleziona" che appare in alto a sinistra dell'interfaccia (fig. 08).

Das Landschaftsintegrationstool, das über dieselbe web-basierte Kartenoberfläche wie die EEG-Simulationstools zugänglich ist, ermöglicht landschaftliche Bewertungen auf Basis der im vorangegangenen Kapitel 6 vorgestellten Kriterien. Um die Matrix zur Landschaftsintegration nutzen zu können, müssen daher folgende Informationen vorliegen:

- welche Gebäude analysiert und bewertet werden sollen;
- welcher Gebäudetyp vorliegt und welche Farbigkeit das Dach aufweist;
- welche Farbigkeiten der Kontext aufweist, in den das Gebäude eingebettet ist;
- welche Farbigkeit die zu installierenden PV-Module haben sollen.

Nach der Anmeldung muss der Layer „Gebäudeauswahl für die Landschaftsintegrationsanalyse“ (Abb. 07) aktiviert werden, wodurch die Umrisse der Gebäude sichtbar werden, die die für die Nutzung der Matrix erforderlichen Informationen enthalten. Anschließend können die Gebäude identifiziert werden, die in die hypothetische EEG aufgenommen werden sollen, indem das jeweilige Polygon ausgewählt wird: Die Auswahl wird über das Kontrollkästchen „Auswählen“ bestätigt, das oben links in der Benutzeroberfläche erscheint (Abb. 08).

7. IL TOOL MULTICRITERIO DAS SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN

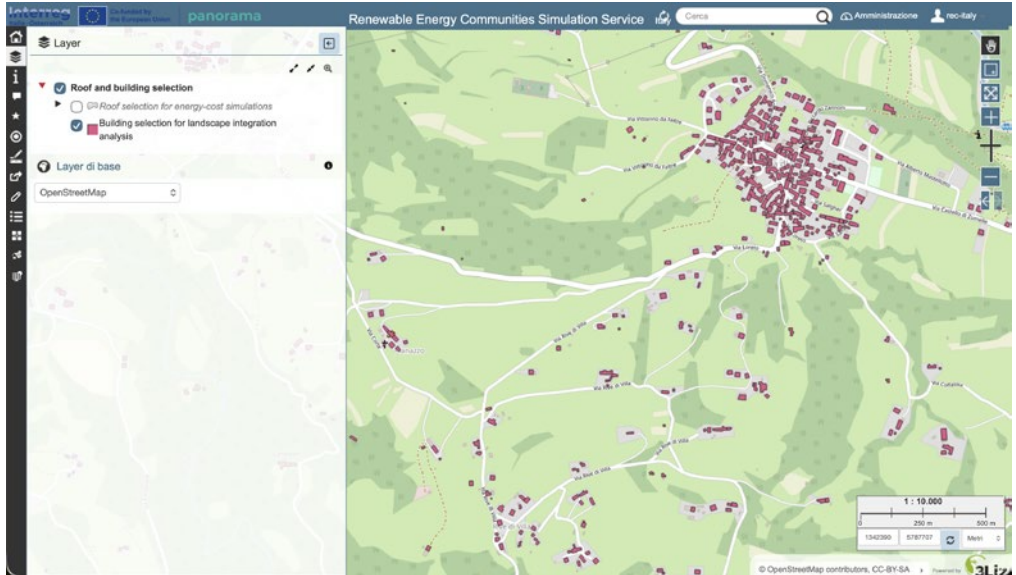


Fig. 07 Selezione del layer per poter identificare gli edifici da valutare attraverso lo strumento di integrazione paesaggistica
Abb. 07 Auswahl des Layers zur Identifizierung der zu bewertenden Gebäude über das Landschaftsintegrationstool

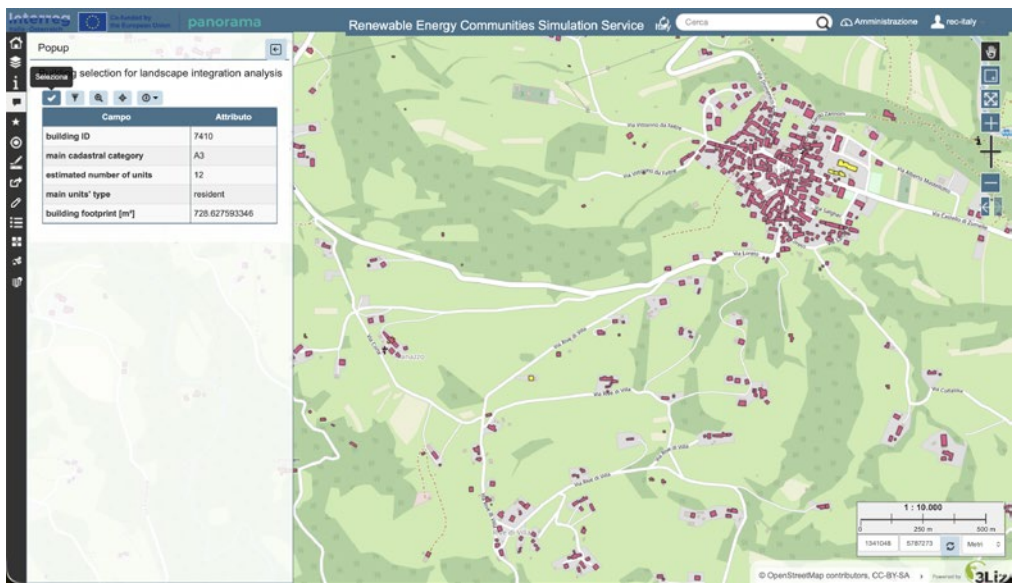


Fig. 08 Finestra per la selezione degli edifici da valutare
Abb. 08 Fenster für die Auswahl der zu bewertenden Gebäude

Dopo aver identificato e selezionato gli edifici è possibile aprire la finestra dello strumento di integrazione della matrice, selezionando la corrispondente icona tra quelle presenti nella colonna di sinistra nell'interfaccia (fig. 09). Una volta aperta la finestra, è possibile aggiungere alla matrice gli edifici precedentemente selezionati utilizzando il pulsante “Avvia/Aggiungi edificio” (fig. 10). Successivamente, è necessario definire le caratteristiche utili alla valutazione dei diversi scenari che si vogliono ipotizzare e comparare utilizzando la tabella che appare in finestra (figg. 11 e 12).

Nachdem die Gebäude identifiziert und ausgewählt wurden, kann das Fenster des Matrix-Integrationstools geöffnet werden, indem das entsprechende Symbol in der linken Spalte der Benutzeroberfläche ausgewählt wird (Abb. 09). Sobald das Fenster geöffnet ist, können die zuvor ausgewählten Gebäude mithilfe der Schaltfläche „Start/Gebäude hinzufügen“ zur Matrix hinzugefügt werden (Abb. 10). Danach müssen die für die Bewertung der verschiedenen zu hypothetisierenden und zu vergleichenden Szenarien nützlichen Merkmale mithilfe der im Fenster angezeigten Tabelle definiert werden (Abb. 11 und 12).

Die Tabelle kann über die Dropdown-Menüs im rechten

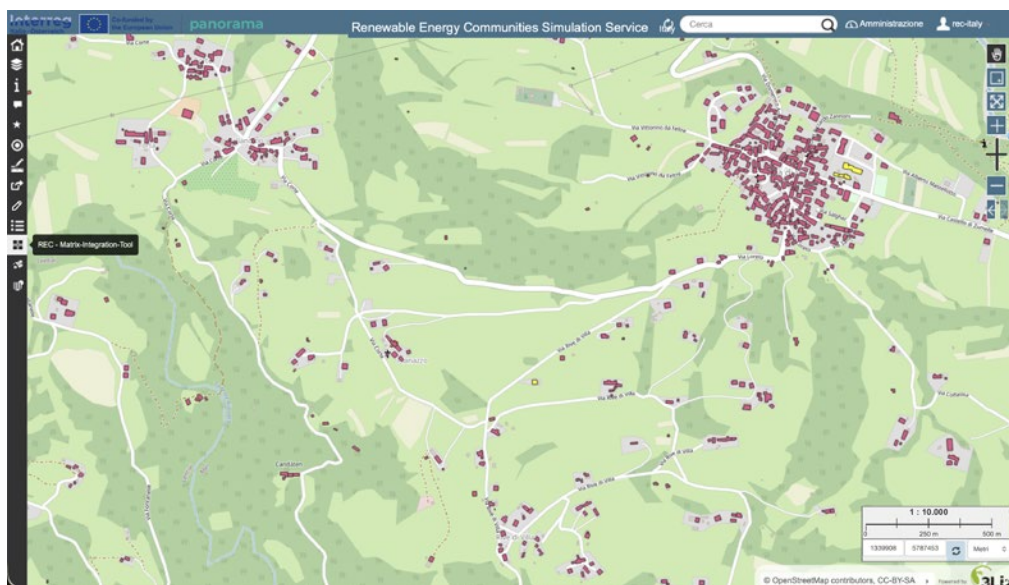


Fig. 09 Icona per l'apertura dell'interfaccia dello strumento di integrazione paesaggistica
Abb. 09 Symbol zum Öffnen der Benutzeroberfläche des Landschaftsintegrationstools

7. IL TOOL MULTICRITERIO
DAS SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN

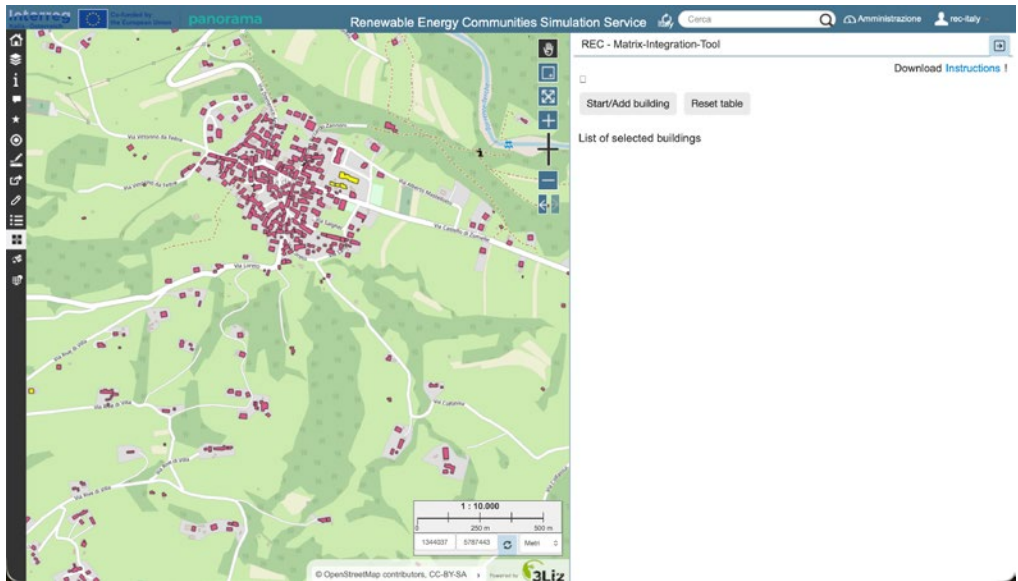


Fig. 10 Interfaccia dello strumento di integrazione paesaggistica
Abb. 10 Benutzeroberfläche des Landschaftsintegrationstools

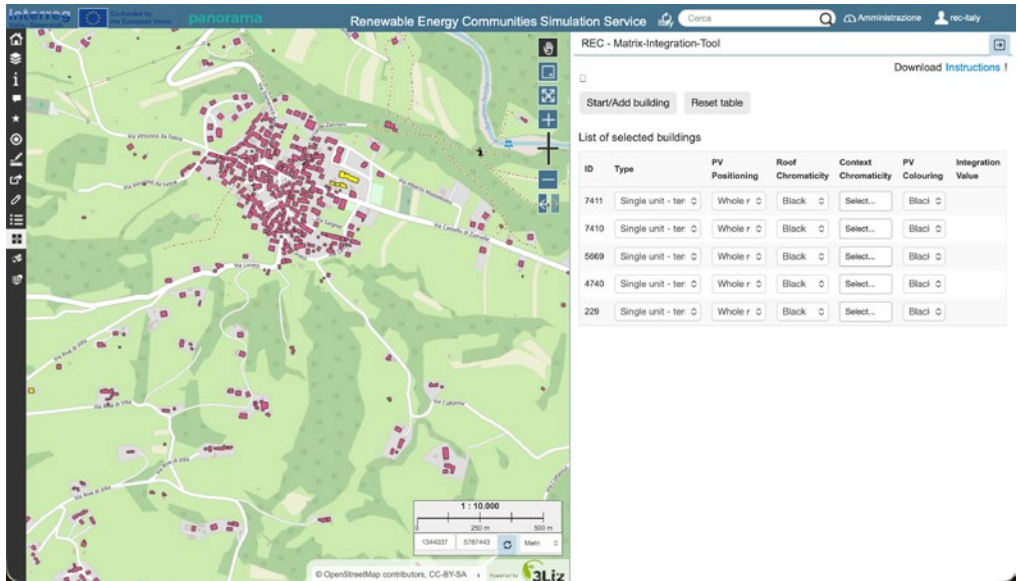


Fig. 11 Inserimento degli edifici selezionati all'interno dell'interfaccia dello strumento di integrazione paesaggistica
Abb. 11 Einfügen der ausgewählten Gebäude in die Benutzeroberfläche des Landschaftsintegrationstools

È possibile popolare la tabella utilizzando i menù a tendina che appaiono nella finestra di destra. Per ogni voce è possibile selezionare un solo valore, ad eccezione della voce “Cromaticità del contesto” dove è possibile selezionare una o più voci (fig. 13). In tabella sono presenti i campi relativi a:

- Tipo
 - Unità singola - edifici a schiera
 - Tutte le unità - edifici a schiera
 - Casa indipendente
- Posizionamento FV
 - Tetto intero
 - Falda intera
 - Porzione della falda
- Cromaticità del tetto
 - Nero
 - Marrone
 - Rosso
- Cromaticità del contesto
 - Nero
 - Marrone
 - Verde
 - Rosso
- Colorazione FV
 - Nero
 - Blu
 - Rosso
 - Trasparente

Ogni edificio avrà una sua caratterizzazione specifica e, a seguito dell’inserimento dei dati, sarà possibile visualizzare sia una valutazione di integrazione paesaggistica del singolo edificio, presente sulla riga dell’edificio in questione, sia una valutazione complessiva della CER ipotizzata, presente sotto la tabella contenente la caratterizzazione dell’intero scenario proposto (fig. 14).

Entrambi i valori (per singolo edificio e di valutazione pesata) si aggiorneranno automaticamente in

Fenster ausgefüllt werden. Für jeden Eintrag kann nur ein einziger Wert ausgewählt werden, mit Ausnahme des Eintrags „Kontext-Cromaticità“, bei dem ein oder mehrere Einträge ausgewählt werden können (Abb. 13). Die Tabelle enthält Felder zu:

- Typ
 - Einzelobjekt – Reihenhäuser
 - Gesamtes Objekt – Reihenhäuser
 - Freistehendes Haus
- PV-Positionierung
 - Ganzes Dach
 - Ganze Dachfläche
 - Teil der Dachfläche
- Dach-Cromaticità / Dachfarbe
 - Schwarz
 - Braun
 - Rot
- Kontext-Cromaticità / Umgebungsfarbe
 - Schwarz
 - Braun
 - Grün
 - Rot
- PV-Farbtone / Modulfarbe
 - Schwarz
 - Blau
 - Rot
 - Transparent

Jedes Gebäude erhält so seine spezifische Charakterisierung. Nach der Dateneingabe wird sowohl eine Bewertung der Landschaftsintegration des einzelnen Gebäudes (in der Zeile des betreffenden Gebäudes) als auch eine Gesamtbewertung der hypothetischen EEG angezeigt, die sich unterhalb der Tabelle befindet und die Charakterisierung des gesamten vorgeschlagenen Szenarios enthält (Abb. 14).

Beide Werte (für das Einzelgebäude und der gewichtete Bewertungswert) aktualisieren sich automatisch basierend auf den an den Charakterisierungen vorgenommenen Än-

7. IL TOOL MULTICRITERIO
DAS SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN

ID	Type	PV Positioning	Roof Chromaticity	Context Chromaticity	PV Colouring	Integration Value
7411	Single unit - ten	Whole r	Black	Select...	Black	
7410	Single unit - ten	Whole r	Black	Select...	Black	
5669	Single unit - ten	Whole r	Black	Select...	Black	
4740	Single unit - ten	Whole r	Black	Select...	Black	
229	Single unit - ten	Whole r	Black	Select...	Black	

Fig. 12 Schermata iniziale della tabella di inserimento dei dati caratterizzanti
Abb. 12 Startbildschirm der Tabelle zur Eingabe der charakterisierenden Daten

ID	Type	PV Positioning	Roof Chromaticity	Context Chromaticity	PV Colouring	Integration Value
7411	Detached house	Whole r	Black	Green, Brown	Blue	1.70
7410	Single unit - terraced house		Brown	Brown, Red	Black	
	✓ All units - terraced house		Red		✓ Blue	
	Detached house				Red	
5669	Single unit - ten	Full slat	Red	Brown, Red	Transparent	
4740	Single unit - ten	Whole roof		Black	Blue	0.28
	✓ Full slab			Brown		
	Part of the slab			Green		
229	Single unit - ten	Full slat	Red	Red	Blue	0.28

Fig. 13 Interfaccia dello strumento di integrazione paesaggistica per l'inserimento dei dati caratterizzanti di edificio, contesto e sistema fotovoltaico
Abb. 13 Benutzeroberfläche des Landschaftsintegrationstools zur Eingabe der charakterisierenden Daten von Gebäude, Kontext und Photovoltaikanlage

base alle modifiche apportate alle caratterizzazioni. Ad esempio, passando da uno scenario in cui tutti pannelli FV installati sono blu (fig. 14), ad uno con pannelli FV con cromatismi differenti abbinati al tetto e al contesto (fig. 15), è possibile vedere un aumento del valore di integrazione.

Lo strumento permette di modificare i diversi dati ottenendo in tempo reale il nuovo valore di integrazione paesaggistica, ma, nel caso sia necessario aggiunge-

derungen. Wenn man beispielsweise von einem Szenario, in dem alle installierten PV-Module blau sind (Abb. 14), zu einem Szenario mit PV-Modulen wechselt, deren Farben auf das Dach und den Kontext abgestimmt sind (Abb. 15), lässt sich eine Erhöhung des Integrationswertes feststellen.

Das Tool erlaubt es, die verschiedenen Daten zu modifizieren und den neuen Landschaftsintegrationswert in Echtzeit zu erhalten; falls jedoch weitere Gebäude hinzugefügt werden müssen, führt dieses Hinzufügen zu einem

ID	Type	PV Positioning	Roof Chromaticity	Context Chromaticity	PV Colouring	Integration Value
7411	Detached house	Whole roof	Black	Green, Brown	Blue	1.70
7410	All units - terrace	Full slat	Brown	Brown, Red	Blue	0.63
5669	Single unit - terrace	Full slat	Red	Brown, Red	Blue	0.28
4740	Single unit - terrace	Full slat	Red	Brown, Red	Blue	0.28
229	Single unit - terrace	Full slat	Red	Brown, Red	Blue	0.28

Weighted Integration Value: 0.65

Fig. 14 Esempio di valutazione di integrazione paesaggistica con pannelli FV blu
Abb. 14 Beispiel einer Landschaftsintegrationsbewertung mit blauen PV-Modulen

ID	Type	PV Positioning	Roof Chromaticity	Context Chromaticity	PV Colouring	Integration Value
7411	Detached house	Whole roof	Black	Green, Brown	Black	2.00
7410	All units - terrace	Full slat	Brown	Brown, Red	Red	1.70
5669	Single unit - terrace	Full slat	Red	Brown, Red	Red	0.93
4740	Single unit - terrace	Full slat	Red	Brown, Red	Red	0.93
229	Single unit - terrace	Full slat	Red	Brown, Red	Red	0.93

Weighted Integration Value: 1.49

Fig. 15 Esempio di valutazione di integrazione paesaggistica con pannelli FV colorati
Abb. 15 Beispiel einer Landschaftsintegrationsbewertung mit farbigen PV-Modulen

re ulteriori edifici, l’aggiunta comporta un reset della tabella. Sarà dunque necessario inserire nuovamente le caratteristiche di ogni edificio.

Zurücksetzen der Tabelle. Es ist daher erforderlich, die Merkmale jedes Gebäudes erneut einzugeben.

7.7 Scenari di applicazione del tool multicriterio

Anwendungsszenarien des Simulations-Service für erneuerbare Energiegemeinschaften

Sono state selezionate quattro zone come aree pilota per testare l'effettivo funzionamento del tool multicriterio: queste si trovano all'interno del territorio previsto dal programma Interreg Italia-Austria e comprendono:

1. **Salisburgo:** la città si trova nello Stato federato del Land Salzburg, in Austria. La popolazione censita al 2025 è di 158.800 abitanti ed è situata nella parte nord-occidentale del territorio austriaco.
2. **Borgo Valbelluna:** situato in provincia di Belluno (Italia), ha una popolazione di 13.699 abitanti (censimento del 2019) Si trovano nella zona sud della provincia, e in area nord-orientale della Regione Veneto.
3. **Pieve di Cadore:** comune della provincia di Belluno, in Italia, che conta 3.588 abitanti (dati al 2026). Si trova nella zona nord-orientale della Regione Veneto.
4. **Maniago:** comune in provincia di Pordenone, in Friuli-Venezia Giulia. La popolazione è di 11.444 abitanti (al 2026). Il comune è situato nell'area occidentale della regione.

