

CONTENT

CESARE SPOSITO, FRANCESCA SCALISI (EDITORIAL)	<i>Riflessioni e traiettorie di ricerca interdisciplinari sulla transizione energetica</i> Reflections and trajectories for interdisciplinary research on the energy transition	3
GIORGIO PEGHIN	<i>Verso una transizione culturale dei paesaggi energetici – Tra responsabilità e necessità</i> Towards a cultural transition of energy landscapes – Between responsibility and necessity	18
PANOS MANTZIARAS	<i>La previsione strategica urbana nel contesto europeo – Le lezioni di Ginevra e Lussemburgo</i> Urban strategic foresight in European territories – Lessons from Geneva and Luxembourg	30
ALESSANDRA BATTISTI, ANGELA CALVANO	<i>Hydrogen Valleys – Scenari di transizione energetica e sviluppo locale per città medie</i> Hydrogen Valleys – Energy transition and local development scenarios for medium-sized cities	48
XAVIER CASANOVAS, JOSÉ A. ALONSO CAMPANERO TIZIANA CAMPISI	<i>Patrimonio culturale e transizione energetica – Una lezione dal passato</i> Cultural heritage and energy transition – A lesson from the past	58
ALESSANDRO VALENTI, FRANCESCA SCALISI, CESARE SPOSITO LAURA DELLAMOTTA, ALESSANDRO MASSERDOTTI	<i>Energia, tecnologia emotiva e valore culturale dei dati – Creare consapevolezza nell'utente con lo storytelling</i> Energy, emotional technology and cultural value of data – Creating user awareness through storytelling	70
DAVID NESS	<i>La decarbonizzazione degli edifici sarà sufficiente? Limitare e ridistribuire l'aumento di superficie costruita</i> Will decarbonising buildings be enough? Constrain and redistribute growth in floor area	84
GIUSEPPE MARSALA, GIULLA RENDA	<i>Postprodurre il moderno – Lineamenti per una transizione energetica intesa come transizione architettonica</i> Post-producing the modern – Guidelines for an energy development as an architectural transition	98
DAVIDE DEL CURTO, ANDREA GARZULINO ANNA TURRINA	<i>Sostenibilità e transizione energetica – Prospettive per un approccio integrato al patrimonio costruito</i> Sustainability and energy transition – Perspectives for an integrated approach to the built heritage	114
CLAUDIA PIRINA, GIOVANNI COMI VINCENTO D'ABRAMO	<i>Per una transizione progettuale – Composizione e progetto del verde per la città contemporanea</i> For a design transition – Green composition and design for the contemporary city	124
LUCA MONTUORI, STEFANO CONVERSO MARTA RABAZO MARTÍN	<i>Spazi pubblici della transizione energetica – Un progetto a Nepi per il New European Bauhaus</i> Public spaces of the energy transition – A design in Nepi for the New European Bauhaus	138
MARIA AZZALIN	<i>Indicatore Smart Readiness per l'edilizia – Asset digitali per la transizione energetica</i> Smart Readiness for buildings – Digital asset for energy transition	148
DANILA LONGO, BEATRICE TURILLAZZI, ROSSELLA ROVERSI STEFANO LILLA, CARLO ALBERTO NUCCI ET ALII	<i>Gemello digitale urbano e modellazione energetica – Esperienze e analisi di casi d'uso</i> Urban Digital Twin and Energy Modeling – Experiences and case study analyses	160
ANDREA BOERI, DANILA LONGO SAVERIA OLGA MURIELLE BOULANGER, MARTINA MASSARI	<i>Contratto di Cittadinanza Energetica e transizione delle città europee</i> Energy Citizenship Contract and European cities transition	170
RENATA VALENTE, LOUISE ANNA MOZINGO ROBERTO BOSCO, SAVINO GIACOBBE	<i>Gestione integrata delle risorse naturali in contesti urbani sostenibili</i> Integrated natural resource management in sustainable urban context	180
