
Verso la neutralità climatica: progettare una transizione sostenibile ed equa

Primo volume
dello Spoke 4
Città, Architettura e
Design Sostenibile

Verso la neutralità climatica: progettare una transizione sostenibile ed equa

Primo volume
dello Spoke 4
Città, Architettura e
Design Sostenibile

Colophon

Questo volume e gli esiti di ricerca in esso pubblicati sono stati finanziati dall'Unione europea - NextGenerationEU attraverso il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) Missione 4 "Istruzione e ricerca" Componente 2 "Dalla ricerca all'impresa" Investimento 1.5 - Ecosistema ECS_00000043 "iNEST - Interconnected Nord-Est Innovation Ecosystem" (CUP F43C22000200006) - Spoke 4.

Verso la neutralità climatica: progettare una transizione sostenibile ed equa

a cura di

Mattia Bertin
Susanna Piscicella
Rosaria Revellini
Daniela Ruggeri
Chiara Semenzin
Linda Zardo
Elisa Zatta

ISBN (cartaceo)

979-12-5953-126-1

ISBN (digitale)

979-12-5953-192-6

DOI

10.57623/979-12-5953-192-6



Il presente volume è pubblicato in modalità Open Access Gold. Il file è scaricabile dalla piattaforma Anteferma Open Books www.anteferma.it/aob/

editore

Anteferma Edizioni
via Asolo 12, Conegliano, TV
edizioni@anteferma.it

prima edizione dicembre 2024

progetto grafico

Giulia Ciliberto
Luca Coppola
Pietro Costa
Giacomo Dal Prà

copyright



Quest'opera è distribuita con Licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale

iNEST

Spoke 4

Città, Architettura
e Design Sostenibile

Coordinatore

Lorenzo Fabian

Coordinamento
scientifico

Massimiliano Condotta (Iuav)
Lorenzo Fabian (Iuav)
Luciano Gamberini (UniPD)
Elena Marchigiani (UniTS)
Alberto Sdegno (UniUD)
Lorenzo Bellicini (CRESME)
Pierpaolo Campostrini (CORILA)

Nota per le attribuzioni:

Questo volume è frutto della collaborazione tra docenti e ricercatori di iNEST Spoke 4. Sebbene i capitoli introduttivi debbano essere intesi come collettanei, per la loro redazione sono stati invitati a collaborare gli studiosi che in questi anni hanno fatto parte del raggruppamento iNEST Spoke 4 - Iuav, che hanno altresì discusso, rivisto e condiviso ogni parte del libro. Per chiarezza e completezza, i differenti contributi sono stati segnalati accanto al titolo con la sigla derivata dal nome e cognome degli autori che hanno partecipato alla stesura dei testi.

Hanno partecipato alla stesura dei capitoli introduttivi:

Lorenzo Bellicini (L.B.), Mattia Bertin (M.B.), Massimiliano Condotta (M.C.), Lorenzo Fabian (L.F.), Marco Marino (M.M.), Laura Miola (L.M.), Susanna Piscicella (S.P.), Rosaria Revellini (R.R.), Daniela Ruggeri (D.R.), Chiara Semenzin (C.S.), Antonella Stempertini (A.S.), Linda Zardo (L.Z.), Elisa Zatta (E.Z.).

GRUPPO DI LAVORO

Attività di ricerca:

Università Iuav di Venezia (Spoke leader)

Lorenzo Fabian (coordinatore), Maddalena Bassani, Matteo Basso, Mattia Bertin, Massimiliano Condotta, Davide Crippa, Sara Di Resta, Jacopo Galli, Andrea Iorio, Giovanna Marconi, Marco Marino, Micol Roversi Monaco, Stefano Munarin, Elena Ostanel, Susanna Pisciella, Rosaria Revellini, Daniela Ruggeri, Chiara Semenzin, Massimiliano Scarpa, Valeria Tatano, Linda Zardo, Elisa Zatta, Anna Saetta, Ilaria Visentin.

Università degli Studi di Padova

Luciano Gamberini (coordinatore), Alice Bettelli, Jacopo Bonetto, Guido Furlan, Andrea Giordano, Gianmario Guidarelli, Claudia Marino, Marialuisa Menegatto, Laura Miola, Greta Montanari, Francesca Pazzaglia, Elena Svalduz, Alessio Vieno, Adriano Zamperini.

Università degli Studi di Trieste

Elena Marchigiani (coordinatrice), Sara Basso, Thomas Bisiani, Ludovico Centis, Paola Cigalotto, Matteo D'Ambros, Ilaria Garofolo, Gianfranco Guaragna, Paola Limoncin, Giuseppina Scavuzzo, Carlo Antonio Stival.