Per ciascuna delle aree pilota è stato selezionato un campione di edifici volti a rappresentare una ipotetica CER, e su questi sono state effettuate le simulazioni. Si riporta di seguito il dettaglio della selezione di edifici per le quattro casistiche.

Es wurden vier Zonen als Pilotgebiete ausgewählt, um die tatsächliche Funktionsweise des Simulations-Service für erneuerbare Energiegemeinschaften zu testen; diese befinden sich innerhalb des vom Interreg-Programm Italien-Österreich vorgesehenen Gebiets und umfassen:

1. **Salzburg:** Die Stadt liegt im Bundesland Salzburg in Österreich. Die registrierte Bevölkerung im Jahr 2025 beträgt 158.800 Einwohner; sie befindet sich im nordwestlichen Teil des österreichischen Staatsgebiets.
2. **Borgo Valbelluna:** Gelegen in der Provinz Belluno (Italien), hat der Ort eine Bevölkerung von 13.699 Einwohnern (Zensus von 2019). Er befindet sich im Süden der Provinz und im nordöstlichen Bereich der Region Venetien.
3. **Pieve di Cadore:** Eine Gemeinde in der Provinz Belluno, Italien, mit 3.588 Einwohnern (Daten von 2026). Sie liegt im nordöstlichen Bereich der Region Venetien.
4. **Maniago:** Eine Gemeinde in der Provinz Pordenone, in Friaul-Julisch Venetien. Die Bevölkerung beträgt 11.444 Einwohner (Stand 2026). Die Gemeinde liegt im westlichen Bereich der Region.

Für jedes der Pilotgebiete wurde eine Stichprobe von Gebäuden ausgewählt, die eine hypothetische EEG repräsentieren sollen, und an diesen wurden die Simulationen durchgeführt. Im Folgenden werden die Details der Gebäudeauswahl für die Fallbeispiele aufgeführt.

Sul territorio austriaco sono state fatte due simulazioni: la prima ha analizzato due edifici utilizzando lo strumento di simulazione CER, la seconda ha studiato un'area più ampia, che copriva l'intero comune di Salisburgo, con lo strumento di simulazione CER a livello comunale.

Nel primo caso è stato possibile verificare l'andamento tipico della produzione energetica potenziale nelle condizioni estive e invernali, nonché il fabbisogno energetico modellizzato dell'edificio in questione, considerando di installare un impianto che copra il 70% della superficie disponibile. Successivamente si sono analizzate anche due falde dell'edificio adiacente. In questo caso si è verificato il bilancio energetico cumulativo delle superfici di tetto e degli edifici selezionati per tipiche giornate estive e invernali. Inoltre, è stato possibile vedere altri valori caratteristici come il grado di autosufficienza, l'autoconsumo, l'immissione in rete e il prelievo dalla rete. Infine, i dati giornalieri dei due edifici sono stati aggregati per ottenere i valori mensili. La seconda simulazione, che coinvolgeva l'intera area comunale, ha permesso di visualizzare i medesimi dati ma in forma aggregata: infatti le superfici di tetto disponibili sono state automaticamente raggruppate in base ai rispettivi orientamenti e rappresentate in forma cumulativa. Come già esplicitato nel capitolo 3 non sono state effettuate analisi sull'integrazione paesaggistica per l'area austriaca.

Le simulazioni eseguite sul territorio italiano hanno invece visto l'utilizzo sia dello strumento di simulazione CER [IT] sia lo strumento di integrazione paesaggistica per valutare gli aspetti tecnico-economici e quelli di integrazione nel contesto di riferimento. Nella provincia di Belluno sono stati analizzati un totale di 63 edifici, mentre nel Comune di Maniago sono stati identificati 20 edifici.

Gli edifici selezionati nel bellunese erano distribuiti nell'area urbana e quella esterna di Villa di Villa, frazione del comune di Borgo Valbelluna, e nella zona

Auf österreichischem Staatsgebiet wurden zwei Simulationen durchgeführt: Die erste analysierte zwei Gebäude mithilfe des EEG-Simulationstools, die zweite untersuchte ein größeres Gebiet, welches das gesamte Gemeindegebiet von Salzburg abdeckte, mit dem EEG-Simulationstool auf Gemeindeebene.

Im ersten Fall war es möglich, den typischen Verlauf der potenziellen Energieerzeugung unter Sommer- und Winterbedingungen sowie den modellierten Energiebedarf des betreffenden Gebäudes zu überprüfen, wobei die Installation einer Anlage unterstellt wurde, die 70 % der verfügbaren Fläche abdeckt. Anschließend wurden auch zwei Dachflächen des angrenzenden Gebäudes analysiert. In diesem Fall wurde die kumulierte Energiebilanz der ausgewählten Dachflächen und Gebäude für typische Sommer- und Wintertage überprüft. Darüber hinaus konnten weitere charakteristische Werte wie der Autarkiegrad, der Eigenverbrauch, die Netzeinspeisung und der Netzbezug eingesehen werden. Schließlich wurden die täglichen Daten der beiden Gebäude aggregiert, um die monatlichen Werte zu erhalten. Die zweite Simulation, die das gesamte Gemeindegebiet einbezog, ermöglichte die Anzeige derselben Daten, jedoch in aggregierter Form: Die verfügbaren Dachflächen wurden automatisch nach ihren jeweiligen Ausrichtungen gruppiert und in kumulierter Form dargestellt. Wie bereits in Kapitel 3 dargelegt, wurden für das österreichische Gebiet keine Analysen zur Landschaftsintegration durchgeführt.

Die auf italienischem Staatsgebiet durchgeführten Simulationen umfassten hingegen sowohl die Nutzung des REC simulation tools [IT] als auch des Landschaftsintegrationstools, um die technisch-wirtschaftlichen Aspekte sowie die Integration in den jeweiligen Kontext zu bewerten. In der Provinz Belluno wurden insgesamt 63 Gebäude analysiert, während im Gemeindegebiet von Maniago 20 Gebäude identifiziert wurden.

Die im Gebiet von Belluno ausgewählten Gebäude verteilten sich auf das urbane und das periphere Gebiet

7. IL TOOL MULTICRITERIO DAS SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN

di Tai di Cadore, frazione di Pieve di Cadore. Inoltre, questi sono stati ulteriormente suddivisi tra edifici con esposizione ottimale e edifici scelti in base a criteri di integrazione. La selezione delle due tipologie di edifici ha considerato come valore di riferimento i m² di copertura analizzati; pertanto, la superficie complessiva delle falde esposte a sud è la medesima di quelle dove è possibile integrare paesaggisticamente i pannelli FV. Gli edifici selezionati sono prevalentemente residenziali, mentre altri includono destinazioni d'uso di magazzino/stalla o piccole aziende.

Nell'area di Maniago le due simulazioni sono state effettuate su un campione di 19 edifici residenziali e 1 di piccola industria, tutti siti nell'area a Sud del comune. Non è stata considerata una differenza di selezione in termini di falde con esposizione ottimale o migliore possibilità di integrazione in quanto gli edifici presentano caratteristiche tali che li rendevano adeguati a una valutazione basata su entrambi i criteri considerati.

Nei successivi capitoli 8 e 9 le simulazioni sono descritte in dettaglio. È da notare che, sebbene le CER possano avvalersi di impianti fotovoltaici a terra, questi ultimi non sono stati integrati all'interno delle CER simulate poiché attualmente non è possibile analizzarli all'interno del tool multicriterio.

von Villa di Villa, einem Ortsteil der Gemeinde Borgo Valbelluna, sowie auf das Gebiet von Tai di Cadore, einem Ortsteil von Pieve di Cadore. Zudem wurden diese weiter unterteilt in Gebäude mit optimaler Ausrichtung und Gebäude, die basierend auf Integrationskriterien ausgewählt wurden. Die Auswahl der beiden Gebäudetypologien berücksichtigte die analysierten Quadratmeter Dachabdeckung als Referenzwert; daher entspricht die Gesamtfläche der nach Süden ausgerichteten Dachseiten exakt jener der Flächen, auf denen die PV-Module landschaftlich integriert werden können. Die ausgewählten Gebäude sind überwiegend Wohngebäude, während andere Nutzungen wie Lager/Stall oder kleine Betriebe umfassen.

In dem Gebiet von Maniago wurden die beiden Simulationen an einer Stichprobe von 19 Wohngebäuden und einem kleinen Industriebetrieb durchgeführt, die alle im südlichen Bereich der Gemeinde liegen. Eine Unterscheidung der Auswahl im Hinblick auf Dachseiten mit optimaler Ausrichtung oder besserer Integrationsmöglichkeit wurde nicht vorgenommen, da die Gebäude Merkmale aufwiesen, die sie für eine Bewertung basierend auf beiden betrachteten Kriterien gleichermaßen geeignet machten.

In den folgenden Kapiteln 8 und 9 werden die Simulationen im Detail beschrieben. Es ist anzumerken, dass – obwohl EEGs auch Freiflächen-Photovoltaikanlagen nutzen können – Letztere nicht in die simulierten EEGs integriert wurden, da sie derzeit innerhalb des Simulations-Service für erneuerbare Energiegemeinschaften nicht analysiert werden können.



**Applicazione del tool
multicriterio a Salisburgo**

**Anwendung des Simulations-
Service für erneuerbare
Energiegemeinschaften in
Salzburg**

Lisa Riefer
Sabrina Reiter
Markus Biberacher



8. APPLICAZIONE DEL TOOL MULTICRITERIO A SALISBURGO ANWENDUNG DES SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN IN SALZBURG

Di seguito viene illustrata l'applicazione degli strumenti descritti nel capitolo 7 utilizzando come esempio l'area pilota austriaca di Salisburgo. Si approfondirà in particolare lo strumento di simulazione CER e lo strumento di simulazione CER a livello comunale (strumenti n. 1 e 2 della tabella 1 nel capitolo 7), poiché questi sono stati sviluppati appositamente per le aree di progetto austriache. Sulla base di uno scenario esemplificativo, viene mostrato come selezionare edifici e superfici di tetto, adattare i parametri individualmente e analizzare i potenziali energetici che ne derivano.

Im Folgenden wird die Anwendung der in Kapitel 7 beschriebenen Tools anhand des österreichischen Pilotgebiets Salzburg dargestellt. Dabei wird auf das EEG-Simulationstool sowie das EEG-Simulationstool auf Gemeindeebene (Tool Nr. 1 und 2 aus Tabelle 1 in Kapitel 7) eingegangen, da diese für die österreichischen Projektgebiete entwickelt wurden. Anhand eines beispielhaften Szenarios wird gezeigt, wie Gebäude und Dachflächen ausgewählt, Parameter individuell angepasst und die daraus resultierenden Energiepotenziale analysiert werden können.

8.1 Strumento di simulazione CER

EEG-Simulationstool

8.1.1 Superficie del tetto personalizzata

Come scenario applicativo esemplificativo viene selezionata una superficie di tetto esposta a sud all'interno dell'area pilota di Salisburgo e analizzata nella modalità «Superficie/i di tetto individuale/i». Una volta selezionata la superficie di tetto, i parametri ricavati dai dati geografici vengono automaticamente importati nello strumento di simulazione CER. Per la superficie del tetto selezionata viene inizialmente proposta un'area di 192 m². Poiché nello scenario in questione si ipotizza che solo circa il 70% della superficie del tetto possa essere effettivamente coperta da moduli fotovoltaici, il valore viene modificato manualmente a 134 m². I valori proposti per l'orientamento e l'inclinazione rimangono invariati, poiché non vengono ulteriormente verificati nell'ambito dello scenario (figura 01).

Una volta aggiornato il calcolo, il grafico mostra l'andamento tipico della produzione energetica potenziale nelle condizioni estive e invernali, nonché il fabbisogno energetico modellizzato dell'edificio in questione. Mentre la produzione energetica potenziale risulta nettamente superiore in estate rispetto all'inverno, in particolare nelle ore diurne, il fabbisogno energetico dell'edificio rimane relativamente costante. La riduzione della superficie del tetto utilizzabile comporta una corrispondente diminuzione della potenza fotovoltaica potenziale.

8.1.1 Dachfläche individuell

Als beispielhaftes Anwendungsszenario wird eine südlich ausgerichtete Dachfläche innerhalb des Salzburger Pilotgebiets ausgewählt und im Modus „Dachfläche(n) individuell“ betrachtet. Nach der Auswahl der Dachfläche werden die aus den Geodaten abgeleiteten Parameter automatisch in das EEG-Simulationstool übernommen. Für die gewählte Dachfläche wird zunächst eine Fläche von 192 m² vorgeschlagen. Da im vorliegenden Szenario angenommen wird, dass lediglich etwa 70 % der Dachfläche tatsächlich mit PV-Modulen belegt werden können, wird der Wert manuell auf 134 m² angepasst. Die vorgeschlagenen Werte für Ausrichtung und Neigung bleiben unverändert, da diese im Rahmen des Szenarios nicht weiter überprüft werden (Abbildung 01).

Nach der Aktualisierung der Berechnung zeigt das Diagramm den typischen Verlauf der potenziellen Energieerzeugung für Sommer- und Winterbedingungen sowie den modellierten Energiebedarf des zugehörigen Gebäudes. Während die potenzielle Energieerzeugung insbesondere in den Sommerstunden deutlich höher ausfällt als im Winter, bleibt der Energiebedarf des Gebäudes vergleichsweise konstant. Durch die Reduktion der belegbaren Dachfläche verringert sich die potenzielle PV-Leistung entsprechend.

8. APPLICAZIONE DEL TOOL MULTICRITERIO A SALISBURGO ANWENDUNG DES SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN IN SALZBURG



Fig. 01 Esempio di adeguamento della superficie del tetto installabile all'interno dello strumento di simulazione CER, nonché rappresentazione della produzione energetica risultante e del fabbisogno di energia elettrica modellato

Abb. 01 Beispielhafte Anpassung der belegbaren Dachfläche innerhalb des EEG-Simulationstools sowie Darstellung der daraus resultierenden Energieerzeugung und des modellierten Strombedarfs

8.1.2 CER giornaliero

Nello scenario successivo vengono incluse nel calcolo anche le superfici del tetto orientate a est e a ovest dell'edificio adiacente (figura 02). Analogamente all'esempio precedente, anche in questo caso si ipotizza che circa il 70 % delle superfici del tetto disponibili possa essere effettivamente coperto da pannelli fotovoltaici. L'obiettivo di questo scenario è innanzitutto quello di esaminare il bilancio energetico potenziale degli edifici selezionati senza accumulatori di energia aggiuntivi e di stimare da ciò il grado di autosufficienza raggiungibile. Per il calcolo, nello strumento di simulazione CER viene selezionata la modalità "CER giornaliero". Il diagramma mostra il bilancio energetico cumulativo delle superfici di tetto e degli edifici selezionati per tipiche giornate estive e invernali. Inoltre, valori caratteristici come il grado di autosufficienza, l'autoconsumo, l'immissione in rete e il prelievo dalla rete vengono calcolati automaticamente e presentati in forma tabellare.

Nello scenario illustrato si osserva, in particolare per la giornata tipo estiva, un grado di autosufficienza nettamente superiore rispetto all'inverno. Mentre in estate gran parte del fabbisogno di energia elettrica può già essere coperto dalle superfici di tetto selezionate, in inverno rimane necessario un prelievo dalla rete relativamente elevato. Allo stesso tempo, si nota che senza un sistema di accumulo aggiuntivo, soprattutto nelle ore centrali della giornata, si generano eccedenze estive che non possono essere utilizzate completamente all'interno degli edifici considerati.

Inoltre, è possibile testare ulteriori scenari. Ad esempio, è possibile aggiungere un sistema di accumulo di energia elettrica per verificarne l'influenza sull'autosufficienza, sul prelievo dalla rete e sull'immissione in rete. Allo stesso modo, è possibile modificare la superficie abitabile lorda e il profilo di carico standard, ad esempio per simulare una minore partecipazione delle singole unità abitative o un utilizzo commerciale. Anche la superficie del tetto utilizzabile, l'orientamento e l'inclinazione possono essere modificati, purché siano disponibili informazioni più precise.

8.1.2 EEG täglich

Im nächsten Szenario werden zusätzlich die Ost- und West-Dachflächen des benachbarten Gebäudes in die Berechnung einbezogen (Abbildung 02). Analog zum vorherigen Beispiel wird auch hier angenommen, dass jeweils etwa 70 % der extrahierten Dachflächen tatsächlich mit PV-Modulen belegt werden können. Ziel dieses Szenarios ist es zunächst, die potenzielle Energiebilanz der ausgewählten Gebäude ohne zusätzlichen Stromspeicher zu betrachten und daraus die erreichbare Autarkie abzuschätzen.

Für die Berechnung wird im EEG-Simulationstool der Modus „EEG täglich“ gewählt. Das Diagramm zeigt dabei die kumulierte Energiebilanz der ausgewählten Dachflächen und Gebäude für typische Sommer- und Wintertage. Zusätzlich werden Kennwerte wie Autarkiegrad, Eigenverbrauch, Netzeinspeisung und Netzbezug automatisch berechnet und tabellarisch dargestellt.

Im dargestellten Szenario zeigt sich insbesondere für den Sommertypstag ein deutlich höherer Autarkiegrad als im Winter. Während im Sommer bereits ein großer Teil des Strombedarfs durch die ausgewählten Dachflächen gedeckt werden kann, bleibt im Winter weiterhin ein vergleichsweise hoher Netzbezug erforderlich. Gleichzeitig wird sichtbar, dass ohne zusätzlichen Speicher vor allem in den Mittagsstunden sommerliche Überschüsse entstehen, die nicht vollständig innerhalb der betrachteten Gebäude genutzt werden können.

Darüber hinaus können weitere Szenarien getestet werden. So lässt sich beispielsweise ein Stromspeicher ergänzen, um dessen Einfluss auf Autarkie, Netzbezug und Netzeinspeisung zu prüfen. Ebenso können Bruttowohnfläche und Standardlastprofil angepasst werden, etwa um eine geringere Beteiligung einzelner Wohneinheiten oder eine gewerbliche Nutzung zu simulieren. Auch die belegbare Dachfläche sowie Ausrichtung und Neigung können verändert werden, sofern genauere Informationen vorliegen.

8. APPLICAZIONE DEL TOOL MULTICRITERIO A SALISBURGO
ANWENDUNG DES SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN IN SALZBURG



Fig. 02 Esempio di calcolo giornaliero dell'CER senza sistemi di accumulo di energia per due condomini con superfici di tetto esposte a est, sud e ovest
Abb. 02 Beispielhafte tägliche EEG-Berechnung ohne Stromspeicher für zwei Mehrparteienhäuser mit ausgewählten Ost-, Süd- und West-Dachflächen

8.1.3 CER mensile

Infine, lo scenario viene analizzato nella modalità “CER mensile” (figura 03). I parametri e le superfici del tetto selezionati in precedenza rimangono invariati. A differenza della rappresentazione giornaliera, i dati vengono ora presentati in forma aggregata su tutti i mesi.

Oltre all’autoconsumo, all’immissione in rete e al prelievo dalla rete, il diagramma mostra anche il grado di autosufficienza risultante nel corso dell’anno. È evidente che, soprattutto nei mesi estivi, una quota elevata del fabbisogno di energia elettrica può essere coperta direttamente dalle superfici del tetto selezionate. Allo stesso tempo, in questi mesi aumenta anche l’immissione in rete, poiché a volte viene generata più energia di quanta ne venga consumata immediatamente.

Nei mesi invernali la produzione energetica potenziale diminuisce notevolmente, con un conseguente aumento dell’approvvigionamento dalla rete e una diminuzione del grado di autosufficienza. La rappresentazione mensile consente quindi di valutare più facilmente le variazioni stagionali e di individuare i periodi in cui la comunità energetica in esame presenta un maggiore potenziale di autosufficienza.

8.1.3 EEG monatlich

Abschließend wird das Szenario im Modus „EEG monatlich“ betrachtet (Abbildung 03). Dabei bleiben die zuvor gewählten Parameter und Dachflächen unverändert. Im Unterschied zur täglichen Darstellung erfolgt die Ausgäbe nun in aggregierter Form über alle Monate hinweg.

Das Diagramm zeigt neben Eigenverbrauch, Netzeinspeisung und Netzbezug auch den daraus resultierenden Autarkiegrad über den Jahresverlauf. Dabei wird deutlich, dass insbesondere in den Sommermonaten ein hoher Anteil des Strombedarfs direkt durch die ausgewählten Dachflächen gedeckt werden kann. Gleichzeitig steigt in diesen Monaten auch die Netzeinspeisung an, da zeitweise mehr Energie erzeugt als unmittelbar verbraucht wird.

In den Wintermonaten nimmt die potenzielle Energieerzeugung deutlich ab, wodurch der Netzbezug steigt und der Autarkiegrad sinkt. Die monatliche Darstellung ermöglicht dadurch eine vereinfachte Abschätzung saisonaler Unterschiede sowie eine Einordnung, in welchen Zeiträumen ein höheres Potenzial zur Eigenversorgung innerhalb der betrachteten Energiegemeinschaft besteht.

8. APPLICAZIONE DEL TOOL MULTICRITERIO A SALISBURGO
ANWENDUNG DES SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN IN SALZBURG



Fig. 03 Rapporto mensile sul bilancio energetico per lo scenario in esame, con una selezione di superfici di tetto esposte a est, a sud e a ovest
Abb. 03 Monatliche Darstellung der Energiebilanz für das betrachtete Szenario mit ausgewählten Ost-, Süd- und West-Dachflächen

8.2 Strumento di simulazione CER a livello comunale EEG-Simulationstool auf Gemeindeeben

Oltre all'analisi dei singoli edifici e delle superfici dei tetti, lo strumento di simulazione CER a livello comunale consente anche analisi aggregate per unità territoriali più estese. Nello scenario seguente viene esaminato il potenziale per l'intero territorio comunale della città di Salisburgo.