SERENA BAIANI, PAOLA ALTAMURA GAIA TURCHETTI, GIADA ROMANO	<i>Transizione energetica e circolare del patrimonio industriale – Il caso dell'ex SNIA a Roma</i> Energy and circular transition of the industrial heritage – The Ex SNIA case in Rome	190
CAROLA CLEMENTE, FRANCESCO MANCINI ANNA MANGIATORDI, MARIANGELA ZAGARIA	<i>Riqualificazione e decarbonizzazione di edifici scolastici – Il CIS Roma Scuole Verdi</i> Deep renovation and decarbonisation of school buildings – The CIS Roma Scuole Verdi	204
JULIA NERANTZIA TZORTZI, MARIA STELLA LUX NATALIA PARDO DELGADO	<i>Infrastrutture verdi urbane in America latina – Una strategia per i cortili di Bogotà</i> Urban Green Infrastructure in Latin America – A strategy for Bogota courtyards	216
ROBERTA ZARCONI, FEDERICA NAVA FABRIZIO TUCCI	<i>Mitigazione del clima e comfort umano – Uno strumento per la modellazione e simulazione di supporto alle decisioni</i> Climate mitigation and human comfort – A decision-support modeling and simulation tool	228
LUIGI COCCIA, SARA CIPOLETTI GANMARCO CORVARO	<i>Green Room – Un dispositivo architettonico e urbano per l'efficiamento energetico e il comfort ambientale</i> Green Room – An architectural and urban device for energy efficiency and environmental comfort	238
ELISABETTA PALUMBO, ROSA ROMANO PAOLA GALLO	<i>Strategie life cycle thinking per la realizzazione di scuole nZEB</i> Life cycle thinking strategies for constructing nZEB schools	252
GIANCARLO PAGANIN, CINZIA TALAMO NAZLY ATTA, ELISA TINELLI	<i>Riuso di componenti edilizi – Sistema di valutazione a supporto delle decisioni negli interventi di redistribuzione interna</i> Reuse of building components – Assessment system to support decisions in indoor re-layout interventions	266
ANNA OSELLO, MATTEO DEL GIUDICE ANGELO JULIANO DONATO, ANDREA FRATTO	<i>Verso la Neutralità Climatica – Il ruolo chiave del Digital Twin nell'Industria 5.0</i> Towards Climate Neutrality – The key role of the Digital Twin in Industry 5.0	276
DAVIDE BRUNO, STEFANIA PALMIERI, RICCARDO PALOMBA FELICE D'ALESSANDRO, MARIO BISSON	<i>Infrastrutture di mobilità intelligenti e sostenibili – Un nuovo sistema di connessioni urbane</i> Smart and sustainable mobility infrastructure – A new system of urban connections	286
DAVIDE CRIPPA, BARBARA DI PRETE RAFFAELLA FAGNONI, CARMELO LEONARDI	<i>Distretti energetici collaborativi – Laboratori urbani per un'energia di prossimità</i> Collaborative energy districts – Urban workshops for proximity energy	296
STEFANO FOLLESA, MARTINA CORTI DILETTA STRUZZIERO, AURORA PILUSO	<i>Design del sistema alimentare per comunità resilienti – Agricoltura urbana e spazi sostenibili</i> Food system design for resilient communities – Urban agriculture and sustainable spaces	306
ANNA PAOLA VACANTI, CARMELO LEONARDI	<i>Tecnologia, energia e tempo – Percorsi sperimentali per il design di tecnologie appropriate</i> Technology, energy, and time – Experimental paths for the design of appropriate technology	316
CHIARA OLIVASTRI, GIOVANNA TAGLIASCO	<i>Servizi per il riuso e il riparo – L'allestimento tra touchpoints e infrastrutture relazionali</i> Services for reuse and repair – The arrangement between touchpoints and relational infrastructures	324
MICHELE ZANNONI, LAURA SUCCINI LUDOVICA ROSATO, VERONICA PASINI	<i>Transitional industrial designer – La responsabilità di progettisti e imprese per una transizione sostenibile</i> Transitional industrial designer – The responsibility of designers and companies for a sustainable transition	332
ROSSANA GADDI, LUCIANA MASTROLONARDO	<i>Micro-reti locali per la transizione verde della filiera della lana</i> Local micro-networks for green transition of the wool supply chain	344