Attività trasversali:

Università Iuav di Venezia

Ileana Ippolito (coordinatrice).

CC0 Identità visiva consorzio iNEST: Alberto Bassi, Giulia Ciliberto, Pietro Costa (coordinatori), Luca Coppola, Giacomo Dal Prà.

CC1 Iuav start-ups e spin-offs: Lorenzo Fabian (coordinatore), Alberto Bassi, Massimo Rossetti, Serena Ruffato.

CC2 Iuav Lab Village: Davide Crippa (coordinatore), Daniela D'Avanzo, Giovanni Marras, Fabio Peron.

Università degli Studi di Udine

Alberto Sdegno (coordinatore), Alessandra Biasi, Alberto Cervesato, Giovanni Comi, Vincenzo D'Abramo, Anna Frangipane, Giada Frappa, Giulia Fini, Giovanni La Varra, Margherita Pauletta, Claudia Pirina, Isabella Zamboni.

CRESME – Centro Ricerche Economiche Sociologiche e di Mercato nell'Edilizia

Lorenzo Bellicini (coordinatore), Sandro Baldazzi, Enrico Campanelli, Paolo D'Alessandris, Alessandra Santangelo, Antonella Stemperini, Francesco Toso.

CORILA – Consorzio per il coordinamento delle ricerche inerenti al sistema lagunare di Venezia

Pierpaolo Campostrini (coordinatore), Francesca Coccon, Caterina Dabalà, Chiara Dall'Angelo, Barbara Giuponi, Alessandro Meggiato, Enrico Rinaldi, Andrea Rosina.

CC3 Iuav Citizen Engagement: Elena Ostanel (coordinatrice), Maddalena Bassani, Stefania Marini, Stefano Munarin.

CC4 Iuav Education: Massimiliano Condotta (coordinatore), Giuseppe D'Acunto, Angelo Maggi, Caterina Mazzetto, Fabio Peron.

Indice

	Introduzione Lorenzo Fabian	p. 10
CAPITOLO 1	Verso la neutralità. Lo stato delle reti del Nord-Est a cura di Mattia Bertin e Lorenzo Fabian	p. 21
	Provvisorio e permanente. La pianificazione dell'edilizia temporanea emergenziale Eugenia Vincenti, Mattia Bertin	p. 62
	Acque, clima e progetto di territorio Paola Cigalotto, Elena Marchigiani	p. 66
	Progetto negativo. La selezione delle permanenze per una transizione a Nord-Est Mattia Bertin	p. 74
	Reti ambientali nel progetto urbanistico del territorio che cambia Paola Cigalotto, Matteo D'Ambros	p. 78
	Il Nord-Est, laboratorio di sperimentazione per la transizione energetica Ilaria Visentin	p. 84
CAPITOLO 2	Il ruolo del settore delle costruzioni nell'economia del territorio del Nord-Est nell'attuale fase di transizione a cura di Lorenzo Bellicini e Antonella Stemperini	p. 89
	Il progetto come driver dell'innovazione. Caratteri dell'offerta nel mercato della progettazione in Friuli-Venezia Giulia e indirizzi strategici Thomas Bisiani	p. 104
	Criticità della catena circolare delle costruzioni in Friuli-Venezia Giulia: un dialogo con ANCE-FVG Anna Frangipane	p. 108

CAPITOLO 3	Soluzioni innovative per l'ambiente costruito: affrontare le sfide globali alla scala edilizia a cura di Elisa Zatta, Rosaria Revellini e Massimiliano Condotta	p. 113
	De-pavimentare i suoli impermeabilizzati Valeria Tatano	p. 136
	Strategie per l'invarianza climatica. La valutazione di convenienza economica di Nature-based solutions per il contesto urbano Carlo Antonio Stival	p. 140
	Rinforzo sismico di edifici esistenti mediante telai controventati esterni in acciaio Giada Frappa, Margherita Pauletta	p. 144
	Valutare la resilienza del patrimonio storico-architettonico del Nord-Est: approcci basati sul rischio per la cura e la conservazione Isabella Zamboni	p. 148
	Cambiamento climatico, sostenibilità, conservazione programmata del patrimonio costruito del Nord-Est. Nuove tecnologie e antiche fragilità Alessandra Biasi	p. 152
	Trasformare l'esistente per abitare tutta la vita. Adattamento e flessibilità come caratteri dell'anima digitale dell'edificio Paola Limoncin, Thomas Bisiani, Gianfranco Guaragna, Carlo Antonio Stival	p. 156
	Strategie per una nuova sostenibilità architettonica e urbana: assemblaggio, dis-assemblaggio e rinaturalizzazione Claudia Pirina, Anna Frangipane, Giovanni Comi, Vincenzo d'Abramo	p. 162
	Il comparto del vetro nel Nord-Est tra tradizione e nuove sfide Rosaria Revellini	p. 168