A tal fine, all'interno dello strumento si seleziona il livello "Comune" e, cliccando sulla mappa, si carica il numero del comune corrispondente (figura 04). Inoltre, è possibile visualizzare il livello "Area di copertura della stazione di trasformazione", che mostra in modo chiaro l'assegnazione spaziale degli edifici alle singole aree di trasformazione. La mappa visualizza tutti gli edifici e le superfici dei tetti inclusi nel calcolo all'interno dell'area selezionata.

A differenza della precedente analisi individuale delle singole superfici di tetto, qui le superfici di tetto disponibili vengono automaticamente raggruppate in base ai rispettivi orientamenti e rappresentate in forma cumulativa. La tabella contiene i valori aggregati delle superfici per i diversi punti cardinali, nonché i relativi orientamenti e inclinazioni medi.

Inoltre, vengono presi in considerazione congiuntamente i profili di carico standard identificati all'interno del territorio comunale. In questo modo, i diversi tipi di utilizzo e le diverse strutture di consumo vengono integrati nel calcolo, consentendo una stima semplifi-

Neben der Betrachtung einzelner Gebäude und Dachflächen ermöglicht das EEG-Simulationstool auf Gemeindeebene auch aggregierte Analysen für größere räumliche Einheiten. Im folgenden Szenario wird das Potenzial für das gesamte Gemeindegebiet der Stadt Salzburg betrachtet.

Dafür wird innerhalb des Tools die Ebene „Gemeinde“ ausgewählt und durch Klicken in die Karte die entsprechende Gemeindenummer geladen (Abbildung 04). Zusätzlich kann der Layer „Einzugsgebiet Trafostation“ eingeblendet werden, wodurch die räumliche Zuordnung der Gebäude zu einzelnen Trafogebieten nachvollziehbar dargestellt wird. Die Karte visualisiert dabei sämtliche in die Berechnung einbezogenen Gebäude und Dachflächen innerhalb des ausgewählten Gebiets.

Im Unterschied zur zuvor beschriebenen individuellen Betrachtung einzelner Dachflächen werden die verfügbaren Dachflächen hier automatisch nach ihren jeweiligen Ausrichtungen zusammengefasst und kumuliert dargestellt. Die Tabelle enthält dabei die aggregierten Flächenwerte für die unterschiedlichen Himmelsrichtungen sowie die jeweils zugehörigen mittleren Ausrichtungen und Neigungen.

Zusätzlich werden die innerhalb des Gemeindegebiets identifizierten Standardlastprofile gemeinsam berücksichtigt. Dadurch fließen unterschiedliche Nutzungsarten und Verbrauchsstrukturen in die Berechnung ein und er-

8. APPLICAZIONE DEL TOOL MULTICRITERIO A SALISBURGO ANWENDUNG DES SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN IN SALZBURG

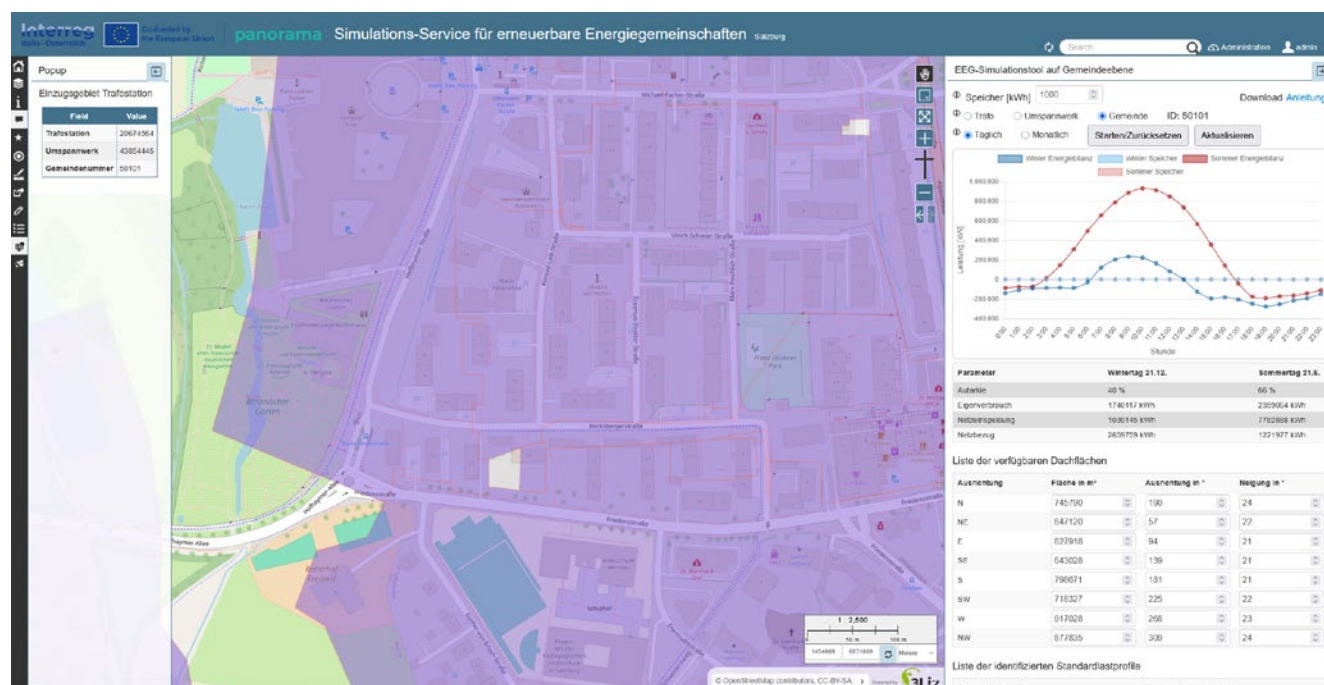


Fig. 04 Analisi aggregata del potenziale per il territorio comunale di Salisburgo nell'ambito dello strumento di simulazione CER a livello comunale
Abb. 04 Aggregierte Betrachtung des Potenzials für das Gemeindegebiet Salzburg innerhalb des EEG-Simulationstools auf Gemeindeebene

cata del fabbisogno energetico complessivo all'interno dell'area considerata.

I grafici riportati mostrano il bilancio energetico aggregato del comune selezionato per tipiche giornate estive e invernali. Inoltre, vengono calcolati automaticamente valori caratteristici quali l'autosufficienza, l'autoconsumo, l'immissione in rete e il prelievo dalla rete. Ciò consente di stimare il potenziale teorico per l'utilizzo del fotovoltaico all'interno dell'intero territorio comunale e di individuare i periodi in cui si verifica un surplus energetico particolarmente elevato o un prelievo aggiuntivo dalla rete.

möglichen eine vereinfachte Abschätzung des gesamten Energiebedarfs innerhalb des betrachteten Gebiets.

Die dargestellten Diagramme zeigen die aggregierte Energiebilanz der ausgewählten Gemeinde für typische Sommer- und Wintertage. Ergänzend werden Kennwerte wie Autarkie, Eigenverbrauch, Netzeinspeisung und Netzbezug automatisch berechnet. Dadurch kann abgeschätzt werden, welches rechnerische Potenzial für die Nutzung von Photovoltaik innerhalb des gesamten Gemeindegebiets besteht und in welchen Zeiträumen ein besonders hoher Energieüberschuss bzw. zusätzlicher Netzbezug auftritt.

8.3 Valorizzazione e utilità pratica dei risultati del progetto

Verwertung und praktischer Nutzen der Projektergebnisse

All'inizio del progetto, l'obiettivo era quello di sviluppare strumenti che non fossero utilizzati solo nell'ambito del progetto stesso, ma che avessero anche un'utilità pratica e fossero accessibili al maggior numero possibile di utenti. Oltre allo sviluppo scientifico, fin dall'inizio è stata quindi data priorità all'applicabilità pratica. Gli strumenti sviluppati dovrebbero contribuire a rendere comprensibili le questioni relative ai sistemi fotovoltaici e alle comunità energetiche e consentire alle persone interessate di orientarsi rapidamente nella valutazione delle possibili opzioni di attuazione.

Nell'ambito di questo programma di ricerca si tratta di un prototipo. Tuttavia, già durante la durata del progetto è emerso che il servizio offre un valore aggiunto concreto per la pratica e può essere utilizzato in casi di applicazione reali. L'applicazione sviluppata consente un'analisi semplice di edifici e strutture insediative e aiuta a rendere visibili in una fase precoce le opportunità per l'impiego di sistemi di energia rinnovabile.

Da febbraio 2026, la Borsa dell'energia verde di Salisburgo offre, con cadenza bisettimanale, sessioni di consulenza rivolte a privati, comuni, promotori immobiliari e altri soggetti interessati. L'obiettivo di queste consulenze è fornire una prima panoramica delle possibilità offerte dagli impianti fotovoltaici, dalle comunità energetiche e dalle soluzioni di accumulo complementari. Nell'ambito di queste offerte di consulenza, i due strumenti sviluppati per la parte austriaca del progetto

Als das Projekt seinen Anfang nahm, war es das Ziel, Tools zu entwickeln, die nicht nur im Rahmen des Projekts genutzt werden, sondern auch einen praktischen Nutzen haben und für möglichst viele Anwender:innen zugänglich sind. Neben der wissenschaftlichen Entwicklung stand daher von Beginn an die Anwendbarkeit in der Praxis im Vordergrund. Die entwickelten Werkzeuge sollen dazu beitragen, Fragestellungen rund um Photovoltaiksysteme und Energiegemeinschaften nachvollziehbar aufzubereiten und Interessierten eine rasche Orientierung bei der Bewertung möglicher Umsetzungsoptionen zu ermöglichen.

Es handelt sich im Rahmen dieses Forschungsprogramms um einen Prototyp. Dennoch zeigt sich bereits während der Projektlaufzeit, dass der Service einen konkreten Mehrwert für die Praxis bietet und in realen Anwendungsfällen eingesetzt werden kann. Die entwickelte Anwendung erlaubt eine unkomplizierte Analyse von Gebäuden und Siedlungsstrukturen und hilft dabei, Chancen für den Einsatz erneuerbarer Energiesysteme frühzeitig sichtbar zu machen.

Die Ökostrombörse Salzburg bietet seit Februar 2026 in einem zweiwöchentlichen Rhythmus Beratungsstunden für Privatpersonen, Gemeinden, Wohnbauträger sowie weitere interessierte Akteur:innen an. Ziel dieser Beratungen ist es, diesen einen ersten Überblick über die Möglichkeiten von Photovoltaikanlagen, Energiegemeinschaften und ergänzenden Speicherlösungen zu

(n. 1 e 2 della tabella 1 del capitolo 7) del tool multicriterio sono già attivamente utilizzati e rappresentano una componente importante dell'attività di consulenza.

Grazie allo strumento di simulazione CER è possibile effettuare in pochi minuti valutazioni approssimative relative a edifici specifici o a progetti in fase di pianificazione. In questo modo è possibile determinare, ad esempio, il numero di unità abitative potenzialmente idonee, le dimensioni possibili di un impianto fotovoltaico e il potenziale di accumulo tramite batterie. Inoltre, è possibile formulare prime considerazioni sul potenziale di idoneità di base di un sito. Ciò consente di individuare tempestivamente le condizioni quadro rilevanti e di inquadrare meglio le fasi successive di un possibile processo di attuazione. L'applicazione pratica nell'ambito delle sessioni di consulenza rappresenta un importante test per l'ulteriore sviluppo dello strumento e fornisce preziose informazioni in merito all'usabilità, alla significatività dei risultati e alle future possibilità di impiego.

Le esperienze raccolte finora e i primi riscontri emersi durante le sessioni di consulenza dimostrano che, in particolare, la disponibilità immediata dei risultati delle analisi offre un elevato valore aggiunto alle persone interessate.

Il tool multicriterio facilita la prima valutazione delle idee di progetto e fornisce preziosi spunti per analisi tecniche, economiche o organizzative più approfondite. In questo modo, il servizio ha già fornito un contributo concreto alla promozione di progetti fotovoltaici e comunità energetiche nel Land di Salisburgo durante la durata del progetto. L'offerta di consulenza proseguirà per almeno altri due anni dopo la conclusione del progetto.

geben. Im Rahmen dieser Beratungsangebote werden die beiden für die österreichische Seite im Projekt entwickelten Tools (Nr. 1 und 2 aus Tabelle 1 in Kapitel 7) des Simulations-Service für erneuerbare Energiegemeinschaften bereits aktiv eingesetzt und stellen einen wichtigen Bestandteil der Beratungstätigkeit dar.

Mithilfe des EEG-Simulationstool lassen sich für konkrete Gebäude oder geplante Vorhaben innerhalb weniger Minuten überschlägige Bewertungen durchführen. So lassen sich beispielsweise die Anzahl potenziell geeigneter Wohneinheiten, die mögliche Größe einer Photovoltaikanlage sowie Potenziale für Batteriespeicher ermitteln. Darüber hinaus können erste Aussagen über das grundsätzliche Eignungspotenzial eines Standorts getroffen werden. Dadurch können relevante Rahmenbedingungen früh erkannt und die nächsten Schritte eines möglichen Umsetzungsprozesses besser eingeordnet werden. Die praktische Anwendung im Rahmen der Beratungsstunden stellt einen wichtigen Testlauf für die Weiterentwicklung des Tools dar und liefert wertvolle Erkenntnisse hinsichtlich Usability, Aussagekraft der Ergebnisse und zukünftiger Einsatzmöglichkeiten.

Die bisherigen Erfahrungen und erste Rückmeldungen aus den Beratungsstunden zeigen, dass insbesondere die unmittelbare Verfügbarkeit von Analyseergebnissen einen hohen Mehrwert für Interessierte bietet.

Der Simulations-Service für erneuerbare Energiegemeinschaften erleichtert die erste Einschätzung von Projektideen und liefert wertvolle Anhaltspunkte für vertiefende technische, wirtschaftliche oder organisatorische Analysen. Damit leistete der Service bereits während der Projektlaufzeit einen konkreten Beitrag zur Förderung von Photovoltaikprojekten und Energiegemeinschaften im Bundesland Salzburg. Das Beratungsangebot wird noch mindestens zwei Jahre nach Projektende fortgeführt.

9

Applicazione del tool multicriterio in Italia.

Le aree pilota di Veneto e Friuli-Venezia Giulia

Anwendung des Simulations- Service für erneuerbare Energiegemeinschaften in Italien.

Die Pilotgebiete von Venetien und Friaul-
Julisch Venetien

Chiara Scanagatta
Stefano Savino
Damiana Chinese
Massimiliano Condotta
Giovanni Calore



9.1 I casi studio italiani

Die italienischen Fallstudien

Di seguito viene illustrata l'applicazione degli approcci teorici e degli strumenti descritti nei precedenti capitoli utilizzando come esempio le aree pilota italiane di Veneto e Friuli-Venezia Giulia. Si approfondisce in particolare lo strumento di simulazione CER [IT] e lo strumento di integrazione paesaggistica (strumenti n. 3 e 4 della tabella 01 nel capitolo 7). Sulla base di scenari esemplificativi localizzati nei comuni di Borgo Valbelluna e Pieve di Cadore, in provincia di Belluno, e del comune di Maniago, in provincia di Pordenone, viene mostrato come selezionare edifici e superfici di tetto, per analizzare e valutare i potenziali energetici che ne derivano, i costi di installazione e il livello di integrazione paesaggistica.

Im Folgenden wird die Anwendung der in den vorherigen Kapiteln beschriebenen theoretischen Ansätze und Instrumente am Beispiel der italienischen Pilotgebiete Venetien und Friaul-Julisch Venetien veranschaulicht. Insbesondere werden das CER-Simulationswerkzeug [IT] (Erneuerbare Energiegemeinschaften) und das Werkzeug zur Landschaftsintegration (Werkzeuge Nr. 3 und 4 aus Tabelle 01 in Kapitel 7) vertieft. Auf der Grundlage von Beispielszenarien in den Gemeinden Borgo Valbelluna und Pieve di Cadore in der Provinz Belluno sowie der Gemeinde Maniago in der Provinz Pordenone wird gezeigt, wie Gebäude und Dachflächen ausgewählt werden, um die daraus resultierenden Energiepotenziale, die Installationskosten und den Grad der Landschaftsintegration zu analysieren und zu bewerten.

9.1.1 Il caso studio della provincia di Belluno

Nell'area pilota di Belluno sono state identificate due municipalità per effettuare le simulazioni: Borgo Valbelluna e Pieve di Cadore. Successivamente, si è ristretta l'area di analisi alle due frazioni di Villa di Villa e Tai di Cadore. Per ognuna delle due aree, gli edifici sono stati selezionati secondo due distinti criteri: massimizzazione della resa energetica attraverso la selezione di edifici dotati di falde con esposizione ottimale a Sud, o possibilità degli edifici di installare i nuovi sistemi di produzione da FER secondo i criteri di integrazione paesaggistica presentati nel precedente capitolo 7. Per garantire la comparabilità delle due casistiche si è scelto come valore comune i m² di copertura considerati.

9.1.2 Il caso studio della provincia di Pordenone

Nell'area pilota del Friuli-Venezia Giulia l'analisi si è concentrata sul Comune di Maniago, in provincia di Pordenone. A differenza delle simulazioni svolte nel bellunese, si è scelto di identificare una singola ipotetica CER da valutare. Non è stato pertanto necessario verificare la superficie complessiva delle falde poiché si sono testati diversi scenari sul medesimo gruppo di edifici.

9.1.1 Die Fallstudie der Provinz Belluno

Im Pilotgebiet Belluno wurden zwei Gemeinden für die Durchführung der Simulationen identifiziert: Borgo Valbelluna und Pieve di Cadore. Anschließend wurde das Untersuchungsgebiet auf die zwei Ortsteile Villa di Villa und Tai di Cadore eingegrenzt. Für jedes der beiden Gebiete wurden die Gebäude nach zwei unterschiedlichen Kriterien ausgewählt: Maximierung des Energieertrags durch die Auswahl von Gebäuden mit optimal nach Süden ausgerichteten Dachflächen oder die Möglichkeit der Gebäude, neue Erzeugungssysteme aus erneuerbaren Energiequellen (EE) gemäß den im vorherigen Kapitel 7 vorgestellten Kriterien der Landschaftsintegration zu installieren. Um die Vergleichbarkeit der beiden Fälle zu gewährleisten, wurde die berücksichtigte Dachfläche in Quadratmetern (m²) als gemeinsamer Wert gewählt.

9.1.2 Die Fallstudie der Provinz Pordenone

Im Pilotgebiet Friaul-Julisch Venetien konzentrierte sich die Analyse auf die Gemeinde Maniago in der Provinz Pordenone. Im Gegensatz zu den in der Region Belluno durchgeführten Simulationen wurde hier eine einzige hypothetische Energiegemeinschaft (CER) zur Bewertung ausgewählt. Es war daher nicht erforderlich, die Gesamtoberfläche der Dachseiten zu überprüfen, da verschiedene Szenarien an derselben Gebäudegruppe getestet wurden.

9.2 Borgo Valbelluna

La simulazione svolta all'interno del comune di Borgo Valbelluna ha visto l'analisi di due aree distinte della frazione di Villa di Villa: si sono valutati degli edifici siti in una zona rurale e altri localizzati in area urbana. Gli edifici confrontati sono di tipo residenziale o magazzini/stalle. In totale si sono selezionati:

- 16 edifici in area rurale, di cui:
 - 7 con esposizione ottimale delle falde (figura 01);
 - 9 identificati in base a criteri di integrazione (figura 02);
- 30 edifici in area urbana, di cui:
 - 22 con esposizione ottimale delle falde (figura 03);
 - 8 identificati in base a criteri di integrazione (figura 04).

Die in der Gemeinde Borgo Valbelluna durchgeführte Simulation umfasste die Analyse von zwei verschiedenen Gebieten des Ortsteils Villa di Villa: Es wurden Gebäude in einem ländlichen Gebiet sowie Gebäude in einem städtischen Gebiet untersucht. Die verglichenen Gebäude sind entweder Wohngebäude oder Lagerhallen/Ställe. Insgesamt wurden ausgewählt:

- 16 Gebäude im ländlichen Raum, davon:
 - 7 mit optimaler Ausrichtung der Dachflächen (Abbildung 01);
 - 9 identifiziert auf Basis von Integrationskriterien (Abbildung 02);
- 30 Gebäude im städtischen Raum, davon:
 - 22 mit optimaler Ausrichtung der Dachflächen (Abbildung 03);
 - 8 identifiziert auf Basis von Integrationskriterien (Abbildung 04).