15

International Journal of Architecture Art and Design

15 | 2024

AGATHÓN | INNOVABILITY | TRANSIZIONE ENERGETICA | INNOVABILITY | ENERGY TRANSITION

INNOVABILITY
TRANSIZIONE ENERGETICA

INNOVABILITY
ENERGY TRANSITION

DEMETRA
Ce.Ri.Med.
CENTRO DOCUMENTAZIONE E
RICERCA EURO-MEDITERRANEA



PALERMO
UNIVERSITY
PRESS

ISSN online
2532-683X



ISSN print 2464-9309

70006

15
2024

AGATHÓN
International Journal
of Architecture, Art and Design

ISSN print: 2464-9309 – ISSN online: 2532-683X

AGATHÓN is indexed on



Promoter
DEMETERA Ce.Ri.MED.
Centro Documentazione e Ricerca Euro-Mediterranea
Euro-Mediterranean Documentation & Research Center

Publisher
Palermo University Press
Via Serradifalco n. 78 | 90145 Palermo (ITA)
E-mail: info@newdigitalfrontiers.com

Il vol. 15 è stato stampato nel Giugno 2024 da
Issue 14 was printed in June 2024 by
FOTOGRAF s.r.l.
viale delle Alpi n. 59 | 90144 Palermo (ITA)

AGATHÓN è un marchio di proprietà di Cesare Sposito
AGATHÓN is a trademark owned by Cesare Sposito



Scientific Directors
GIUSEPPE DE GIOVANNI, CESARE SPOSITO (University of Palermo, Italy)

Managing Director
MICAELA MARIA SPOSITO

International Scientific Committee

ALFONSO ACOCELLA (University of Ferrara, Italy), JOSE BALLESTEROS (Polytechnic University of Madrid, Spain), SALVATORE BARBA (University of Salerno, Italy), FRANÇOISE BLANC (Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse, France), ROBERTO BOLOGNA (University of Firenze, Italy), TAREK BRIK (University of Tunis, Tunisia), TOR BROSTRÖM (Uppsala University, Sweden), JOSEP BURCH I RIUS (University of Girona, Spain), MAURIZIO CARTA (University of Palermo, Italy), ALICIA CASTILLO MENA (Complutense University of Madrid, Spain), PILAR CHIAS NAVARRO (Universidad de Alcalá, Spain), JORGE CRUZ PINTO (University of Lisbon, Portugal), MARIA ANTONIETTA ESPOSITO (University of Reggio Calabria, Italy), EMILIO FAROLDI (Polytechnic University of Milano, Italy), FRANCESCA FATTA ('Mediterranea' University of Reggio Calabria, Italy), FRANCISCO JAVIER GALLEGO ROCA (University of Granada, Spain), MARIA LUISA GERMANÀ (University of Palermo, Italy), VICENTE GUALLART (IAAC – Institute for Advanced Architecture of Catalonia, Spain), JAVIER GARCIA-GUTIÉRREZ MOSTEIRO (Polytechnic University of Madrid, Spain), FAKHER KHARRAT (Ecole Nationale d'Architecture et d'Urbanisme, Tunisia), MOTOMI KAWAKAMI (Tama Art University, Japan), WALTER KLASZ (University of Art and Design Linz, Austria), PAOLO LA GRECA (University of Catania, Italy), INHEE LEE (Pusan National University, South Korea), MARIO LOSASSO ('Federico II' University of Napoli, Italy), MARIA TERESA LUCARELLI ('Mediterranea' University of Reggio Calabria, Italy), CRISTIANA MAZZONI (Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Paris-Belleville, France), RENATO TEOFILO GIUSEPPE MORGANTI (University of L'Aquila, Italy), STEFANO FRANCESCO MUSSO (University of Genova, Italy), OLIMPIA NIGLIO (University of Pavia, Italy), MARCO ROSARIO NOBILE (University of Palermo, Italy), PATRIZIA RANZO ('Luigi Vanvitelli' University of Napoli, Italy), LAURA RICCI ('Sapienza' University of Roma, Italy), ANDREA ROLANDO (Polytechnic University of Milano, Italy), DOMINIQUE ROUILLARD (National School of Architecture Paris Malaquais, France), ROBERTO PIETROFORTE (Worcester Polytechnic Institute, USA), CARMINE PISCOPO ('Federico II' University of Napoli, Italy), LUIGI SANSONE (Art Reviewer, Milano, Italy), ANDREA SCIASCIA (University of Palermo, Italy), FEDERICO SORIANO PELAEZ (Polytechnic University of Madrid, Spain), BENEDETTA SPADOLINI (University of Genova, Italy), CONRAD THAKE (University of Malta), FRANCESCO TOMASELLI (University of Palermo, Italy), MARIA CHIARA TORRICELLI (University of Firenze, Italy), FABRIZIO TUCCI ('Sapienza' University of Roma, Italy)