Nature-based solutions e bio-based materials per il recupero edilizio Massimiliano Condotta, Martina Bortolotti	p. 172
Strutture in legno ingegnerizzato: potenzialità e traiettorie di ricerca nel quadro della neutralità climatica Elisa Zatta	p. 178
Le nuove tecnologie digitali per l'architettura: dal Building Information Modeling alla virtualizzazione Alberto Sdegno	p. 182
Presidi d'alta quota come sentinelle climatiche Massimiliano Condotta, Elisa Bernard	p. 186

CAPITOLO 4	Scenari per la sostenibilità del paesaggio costruito a cura di Susanna Piscicella, Chiara Semenzin e Lorenzo Fabian	p. 193
	Chi cattura il carbonio? Analisi sull'assorbimento di carbonio e sul potenziale delle infrastrutture verdi Chiara Semenzin, Linda Zardo	p. 218
	I territori di bonifica meccanica alla prova della neutralità climatica Camilla Cangioti	p. 224
	Transizione energetica e paesaggio Micol Roversi Monaco	p. 228
	Nuovi paesaggi dell'energia. Il ruolo in potenza dei luoghi della produzione del Nord-Est: tra aree produttive, terreni agricoli e spazi acquei Claudia Pirina, Giovanni Comi, Vincenzo d'Abramo	p. 232
	A tutto fotovoltaico: prove di produzione elettrica rinnovabile diffusa Chiara Semenzin, Linda Zardo	p. 238
	Hortus conclusus: modalità antiche di abitare la de-carbonizzazione e la neutralità climatica nella residenza Susanna Piscicella, Alioscia Mozzato	p. 244

CAPITOLO 5	Progetti pilota per il Nord-Est a cura di Daniela Ruggeri e Lorenzo Fabian	p. 249
	Venezia, una storia millenaria per un progetto proattivo Marco Marino	p. 268
	Venezia, nuova geografia e metafora planetaria Ludovico Centis	p. 272
	Piave: tracce del passato a confronto. Verso una transizione energetica futura Daniela Ruggeri	p. 276
	Il futuro del paesaggio idroelettrico tra ecologia e infrastruttura nel bacino idrografico del Piave Matteo Vianello	p. 280
	La Bassa Pianura Friulana come macchina idraulica: paradossi e opportunità Matteo D'Ambros	p. 284
	Sguardi sul progetto di cura e manutenzione del paesaggio nelle Valli del Natisone Alberto Cervesato	p. 288
	Dolomiti friulane: innesti progettuali per riconnettere un patrimonio fragile Alberto Cervesato	p. 292
	Progettare la neutralità in un approccio OOU. La ZIP di Padova Mattia Bertin, Eugenia Vincenti	p. 296
	Rigenerare l'Arcella a Padova: elementi per un caso studio Flavia Albanese, Giovanna Marconi	p. 300
	Uomo e ambiente ad Aquileia: reattività urbana e cambiamenti ambientali in età romana Guido Furlan, Jacopo Bonetto	p. 304
	Analisi delle tracce storiche per comprendere l'interazione tra ambiente naturale e costruito a Piazzola sul Brenta Greta Montanari, Andrea Giordano, Gianmario Guidarelli, Elena Svalduz	p. 310

L'architettura come strumento di apprendimento, la città come laboratorio. Progettare a Gorizia attraverso il recupero e la rigenerazione urbana
Gianfranco Guaragna p. 316

CAPITOLO 6	Interazione uomo-ambiente a cura di Linda Zardo	p. 321
	Costellazioni di luoghi inclusivi. Per un sistema diffuso di presidi contro l'abilismo Giuseppina Scavuzzo	p. 330
	Dare forma a spazi che abbracciano la diversità: progettare per un mondo che invecchia Paola Limoncin	p. 334
	Qualità urbana, rigeneratività ambientale e soddisfazione residenziale nel Nord-Est Italia Laura Miola	p. 338
	Quartieri in stato di bisogno: quali contesti, quali strumenti, quali apprendimenti Matteo Basso, Elena Ostanel	p. 342
	Le Comunità Energetiche: verso una nuova forma di interazione persona-ambiente? Marialuisa Menegatto, Adriano Zamperini	p. 348
	Spazi pubblici age-friendly per la costruzione di un territorio inclusivo Rosaria Revellini	p. 354