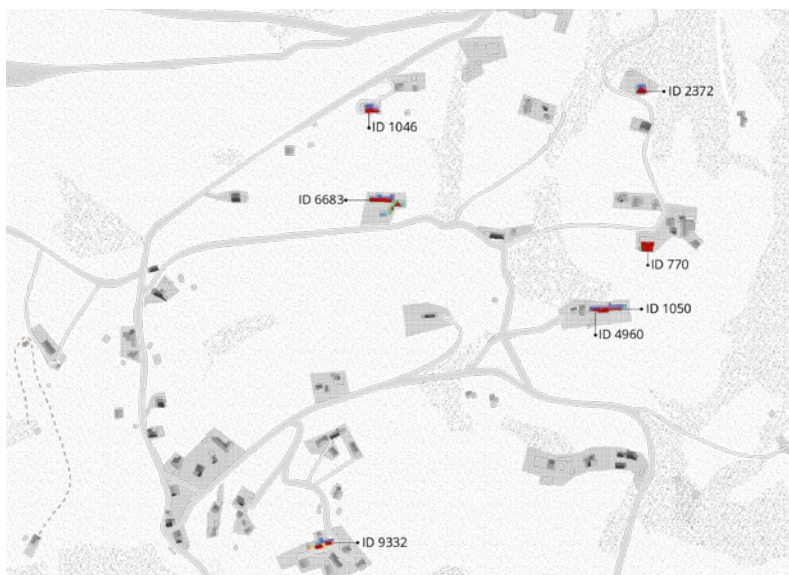


Fig. 01 Edifici di Villa di Villa, in zona rurale, selezionati in base all'esposizione ottimale delle falde

Abb. 01 Gebäude von Villa di Villa im ländlichen Raum, ausgewählt nach optimaler Ausrichtung der Dachflächen

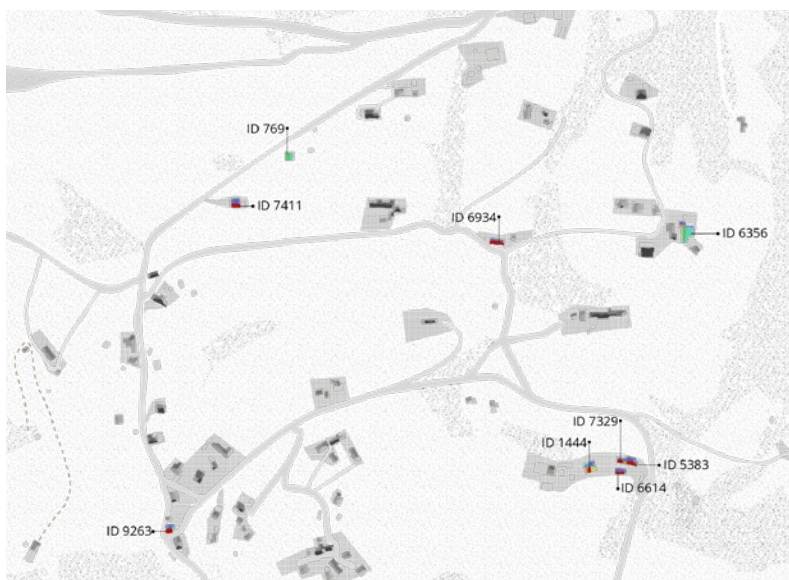


Fig. 02 Edifici di Villa di Villa, in zona rurale, scelti in base a criteri di integrazione paesaggistica

Abb. 02 Gebäude von Villa di Villa im ländlichen Raum, ausgewählt nach Kriterien der Landschaftsintegration

9. APPLICAZIONE DEL TOOL MULTICRITERIO IN ITALIA ANWENDUNG DES SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN IN ITALIEN



Fig. 03 Edifici di Villa di Villa, in zona urbana, selezionati in base all'esposizione ottimale delle falde
Abb. 03 Gebäude von Villa di Villa im städtischen Raum, ausgewählt nach optimaler Ausrichtung der Dachflächen



Fig. 04 Edifici di Villa di Villa, in zona urbana, scelti in base a criteri di integrazione paesaggistica
Abb. 04 Gebäude von Villa di Villa im städtischen Raum, ausgewählt nach Kriterien der Landschaftsintegration

9.2.1 Strumento di simulazione CER [IT]

Mediante lo strumento di simulazione CER [IT], sono state analizzate le due comunità energetiche in area rurale e le due in area urbana. Per ciascuna di esse sono state individuate le falde di tetto destinate all'installazione di pannelli fotovoltaici. Le aree delle falde individuate all'interno dell'interfaccia Lizmap sono state opportunamente ridotte nel caso dei pannelli colorati, al fine di modellare la riduzione dell'efficienza di conversione.

Le quattro comunità sono risultate così composte, in termini di tipologie di edifici:

- 16 edifici in area rurale, di cui:
 - 7 con esposizione ottimale delle falde: 6 edifici residenziali, per un totale di 19 unità abitative, e un magazzino/rimessa a consumo nullo;
 - 9 identificati in base a criteri di integrazione, tutti residenziali, per un totale di 24 unità abitative.
- 30 edifici in area urbana, di cui:
 - 22 con esposizione ottimale delle falde, tutti residenziali, per un totale di 84 unità abitative;
 - 8 identificati in base a criteri di integrazione, tutti residenziali, per un totale di 29 unità abitative.

I risultati dello strumento di simulazione, definiti nella sezione 4.11 del capitolo 4, sono presentati mediante una tabella e attraverso l'andamento dei flussi energetici nel giorno medio annuale per ciascuna comunità. I risultati relativi alla CER in area rurale sono mostrati in figura 05 per la comunità con edifici scelti in base all'esposizione ottimale e in figura 06 per la comunità con edifici scelti in base a criteri di integrazione.

9.2.1 CER-Simulationswerkzeug [IT]

Mithilfe des CER-Simulationswerkzeugs [IT] wurden die zwei Energiegemeinschaften im ländlichen Raum und die zwei im städtischen Raum analysiert. Für jede von ihnen wurden die für die Installation von Photovoltaikanlagen vorgesehenen Dachflächen identifiziert. Die innerhalb der Lizmap-Schnittstelle ermittelten Dachflächen wurden im Fall von farbigen Modulen entsprechend reduziert, um die Verringerung des Umwandlungswirkungsgrads zu modellieren.

Hinsichtlich der Gebäudetypen setzen sich die vier Gemeinschaften wie folgt zusammen:

- 16 Gebäude im ländlichen Raum, davon:
 - 7 mit optimaler Ausrichtung der Dachflächen: 6 Wohngebäude mit insgesamt 19 Wohneinheiten und ein Lager/Schuppen mit Nullverbrauch;
 - 9 auf Basis von Integrationskriterien identifiziert, alle als Wohngebäude genutzt, mit insgesamt 24 Wohneinheiten.
- 30 Gebäude im städtischen Raum, davon:
 - 22 mit optimaler Ausrichtung der Dachflächen, alle als Wohngebäude genutzt, mit insgesamt 84 Wohneinheiten;
 - 8 auf Basis von Integrationskriterien identifiziert, alle als Wohngebäude genutzt, mit insgesamt 29 Wohneinheiten.

Die Ergebnisse des Simulationswerkzeugs, welche in Abschnitt 4.11 von Kapitel 4 definiert sind, werden mittels einer Tabelle und durch den Verlauf der Energieflüsse an einem durchschnittlichen Jahrestag für jede Gemeinschaft dargestellt. Die Ergebnisse für die ländliche Energiegemeinschaft (CER) sind in Abbildung 05 für die Gemeinschaft mit optimal ausgerichteten Gebäuden und in Abbildung 06 für die Gemeinschaft mit nach Integrationskriterien ausgewählten Gebäuden dargestellt.

9. APPLICAZIONE DEL TOOL MULTICRITERIO IN ITALIA
ANWENDUNG DES SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN IN ITALIEN

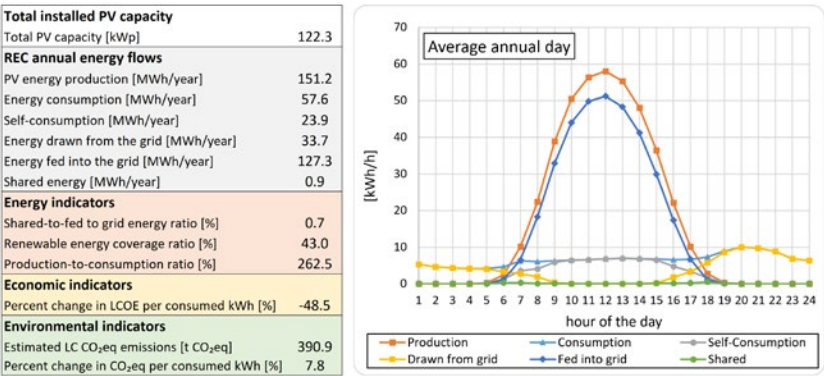


Fig. 05 Risultati dello strumento di simulazione CER [IT] per la comunità di Villa di Villa in zona rurale, con edifici scelti in base a criteri di esposizione ottimale delle falde
Abb. 05 Ergebnisse des CER-Simulationswerkzeugs [IT] für die Gemeinschaft von Villa di Villa im ländlichen Raum, mit Gebäuden ausgewählt nach Kriterien der optimalen Ausrichtung der Dachflächen

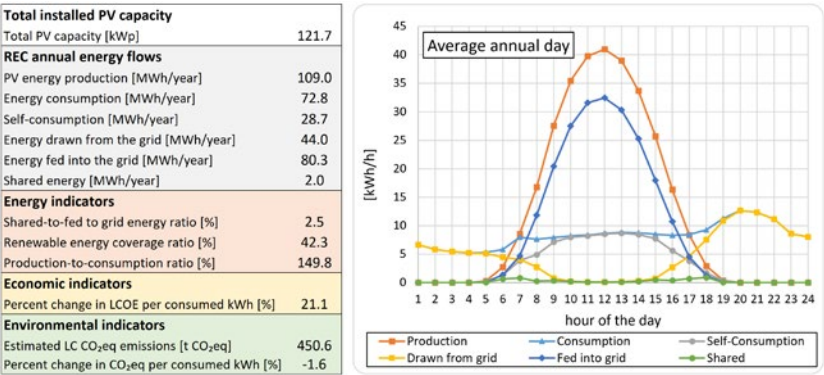


Fig. 06 Risultati dello strumento di simulazione CER [IT] per la comunità di Villa di Villa in zona rurale, con edifici scelti in base a criteri di integrazione paesaggistica
Abb. 06 Ergebnisse des CER-Simulationswerkzeugs [IT] für die Gemeinschaft von Villa di Villa im ländlichen Raum, mit Gebäuden ausgewählt nach Kriterien der Landschaftsintegration

Come si può osservare, la capacità installata è sostanzialmente la medesima in entrambe le comunità, data l'analoga superficie di tetto disponibile. Come era lecito attendersi, la produzione risulta inferiore per la comunità definita in base ai criteri di integrazione, poiché le esposizioni non sono tutte ottimali e l'efficienza dei pannelli colorati o trasparenti risulta inferiore.

In entrambi i casi, la produzione risulta sovrabbondante rispetto al consumo e la quota di energia condivisa è estremamente ridotta, poiché prevale l'autoconsumo diretto delle utenze domestiche. Il rapporto produzione/consumo risulta superiore al 100%, a fronte di un indice di copertura da energia rinnovabile dell'ordine del 40%. Questo indica un sovradimensionamento della copertura fotovoltaica rispetto alle esigenze della comunità, un problema spesso riscontrato anche nelle comunità energetiche reali.

Nel caso della comunità in zona rurale con edifici scelti in base a criteri di esposizione, il costo dell'energia si riduce di quasi il 50% grazie all'autoconsumo e alla vendita del surplus prodotto. Nel caso della comunità in zona rurale con edifici scelti in base a criteri di integrazione, invece, il costo dell'energia aumenta a causa del maggior costo dei pannelli e della loro minore produzione.

In entrambi i casi, la riduzione delle emissioni di CO₂_{eq} associate alla copertura del fabbisogno elettrico della comunità è limitata o addirittura negativa, ovvero si registra un aumento delle emissioni di CO₂_{eq}. Ciò è dovuto al sovradimensionamento della capacità fotovoltaica, e quindi alla CO₂_{eq} associata alla produzione dei pannelli e dei componenti ausiliari, rispetto agli effettivi consumi della comunità.

I risultati relativi alla CER in area urbana sono mostrati in figura 07 per la comunità con edifici scelti in base all'esposizione ottimale e in figura 08 per la comunità con edifici scelti in base a criteri di integrazione.

Wie zu beobachten ist, ist die installierte Kapazität in beiden Gemeinschaften aufgrund der identischen verfügbaren Dachfläche im Wesentlichen gleich. Wie zu erwarten war, fällt die Produktion bei der nach Integrationskriterien definierten Gemeinschaft geringer aus, da nicht alle Ausrichtungen optimal sind und der Wirkungsgrad der farbigen oder transparenten Module niedriger ist.

In beiden Fällen ist die Produktion im Verhältnis zum Verbrauch übermäßig hoch und der Anteil der gemeinsam genutzten Energie extrem gering, da der direkte Eigenverbrauch der Haushaltskunden überwiegt. Das Verhältnis zwischen Produktion und Verbrauch liegt über 100 %, bei einem Deckungsgrad durch erneuerbare Energien im Bereich von 40 %. Dies deutet auf eine Überdimensionierung der Photovoltaikanlagen im Vergleich zum Bedarf der Gemeinschaft hin – ein Problem, das häufig auch in realen Energiegemeinschaften anzutreffen ist.

Im Fall der ländlichen Gemeinschaft mit nach Ausrichtungskriterien ausgewählten Gebäuden sinken die Energiekosten dank des Eigenverbrauchs und des Verkaufs des erzeugten Überschusses um fast 50 %. Bei der ländlichen Gemeinschaft mit nach Integrationskriterien ausgewählten Gebäuden steigen die Energiekosten hingegen aufgrund der höheren Kosten für die Paneele und deren geringerer Produktion.

In beiden Fällen ist die Reduzierung der CO₂_{eq}-Emissionen, die mit der Deckung des Strombedarfs der Gemeinschaft verbunden sind, gering oder sogar negativ, d. h. es ist ein Anstieg der CO₂_{eq}-Emissionen zu verzeichnen. Dies ist auf die Überdimensionierung der Photovoltaikkapazität und somit auf die mit der Herstellung der Paneele und Hilfskomponenten verbundenen CO₂_{eq}-Emissionen im Vergleich zum tatsächlichen Verbrauch der Gemeinschaft zurückzuführen.

Die Ergebnisse für die städtische Energiegemeinschaft (CER) sind in Abbildung 07 für die Gemeinschaft mit optimal ausgerichteten Gebäuden und in Abbildung 08 für die Gemeinschaft mit nach Integrationskriterien ausgewählten Gebäuden dargestellt.

9. APPLICAZIONE DEL TOOL MULTICRITERIO IN ITALIA
ANWENDUNG DES SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN IN ITALIEN

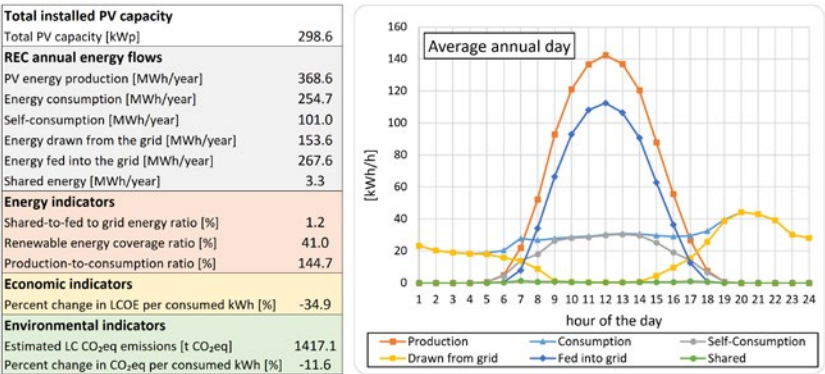


Fig. 07 Risultati dello strumento di simulazione CER [IT] per la comunità di Villa di Villa in zona urbana, con edifici scelti in base a criteri di esposizione ottimale delle falde

Abb. 07 Ergebnisse des CER-Simulationswerkzeugs [IT] für die Gemeinschaft von Villa di Villa im städtischen Raum, mit Gebäuden ausgewählt nach Kriterien der optimalen Ausrichtung der Dachflächen

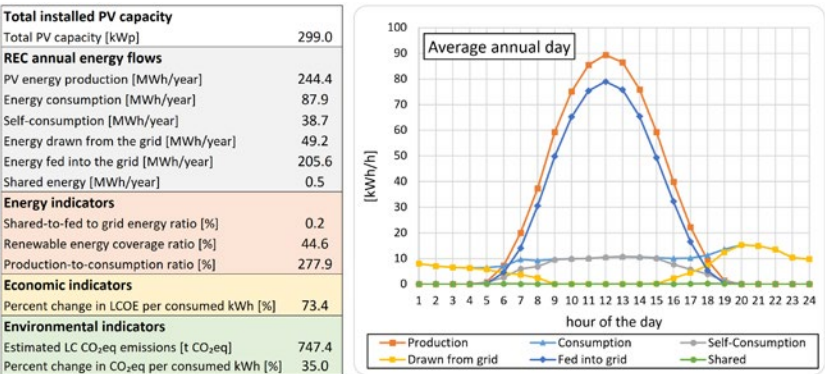


Fig. 08 Risultati dello strumento di simulazione CER [IT] per la comunità di Villa di Villa in zona urbana, con edifici scelti in base a criteri di integrazione paesaggistica

Abb. 08 Ergebnisse des CER-Simulationswerkzeugs [IT] für die Gemeinschaft von Villa di Villa im städtischen Raum, mit Gebäuden ausgewählt nach Kriterien der Landschaftsintegration

Anche per queste due CER urbane si possono formulare considerazioni analoghe a quelle già espresse per le CER rurali. La capacità installata è sostanzialmente la medesima e la produzione risulta inferiore per la comunità definita in base ai criteri di integrazione. Si tratta di comunità a composizione prevalentemente residenziale, in cui tutti i profili di consumo orario sono analoghi e la produzione fotovoltaica eccede ampiamente i fabbisogni. Di conseguenza, la componente condivisa è limitata e prevalgono l'autoconsumo e la vendita della produzione in eccesso.

Nel caso della comunità in zona urbana con edifici scelti in base a criteri di esposizione, il costo dell'energia si riduce di quasi il 35%. Nel caso della comunità in zona urbana con edifici scelti in base a criteri di integrazione, invece, il costo dell'energia aumenta sensibilmente a causa del maggior costo dei pannelli e della potenza installata nettamente superiore al fabbisogno.

Come si è già osservato, questa situazione riflette condizioni che si verificano spesso anche nelle comunità reali, alle quali partecipano prevalentemente prosumer e non semplici consumatori. La partecipazione di questi ultimi incrementerebbe la frazione di energia condivisa. A titolo di esempio, si consideri la comunità di Villa di Villa in zona urbana, con edifici scelti in base a criteri di esposizione ottimale, ma con l'aggiunta di ulteriori 84 unità abitative di semplici consumatori. Raddoppiando di fatto i consumi, a parità di capacità fotovoltaica installata, si ottengono i risultati mostrati in figura 09.

Come si può vedere dal confronto con i risultati riportati in figura 09, la quota di energia condivisa aumenta sensibilmente, portandosi a circa il 34%, con un conseguente incremento della remunerazione derivante dalla tariffa premio. La riduzione del costo dell'energia cala dal 35% circa al 29% circa, poiché, avendo aumentato il numero di utilizzatori ma non la capacità di produzione, diminuisce la percentuale di copertura da energia rinnovabile. Si noti che questa nuova configurazione

Auch für diese beiden städtischen CER können ähnliche Überlegungen angestellt werden wie für die ländlichen Gemeinschaften. Die installierte Kapazität ist im Wesentlichen gleich und die Produktion ist bei der nach Integrationskriterien definierten Gemeinschaft geringer. Es handelt sich um Gemeinschaften mit einer überwiegend residenziellen Zusammensetzung, bei denen alle stündlichen Verbrauchsprofile ähnlich sind und die Photovoltaik-Erzeugung den Bedarf weit übersteigt. Infolgedessen ist die gemeinsam genutzte Komponente begrenzt, und der Eigenverbrauch sowie der Verkauf überschüssiger Erzeugung überwiegen.

Im Fall der städtischen Gemeinschaft mit nach Ausrichtungskriterien ausgewählten Gebäuden sinken die Energiekosten um fast 35 %. Bei der städtischen Gemeinschaft mit nach Integrationskriterien ausgewählten Gebäuden steigen die Energiekosten hingegen aufgrund der höheren Kosten der Module und einer installierten Leistung, die weit über dem tatsächlichen Bedarf liegt, erheblich an.

Wie bereits erwähnt, spiegelt diese Situation Bedingungen wider, die in realen Energiegemeinschaften häufig vorkommen, an denen hauptsächlich Prosumer und nicht reine Verbraucher beteiligt sind. Die Teilnahme Letzterer würde den Anteil der gemeinsam genutzten Energie erhöhen. Als Beispiel sei die Gemeinschaft von Villa di Villa im städtischen Raum genannt, deren Gebäude nach optimalen Ausrichtungskriterien ausgewählt wurden, jedoch unter Hinzufügung weiterer 84 Wohneinheiten reiner Verbraucher. Durch die faktische Verdoppelung des Verbrauchs bei gleichbleibender installierter Photovoltaikkapazität werden die in Abbildung 09 dargestellten Ergebnisse erzielt.

Aus dem Vergleich mit den in Abbildung 09 dargestellten Ergebnissen wird ersichtlich, dass der Anteil der gemeinsam genutzten Energie erheblich auf etwa 34 % ansteigt, was zu einer Erhöhung der Vergütung aus dem Prämientarif führt. Die Reduzierung der Energiekosten sinkt von rund 35 % auf rund 29 %, da sich der Deckungsgrad durch erneuerbare Energien verringert,

9. APPLICAZIONE DEL TOOL MULTICRITERIO IN ITALIA
ANWENDUNG DES SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN IN ITALIEN

non ha effetto sull'integrazione paesaggistica, perché non vi è installazione di pannelli fotovoltaici per i consumatori puri.

weil die Anzahl der Nutzer, nicht aber die Produktionskapazität gestiegen ist. Es ist anzumerken, dass diese neue Konfiguration keine Auswirkungen auf die Landschaftsintegration hat, da für die reinen Verbraucher keine Photovoltaikanlagen installiert werden.