Editor-in-Chief

FRANCESCA SCALISI (University of Palermo, Italy)

Editorial Board

SILVIA BARBERO (Polytechnic University of Torino, Italy), CARMELINA BEVILACQUA ('Sapienza' University of Roma, Italy), MARIO BISSON (Polytechnic University of Milano, Italy), TIZIANA CAMPISI (University of Palermo, Italy), CHIARA CATALANO (National Centre of Research – IRET, Italy), CLICE DE TOLEDO SANJAR MAZZILLI (University of São Paulo, Brazil), GIUSEPPE DI BENEDETTO (University of Palermo, Italy), ANA ESTEBAN-MALUENDA (Polytechnic University of Madrid, Spain), RAFFAELLA FAGNONI (IUAV, Italy), ANTONELLA FALZETTI ('Tor Vergata' University of Roma, Italy), ELISA MARIAROSARIA FARELLA (Bruno Kessler Foundation, Italy), RUBÉN GARCÍA RUBIO (Tulane University, USA), MANUEL GAUSA (University of Genova, Italy), PILAR CRISTINA IZQUIERDO GRACIA (Polytechnic University of Madrid, Spain), DANIEL IBAÑEZ (IAAC – Institute for Advanced Architecture of Catalonia, Spain), PEDRO ANTÓNIO JANEIRO (University of Lisbon, Portugal), MASSIMO LAURIA ('Mediterranea' University of Reggio Calabria, Italy), INA MACAIONE (University of Basilicata, Italy), FRANCESCO MAGGIO (University of Palermo, Italy), FERNANDO MORAL-ANDRÉS (Universidad Nebrija in Madrid, Spain), DAVID NESS (University of South Australia, Australia), ELODIE NOURRIGAT (Ecole Nationale Supérieure d'Architecture Montpellier, France), ELISABETTA PALUMBO (University of Bergamo, Italy), FRIDA PASHAKO (Municipality of Tirana, Albania), JULIO CESAR PEREZ HERNANDEZ (University of Notre Dame du Lac, USA), PIER PAOLO PERRUCCIO (Polytechnic University of Torino, Italy), ROSA ROMANO (University of Firenze, Italy), DANIELE RONSIVALLE (University of Palermo, Italy), MONICA ROSSI-SCHWARZENBECK (Leipzig University of Applied Sciences, Germany), DARIO RUSSO (University of Palermo, Italy), MICHELE RUSSO ('Sapienza' University of Roma, Italy), MARICHELIA SEPE ('Sapienza' University of Roma, Italy), MARCO SOSA (Zayed University, United Arab Emirates), ZEILA TESORIERE (University of Palermo, Italy), ANTONELLA TROMBADORE (World Renewable Energy Network, UK), ALESSANDRO VALENTI (University of Genova, Italy), GASPARE MASSIMO VENTIMIGLIA (University of Palermo, Italy), ANTONELLA VIOLANO ('Luigi Vanvitelli' University of Campania, Italy), ALESSANDRA ZANELLI (Polytechnic University of Milano, Italy)

Assistant Editors

MARIA AZZALIN ('Mediterranea' University of Reggio Calabria, Italy)
GIORGIA TUCCI (University of Genova, Italy)

Graphic Designer

MICHELE BOSCARINO

Executive Graphic Designer

ANTONELLA CHIAZZA, PAOLA LA SCALA

Web Editor

PIETRO ARTALE

Il Journal è stampato con il contributo degli Autori che mantengono i diritti sull'opera originale senza restrizioni.
The Journal is published with fund of the Authors whom retain all rights to the original work without any restrictions.

AGATHÓN adotta il sistema di revisione del double-blind peer review con due Revisori che, in forma anonima, valutano l'articolo di uno o più Autori. I saggi nella sezione 'Focus' invece non sono soggetti al suddetto processo di revisione in quanto a firma di Autori invitati dal Direttore Scientifico nella qualità di esperti sul tema.

The AGATHÓN Journal adopts a double-blind peer review by two Referees under anonymous shape of the paper sent by one or more Authors. The essays on 'Focus' section are not subjected to double-blind peer review process because the Authors are invited by the Scientific Director as renowned experts in the subject.