CAPITOLO 7	Attività trasversali e bandi a cascata	p. 359
CC0	Il progetto d'identità visiva per gli ecosistemi dell'innovazione: il caso di iNEST Giulia Ciliberto, Pietro Costa	p. 360
CC1	Dall'aula all'impresa. Il ruolo di Start.Hub luav nella formazione di Startup innovative Andrea Fantin, Ileana Ippolito, Serena Ruffato	p. 364
CC2	Lab Village. Il luogo dell'innovazione Daniela D'Avanzo, Davide Crippa	p. 368

CC3	Iniziative di citizen engagement per un'infrastruttura stabile tra università e territori Maddalena Bassani, Stefania Marini, Stefano Munarin, Elena Ostanel	p. 372
CC4	Educazione e formazione continua: anticipare i bisogni del futuro Caterina Mazzetto, Massimiliano Condotta	p. 376

BC1	Sostenibilità Ambientale per l'Innovazione Agricola – SAIA Thetis spa	p. 380
BC2	NONSIBUTTAVIANIENTE: less material, more intelligence Decormarmi Srl	p. 382
BC3	EKONYA – Design in calcestruzzi filtranti per la rigenerazione urbana Bellitalia Srl	p. 384
BC4	SLIM – Sea Level Impact Modeler Digital Strategy Innovation Srl	p. 386
BC5	Monitoraggio 4.0: implementazione di un modello operativo per la conservazione programmata del patrimonio storico-architettonico in ambiente complesso Co. New Tech. Srl	p. 388
BC6	Soluzioni digitali interoperabili per supportare la transizione ecologica e digitale finalizzata al monitoraggio delle performance ambientali dell'edilizia in fase di progettazione, realizzazione e gestione Cadline Software Srl	p. 390
BC7	Construction Agile 5.0 Caltran Giovanni Battista Srl	p. 392
BC8	GIMAU – Geoworks Impact MApping for Urban activities Jakala Civitas Spa	p. 394
BC9	Giardino di Brenta Società Cooperativa Sociale Luoghi Comuni	p. 396

Capitolo 4

GRUPPO DI LAVORO	Coordinatore	Lorenzo Fabian
	Università Iuav di Venezia	Massimiliano Condotta Sara Di Resta Jacopo Galli Lorenzo Fabian Andrea Iorio Susanna Piscicella Micol Roversi Monaco Chiara Semenzin Linda Zardo
	Università degli Studi di Trieste	Paola Cigalotto Matteo D'Ambros Ilaria Garofolo Elena Marchigiani Giuseppina Scavuzzo
	Università degli Studi di Udine	Giovanni Comi Vincenzo D'Abramo Claudia Pirina Alberto Sdegno
	CORILA	Pierpaolo Campostrini Francesca Coccon Caterina Dabalà Chiara Dall'Angelo Barbara Giuconi Alessandro Meggiato Enrico Rinaldi Andrea Rosina
	CRESME	Lorenzo Bellicini Sandro Baldazzi Enrico Campanelli Paolo D'Alessandris Alessandra Santangelo Antonella Stemperini Francesco Toso

Scenari per la sostenibilità del paesaggio costruito

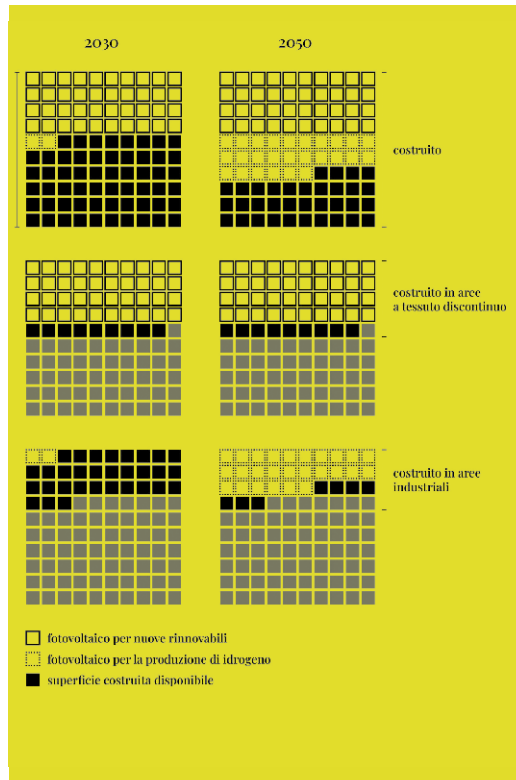
a cura di

Susanna Piscella
Chiara Semenzin
Lorenzo Fabian

elaborazioni grafiche e
mappe di

Chiara Semenzin

Autori	Chiara Semenzin Linda Zardo
Affiliazione	Università Iuav di Venezia



Superfici costruite confrontate con la superficie stimata per la produzione di idrogeno verde e di nuove rinnovabili.