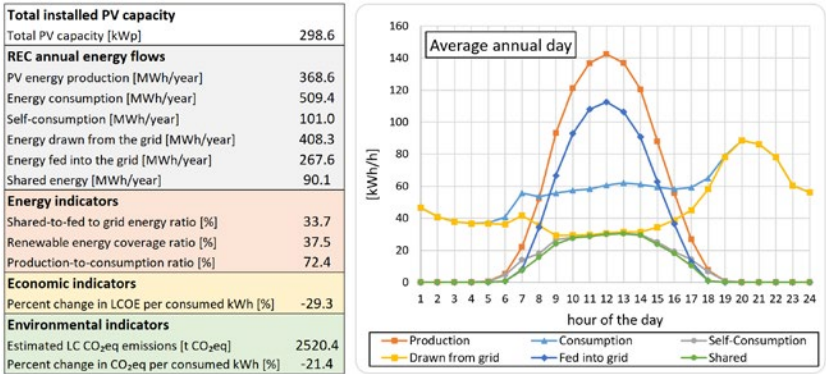


Fig. 09 Risultati dello strumento di simulazione CER [IT] per la comunità di Villa di Villa in zona urbana, con edifici scelti in base a criteri di esposizione ottimale delle falde e 84 ulteriori utenze domestiche di consumatori

Abb. 09 Ergebnisse des CER-Simulationswerkzeugs [IT] für die Gemeinschaft von Villa di Villa im städtischen Raum, mit Gebäuden ausgewählt nach Kriterien der optimalen Ausrichtung der Dachflächen und 84 zusätzlichen Haushaltskunden als reinen Verbrauchern

Nello strumento di simulazione CER [IT], i semplici consumatori possono essere aggiunti selezionando una falda di tetto dell'edificio di interesse e impostando a zero l'area della falda stessa. In questo modo, l'edificio viene considerato nel calcolo dei consumi, ma non concorre alla capacità fotovoltaica installata.

Im CER-Simulationswerkzeug [IT] können reine Verbraucher hinzugefügt werden, indem eine Dachfläche des betreffenden Gebäudes ausgewählt und die Fläche dieser Dachseite auf Null gesetzt wird. Auf diese Weise wird das Gebäude bei der Verbrauchsberechnung berücksichtigt, trägt jedoch nicht zur installierten Photovoltaikkapazität bei.

9.2.2 Strumento di integrazione paesaggistica

Come prima attività propedeutica all'utilizzo dello strumento di integrazione paesaggistica è stato necessario definire quelle che erano le caratteristiche degli edifici selezionati, del contesto e di posizione dei sistemi tecnologici da installare. Per fare ciò è stata compilata una tabella che replica l'interfaccia dello strumento online. Le voci relative alla posizione e alla colorazione del FV si sono inizialmente lasciate in bianco in quanto sono quelle che definiscono i diversi scenari per la valutazione.

In seguito, sono state stabilite le alternative legate a "posizionamento FV" e "colorazione FV" per definire gli scenari di comparazione.

In termini di "posizionamento FV", il criterio adottato è stato quello di indicare "falda intera" per gli edifici della casistica "esposizione ottimale", mentre per quelli "selezionati secondo criteri di integrazione paesaggistica" si è optato per l'opzione di "tetto intero".

A queste scelte è stato poi abbinato il cromatismo relativo ai sistemi tecnologici di nuova installazione. Per gli edifici con "esposizione ottimale" il pannello FV considerato, indipendentemente da caratterizzazione di contesto e edificio, è quello con cromatismo "Blu": questa scelta era volta a identificare lo scenario attualmente più applicato, con la presenza di pannelli FV con maggiore prestazione in termini di potenza di picco. Per gli edifici con maggiore possibilità di integrazione si sono scelti i colori sulla base del cromatismo della copertura e del contesto: tale scelta era volta a valutare lo scenario di maggiore integrazione paesaggistica.

La tabella 01 riporta i dati inseriti per la zona rurale di Villa di Villa, mentre la tabella 02 presenta i dati per la zona urbana. Entrambe le tabelle sono compilate con l'indicazione dei pannelli FV colorati. Entrambe le tabelle replicano le informazioni richieste dall'interfaccia dello strumento.

9.2.2 Werkzeug zur Landschaftsintegration

Als erste vorbereitende Maßnahme für die Nutzung des Werkzeugs zur Landschaftsintegration war es notwendig, die Merkmale der ausgewählten Gebäude, des Kontexts und der Positionierung der zu installierenden technologischen Systeme zu definieren. Zu diesem Zweck wurde eine Tabelle erstellt, die die Benutzeroberfläche des Online-Tools nachbildet. Die Einträge bezüglich Positionierung und Farbgestaltung der PV-Anlagen wurden zunächst freigelassen, da sie diejenigen Variablen darstellen, welche die verschiedenen Bewertungsszenarien definieren.

Anschließend wurden die Alternativen für „PV-Positionierung“ und „PV-Farbgestaltung“ festgelegt, um die Vergleichsszenarien zu definieren. Hinsichtlich der „PV-Positionierung“ bestand das angewandte Kriterium darin, für die Gebäude des Szenarios „optimale Ausrichtung“ „gesamte Dachseite“ anzugeben, während für die Gebäude, die „nach Kriterien der Landschaftsintegration ausgewählt“ wurden, die Option „gesamtes Dach“ gewählt wurde.

Diese Entscheidungen wurden dann mit der Farbgestaltung der neu zu installierenden technologischen Systeme kombiniert. Für Gebäude mit „optimaler Ausrichtung“ wurde unabhängig von den Kontext- und Gebäudemerkmalen das PV-Modul mit der Farbgestaltung „Blau“ berücksichtigt: Diese Wahl zielte darauf ab, das derzeit am häufigsten angewandte Szenario zu identifizieren, das durch PV-Module mit höherer Leistung in Bezug auf die Spitzenleistung gekennzeichnet ist. Für die Gebäude mit größerem Potenzial zur Landschaftsintegration wurden die Farben auf der Grundlage der Farbgestaltung der Dachdeckung und des Kontexts ausgewählt: Diese Wahl sollte das Szenario mit der höchsten Landschaftsintegration bewerten.

Tabelle 01 zeigt die für das ländliche Gebiet von Villa di Villa eingegebenen Daten, während Tabelle 02 die Daten für das städtische Gebiet wiedergibt. Beide Tabellen sind mit Angaben zu den farbigen PV-Modulen ausgefüllt. Beide Tabellen spiegeln die von der Benutzeroberfläche des Werkzeugs geforderten Informationen wider.

9. APPLICAZIONE DEL TOOL MULTICRITERIO IN ITALIA
ANWENDUNG DES SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN IN ITALIEN

ID	TIPO	POSIZIONAMENTO FV	CROMATICITÀ DEL TETTO	CROMATICITÀ DEL CONTESTO	COLORAZIONE FV
4960	tutte le unità - edificio a schiera	Falda intera	rosso	verde, marrone	blu
1050	unità singola - edifici a schiera	Falda intera	rosso	verde, marrone	blu
770	casa indipendente	Falda intera	marrone	verde, marrone	blu
6683	tutte le unità - edificio a schiera	Falda intera	marrone	verde, marrone, rosso	blu
1406	casa indipendente	Falda intera	rosso	verde, rosso	blu
2372	casa indipendente	Falda intera	marrone	verde	blu
9332	tutte le unità - edificio a schiera	Falda intera	marrone	verde, marrone	blu
7411	casa indipendente	Tetto intero	nero	verde	nero
6614	casa indipendente	Tetto intero	rosso	verde, rosso	rosso
7329	unità singola - edifici a schiera	Tetto intero	rosso	verde, rosso	rosso
5383	tutte le unità - edificio a schiera	Tetto intero	rosso	verde, rosso	rosso
1444	casa indipendente	Tetto intero	rosso	verde, rosso	rosso
6934	tutte le unità - edificio a schiera	Tetto intero	rosso	verde	rosso
6356	tutte le unità - edificio a schiera	Tetto intero	marrone	verde, marrone, nero	trasparente
769	casa indipendente	Tetto intero	marrone	verde	trasparente
9263	casa indipendente	Tetto intero	marrone	verde, marrone	trasparente

Tab. 01 Dati di caratterizzazione dell'area rurale di Villa di Villa
Tab. 01 Charakterisierungsdaten für das ländliche Gebiet von Villa di Villa

ID	TIPO	POSIZIONAMENTO FV	CROMATICITÀ DEL TETTO	CROMATICITÀ DEL CONTESTO	COLORAZIONE FV
3857	casa indipendente	Falda intera	marrone	verde	blu
8468	casa indipendente	Falda intera	rosso	verde	blu
4962	tutte le unità - edificio a schiera	Falda intera	rosso	rosso, nero	blu
6648	tutte le unità - edificio a schiera	Falda intera	rosso	rosso, nero	blu
7702	tutte le unità - edificio a schiera	Falda intera	rosso	rosso, nero	blu
1278	tutte le unità - edificio a schiera	Falda intera	rosso	rosso, nero	blu
5203	tutte le unità - edificio a schiera	Falda intera	marrone	rosso, nero	blu
578	tutte le unità - edificio a schiera	Falda intera	rosso	verde, rosso	blu
7410	tutte le unità - edificio a schiera	Falda intera	marrone	verde, rosso	blu
5887	tutte le unità - edificio a schiera	Falda intera	marrone	rosso, nero	blu
3540	tutte le unità - edificio a schiera	Falda intera	marrone	rosso, nero	blu
6797	tutte le unità - edificio a schiera	Falda intera	rosso	verde, rosso	blu
5445	unità singola - edifici a schiera	Falda intera	marrone	verde, rosso	blu
7671	unità singola - edifici a schiera	Falda intera	marrone	verde, rosso	blu
654	tutte le unità - edificio a schiera	Falda intera	marrone	verde, rosso	blu

Tab. 02 Dati di caratterizzazione dell'area urbana di Villa di Villa (prosegue nella pagina successiva)

Tab. 02 Charakterisierungsdaten für das städtische Gebiet von Villa di Villa (Fortsetzung auf der nächsten Seite)

9. APPLICAZIONE DEL TOOL MULTICRITERIO IN ITALIA
ANWENDUNG DES SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN IN ITALIEN

ID	TIPO	POSIZIONAMENTO FV	CROMATICITÀ DEL TETTO	CROMATICITÀ DEL CONTESTO	COLORAZIONE FV
2682	casa indipendente	Falda intera	marrone	rosso, nero	blu
4703	casa indipendente	Falda intera	marrone	rosso, nero	blu
3088	tutte le unità - edificio a schiera	Falda intera	rosso	verde, nero	blu
511	tutte le unità - edificio a schiera	Falda intera	marrone	verde, rosso	blu
7287	tutte le unità - edificio a schiera	Falda intera	marrone	verde, rosso	blu
8027	tutte le unità - edificio a schiera	Falda intera	marrone	verde, rosso	blu
79	tutte le unità - edificio a schiera	Falda intera	marrone	verde, rosso	blu
3886	casa indipendente	Tetto intero	rosso	verde	rosso
1592	casa indipendente	Tetto intero	rosso	verde	rosso
547	casa indipendente	Tetto intero	marrone	verde	trasparente
5381	casa indipendente	Tetto intero	marrone	verde, marrone	trasparente
1594	casa indipendente	Tetto intero	marrone	verde, marrone	trasparente
3887	casa indipendente	Tetto intero	rosso	verde, rosso	rosso
1319	casa indipendente	Tetto intero	marrone	rosso	rosso
4785	tutte le unità - edificio a schiera	Tetto intero	marrone	verde, marrone	trasparente

Con il primo scenario (esposizione ottimale e pannelli FV blu) si sono ottenuti i valori riportati nelle tabelle 03 e 04.

ID	VALORE SINGOLO EDIFICIO
4960	0.76
1050	0.38
770	0.83
6683	0.73
1406	0.63
2372	0.85
9332	0.83
VALORE COMPLESSIVO	0.75

Tab. 03 Valori di integrazione degli edifici con esposizione ottimale e pannelli FV blu per l'area rurale di Villa di Villa

Tab. 03 Integrationswerte der Gebäude mit optimaler Ausrichtung und blauen PV-Modulen für das ländliche Gebiet von Villa di Villa

Mit dem ersten Szenario (optimale Ausrichtung und blaue PV-Module) wurden die in den Tabellen 03 und 04 aufgeführten Werte ermittelt.

ID	VALORE SINGOLO EDIFICIO
3857	0.85
8468	0.74
4962	0.83
6648	0.83
7702	0.83
1278	0.83
5203	0.90
578	0.63
7410	0.70
5887	0.90
3540	0.90
6797	0.63
5445	0.35
7671	0.35
654	0.70
2682	0.90
4703	0.90
3088	1.03
511	0.70
7287	0.70
8027	0.70
79	0.70
VALORE COMPLESSIVO	0.76

Tab. 04 Valori di integrazione degli edifici con esposizione ottimale e pannelli FV blu per l'area urbana di Villa di Villa

Tab. 04 Integrationswerte der Gebäude mit optimaler Ausrichtung und blauen PV-Modulen für das städtische Gebiet von Villa di Villa

9. APPLICAZIONE DEL TOOL MULTICRITERIO IN ITALIA
ANWENDUNG DES SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN IN ITALIEN

Nelle tabelle 05 e 06 è possibile visualizzare i risultati del secondo scenario (edifici selezionati secondo criteri di integrazione paesaggistica e pannelli FV colorati).

ID	VALORE SINGOLO EDIFICIO
7411	3.00
6614	2.10
7329	1.40
5383	2.10
1444	2.10
6934	1.65
6356	0.92
769	0.94
9263	0.93
VALORE COMPLESSIVO	1.61

Tab. 05 Valori di integrazione degli edifici con esposizione ottimale e pannelli FV colorati per l'area rurale di Villa di Villa
Tab. 05 Integrationsergebnisse der Gebäude mit optimaler Ausrichtung und farbigen PV-Modulen für das ländliche Gebiet von Villa di Villa

In den Tabellen 05 und 06 können die Ergebnisse des zweiten Szenarios (nach Kriterien der Landschaftsintegration ausgewählte Gebäude und farbige PV-Module) eingesehen werden.

ID	VALORE SINGOLO EDIFICIO
3886	1.65
1592	1.65
547	0.94
5381	0.93
1594	0.93
3887	2.10
1319	2.63
4785	0.93
VALORE COMPLESSIVO	1.41

Tab. 06 Valori di integrazione degli edifici con esposizione ottimale e pannelli FV colorati per l'area urbana di Villa di Villa
Tab. 06 Integrationsergebnisse der Gebäude mit optimaler Ausrichtung und farbigen PV-Modulen für das städtische Gebiet von Villa di Villa

A seguito della valutazione dei due scenari è stato possibile confrontare i valori ottenuti (tabelle 07 e 08), che mostrano come il livello di integrazione dei pannelli FV blu del primo scenario sia inferiore rispetto a quello dei pannelli FV colorati del secondo scenario.

	PRIMO SCENARIO	SECONDO SCENARIO
VALORE COMPLESSIVO	0.75	1.61

Tab. 07 Comparazione valori di integrazione per l'area rurale di Villa di Villa
Tab. 07 Vergleich der Integrationswerte für das ländliche Gebiet von Villa di Villa

Nach der Bewertung der beiden Szenarien war es möglich, die erhaltenen Werte zu vergleichen (Tabellen 07 und 08). Diese zeigen, dass der Integrationsgrad der blauen PV-Module des ersten Szenarios geringer ist als derjenige der farbigen PV-Module des zweiten Szenarios.

	PRIMO SCENARIO	SECONDO SCENARIO
VALORE COMPLESSIVO	0.76	1.41

Tab. 08 Comparazione valori di integrazione per l'area urbana di Villa di Villa
Tab. 08 Vergleich der Integrationswerte für das städtische Gebiet von Villa di Villa

9.2.3 I valori ottenuti

La comparazione dei risultati ottenuti mediante lo strumento di simulazione CER [IT] evidenzia innanzitutto le differenze tra i due scenari dal punto di vista energetico. Come illustrato nel paragrafo 9.2.1, le configurazioni basate sull'esposizione ottimale delle falde garantiscono livelli di produzione energetica superiori rispetto a quelle definite secondo criteri di integrazione paesaggistica, nonostante la capacità installata risulti sostanzialmente analoga (figure 05-09). Tale differenza è dovuta sia alla presenza di orientamenti meno favorevoli per alcuni edifici selezionati secondo criteri di integrazione, sia alla minore efficienza dei pannelli colorati e trasparenti rispetto ai moduli fotovoltaici convenzionali.

Questa riduzione delle prestazioni energetiche si riflette anche sugli indicatori economici delle comunità energetiche. Negli scenari con esposizione ottimale si osservano infatti riduzioni più significative del costo dell'energia, grazie alla maggiore produzione e ai ricavi derivanti dalla vendita dell'energia in eccedenza. Al contrario, gli scenari definiti secondo criteri di integrazione presentano costi energetici maggiori, influenzati sia dalla minore capacità di produzione degli impianti sia dal costo più elevato delle tecnologie fotovoltaiche adottate.

Tuttavia, la diminuzione delle prestazioni energetiche è accompagnata da un sensibile miglioramento sotto il profilo paesaggistico. I risultati ottenuti mediante lo strumento di integrazione paesaggistica mostrano infatti che gli scenari progettati con specifica attenzione all'inserimento nel contesto raggiungono valori di integrazione nettamente superiori rispetto a quelli basati esclusivamente sull'ottimizzazione energetica. Nell'area rurale il valore complessivo passa da 0.75 a 1.61 (tabella 07), mentre nell'area urbana cresce da 0.76 a 1.41 (tabella 08).

Tali risultati sono direttamente correlati alle scelte

9.2.3 Die erzielten Werte

Der Vergleich der mit dem CER-Simulationswerkzeug [IT] erzielten Ergebnisse verdeutlicht zunächst die Unterschiede zwischen den beiden Szenarien aus energetischer Sicht. Wie in Abschnitt 9.2.1 beschrieben, gewährleisten die Konfigurationen, die auf einer optimalen Ausrichtung der Dachflächen basieren, ein höheres Niveau der Energieerzeugung als jene, die nach Kriterien der Landschaftsintegration definiert wurden, obwohl die installierte Kapazität im Wesentlichen gleich ist (Abbildungen 05-09). Dieser Unterschied ist sowohl auf weniger günstige Ausrichtungen einiger nach Integrationskriterien ausgewählter Gebäude als auch auf die geringere Effizienz farbiger und transparenter Module im Vergleich zu konventionellen Photovoltaikmodulen zurückzuführen.

Diese Verringerung der energetischen Leistung spiegelt sich auch in den wirtschaftlichen Indikatoren der Energiegemeinschaften wider. In den Szenarien mit optimaler Ausrichtung sind nämlich deutlichere Senkungen der Energiekosten zu beobachten, was auf die höhere Produktion und die Einnahmen aus dem Verkauf überschüssiger Energie zurückzuführen ist. Im Gegensatz dazu weisen die nach Integrationskriterien definierten Szenarien höhere Energiekosten auf, was sowohl durch die geringere Produktionskapazität der Anlagen als auch durch die höheren Kosten der eingesetzten Photovoltaik-Technologien beeinflusst wird.

Dennoch geht die Verringerung der energetischen Leistung mit einer spürbaren Verbesserung aus landschaftlicher Sicht einher. Die mit dem Werkzeug zur Landschaftsintegration erzielten Ergebnisse zeigen, dass die Szenarien, die mit besonderem Augenmerk auf die Einfügung in den Kontext entworfen wurden, deutlich höhere Integrationswerte erreichen als diejenigen, die ausschließlich auf der energetischen Optimierung basieren. Im ländlichen Gebiet steigt der Gesamtwert von 0.75 auf 1.61 (Tabelle 07), während

progettuali descritte nel paragrafo 9.2.2. Negli edifici selezionati secondo criteri di integrazione paesaggistica, infatti, i sistemi fotovoltaici sono stati estesi all'intera copertura e sono stati associati a colorazioni coerenti con le cromie del tetto e del contesto circostante. Al contrario, negli scenari con esposizione ottimale si è privilegiata la massimizzazione della produzione energetica mediante l'utilizzo di pannelli blu installati esclusivamente sulle falde con esposizione ottimale.

I valori ottenuti evidenziano quindi il rapporto di compromesso esistente tra efficienza energetica e integrazione paesaggistica. Da un lato, le soluzioni orientate alla massimizzazione della produzione consentono di conseguire migliori risultati energetici ed economici; dall'altro, le configurazioni sviluppate secondo criteri di integrazione paesaggistica garantiscono un inserimento più armonico degli impianti nel contesto rurale e urbano di Villa di Villa. La valutazione congiunta dei due aspetti conferma, pertanto, l'importanza di un approccio progettuale integrato, in grado di bilanciare le esigenze di produzione energetica con quelle di tutela e valorizzazione del paesaggio.

er im städtischen Bereich von 0.76 auf 1.41 ansteigt (Tabelle 08).

Diese Ergebnisse stehen in direktem Zusammenhang mit den in Abschnitt 9.2.2 beschriebenen Entwurfsentscheidungen. Bei den Gebäuden, die nach Kriterien der Landschaftsintegration ausgewählt wurden, wurden die Photovoltaiksysteme auf die gesamte Dachfläche ausgedehnt und mit Farben kombiniert, die mit den Farbtönen des Daches und des umgebenden Kontexts harmonisieren. Im Gegensatz dazu wurde in den Szenarien mit optimaler Ausrichtung der Maximierung der Energieproduktion durch den Einsatz blauer Module Vorrang eingeräumt, die ausschließlich auf den energetisch günstigsten Dachseiten installiert wurden.