AGATHÓN | International Journal of Architecture Art and Design
Issues for year: 2 | ISSN print: 2464-9309 | ISSN online: 2532-683X

Registrazione n. 12/2017 del 13/07/2017 presso la Cancelleria del Tribunale di Palermo
Registration number 12/2017 dated 13/07/2017, registered at the Palermo Court Registry

Editorial Office

c/o DEMETERA Ce.Ri.MED. | Via Filippo Cordova n. 103 | 90143 Palermo (ITA) | E-mail: redazione@agathon.it

AGATHÓN è stata inclusa nella lista ANVUR delle riviste di classe A per l'area 08 e i settori 08C1, 08D1, 08E1 e 08E2 a partire dal volume 1 del 2017.

AGATHÓN has been included in the Italian ANVUR list of Class A Journals for area 08 and sectors 08C1, 08D1, 08E1 and 08E2 starting from volume no. 1, June 2017.

Per le attività svolte nel 2023 relative al double-blind peer review process, si ringraziano i seguenti Revisori:

As concern the double-blind peer review process done in 2023, we would thanks the following Referees:

EMANUELE WALTER ANGELICO (University of Palermo), **FILIPPO ANGELUCCI** (University of Chieti-Pescara), **LAURA ANSELM**I (Polytechnic University of Milano), **ERNESTO ANTONINI** (University of Bologna), **EUGENIO ARBIZZANI** ('Sapienza' University of Roma), **VENANZIO ARQUILLA** (Polytechnic University of Milano), **SERENA BAIANI** ('Sapienza' University of Roma), **GINEVRA BALLETT**O (University of Cagliari), **ADOLFO BARRATTA** (University of Roma Tre), **MICHELA BAROSIO** (Polytechnic University of Torino), **OSCAR EUGENIO BELLINI** (Polytechnic University of Milano), **ROBERTO BOLOGNA** (University of Firenze), **GIANLUCA BURGIO** ('Kore' University of Enna), **RICCARDO BUTINI** (University of Firenze), **RENATO CAPOZZI** ('Federico II' University of Napoli), **GIOVANNI COCCO** (University of Cagliari), **GIOVANNI CONTI** (Polytechnic University of Milano), **VINCENZO CRISTALLO** ('Sapienza' University of Roma), **VALERIA D'AMBROSIO** ('Federico II' University of Napoli), **FEDERICA DAL FALCO** ('Sapienza' University of Roma), **PAOLA DE JOANNA** ('Federico II' University of Napoli), **SALVATORE DI DIO** (University of Palermo), **EMILIA GARDA** (Polytechnic University of Torino), **CLAUDIO GERMAK** (Polytechnic University of Torino), **ANDREA GIACHETTA** (University of Genova), **MATTEO IEVA** (Polytechnic University of Bari), **ANTONINO LABALESTRA** (Polytechnic University of Bari), **LUCA LANINI** (University of Palermo), **ROBERTO LIBERTI** ('Luigi Vanvitelli' University of Campania), **SABRINA LUCIBELLO** ('Sapienza' University of Roma), **LUCIANA MACALUSO** (University of Palermo), **CARLO MARTINO** ('Sapienza' University of Roma), **PASQUALE MEI** (University of Palermo), **ANNA BRUNA MENEGHINI** ('Sapienza' University of Roma), **MARTINO MILARDI** ('Mediterranea' University of Reggio Calabria), **LUIGI MOLLO** ('Luigi Vanvitelli' University of Campania), **MASSIMO MUSIO-SALE** (University of Genova), **EMANUELE PALAZZOTTO** (University of Palermo), **INGRID PAOLETTI** (Polytechnic University of Milano), **GABRIELLA PERETTI** (Polytechnic University of Torino), **SILVIA PERICU** (University of Genova), **ADELLINA PICONE** ('Federico II' University of Napoli), **CLAUDIO PIFERI** (University of Firenze), **RICCARDO POLLO** (Polytechnic University of Torino), **MANUELA RAITANO** ('Sapienza' University of Roma), **LAURA RICCI** ('Sapienza' University of Roma), **GIUSEPPE RIDOLFI** (University of Firenze), **CHIARA RIZZI** (University of Basilicata), **VALENTINA ROGNOLI** (Polytechnic University of Milano), **PAOLA SCALA** ('Federico II' University of Napoli), **ANTONELLO MONSÙ SCOLARO** (University of Sassari), **ETTORE SESSA** (University of Palermo), **ANDREA TARTAGLIA** (Polytechnic University of Milano), **ENZA TERSIGNI** ('Federico II' University of Napoli), **NICOLETTA TRASI** ('Sapienza' University of Roma), **MARCO TRISCIUOGGIO** (Polytechnic University of Torino), **GIUSEPPE TROMBINO** (University of Palermo), **NICOLETTA TRASI** ('Sapienza' University of Roma), **DAVIDE TURRINI** (University of Ferrara), **ALBERTO ULISSE** ('Gabriele D'Annunzio' University of CHIETI-PESCARA), **RENATA VALENTE** ('Sapienza' University of Roma), **CALOGERO VINCI** (University of Palermo), **THEO ZAFFAGNINI** (University of Ferrara).