A tutto fotovoltaico: prove di produzione elettrica rinnovabile diffusa

Crisi climatica, indipendenza energetica nello scacchiere geopolitico, sviluppo economico e spostamento verso un uso diffuso del territorio e delle risorse. Il passaggio alle rinnovabili è ad oggi una necessità radicata nel quotidiano e, grazie alla diffusione del fotovoltaico, alla portata della maggior parte della popolazione nei contesti europei e più genericamente occidentali. Tra tutte le rinnovabili il fotovoltaico costituisce la fonte più diffusa nel territorio e che presenta maggiore flessibilità e potenziale. Il suo notevole sviluppo con il graduale abbattimento dei costi ne consente la produzione distribuita tra gli stessi consumatori favorendo una «democratizzazione dell'energia» cui può seguire una «democratizzazione del potere» opposta al suo accentramento nelle mani dei pochi che controllano le risorse fossili (Rifkin, 2019).

La nuova direttiva sulle rinnovabili, nata in seno al pacchetto europeo REPowerEU, parte della strategia del Green Deal e conferma la predilezione allo sfruttamento delle rinnovabili e dunque anche dell'energia solare per la produzione di energia elettrica "pulita". REPowerEU, oltre a confermare un trend, pone degli obiettivi quantitativi per il raggiungimento della neutralità climatica. Nel maggio 2022 la Direttiva europea REPowerEU ha fissato al 45% (da intendersi come percentuale rispetto al consumo lordo di energia) la quota di energie rinnovabili da raggiungere entro il 2030 (European Commission-Secretariat General, 2022). Tale obiettivo è stato poi ulteriormente approfondito nella Strategia dell'EU per l'energia solare riguardante la predilezione (non esclusiva) a coprire la quota di rinnovabili con lo sfruttamento dell'energia solare (European Commission-Directorate General for Energy, 2022).

A completare il quadro "rinnovabili" e "transizione", la quota di energia da rinnovabili si aggiunge all'attenzione posta alla produzione di idrogeno verde, ottenuto a partire dalle rinnovabili. L'idrogeno, infatti, non va considerato una fonte di energia di per sé ma un vettore di energia e per contribuire alla transizione l'idrogeno richiesto dall'UE deve essere prodotto da fonti di energia "pulita". Tornando agli obiettivi quantitativi, la Strategia Nazionale per l'Idrogeno richiede entro il 2030 una penetrazione dell'idrogeno di almeno il 2% nelle domanda energetica finale da portare al 20% entro il 2050 (Ministero dello sviluppo economico, 2020).

Immaginando dunque di dover rispondere agli obiettivi europei e nazionali di produzione di rinnovabili per l'energia elettrica e di produzione di rinnovabili per la produzione di idrogeno, abbiamo immaginato di far fronte alla nuova energia da produrre tramite il solo fotovoltaico. Questo perché, in primo luogo, focalizzandosi questo studio nel territorio del Nord-Est, esistono limiti legislativi e biofisici nei confronti di molte altre rinnovabili

(limitata capacità del vento, produzione idroelettrica già ai limiti della sostenibilità ambientale, conflitti tra produzione di biomassa e altre necessità del territorio tra cui garantire la produzione agricola e non aggravare le emissioni di gas inquinanti, costi e tempi impraticabili sul corto raggio per lo sfruttamento della geotermia). Inoltre, scommettere sul fotovoltaico, permette di considerare la possibilità di integrarlo nel costruito esistente senza sottrarre suolo ad altri usi. Di fronte alla sempre crescente richiesta di energia elettrica e pulita e di fronte a un territorio ricco di fragilità, è possibile affidarsi al paradigma del fotovoltaico per rispondere a una crescente domanda di energia rinnovabile e decentrata senza ledere in maniera significativa gli equilibri esistenti tra l'ambiente costruito e non?

Questo lavoro ha lo scopo di rispondere a questa domanda, quantificando la superficie necessaria a produrre l'energia elettrica che manca per raggiungere i due obiettivi indicati a 2030 (il 45% per le rinnovabili e il 2% per l'idrogeno) per il Nord-Est e confrontarli con le superfici già impermeabilizzate a disposizione, per capire se sia fattibile produrre tramite il solo fotovoltaico il delta di energia elettrica, senza convertire suoli agricoli a impianti né disattendere le richieste del futuro prossimo in termini di energia pulita localmente prodotta.