Die erzielten Werte verdeutlichen somit den bestehenden Kompromiss zwischen Energieeffizienz und Landschaftsintegration. Einerseits ermöglichen produktionsoptimierte Lösungen bessere energetische und wirtschaftliche Ergebnisse; andererseits garantieren die nach Kriterien der Landschaftsintegration entwickelten Konfigurationen eine harmonischere Einfügung der Anlagen in den ländlichen und städtischen Kontext von Villa di Villa. Die gemeinsame Bewertung beider Aspekte bestätigt daher die Bedeutung eines integrierten Planungsansatzes, der in der Lage ist, die Anforderungen der Energieerzeugung mit denen des Schutzes und der Aufwertung der Landschaft in Einklang zu bringen.

9.3 Pieve di Cadore

In merito al comune di Pieve di Cadore, la simulazione si è concentrata sulla frazione di Tai di Cadore, dove si sono potuti confrontare un mix di edifici residenziali, magazzini (o destinazioni d'uso assimilabili) e piccole imprese. In totale si sono selezionati 17 edifici, di cui: 9 con esposizione ottimale delle falde (figura 10), e 8 che presentano dei criteri di integrazione paesaggistica (figura 11).

9.3.1 Strumento di simulazione CER [IT]

Seguendo una procedura analoga a quella descritta per Villa di Villa, sono state analizzate le due comunità energetiche a Tai di Cadore.

Le due comunità sono risultate così composte, in termini di tipologie di edifici:

- 9 con esposizione ottimale delle falde: 2 edifici residenziali, per un totale di 10 unità abitative, 5 edifici con attività nel settore terziario/commerciale e 2 edifici con attività manifatturiera;
- 8 identificati in base a criteri di integrazione: 7 residenziali, per un totale di 24 unità abitative, e 1 con attività nel settore terziario/commerciale.

I risultati dello strumento di simulazione sono presentati mediante una tabella e attraverso l'andamento dei flussi energetici nel giorno medio annuale per ciascuna comunità. I risultati relativi alla comunità con edifici scelti in base all'esposizione ottimale sono mostrati in figura 12, mentre quelli relativi alla comunità con edifici scelti in base a criteri di integrazione sono mostrati in figura 13.

In Bezug auf die Gemeinde Pieve di Cadore konzentrierte sich die Simulation auf den Ortsteil Tai di Cadore, wo ein Mix aus Wohngebäuden, Lagerhäusern (oder vergleichbaren Nutzungsarten) und kleinen Unternehmen verglichen werden konnte. Insgesamt wurden 17 Gebäude ausgewählt, davon: 9 mit optimaler Ausrichtung der Dachflächen (Abbildung 10) und 8, die Kriterien der Landschaftsintegration aufweisen (Abbildung 11).

9.3.1 CER-Simulationswerkzeug [IT]

Nach einem ähnlichen Verfahren wie für Villa di Villa beschrieben, wurden die zwei Energiegemeinschaften in Tai di Cadore analysiert. Die beiden Gemeinschaften setzen sich hinsichtlich der Gebäudetypen wie folgt zusammen:

- 9 mit optimaler Ausrichtung der Dachflächen: 2 Wohngebäude mit insgesamt 10 Wohneinheiten, 5 Gebäude mit Aktivitäten im Dienstleistungs-/Handelssektor und 2 Gebäude mit Produktionstätigkeit;
- 8 identifiziert auf Basis von Integrationskriterien: 7 Wohngebäude mit insgesamt 24 Wohneinheiten und 1 Gebäude mit Aktivitäten im Dienstleistungs-/Handelssektor.

Die Ergebnisse des Simulationswerkzeugs werden mittels einer Tabelle und durch den Verlauf der Energieflüsse an einem durchschnittlichen Jahrestag für jede Gemeinschaft dargestellt. Die Ergebnisse für die Gemeinschaft mit nach optimaler Ausrichtung ausgewählten Gebäuden sind in Abbildung 12 dargestellt, während die Ergebnisse für die Gemeinschaft mit nach Integrationskriterien ausgewählten Gebäuden in Abbildung 13 zu sehen sind.

9. APPLICAZIONE DEL TOOL MULTICRITERIO IN ITALIA ANWENDUNG DES SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN IN ITALIEN

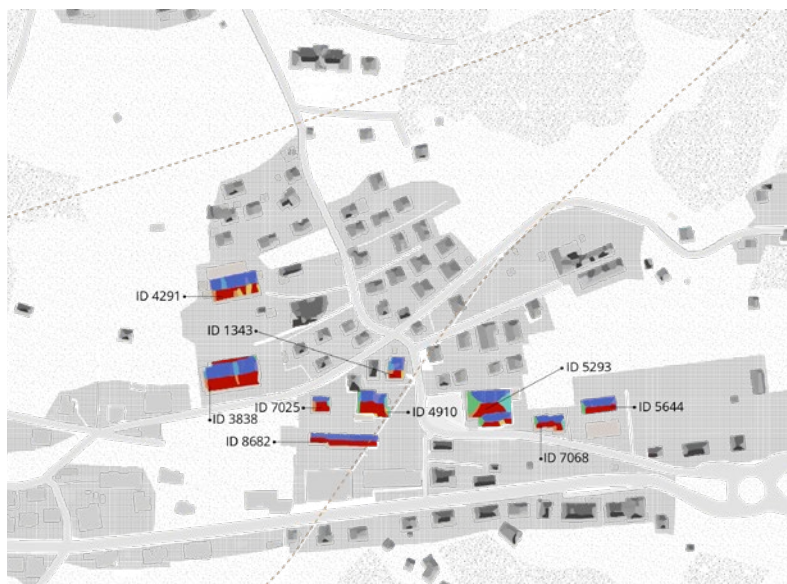


Fig. 10 Edifici di Tai di Cadore selezionati in base all'esposizione ottimale delle falde
Abb. 10 Gebäude von Tai di Cadore, ausgewählt nach optimaler Ausrichtung der Dachflächen



Fig. 11 Edifici di Tai di Cadore scelti in base a criteri di integrazione paesaggistica
Abb. 11 Gebäude von Tai di Cadore, ausgewählt nach Kriterien der Landschaftsintegration

Total installed PV capacity	
Total PV capacity [kWp]	447.0
REC annual energy flows	
PV energy production [MWh/year]	571.5
Energy consumption [MWh/year]	1659.6
Self-consumption [MWh/year]	467.6
Energy drawn from the grid [MWh/year]	1192.1
Energy fed into the grid [MWh/year]	103.9
Shared energy [MWh/year]	69.0
Energy indicators	
Shared-to-fed to grid energy ratio [%]	66.4
Renewable energy coverage ratio [%]	32.3
Production-to-consumption ratio [%]	34.4
Economic indicators	
Percent change in LCOE per consumed kWh [%]	-21.1
Environmental indicators	
Estimated LC CO ₂ eq emissions [t CO ₂ eq]	7832.6
Percent change in CO ₂ eq per consumed kWh [%]	-23.7

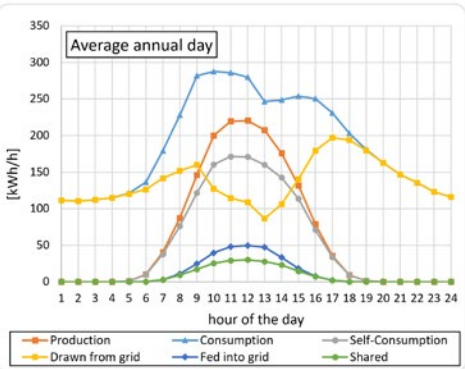


Fig. 12 Risultati dello strumento di simulazione CER [IT] per la comunità di Tai di Cadore, con edifici scelti in base a criteri di esposizione ottimale delle falde
Abb. 12 Ergebnisse des CER-Simulationswerkzeugs [IT] für die Gemeinschaft von Tai di Cadore, mit Gebäuden ausgewählt nach Kriterien der optimalen Ausrichtung der Dachflächen

Total installed PV capacity	
Total PV capacity [kWp]	449.3
REC annual energy flows	
PV energy production [MWh/year]	359.5
Energy consumption [MWh/year]	72.8
Self-consumption [MWh/year]	31.1
Energy drawn from the grid [MWh/year]	41.6
Energy fed into the grid [MWh/year]	328.4
Shared energy [MWh/year]	1.2
Energy indicators	
Shared-to-fed to grid energy ratio [%]	0.4
Renewable energy coverage ratio [%]	44.4
Production-to-consumption ratio [%]	494.1
Economic indicators	
Percent change in LCOE per consumed kWh [%]	154.8
Environmental indicators	
Estimated LC CO ₂ eq emissions [t CO ₂ eq]	905.7
Percent change in CO ₂ eq per consumed kWh [%]	97.7

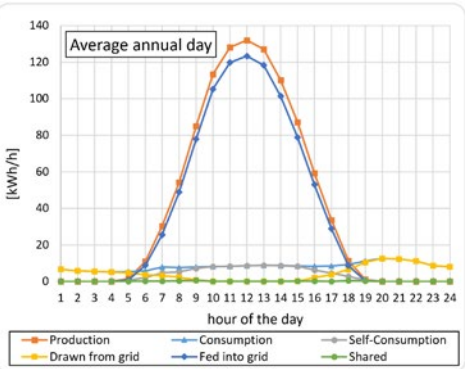


Fig. 13 Risultati dello strumento di simulazione CER [IT] per la comunità di Tai di Cadore, con edifici scelti in base a criteri di integrazione paesaggistica
Abb. 13 Ergebnisse des CER-Simulationswerkzeugs [IT] for die Gemeinschaft von Tai di Cadore, mit Gebäuden ausgewählt nach Kriterien der Landschaftsintegration

La comunità con edifici selezionati in base a criteri di esposizione ottimale presenta consumi elevati, con una produzione fotovoltaica inferiore ai fabbisogni. Questo fa sì che circa due terzi della produzione fotovoltaica vengano utilizzati all'interno della comunità, con una quota di autoconsumo pari a circa il 66%. Considerando autoconsumo ed energia condivisa, la comunità autoproduce circa un terzo del proprio fabbisogno, garantendo un risparmio sul costo dell'energia superiore al 20%. La riduzione delle emissioni di CO₂_{eq} è dell'ordine del 24%.

La comunità con edifici selezionati in base a criteri di integrazione paesaggistica è invece prevalentemente domestica e, analogamente a quanto osservato per Villa di Villa, presenta una produzione notevolmente superiore ai consumi. Di conseguenza, la quota di energia condivisa diventa trascurabile e, a causa del maggior costo e della minore produzione dei pannelli colorati, aumentano sensibilmente sia il costo dell'energia sia le emissioni di CO₂_{eq}.

In conclusione, si può affermare che, mentre la CER individuata in base a criteri di esposizione ottimale produce e condivide energia fotovoltaica in modo efficiente, la CER individuata in base a criteri di integrazione paesaggistica non risulta ben bilanciata e beneficerebbe dell'ingresso di consumatori puri, come già osservato per i casi di Villa di Villa.

9.3.2 Strumento di integrazione paesaggistica

A seguito della raccolta dei dati relativi ai 17 edifici selezionati (8 con esposizione ottimale e 7 secondo criteri di integrazione) si sono confrontati due scenari che replicano quelli di Borgo Valbelluna: pannelli FV blu su falda intera e colorati su copertura completa. In tabella 09 è possibile vedere la caratterizzazione dei 17 edifici.

Die Gemeinschaft mit Gebäuden, die nach Kriterien der optimalen Ausrichtung ausgewählt wurden, weist einen hohen Verbrauch auf, wobei die Photovoltaik-Erzeugung unter dem Bedarf liegt. Dies führt dazu, dass etwa zwei Drittel der Photovoltaik-Erzeugung innerhalb der Gemeinschaft verbraucht werden, was einer Eigenverbrauchsquote von rund 66 % entspricht. Unter Berücksichtigung von Eigenverbrauch und gemeinsam genutzter Energie erzeugt die Gemeinschaft etwa ein Drittel ihres Bedarfs selbst, was eine Einsparung bei den Energiekosten von mehr als 20 % garantiert. Die Reduktion der CO₂_{eq}-Emissionen liegt in einer Größenordnung von 24 %.

Die Gemeinschaft mit Gebäuden, die nach Kriterien der Landschaftsintegration ausgewählt wurden, ist hingegen überwiegend wohnwirtschaftlich geprägt und weist, ähnlich wie für Villa di Villa beobachtet, eine Produktion auf, die deutlich über dem Verbrauch liegt. Infolgedessen wird der Anteil der gemeinsam genutzten Energie vernachlässigbar klein, und aufgrund der höheren Kosten sowie der geringeren Produktion der farbigen Module steigen sowohl die Energiekosten als auch die CO₂_{eq}-Emissionen spürbar an.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die auf Basis optimaler Ausrichtungskriterien identifizierte CER Photovoltaik-Energie effizient erzeugt und teilt, während die auf Basis von Landschaftsintegrationskriterien identifizierte CER nicht gut ausbalanciert ist und – wie bereits für die Fälle von Villa di Villa beobachtet – vom Eintritt reiner Verbraucher profitieren würde.

9.3.2 Werkzeug zur Landschaftsintegration

Nach der Datenerfassung für die 17 ausgewählten Gebäude (9 mit optimaler Ausrichtung und 8 nach Integrationskriterien) wurden zwei Szenarien verglichen, die denen von Borgo Valbelluna entsprechen: blaue PV-Module auf einer gesamten Dachseite sowie farbige Module auf der vollständigen Dachfläche. In Tabelle 09 ist die Charakterisierung der 17 Gebäude dargestellt.



ID	TIPO	POSIZIONAMENTO FV	CROMATICITÀ DEL TETTO	CROMATICITÀ DEL CONTESTO	COLORAZIONE FV
3838	casa indipendente	Falda intera	marrone	verde, nero	blu
8682	casa indipendente	Falda intera	nero	verde, nero	blu
4910	casa indipendente	Falda intera	nero	nero	blu
7025	casa indipendente	Falda intera	nero	nero	blu
5293	casa indipendente	Falda intera	nero	nero	blu
7068	casa indipendente	Falda intera	nero	verde, nero	blu
5644	casa indipendente	Falda intera	marrone	verde, marrone	blu
1343	casa indipendente	Falda intera	nero	nero	blu
4291	casa indipendente	Falda intera	nero	nero	blu
6666	casa indipendente	Tetto intero	nero	verde, nero	nero
5171	casa indipendente	Tetto intero	nero	verde, nero	nero
5727	casa indipendente	Tetto intero	nero	verde, nero	nero
6577	casa indipendente	Tetto intero	nero	verde, nero	nero
7271	casa indipendente	Tetto intero	nero	verde, nero	nero
3690	casa indipendente	Tetto intero	marrone	verde	trasparente
2708	casa indipendente	Tetto intero	marrone	verde	trasparente
9037	casa indipendente	Tetto intero	nero	verde, nero	nero

Tab. 09 Dati di caratterizzazione dell'area di Tai di Cadore
Tab. 09 Charakterisierungsdaten für das Gebiet von Tai di Cadore

9. APPLICAZIONE DEL TOOL MULTICRITERIO IN ITALIA
ANWENDUNG DES SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN IN ITALIEN

Con il primo scenario (pannelli FV blu su falda intera) si sono ottenuti i valori riportati nella tabella 10. In tabella 11, invece, è possibile visualizzare i risultati del secondo scenario (pannelli FV colorati su tetto completo).

ID	VALORE SINGOLO EDIFICIO
3838	1.10
8682	1.40
4910	1.60
7025	1.60
5293	1.60
7068	1.40
5644	0.83
1343	1.60
4291	1.60
VALORE COMPLESSIVO	1.41

Tab. 10 Valori di integrazione degli edifici con pannelli FV blu su falda intera
Tab. 10 Integrationswerte der Gebäude mit blauen PV-Modulen auf einer gesamten Dachseite

A seguito della valutazione dei due scenari è stato possibile confrontare i valori complessivi ottenuti (tabella 12), che mostrano come il livello di integrazione dell'installazione su falda intera dei pannelli FV blu del primo scenario sia inferiore rispetto a quello dei pannelli FV colorati installati sull'intera copertura del secondo scenario.

Mit dem ersten Szenario (blaue PV-Module auf einer gesamten Dachseite) wurden die in Tabelle 10 aufgeführten Werte erzielt. In Tabelle 11 hingegen können die Ergebnisse des zweiten Szenarios (farbige PV-Module auf dem vollständigen Dach) eingesehen werden.

ID	VALORE SINGOLO EDIFICIO
6666	3.00
5171	3.00
5727	3.00
6577	3.00
7271	3.00
3690	0.94
2708	0.94
9037	3.00
VALORE COMPLESSIVO	2.71

Tab. 11 Valori di integrazione degli edifici con pannelli FV colorati su tetto completo
Tab. 11 Integrationswerte der Gebäude mit farbigen PV-Modulen auf dem vollständigen Dach

Nach der Bewertung der beiden Szenarien war es möglich, die erzielten Gesamtwerte zu vergleichen (Tabelle 12). Diese zeigen, dass der Integrationsgrad der Installation blauer PV-Module auf einer einzelnen Dachseite (erstes Szenario) geringer ist als derjenige der farbigen PV-Module, die auf der gesamten Dachfläche installiert wurden (zweites Szenario).

	PRIMO SCENARIO	SECONDO SCENARIO
VALORE COMPLESSIVO	1.41	2.71

Tab. 12 Comparazione valori di integrazione
Tab. 12 Vergleich der Integrationswerte

9.3.3 I valori ottenuti

L'analisi dei risultati restituiti dallo strumento di simulazione CER [IT] per Tai di Cadore mette in evidenza come le due configurazioni considerate presentino comportamenti energetici significativamente differenti. La comunità individuata sulla base dell'esposizione ottimale delle falde mostra infatti un equilibrio più favorevole tra produzione e consumo di energia elettrica, grazie alla presenza di utenze appartenenti anche ai settori commerciale e manifatturiero (figura 12). Questa maggiore diversificazione dei profili di consumo consente di valorizzare una quota rilevante della produzione fotovoltaica all'interno della comunità, determinando livelli elevati di autoconsumo e di energia condivisa.

La configurazione definita secondo criteri di integrazione paesaggistica presenta invece caratteristiche analoghe a quelle osservate nei casi prevalentemente residenziali analizzati a Villa di Villa. La produzione fotovoltaica risulta ampiamente superiore ai consumi della comunità e ciò comporta una riduzione della quota di energia effettivamente condivisa tra i membri. A questo si aggiungono la minore efficienza dei pannelli colorati e il loro costo superiore rispetto ai moduli convenzionali, fattori che contribuiscono a peggiorare gli indicatori economici e ambientali della comunità energetica (figura 13).

Se dal punto di vista energetico la soluzione basata sull'esposizione ottimale risulta quindi più efficace, i risultati ottenuti mediante lo strumento di integrazione paesaggistica evidenziano una situazione opposta sotto il profilo dell'inserimento nel contesto. Il valore complessivo di integrazione passa infatti da 1.41 nel primo scenario a 2.71 nel secondo, evidenziando un miglioramento particolarmente marcato rispetto a quanto osservato negli altri casi studio (tabella 12).

L'incremento del livello di integrazione è direttamente riconducibile alle scelte progettuali adottate per il secondo scenario. In questo caso i pannelli fotovoltaici

9.3.3 Die erzielten Werte

Die Analyse der vom CER-Simulationswerkzeug [IT] für Tai di Cadore gelieferten Ergebnisse verdeutlicht, dass die beiden betrachteten Konfigurationen ein signifikant unterschiedliches energetisches Verhalten aufweisen. Die auf Basis der optimalen Ausrichtung der Dachflächen ermittelte Gemeinschaft zeigt ein günstigeres Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch elektrischer Energie, was auf das Vorhandensein von Nutzern auch aus dem Handels- und Produktionssektor zurückzuführen ist (Abbildung 12). Diese stärkere Diversifizierung der Verbrauchsprofile ermöglicht es, einen erheblichen Teil der Photovoltaik-Erzeugung innerhalb der Gemeinschaft zu nutzen, was zu einem hohen Niveau an Eigenverbrauch und gemeinsam genutzter Energie führt.

Die nach Kriterien der Landschaftsintegration definierte Konfiguration weist hingegen ähnliche Merkmale auf wie die überwiegend wohnwirtschaftlich geprägten Fälle, die in Villa di Villa analysiert wurden. Die Photovoltaik-Erzeugung liegt weit über dem Verbrauch der Gemeinschaft, was zu einer Verringerung des tatsächlich zwischen den Mitgliedern geteilten Energieanteils führt. Hinzu kommen die geringere Effizienz der farbigen Module und deren höhere Kosten im Vergleich zu konventionellen Modulen – Faktoren, die zu einer Verschlechterung der wirtschaftlichen und ökologischen Indikatoren der Energiegemeinschaft beitragen (Abbildung 13).

Während die auf optimaler Ausrichtung basierende Lösung aus energetischer Sicht somit effektiver ist, zeigen die mit dem Werkzeug zur Landschaftsintegration erzielten Ergebnisse eine gegensätzliche Situation hinsichtlich der Einfügung in den Kontext. Der Gesamtintegrationswert steigt von 1.41 im ersten Szenario auf 2.71 im zweiten Szenario, was eine besonders ausgeprägte Verbesserung im Vergleich zu den anderen Fallstudien verdeutlicht (Tabelle 12).

Der Anstieg des Integrationsgrades ist direkt auf die für das zweite Szenario gewählten Entwurfsentschei-

sono stati installati sull'intera copertura e sono stati selezionati cromatismi coerenti con quelli prevalenti degli edifici e del paesaggio circostante. La presenza diffusa di coperture scure ha inoltre favorito l'utilizzo di soluzioni tecnologiche capaci di ridurre il contrasto visivo tra l'impianto e l'architettura esistente. Nel primo scenario, al contrario, l'impiego di pannelli blu collocati sulle sole falde più favorevoli dal punto di vista energetico ha determinato valori di integrazione inferiori.