ARTICLE INFO

Received 29 March 2024
 Revised 19 April 2024
 Accepted 29 April 2024
 Published 30 June 2024

HYDROGEN VALLEYS

Scenari di transizione energetica e sviluppo locale per città medie

HYDROGEN VALLEYS

Energy transition and local development scenarios for medium-sized cities

Alessandra Battisti, Angela Calvano

ABSTRACT

Nell'attuale scenario di decarbonizzazione, produzione, trasporto e consumi di energia investono la dimensione territoriale delle comunità mentre il carattere di prossimità delle fonti rinnovabili e degli impianti di generazione diffusa consentono di ridefinire il legame socio-spaziale con l'energia. Si tratta di una deterritorializzazione da dismissione di impianti alimentati da fonti fossili, ri-territorializzazione per conversione di aree industriali in disuso e costruzione di una catena di valore fondata sulla neutralità climatica. Il progetto di rigenerazione del patrimonio territoriale, reinterpretato dalle comunità insediate come potenziale rete energetica, risponde alle esigenze del New Deal, garantendo energia sicura ed equa. Obiettivo del paper è comprendere come le città medie possano contribuire alla sperimentazione di processi decisionali e soluzioni progettuali a idrogeno.

In the current decarbonisation scenario, production, transport and energy consumption affect the territorial dimension of communities, while the proximity character of renewable sources and distributed generation systems make it possible to redefine the socio-spatial link with energy. This involves deterritorialisation by decommissioning fossil fuel systems, re-territorialization by converting brownfield sites and constructing a value chain based on climate neutrality. The project of territorial heritage regeneration, reinterpreted by settled communities as a potential energy network, meets the needs of the New Deal by guaranteeing secure and equitable energy. The paper aims to understand how medium-sized cities can contribute to the experimentation of decision-making processes and hydrogen design solutions.

KEYWORDS

neutralità climatica, rigenerazione territoriale, sistemi energetici locali, transizione energetica, idrogeno

climate neutrality, territorial regeneration, local energy systems, energy transition, hydrogen

Alessandra Battisti, Architect and PhD, is a Full Professor of Environmental Technological Design at the PDTA Department of the 'Sapienza' University of Rome (Italy). Her research focuses on technological innovation, ecological and energy efficiency, and the bioclimatic approach to design and environmental sustainability at the architectural, urban, and settlement levels. Mob. +39 339/77.39.471 | E-mail: alessandra.battisti@uniroma1.it

Angela Calvano, Architect, is a PhD Candidate at the PDTA Department of the 'Sapienza' University of Rome (Italy). Her research investigates the technological-environmental management of innovative processes according to a multi-scalar approach of cities, urban districts and architecture oriented to carbon neutrality. Mob. +39 340/25.97.471 | E-mail: angela.calvano@uniroma1.it



La domanda energetica e i flussi derivanti da fonti di produzione di energia hanno sempre caratterizzato l'ambiente costruito nella sua evoluzione storica, richiedendo soluzioni progettuali e tecnologiche innovative che al momento attuale definiscono i contorni di un'era di transizione energetica globale in continua trasformazione, fenomeno dovuto anche alle varie crisi sanitarie, geopolitiche ed economiche susseguitesi dall'inizio del nuovo millennio. Di fronte a questi imprevisti è emerso con chiarezza che l'equità e l'inclusione sociale nell'impiego dell'energia costituiscono un tema di riflessione sulla riallocazione delle risorse e sull'implementazione di misure per garantire sicurezza energetica e accessibilità economica di materia ed energia.