Elettrico e fotovoltaico, quanta energia e quante superfici

Lo studio condotto ha quantificato la potenziale domanda di energia elettrica per il Nord-Est al 2030, così da poter definire il 45% e il 2% richiesti dai target sul consumo lordo. Tale domanda energetica è stata poi tradotta in superficie necessaria per produrla con sistemi fotovoltaici. Infine, è stata mappata per il territorio del Nord-Est la potenziale disponibilità di superfici già impermeabili per l'installazione di sistemi fotovoltaici, per testare la disponibilità necessaria a raggiungere gli obiettivi di energia elettrica "pulita" richiesti.

Per definire l'energia elettrica da produrre tramite il fotovoltaico è stato applicato il metodo adottato in Zardo *et al.* (2024). A partire dalle serie storiche fornite da TERNA relative ai consumi elettrici dal 1931 al 2022 per le tre regioni in esame, quindi Veneto, Friuli-Venezia Giulia e Trentino-Alto Adige (e con il confronto sull'intera nazione), è stata calcolata la proiezione di consumi al 2030 e al 2050 (TERNA, 2022). Ciò significa che prima è stato determinato il fattore di crescita lineare per ciascuna delle tre regioni e poi, applicando il fattore di crescita, è stato stimato il totale (ipotetico) di energia elettrica consumata a 2030.

Sulla proiezione dei consumi alle due scadenze sono state poi applicate le quote di energia richieste dal Green Deal e dalla sua ricezione alla scala italiana per ottenere i GWh elettrici che copriranno l'obiettivo.

Nell'ipotesi di produrre tutta la quota di idrogeno e di rinnovabili mancanti con il fotovoltaico, è stata dunque calcolata la differenza da coprire rispetto alla produzione attuale. Sulla base dei dati forniti da TERNA, la produzione elettrica in Nord-Est nel 2022 ha superato i 32.000 GWh per circa il 50% già coperti con fonti rinnovabili con notevoli differenze tra le tre regioni coinvolte. In Friuli infatti le rinnovabili costituiscono il 26% della produzione complessiva, in Veneto sono il 44% mentre il Trentino-Alto Adige sono l'86% (TERNA, 2022). Nell'ipotesi che l'eccedenza possa essere esportata o impiegata per la produzione di altri tipi di fonti energetiche si è scelto di considerare nulla anziché negativa la differenza tra consumi futuri e attuali. La quota mancante di energia elettrica da rinnovabili è stata dunque calcolata con due operazioni differenti: quando la differenza tra le rinnovabili al 2030 e quelle al 2022 è minore della differenza complessiva al netto dell'idrogeno, si è considerata quest'ultima come quota mancante da coprire

con nuove rinnovabili, nei casi in cui è maggiore invece si è considerata la quota di rinnovabili da raggiungere al 2030 al netto della produzione attuale. Come ultimo passaggio è stata definita la superficie necessaria a produrre l'energia richiesta. Per tradurre tale richiesta di GWh in superficie da coprire con pannelli solari si è utilizzato il calcolo effettuato in Zardo *et al.* (2024) che equipara 1mq di superficie fotovoltaica a 3.327,12 GWh. Per la conversione da quantità di energia a superfici di pannelli lo studio considera pannelli della serie Sunpower E20 in un impianto funzionante per 1.073 ore annue con celle da 0,22x0,84 e un coefficiente prudenziale di 0,93 (Zardo, Teso e Romagnoni, 2024).

Ottenuti le superfici richieste è stata mappata la disponibilità di quelle già impermeabili. In linea con l'«iniziativa europea per i tetti solari» (European Commission-Directorate General for Energy, 2022), che favorisce l'installazione del fotovoltaico sui tetti degli edifici, sono state calcolate le superfici disponibili incrociando i dati dell'edificato delle tre regioni con la carta di copertura del suolo aggiornata al 2018. Tra i diversi usi del suolo sono stati considerati gli edifici «in aree di tessuto discontinuo» che coprono 314,45 kmq del Nord-Est, quelli «in aree industriali» pari a 106,23 km² e in «aree per sport e servizi» pari a 1,98 km². Gli edifici ricadenti in «aree di tessuto denso» non sono stati considerati in quanto coincidenti con i centri storici tutelati mentre per le coperture individuate è stato considerato un fattore di riduzione del 25% per il tessuto discontinuo e del 50% per l'industriale ed i servizi in virtù delle naturali limitazioni date dall'esposizione e dell'architettura della copertura dell'edificio. La riduzione inferiore impiegata per le aree industriali e sportive è basata sulla predominanza di coperture piane e ampie che favoriscono l'installazione di pannelli. Oltre ai tetti sono state considerate anche le autostrade, le cui barriere acustiche sono indicate dalla Strategia dell'UE per l'energia solare come «potenziale ancora da sfruttare per la diffusione dell'energia solare» (European Commission - Directorate-General for Energy, 2022). Attribuendo alla lunghezza dello sviluppo autostradale l'altezza di un metro di pannello, l'area disponibile così ottenuta è di 2,29 km².