I risultati ottenuti confermano pertanto come la massimizzazione delle prestazioni energetiche e il raggiungimento di elevati livelli di integrazione paesaggistica rappresentino obiettivi non sempre coincidenti. Nel caso di Tai di Cadore, la configurazione con esposizione ottimale consente di ottenere benefici energetici, economici e ambientali più rilevanti, mentre quella sviluppata secondo criteri di integrazione garantisce una migliore compatibilità visiva dell'intervento. La lettura congiunta dei risultati dimostra quindi l'importanza di valutare simultaneamente gli aspetti energetici e quelli paesaggistici, al fine di individuare soluzioni progettuali equilibrate e coerenti con le caratteristiche del contesto territoriale.

dungen zurückzuführen. In diesem Fall wurden die Photovoltaikmodule auf der gesamten Dachfläche installiert und es wurden Farbgestaltungen gewählt, die mit den vorherrschenden Farben der Gebäude und der umgebenden Landschaft übereinstimmen. Das weit verbreitete Vorhandensein dunkler Dachdeckungen begünstigte zudem den Einsatz technologischer Lösungen, die den visuellen Kontrast zwischen der Anlage und der bestehenden Architektur verringern. Im ersten Szenario hingegen führte der Einsatz blauer Module, die nur auf den energetisch günstigsten Dachseiten platziert wurden, zu niedrigeren Integrationswerten.

Die erzielten Ergebnisse bestätigen somit, dass die Maximierung der energetischen Leistung und das Erreichen eines hohen Niveaus an Landschaftsintegration Ziele darstellen, die nicht immer deckungsgleich sind. Im Fall von Tai di Cadore ermöglicht die Konfiguration mit optimaler Ausrichtung relevantere energetische, wirtschaftliche und ökologische Vorteile, während die nach Integrationskriterien entwickelte Konfiguration eine bessere visuelle Kompatibilität des Eingriffs garantiert. Die gemeinsame Interpretation der Ergebnisse zeigt daher, wie wichtig es ist, energetische und landschaftliche Aspekte gleichzeitig zu bewerten, um ausgewogene Planungskonstrukte zu identifizieren, die mit den Merkmalen des jeweiligen Territoriums übereinstimmen.

9.4 Maniago

Relativamente al comune di Maniago, la simulazione si è concentrata su una ipotesi di CER che includesse edifici residenziali e una piccola impresa di taglia compatibile per poter bilanciare l'ipotetica CER. In totale si sono selezionati 20 edifici, di cui: 19 residenziali e 1 industriale (figura 14).

In Bezug auf die Gemeinde Maniago konzentrierte sich die Simulation auf eine hypothetische CER, die Wohngebäude und ein kleines Unternehmen von kompatibler Größe umfassen sollte, um die hypothetische CER auszubalancieren. Insgesamt wurden 20 Gebäude ausgewählt, davon: 19 Wohngebäude und 1 Industriegebäude (Abbildung 14).

9. APPLICAZIONE DEL TOOL MULTICRITERIO IN ITALIA
ANWENDUNG DES SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN IN ITALIEN

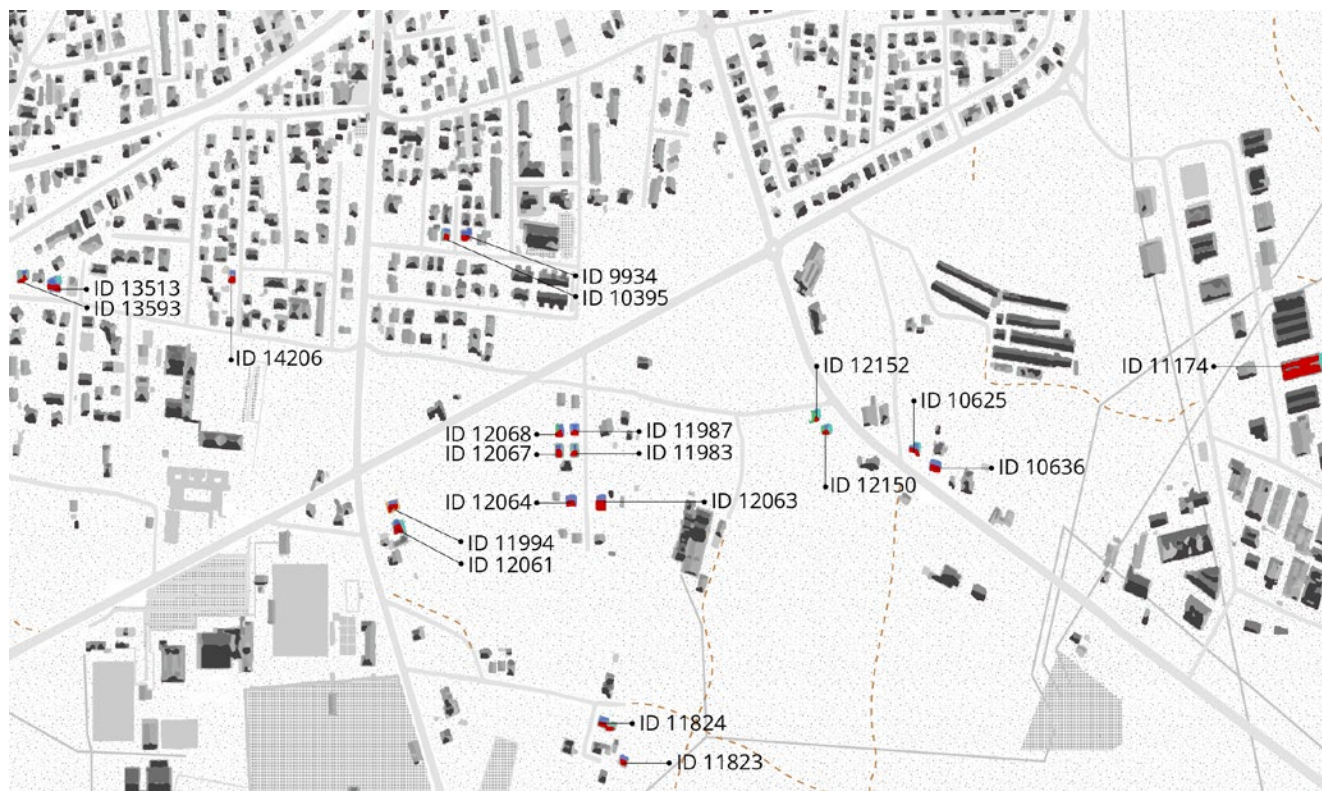


Fig. 14 Edifici selezionati nell'area di Maniago
Abb. 14 Ausgewählte Gebäude im Gebiet von Maniago)

9.4.1 Strumento di simulazione CER [IT]

Con una procedura analoga a quella descritta per Villa di Villa e Tai di Cadore, è stata analizzata la comunità energetica di Maniago, composta da 19 edifici residenziali per un totale di 38 unità abitative, e da 1 edificio che ospita un'attività industriale/manifatturiera. Al fine di valutare l'effetto del membro industriale e della sua eventuale produzione fotovoltaica, si sono analizzati tre scenari:

- *without company*, ovvero la comunità composta solo dai 19 edifici residenziali, con tutti i tetti coperti da pannelli fotovoltaici;
- *with company, no PV rooftop*, ovvero la comunità composta dai 19 edifici residenziali, con i relativi tetti coperti da pannelli fotovoltaici, e dall'edificio industriale aggiunto come *consumer*, considerando quindi i suoi consumi ma senza prevedere l'installazione di un impianto fotovoltaico sul tetto;
- *with company, with PV rooftop*, ovvero la comunità composta dai 19 edifici residenziali, con i relativi tetti coperti da pannelli fotovoltaici, e dall'edificio industriale aggiunto come *prosumer*, prevedendo quindi l'installazione di un impianto fotovoltaico sul suo tetto.

Per ciascuno scenario sono state considerate due diverse tipologie di pannelli: pannelli tradizionali blu e pannelli colorati. L'analisi di integrazione paesaggistica sarà riferita solo al terzo scenario, poiché i primi due hanno il solo scopo di valutare l'impatto del membro industriale sui flussi energetici della comunità. In un contesto reale, è molto probabile che un'azienda decida di investire in un impianto fotovoltaico sul proprio tetto per ridurre i propri costi energetici.

I risultati dello strumento di simulazione per i tre scenari e le due diverse tipologie di pannelli sono riassunti in figura 15.

9.4.1 CER-Simulationswerkzeug [IT]

Nach einem ähnlichen Verfahren wie für Villa di Villa und Tai di Cadore beschrieben, wurde die Energiegemeinschaft von Maniago analysiert. Diese besteht aus 19 Wohngebäuden mit insgesamt 38 Wohneinheiten und 1 Gebäude, das eine Industrie-/Produktionstätigkeit beherbergt. Um die Auswirkung des industriellen Mitglieds und dessen potenzieller Photovoltaik-Erzeugung zu bewerten, wurden drei Szenarien untersucht:

- *without company*: Die Gemeinschaft besteht nur aus den 19 Wohngebäuden, wobei alle Dächer mit Photovoltaikmodulen bedeckt sind;
- *with company, no PV rooftop*: Die Gemeinschaft besteht aus den 19 Wohngebäuden, deren Dächer mit Photovoltaikmodulen bedeckt sind, und dem Industriegebäude, das als *Consumer* hinzugefügt wurde. Das bedeutet, dass dessen Verbrauch berücksichtigt wird, ohne dass jedoch eine Photovoltaikanlage auf seinem Dach installiert wird;
- *with company, with PV rooftop*: Die Gemeinschaft besteht aus den 19 Wohngebäuden, deren Dächer mit Photovoltaikmodulen bedeckt sind, und dem Industriegebäude, das als *Prosumer* hinzugefügt wurde. In diesem Fall wird also die Installation einer Photovoltaikanlage auf seinem Dach vorgesehen.

Für jedes Szenario wurden zwei verschiedene Modultypen berücksichtigt: traditionelle blaue Paneele und farbige Paneele. Die Analyse der Landschaftsintegration bezieht sich nur auf das dritte Szenario, da die ersten beiden lediglich dazu dienen, die Auswirkungen des industriellen Mitglieds auf die Energieflüsse der Gemeinschaft zu bewerten. In einem realen Kontext ist es sehr wahrscheinlich, dass ein Unternehmen beschließt, in eine Photovoltaikanlage auf dem eigenen Dach zu investieren, um die eigenen Energiekosten zu senken.

Die Ergebnisse des Simulationswerkzeugs für die drei Szenarien und die zwei verschiedenen Modultypen sind in Abbildung 15 zusammengefasst.

Analizzando inizialmente i casi con pannelli tradizionali blu, si osserva che, nello scenario *without company*, la produzione fotovoltaica è sovrabbondante rispetto ai fabbisogni energetici che corrispondono a quelli delle 38 unità abitative. L'energia condivisa è quasi nulla e il minor costo dell'energia è dovuto all'autoconsumo, ma soprattutto alla vendita del surplus di produzione. Il rapporto produzione/consumo risulta superiore al 500%, a fronte di un indice di copertura da energia rinnovabile dell'ordine del 45%, indicando chiaramente un sovradimensionamento della copertura fotovoltaica rispetto alle esigenze della comunità. La variazione percentuale delle emissioni di CO₂_{eq} associate alla copertura del fabbisogno elettrico della comunità è positiva, indicando quindi un aumento delle emissioni. Ciò è dovuto, come già osservato in casi analoghi, al notevole sovradimensionamento della capacità fotovoltaica e, di conseguenza, al contributo delle emissioni di CO₂_{eq} associate alla produzione dei pannelli e dei componenti ausiliari. Una situazione analoga era stata osservata nelle CER di Villa di Villa e di Tai di Cadore.

Al fine di comprendere meglio le prestazioni energetiche di questo scenario, i flussi energetici nel giorno medio annuale sono mostrati, per il caso in esame, in figura 16. Appare evidente come la curva di produzione sia sproporzionata rispetto a quella di consumo.

Passando allo scenario *with company, no PV rooftop*, sempre con pannelli tradizionali blu, si osserva come il fabbisogno energetico aumenti sensibilmente, poichè include ora anche i consumi del membro industriale. La produzione fotovoltaica resta invece invariata, non essendo stata installata ulteriore capacità. Di conseguenza, il surplus di energia prodotto dai *prosumer* domestici può essere condiviso con l'utenza industriale, portando la quota di energia condivisa a un valore superiore al 60%. Il rapporto produzione/consumo risulta di poco superiore al 50%, a fronte di un indice di copertura da energia rinnovabile dell'ordine del 35%. Il costo dell'energia diminuisce di circa il 25%, grazie soprattutto

Bei der anfänglichen Analyse der Fälle mit traditionellen blauen Modulen wird deutlich, dass im Szenario *without company* die Photovoltaik-Erzeugung im Vergleich zum Energiebedarf der 38 Wohneinheiten übermäßig hoch ist. Die gemeinsam genutzte Energie geht gegen Null und die Senkung der Energiekosten ist zwar auf den Eigenverbrauch, vor allem aber auf den Verkauf des Erzeugungsüberschusses zurückzuführen. Das Verhältnis zwischen Produktion und Verbrauch liegt bei über 500 %, verglichen mit einem Deckungsgrad durch erneuerbare Energien von rund 45 %. Dies deutet klar auf eine Überdimensionierung der Photovoltaikanlagen im Vergleich zum Bedarf der Gemeinschaft hin. Die prozentuale Veränderung der CO₂_{eq}-Emissionen, die mit der Deckung des Strombedarfs der Gemeinschaft verbunden sind, ist positiv, was somit einen Anstieg der Emissionen bedeutet. Dies ist, wie bereits bei ähnlichen Fällen beobachtet, auf die erhebliche Überdimensionierung der Photovoltaikkapazität und folglich auf den Beitrag der Emissionen zurückzuführen, die mit der Herstellung der Paneele und Hilfskomponenten verbunden sind. Eine ähnliche Situation wurde bereits bei den Energiegemeinschaften von Villa di Villa und Tai di Cadore beobachtet.

Um die energetische Leistung dieses Szenarios besser zu verstehen, sind die Energieflüsse an einem durchschnittlichen Jahrestag für den vorliegenden Fall in Abbildung 16 dargestellt. Es ist offensichtlich, dass die Erzeugungskurve in keinem Verhältnis zur Verbrauchskurve steht.

Betrachtet man das Szenario *with company, no PV rooftop* (ebenfalls mit traditionellen blauen Paneelen), so zeigt sich, dass der Energiebedarf spürbar ansteigt, da er nun auch den Verbrauch des industriellen Mitglieds einschließt. Die Photovoltaik-Erzeugung bleibt hingegen unverändert, da keine zusätzliche Kapazität installiert wurde. Infolgedessen kann der von den privaten *Prosumern* erzeugte Energieüberschuss mit dem industriellen Verbraucher geteilt werden, wodurch der Anteil der gemeinsam genutzten Energie auf einen Wert von über 60 % steigt. Das Verhältnis zwischen Produktion und Verbrauch liegt knapp über 50 %, bei

Panel type:	without company		with company, no PV rooftop		with company, with PV rooftop	
	blue	colored	blue	colored	blue	colored
Total installed PV capacity						
Total PV capacity [kWp]	565.7	565.7	565.71	565.7	796.3	796.3
REC annual energy flows						
PV energy production [MWh/year]	596.1	476.9	596.1	476.9	852.3	732.9
Energy consumption [MWh/year]	115.2	115.2	1105.5	1105.5	1105.5	1105.5
Self-consumption [MWh/year]	51.7	51.2	51.7	51.2	288.6	287.5
Energy drawn from the grid [MWh/year]	63.5	64.1	1053.8	1054.3	816.9	818.0
Energy fed into the grid [MWh/year]	544.4	425.7	544.4	425.7	563.7	445.5
Shared energy [MWh/year]	0.4	0.5	328.8	297.0	133.7	118.6
Energy indicators						
Shared-to-fed to grid energy ratio [%]	+0.1	+0.1	+60.4	+69.8	+23.7	+26.6
Renewable energy coverage ratio [%]	+45.2	+44.9	+34.4	+31.5	+38.2	+36.7
Production-to-consumption ratio [%]	+517.4	+413.9	+53.9	+43.1	+77.1	+66.3
Economic indicators						
Percent change in LCOE per consumed kWh [%]	-40.3	+108.2	-24.8	-7.4	-24.6	-8.2
Environmental indicators						
Estimated LC CO ₂ eq emissions [t CO ₂ eq]	1220.8	1223.5	5551.4	5747.7	5618.4	5719.7
Percent change in CO ₂ eq per consumed kWh [%]	+68.3	+68.7	-36.7	-27.1	-52.8	-43.1

Fig. 15 Confronto delle prestazioni energetiche, economiche e ambientali dei tre scenari analizzati per la CER di Maniago
Abb. 15 Vergleich der energetischen, wirtschaftlichen und ökologischen Leistung der drei für die CER Maniago analysierten Szenarien

all'incentivazione dell'energia condivisa, che risulta ora pari a più di sei volte quella autoconsumata. La riduzione delle emissioni di CO₂_{eq} associate alla copertura del fabbisogno elettrico della comunità è dell'ordine del 37%.

Al fine di comprendere meglio le prestazioni energetiche di questo scenario, i flussi energetici nel giorno medio annuale sono mostrati, per il caso in esame, in figura 17. Appare evidente come la curva di produzione sia ora più proporzionata rispetto a quella di consumo; si nota inoltre l'innalzamento della curva dell'energia condivisa.

L'ultimo scenario è quello *with company, with PV rooftop*, che ipotizza la copertura con pannelli fotovoltaici anche dell'edificio industriale. Come si osserva, a parità di fabbisogno rispetto al caso precedente, la produzione fotovoltaica aumenta sensibilmente. Il prosumer industriale autoconsuma parte dell'energia che produce, e questo aumenta in modo significativo l'autoconsumo della comunità. Di conseguenza, rispetto al caso precedente, cala la quota di energia condivisa, che si porta al 24% circa. D'altro canto, aumen-

tem un Deckungsgrad durch erneuerbare Energien von rund 35 %. Die Energiekosten sinken um etwa 25 %, vor allem dank der Förderung der gemeinsam genutzten Energie, die nun mehr als das Sechsfache des selbst verbrauchten Anteils beträgt. Die Reduzierung der CO₂_{eq}-Emissionen, die mit der Deckung des Strombedarfs der Gemeinschaft verbunden sind, liegt im Bereich von 37%.

Um die energetische Leistung dieses Szenarios besser zu verstehen, sind die Energieflüsse an einem durchschnittlichen Jahrestag für den vorliegenden Fall in Abbildung 17 dargestellt. Es ist deutlich erkennbar, dass die Erzeugungskurve nun proportionaler zur Verbrauchskurve verläuft; zudem fällt das Ansteigen der Kurve für gemeinsam genutzte Energie auf.

Das letzte Szenario ist *with company, with PV rooftop*, welches die Belegung des Industriegebäudes mit Photovoltaikmodulen voraussetzt. Wie man sieht, steigt die Photovoltaik-Erzeugung bei gleichem Bedarf wie im vorherigen Fall deutlich an. Der industrielle Prosumer verbraucht einen Teil der von ihm erzeugten Energie selbst, was den Eigenverbrauch der Gemeinschaft erheblich steigert. Infolgedessen sinkt im Vergleich zum vorherigen Fall der An-

9. APPLICAZIONE DEL TOOL MULTICRITERIO IN ITALIA ANWENDUNG DES SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN IN ITALIEN

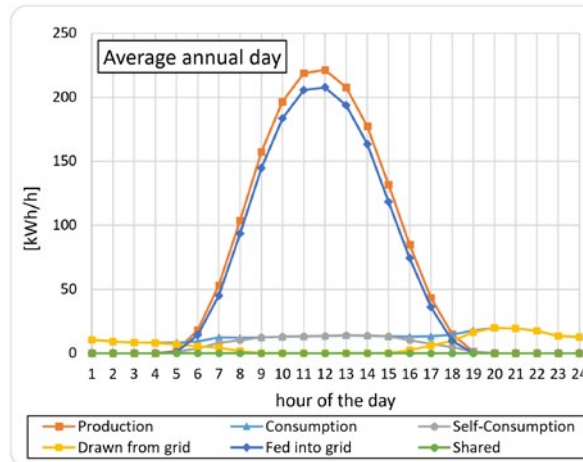


Fig. 16 Flussi energetici nel giorno medio annuale per la CER di Maniago nello scenario *without company* e pannelli blu tradizionali
Abb. 16 Energieflüsse an einem durchschnittlichen Jahrestag für die CER Maniago im Szenario „without company“ und traditionellen blauen Paneelen

tano sia il rapporto produzione/consumo, che risulta superiore al 77%, sia l'indice di copertura da energia rinnovabile, che supera il 38%. Il costo dell'energia diminuisce di circa il 25%, grazie all'autoconsumo e all'energia condivisa, mentre la riduzione delle emissioni di CO_2_{eq} associate alla copertura del fabbisogno elettrico della comunità supera il 50%.

Al fine di comprendere meglio le prestazioni energetiche di questo scenario, i flussi energetici nel giorno medio annuale sono mostrati, per il caso in esame, in figura 18. Appare evidente come la curva di produzione si sia alzata rispetto al caso *with company, no PV rooftop*; il fatto che il membro industriale sia ora un *prosumer* determina un innalzamento della curva dell'autoconsumo e un abbassamento di quella dell'energia condivisa.