I risultati dello studio quantificano e spazializzano la necessità di produzione elettrica e la sua distribuzione tra la superfici già costruite.

Per definire l'energia elettrica da produrre tramite il fotovoltaico è stata costruita la proiezione dei consumi come linea di tendenza rispetto al passato individuando per il Nord-Est un fattore di crescita lineare di 517,98. Considerato l'alto livello di approssimazione insito nel metodo adottato, non si è tenuto conto degli incentivi e delle politiche messe in campo dallo stesso European Green Deal per la riduzione dei consumi. Nella proiezione ottenuta il fabbisogno di energia passa dai 46.906 GWh elettrici del 2022 per le tre Regioni, ai 51.798 nel 2030 e 62.157 nel 2050. Nell'intero Nord-Est entro il 2030 si prevedono così 23.309 GWh prodotti da fonti rinnovabili mentre 1.035 GWh elettrici copriranno l'obiettivo di penetrazione dell'idrogeno, questi ultimi saliranno poi a 12.431 entro il 2050. Il risultato finale porta a un obiettivo di nuove rinnovabili al 2030 quantificabile in 18.991 GWh complessivi distribuiti in 17.643 GWh per il Veneto, 2.518 per il Friuli-Venezia Giulia e 0 per il Trentino-Alto Adige dove l'attuale produzione elettrica copre il fabbisogno interno attuale e al 2030 ed è già rispondente all'obiettivo del 45% di rinnovabili.

La superficie necessaria per generare l'energia elettrica si ottiene applicando il calcolo ai GWh elettrici richiesti alle future scadenze: per l'intero Nord-Est servirebbe una superficie di 3,45 km² di pannelli fotovoltaici per produrre al 2030 l'idrogeno verde richiesto dalla SNI e alla stessa scadenza 63,18 km² per raggiungere la richiesta di energia elettrica prodotta al 45%

con rinnovabili (nuove rinnovabili); al 2050 l'obiettivo per l'idrogeno porterebbe invece a 41,36 km² i pannelli per la sua produzione.

Il confronto tra la superficie richiesta per la produzione di energia elettrica da fotovoltaico e le superfici disponibili, già impermeabili, mette in luce l'effettiva possibilità di una transizione verso un'energia pulita. Il comparto industriale, tra i settori *hard-to-abate* per il quale REPowerEU spinge alla diffusione dell'idrogeno quale vettore energetico utile alla decarbonizzazione del settore, fornirebbe da solo le coperture necessarie all'installazione del fotovoltaico utile alla produzione di idrogeno verde fissata dagli obiettivi della SNI al 2050. Il 77% della superficie disponibile produrrebbe infatti i 12.431 GWh necessari stimati per raggiungere la penetrazione del 20% dell'idrogeno sulla domanda energetica finale. La quota di nuove rinnovabili trova invece copertura negli edifici ricadenti nel tessuto urbano discontinuo che verrebbe impiegato per l'86% della superficie disponibile.

Fotovoltaico, si può fare

Lo studio mette in evidenza che, in termini di possibile raggiungimento degli obiettivi di produzione di rinnovabili tramite il solo fotovoltaico, la quantità di energia richiesta sarebbe producibile tramite lo sfruttamento di superfici già impermeabili.

Questo lavoro non vuole rappresentare uno sguardo tecnico, né tantomeno uno studio di fattibilità. Infatti molte questioni tecniche non sono qui trattate (come, ad esempio, gli accumuli e l'adeguamento della rete che sarebbe necessario per un passaggio a una produzione decentrata di energia da fonti rinnovabili) e si riconoscono limitazioni o approssimazioni del metodo legate, ad esempio, a una stima di domande energetiche a 2030 assumendo una crescita lineare, o alla quantità di superfici disponibili senza considerare gli impianti esistenti.

Tuttavia, la ricerca si pone come obiettivo un ragionamento di massima sullo sviluppo del fotovoltaico su larga scala per rispondere agli obiettivi posti e sugli impatti sul territorio di una tale scelta. Infatti, a livello di amministrazioni pubbliche, *decision maker* e comunità, il territorio oggetto di studio vive all'interno di un dibattito che sembra contrapporre la transizione energetica e lo sviluppo delle rinnovabili alla tutela del territorio e della produzione agricola. Gli strumenti di spazializzazione, come l'uso di GIS in questo lavoro, in abbinata a quantificazioni di energia richiesta e superfici necessarie, sebbene ottenuti con procedimenti semplificati, permettono di poter offrire ai decisori dei primi spunti di ragionamento per redigere piani e politiche per la transizione sostenibile di questo territorio. La ricerca potrebbe proseguire nel testare le conclusioni emerse in alcuni affondi, quindi con degli zoom e possibili casi studio, per testare i risultati emersi e per arricchire l'inclusione di aspetti tecnici nel ragionamento.

Si può concludere, dagli ultimi risultati emersi, la necessità di utilizzare l'86% del tessuto urbano discontinuo per rispondere all'obiettivo del 45% di domanda di energia coperta da rinnovabili. Da questo si evince che la spinta impressa dall'European Green Deal verso la neutralità climatica costituisce un obiettivo distante ma raggiungibile per l'area del Nord-Est per quanto riguarda la produzione di energia elettrica. La sua realizzazione spinge verso il potenziamento di un sistema di produzione diffusa in cui il costruito diviene dunque una fondamentale risorsa e opportunità.

Riferimenti bibliografici

- European Commission-Directorate-General for Energy (2022) *Communication From The Commission To The European Parliament, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions EU Solar Energy Strategy*. Disponibile su: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52022DC0221&qid=1717752500376> (Ultimo accesso: 13 giugno 2024).
- European Commission - Secretariat-General (2022) *Communication From The Commission To The European Parliament, The European Council, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee Of The Regions REPowerEU Plan*. Disponibile su: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52022DC0230> (Ultimo accesso: 13 giugno 2024).
- Ministero dello sviluppo economico (2020) *Strategia Nazionale Idrogeno. Linee guida preliminari*. Disponibile su: https://www.mimit.gov.it/images/stories/documenti/Strategia_Nazionale_Idrogeno_Linee_guida_preliminari_nov20.pdf (Ultimo accesso: 13 giugno 2024).
- Rifkin, J. (2019) *Un green new deal globale*. Milano: Mondadori.
- TERNA (2022) *Dati Statistici sull'energia elettrica. Consumi*. Disponibile su: <https://www.terna.it/it/sistema-elettrico/statistiche/pubblicazioni-statistiche> (Ultimo accesso: 13 giugno 2024).
- TERNA (2022) *Dati Statistici sull'energia elettrica. Produzione*. Disponibile su: <https://www.terna.it/it/sistema-elettrico/statistiche/pubblicazioni-statistiche> (Ultimo accesso: 13 giugno 2024).
- Zardo, L., Teso, L., Romagnoni, P. (2024) 'Simulating a Massive Shift towards Photovoltaics without Implying Land Consumption: A Stepwise Approach for Regional Decision Making', in *Sustainability*, 16, vol. 8, p. 3319.





Volume 1	Spoke 4 City, Architecture, Sustainable design	Il volume dello Spoke 4 "Città, Architettura e Design Sostenibile" racchiude i primi risultati del progetto iNEST conseguiti da Università Iuav di Venezia, Università degli Studi di Trieste, Università degli Studi di Padova, CORILA e CRESME.
A cura di	Mattia Bertin Susanna Piscicella Rosaria Revellini Daniela Ruggeri Chiara Semenzin Linda Zardo Elisa Zatta	L'obiettivo principale di Spoke 4 è attivare una collaborazione tra i diversi soggetti che partecipano alla trasformazione dell'ambiente costruito, per affrontare le sfide urbane e territoriali che interessano il Nord-Est. Lo Spoke si configura come un nodo di connessione tra i sottosistemi della trasformazione territoriale locale, promuovendo una rete collaborativa e sinergica tra le filiere e gli operatori del settore. L'attività dello Spoke si articola in tre temi di ricerca: "RT1 Strategic plan" definisce la cornice di sfondo e strategica dell'intera attività di ricerca; "RT2 Technological solutions for the construction and sustainable design sectors" e "RT3 Interaction between environments and human beings", studiano rispettivamente lo sviluppo di soluzioni tecnologiche e gli impatti sociali relativi alla transizione del settore delle costruzioni. A ciò si aggiungono e si sovrappongono le attività trasversali così come i progetti finanziati dei bandi rivolti alle aziende che si configurano come elemento fondante per la ricerca industriale dell'ecosistema iNEST.