Per i casi con pannelli colorati, caratterizzati da una produzione inferiore, si possono formulare considerazioni analoghe. Mentre nello scenario *without company* il costo dell'energia aumenta, l'inserimento del membro industriale nella CER, come *consumer* o

teil der gemeinsam genutzten Energie und pendelt sich bei etwa 24 % ein. Auf der anderen Seite steigen sowohl das Verhältnis zwischen Produktion und Verbrauch, das bei über 77 % liegt, als auch der Deckungsgrad durch erneuerbare Energien, der 38 % übersteigt. Die Energiekosten sinken dank des Eigenverbrauchs und der gemeinsam genutzten Energie um etwa 25 %, während die Reduzierung der mit der Deckung des Strombedarfs der Gemeinschaft verbundenen CO_2_{eq} -Emissionen 50 % übersteigt.

Um die energetische Leistung dieses Szenarios besser zu verstehen, sind die Energieflüsse an einem durchschnittlichen Jahrestag für den vorliegenden Fall in Abbildung 18 dargestellt. Es wird deutlich, dass die Erzeugungskurve im Vergleich zum Fall *with company, no PV rooftop* angestiegen ist; die Tatsache, dass das industrielle Mitglied nun ein *Prosumer* ist, führt zu einem Anstieg der Eigenverbrauchskurve und zu einem Sinken der Kurve für gemeinsam genutzte Energie.

Für die Fälle mit farbigen Paneelen, die durch eine geringere Produktion gekennzeichnet sind, lassen sich analoge Überlegungen anstellen. Während im Szenario *without*

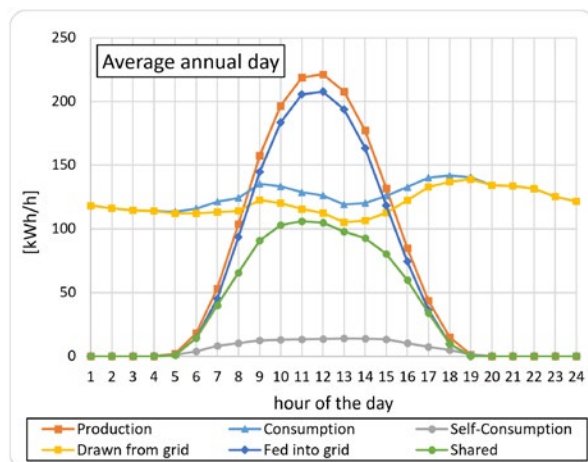


Fig. 17 Flussi energetici nel giorno medio annuale per la CER di Maniago nello scenario *with company, no PV rooftop e pannelli blu tradizionali*
Abb. 17 Energieflüsse an einem durchschnittlichen Jahrestag für die CER Maniago im Szenario „with company, no PV rooftop“ und traditionellen blauen Paneelen

come *prosumer*, consente una diminuzione del costo dell'energia, sebbene in misura inferiore rispetto al caso in cui si utilizzano pannelli tradizionali. Anche le emissioni di CO_2_{eq} si riducono in presenza del membro industriale.

L'analisi effettuata dimostra l'importanza di una accurata selezione dei membri di una comunità energetica al fine di bilanciare produzione e consumo e favorire quindi la condivisione dell'energia. In questo contesto, un utente industriale di piccole o medie dimensioni, come quelli presenti nel territorio di Maniago, può portare notevoli benefici a una CER prevalentemente domestica. Inoltre, come si è visto, un'opportuna selezione dei membri della comunità può migliorare notevolmente le prestazioni economiche e ambientali, rendendo favorevole, sia dal punto di vista economico sia in termini di emissioni di CO_2_{eq} , anche l'utilizzo di pannelli colorati, con la possibilità quindi di ottenere anche una migliore integrazione paesaggistica.

company die Energiekosten steigen, ermöglicht die Einbindung des industriellen Mitglieds in die CER – entweder als *Consumer* oder als *Prosumer* – eine Senkung der Energiekosten, wenn auch in geringerem Maße als bei der Verwendung traditioneller Paneele. Auch die CO_2_{eq} -Emissionen verringern sich in Gegenwart des industriellen Mitglieds.

Die durchgeführte Analyse zeigt, wie wichtig eine sorgfältige Auswahl der Mitglieder einer Energiegemeinschaft ist, um Erzeugung und Verbrauch auszubalancieren und so die gemeinsame Energienutzung zu fördern. In diesem Zusammenhang kann ein kleiner oder mittlerer industrieller Verbraucher, wie sie im Gebiet von Maniago anzutreffen sind, einer überwiegend wohnwirtschaftlich geprägten CER erhebliche Vorteile bringen. Darüber hinaus kann, wie gezeigt wurde, eine geeignete Auswahl der Gemeinschaftsmitglieder die wirtschaftliche und ökologische Leistung erheblich verbessern. Dies macht auch den Einsatz von farbigen Modulen sowohl wirtschaftlich als auch in Bezug auf die CO_2_{eq} -Emissionen vorteilhaft und bietet somit die Möglichkeit, eine bessere Landschaftsintegration zu erreichen.

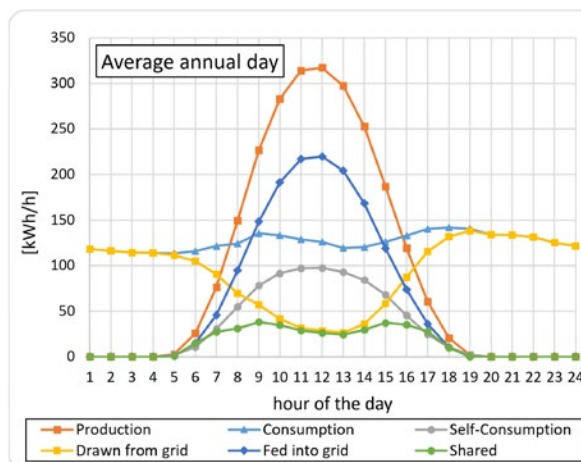


Fig. 18 Flussi energetici nel giorno medio annuale per la CER di Maniago nello scenario „with company, with PV rooftop e pannelli blu tradizionali“
Abb. 18 Energieflüsse an einem durchschnittlichen Jahrestag für die CER Maniago im Szenario „with company, with PV rooftop“ und traditionellen blauen Paneelen

9.4.2 Strumento di integrazione paesaggistica

Come per gli scenari della provincia di Belluno la prima fase del lavoro ha trattato la raccolta dei dati necessari per compilare l'interfaccia dello strumento di integrazione paesaggistica online. Considerando i 20 edifici selezionati si è scelto di installare i pannelli FV sulla “falda intera”, e si sono confrontati due scenari: pannelli FV blu e colorati. In tabella 13 è possibile vedere la caratterizzazione identificata per il secondo scenario con i pannelli FV colorati.

Con il primo scenario (pannelli FV blu) si sono ottenuti i valori riportati nella tabella 14. In tabella 15 è possibile visualizzare i risultati del secondo scenario (pannelli FV colorati).

A seguito della valutazione dei due scenari è stato possibile confrontare i valori ottenuti (tabella 16), che mostrano come il livello di integrazione dei pannelli FV blu del primo scenario sia inferiore rispetto a quello dei pannelli FV colorati del secondo scenario. Poiché a Mania-

9.4.2 Werkzeug zur Landschaftsintegration

Wie bei den Szenarien in der Provinz Belluno umfasste die erste Arbeitsphase die Erfassung der notwendigen Daten zur Ausfüllung der Benutzeroberfläche des Online-Werkzeugs zur Landschaftsintegration. Unter Berücksichtigung der 20 ausgewählten Gebäude wurde entschieden, die PV-Paneele auf der „gesamten Dachseite“ zu installieren, und es wurden zwei Szenarien verglichen: blaue und farbige PV-Paneele. In Tabelle 13 ist die für das zweite Szenario mit farbigen PV-Paneelen identifizierte Charakterisierung zu sehen.

Mit dem ersten Szenario (blaue PV-Paneele) wurden die in Tabelle 14 aufgeführten Werte erzielt. In Tabelle 15 können die Ergebnisse des zweiten Szenarios (farbige PV-Paneele) eingesehen werden.

Nach der Bewertung der beiden Szenarien war es möglich, die erhaltenen Werte zu vergleichen (Tabelle 16). Diese zeigen, dass der Integrationsgrad der blauen PV-Paneele des ersten Szenarios geringer ist als derjenige der farbigen PV-Paneele des zweiten Szenarios. Da in Maniago für bei-

go sono stati valutati i medesimi edifici per entrambi gli scenari si riportano anche i singoli valori di integrazione.

9.4.3 I valori ottenuti

L'analisi dei risultati ottenuti mediante lo strumento di simulazione CER [IT] evidenzia come la composizione della comunità energetica influenzi in maniera determinante le prestazioni energetiche, economiche e ambientali del sistema. A differenza dei casi di Villa di Villa e Tai di Cadore, dove le configurazioni analizzate erano caratterizzate prevalentemente da utenze domestiche, nel caso di Maniago è stato possibile valutare il contributo di un'utenza industriale nel bilanciare produzione e consumo di energia.

I precedenti risultati mostrano infatti come gli scenari costituiti esclusivamente da utenze residenziali, o altri partecipanti non residenziali di piccole dimensioni, presenta un marcato sovradimensionamento della capacità fotovoltaica installata rispetto ai fabbisogni della comunità energetica. La produzione risulta pertanto ampiamente superiore ai consumi e gran parte dell'energia generata viene immessa in rete, con livelli molto ridotti di energia condivisa. In tali configurazioni i benefici economici derivano principalmente dalla vendita del surplus energetico, mentre gli indicatori ambientali risentono negativamente dell'eccesso di capacità installata.

L'introduzione dell'edificio industriale come consumatore modifica sensibilmente questo equilibrio. L'aumento dei consumi consente infatti di valorizzare una quota maggiore dell'energia prodotta dagli impianti fotovoltaici domestici, incrementando significativamente l'energia condivisa all'interno della comunità. In questo scenario si osserva un miglioramento degli indicatori economici e ambientali, a conferma dell'importanza di una corretta selezione dei membri della CER per favorire la complementarità tra profili di produzione e di consumo (figura 17).

de Szenarien dieselben Gebäude bewertet wurden, werden auch die einzelnen Integrationswerte aufgeführt

9.4.3 Die erzielten Werte

Die Analyse des CER-Simulationswerkzeugs [IT] verdeutlicht, wie entscheidend die Zusammensetzung der Energiegemeinschaft die energetische, wirtschaftliche und ökologische Leistung des Systems beeinflusst. Im Gegensatz zu den Fällen Villa di Villa und Tai di Cadore, bei denen die analysierten Konfigurationen überwiegend durch Haushaltskunden geprägt waren, konnte im Fall von Maniago der Beitrag eines industriellen Verbrauchers zur Ausbalancierung von Energieerzeugung und -verbrauch bewertet werden.

Die vorherigen Ergebnisse zeigen nämlich, dass Szenarien, die ausschließlich aus Wohngebäuden oder anderen kleinen, nicht-wohnwirtschaftlichen Teilnehmern bestehen, eine deutliche Überdimensionierung der installierten Photovoltaikkapazität im Verhältnis zum Bedarf der Energiegemeinschaft aufweisen. Die Produktion liegt daher weit über dem Verbrauch, und ein Großteil der erzeugten Energie wird in das Netz eingespeist, bei einem sehr geringen Anteil an gemeinsam genutzter Energie. In solchen Konfigurationen resultieren die wirtschaftlichen Vorteile hauptsächlich aus dem Verkauf des Energieüberschusses, während die Umweltindikatoren durch das Übermaß an installierter Kapazität negativ beeinflusst werden.

Die Einführung des Industriegebäudes als Verbraucher verändert dieses Gleichgewicht spürbar. Der Anstieg des Verbrauchs ermöglicht es nämlich, einen größeren Teil der von den privaten Photovoltaikanlagen erzeugten Energie zu verwerten, was die gemeinsam genutzte Energie innerhalb der Gemeinschaft signifikant erhöht. In diesem Szenario ist eine Verbesserung der wirtschaftlichen und ökologischen Indikatoren zu beobachten. Dies bestätigt, wie wichtig eine korrekte Auswahl der CER-Mitglieder ist, um die Komplementarität zwischen Erzeugungs- und Verbrauchsprofilen zu fördern (Abbildung 17).

9. APPLICAZIONE DEL TOOL MULTICRITERIO IN ITALIA
ANWENDUNG DES SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN IN ITALIEN

ID	TIPO	POSIZIONAMENTO FV	CROMATICITÀ DEL TETTO	CROMATICITÀ DEL CONTESTO	COLORAZIONE FV
12068	casa indipendente	Tetto intero	rosso	verde, rosso	rosso
11987	casa indipendente	Tetto intero	rosso	verde, rosso	rosso
12067	casa indipendente	Tetto intero	rosso	verde, rosso	rosso
11983	casa indipendente	Tetto intero	rosso	verde, rosso	rosso
12064	casa indipendente	Tetto intero	rosso	verde	rosso
12063	casa indipendente	Tetto intero	rosso	verde	rosso
10636	casa indipendente	Tetto intero	rosso	verde, rosso	rosso
10625	casa indipendente	Tetto intero	rosso	verde, rosso	rosso
12150	casa indipendente	Tetto intero	rosso	verde	rosso
12152	casa indipendente	Tetto intero	rosso	verde	rosso
11824	casa indipendente	Tetto intero	rosso	verde	rosso
11823	casa indipendente	Tetto intero	rosso	verde	rosso
11994	casa indipendente	Tetto intero	rosso	verde	rosso
12061	casa indipendente	Tetto intero	nero	verde	nero
13513	casa indipendente	Tetto intero	marrone	verde, rosso	rosso
13593	casa indipendente	Tetto intero	rosso	verde, rosso	rosso
14206	casa indipendente	Tetto intero	rosso	verde	rosso
10395	casa indipendente	Tetto intero	rosso	verde, rosso	rosso
9934	casa indipendente	Tetto intero	marrone	verde, rosso	rosso
11174	casa indipendente	Tetto intero	nero	nero	nero

Tab. 13 Dati di caratterizzazione dell'area di Maniago
Tab. 13 Charakterisierungsdaten für das Gebiet von Maniago

ID	VALORE SINGOLO EDIFICIO
12068	0.63
11987	0.63
12067	0.63
11983	0.63
12064	0.74
12063	0.74
10636	0.63
10625	0.63
12150	0.74
12152	0.74
11824	0.74
11823	0.74
11994	0.74
12061	1.30
13513	0.70
13593	0.63
14206	0.74
10395	0.63
9934	0.70
11174	1.60
VALORE COMPLESSIVO	0.98

Tab. 14 Valori di integrazione degli edifici con pannelli FV blu e con pannelli FV colorati
Tab. 14 Integrationswerte der Gebäude mit blauen PV-Paneelen und mit farbigen PV-Paneelen

ID	VALORE SINGOLO EDIFICIO
12068	2.10
11987	2.10
12067	2.10
11983	2.10
12064	1.65
12063	1.65
10636	2.10
10625	2.10
12150	1.65
12152	1.65
11824	1.65
11823	1.65
11994	1.65
12061	1.65
13513	1.85
13593	2.10
14206	1.65
10395	2.10
9934	1.85
11174	3.00
VALORE COMPLESSIVO	2.17

Tab. 15 Valori di integrazione degli edifici con pannelli FV colorati
Tab. 15 Integrationswerte der Gebäude mit farbigen PV-Paneelen

9. APPLICAZIONE DEL TOOL MULTICRITERIO IN ITALIA
ANWENDUNG DES SIMULATIONS-SERVICE FÜR ERNEUERBARE ENERGIEGEMEINSCHAFTEN IN ITALIEN

ID	PRIMO SCENARIO	SECONDO SCENARIO
12068	0.63	2.10
11987	0.63	2.10
12067	0.63	2.10
11983	0.63	2.10
12064	0.74	1.65
12063	0.74	1.65
10636	0.63	2.10
10625	0.63	2.10
12150	0.74	1.65
12152	0.74	1.65
11824	0.74	1.65
11823	0.74	1.65
11994	0.74	1.65
12061	1.30	1.65
13513	0.70	1.85
13593	0.63	2.10
14206	0.74	1.65
10395	0.63	2.10
9934	0.70	1.85
11174	1.60	3.00
VALORE COMPLESSIVO	0.98	2.17

Tab. 16 comparazione valori di integrazione
Tab. 16 Vergleich der Integrationswerte

Anche nello scenario che prevede l'installazione di un impianto fotovoltaico sull'edificio industriale si riscontrano prestazioni complessivamente favorevoli (figura 18). In questo caso aumenta la quota di energia autoconsumata direttamente dal prosumer industriale, mentre diminuisce la frazione di energia condivisa rispetto allo scenario precedente. Tuttavia, il maggiore contributo della produzione rinnovabile consente di mantenere elevati livelli di copertura del fabbisogno energetico e di conseguire una significativa riduzione delle emissioni di CO₂eq associate ai consumi elettrici della comunità.

I risultati derivanti dallo strumento di integrazione paesaggistica mostrano parallelamente che l'utilizzo di pannelli fotovoltaici colorati determina un netto miglioramento dell'inserimento visivo degli impianti nel contesto urbano. Il valore complessivo di integrazione passa infatti da 0.98 nello scenario con pannelli blu a 2.17 nello scenario con pannelli colorati, evidenziando un incremento particolarmente significativo (tabella 16). Tale risultato è riconducibile alla scelta di adottare cromatismi coerenti con quelli delle coperture esistenti e del contesto circostante, caratterizzato prevalentemente da tonalità rosse, marroni e scure.

L'analisi dei singoli edifici conferma inoltre che il miglioramento interessa l'intero campione considerato (tabella 16). Ciò evidenzia come la scelta della colorazione dei moduli fotovoltaici rappresenti un elemento determinante per ridurre l'impatto percettivo dell'intervento e favorire una maggiore coerenza con le caratteristiche del contesto.

La lettura congiunta dei risultati energetici e paesaggistici evidenzia infine un aspetto di particolare interesse. Mentre nei casi studio precedenti il miglioramento dell'integrazione paesaggistica era spesso accompagnato da prestazioni energetiche ed economiche meno favorevoli, nel caso di Maniago la presenza del prosumer industriale consente di compensare almeno in parte la minore efficienza dei pannelli co-

Auch in dem Szenario, das die Installation einer Photovoltaikanlage auf dem Industriegebäude vorsieht, sind die Leistungen insgesamt positiv (Abbildung 18). In diesem Fall steigt der Anteil der direkt vom industriellen Prosumer selbst verbrauchten Energie, während der Anteil der gemeinsam genutzten Energie im Vergleich zum vorherigen Szenario sinkt. Der größere Beitrag der erneuerbaren Erzeugung ermöglicht es jedoch, ein hohes Niveau bei der Deckung des Energiebedarfs aufrechterhalten zu können und eine signifikante Reduzierung der mit dem Stromverbrauch der Gemeinschaft verbundenen CO₂eq-Emissionen zu erzielen.

Die aus dem Werkzeug zur Landschaftsintegration resultierenden Ergebnisse zeigen parallel dazu, dass die Verwendung von farbigen Photovoltaikmodulen zu einer deutlichen Verbesserung der visuellen Einfügung der Anlagen in den städtischen Kontext führt. Der Gesamtintegrationswert steigt nämlich von 0.98 im Szenario mit blauen Modulen auf 2.17 im Szenario mit farbigen Modulen, was einen besonders signifikanten Zuwachs darstellt (Tabelle 16). Dieses Ergebnis ist auf die Entscheidung zurückzuführen, Farbgestaltungen zu wählen, die mit denen der bestehenden Bedachungen und des umgebenden Kontexts übereinstimmen, der überwiegend durch rote, braune und dunkle Farbtöne gekennzeichnet ist.

Die Analyse der einzelnen Gebäude bestätigt zudem, dass die Verbesserung die gesamte betrachtete Stichprobe betrifft (Tabelle 16). Dies verdeutlicht, dass die Wahl der Farbgestaltung der Photovoltaikmodule ein entscheidendes Element darstellt, um die visuelle Beeinträchtigung des Eingriffs zu verringern und eine größere Kohärenz mit den Merkmalen des Kontexts zu fördern.

Die gemeinsame Interpretation der energetischen und landschaftlichen Ergebnisse hebt schließlich einen Aspekt von besonderem Interesse hervor. Während in den vorherigen Fallstudien die Verbesserung der Landschaftsintegration oft mit weniger günstigen energetischen und wirtschaftlichen Leistungen einherging,

lorati (figura 15). La maggiore capacità della comunità di utilizzare localmente l'energia prodotta permette infatti di mantenere benefici economici e ambientali significativi anche in presenza di soluzioni progettuali orientate a una migliore integrazione nel paesaggio. I risultati confermano quindi come una corretta configurazione della comunità energetica possa rappresentare uno strumento efficace per conciliare gli obiettivi di efficienza energetica con quelli di integrazione paesaggistica.

ermöglicht im Fall von Maniago die Präsenz des industriellen Prosumers, die geringere Effizienz der farbigen Module zumindest teilweise zu kompensieren (Abbildung 15). Die größere Fähigkeit der Gemeinschaft, die erzeugte Energie lokal zu nutzen, erlaubt es nämlich, signifikante wirtschaftliche und ökologische Vorteile auch bei Vorliegen von Planungsoptionen beizubehalten, die auf eine bessere Integration in die Landschaft ausgerichtet sind. Die Ergebnisse bestätigen somit, dass eine korrekte Konfiguration der Energiegemeinschaft ein wirksames Instrument darstellen kann, um die Ziele der Energieeffizienz mit denen der Landschaftsintegration in Einklang zu bringen.



Finito di stampare in Fertig gedruckt in
Luglio 2026 Juli 2026