La sicurezza e l'approvvigionamento da altre fonti – rispetto a quelle oggi non più garantite dalla Russia – in questo senso ha costituito un'opportunità per differenziare le forniture e diversificare il mix energetico verso le fonti rinnovabili, comprendendo forme più ampie di energia pulita che presuppongono anche una maggiore attenzione ai contesti normativi e finanziari, anche se a oggi, a causa della sempre crescente richiesta di energia, le fonti rinnovabili non sono ancora in grado di sostituire i consolidati sistemi di produzione energetica.

Attraverso la riflessione sul concetto di Hydrogen Valley nella transizione verso un'economia a basse emissioni di carbonio e sviluppo locale, il paper ha l'obiettivo di comprendere come le città medie possano beneficiare e contribuire all'implementazione di iniziative a idrogeno. Il contributo è articolato su una prima parte che ha l'obiettivo di introdurre e definire il quadro concettuale e teorico di riferimento nelle politiche europee e italiane; una seconda parte espone una prospettiva di indagine innovativa che individua le città di medie dimensioni come driver per la decarbonizzazione e per la transizione energetica ponendo l'accento su una panoramica storica e concettuale dell'uso dell'idrogeno come fonte energetica ed evidenziandone sfide e opportunità legate alla sua produzione e impiego; una terza parte enfatizza il coinvolgimento degli stakeholder e la necessità di adeguati modelli di governance locale dei progetti a idrogeno verso modello energetico sostenibile, distribuito e partecipativo, delineando l'opportunità offerta dalla rigenerazione del patrimonio produttivo dismesso e focalizzandosi su logiche di consumo di suolo zero e processi di retro-innovazione; infine si riassumono i principali risultati dell'indagine, indicando le aree che richiedono ulteriori approfondimenti e sviluppi.

Politiche europee | Con l'approvazione del Green Deal Europeo nel dicembre 2019, la Commissione Europea ha definito un insieme di misure in risposta alle sfide dettate dai cambiamenti climatici che si sono tradotte in strategie di crescita per costruire un futuro più equo, sano e sostenibile per le generazioni future, efficiente sotto il profilo delle risorse ed economicamente competitivo, al fine di rendere il continente climaticamente neutro entro il 2050 (European Commission, 2019). La Strategia Europea di Lungo Termine (European Commission, 2018a) prevede infatti il raggiungimento della Carbon Neutrality al 2050, attraverso un aumento dell'efficienza energetica e della generazione elettrica rinnovabile, una crescita del-

l'elettrificazione degli usi finali, un calo dei consumi di petrolio e carbone, una contrazione delle importazioni di gas naturale e l'aumento dei consumi di biometano e idrogeno prodotti nei Paesi dell'Unione Europea.

Tra le iniziative comprese nell'ambito del Green Deal Europeo, il pacchetto 'Fit for 55' (European Commission, 2018b) mira a tradurre la normativa in proposte concrete, rivedendo l'apparato legislativo in materia di clima, energia e trasporti e allineando l'Unione Europea agli obiettivi climatici di riduzione delle emissioni nette di gas a effetto serra di almeno il 55% entro il 2030, rispetto ai livelli del 1990. Nella Strategia Europea dell'Idrogeno (European Commission, 2021) è prevista la diffusione di idrogeno rinnovabile nel lungo periodo attraverso idrogeno verde prodotto con elettrolisi alimentata da fonti rinnovabili o mediante reforming di biogas conforme ai requisiti di sostenibilità e idrogeno low-carbon o idrogeno blu, ottenuto dal reforming del gas naturale e combinato con Carbon Capture and Storage (CCS), da rifiuti o da altre tecnologie basso emissive (Noussan et alii, 2021). Resta completamente escluso invece l'idrogeno grigio, da combustibili fossili senza CCS e con un impatto rilevante a livello emissivo, che rappresenta la maggior parte dell'idrogeno prodotto al momento attuale (Fig. 1).

Il nuovo assetto normativo delineato consente da un lato di intravedere un quadro di sviluppo basato sulla comunità del mercato energetico europeo, coerentemente al Clean Energy for All European Package (European Commission, 2016), dall'altro di definire opportuni quadri giuridici per la diffusione di impianti FER, valorizzando le filiere produttive locali e l'introduzione del vettore energetico idrogeno all'interno del panorama delle possibili soluzioni energetiche sostenibili adoperabili, in particolare per i settori 'hard-to-abate' (industria e trasporti) considerati i più difficili da decarbonizzare e per i quali tale operazione può essere perseguita unicamente attraverso un approccio energetico differenziato (Paltsev et alii, 2021).

Coerentemente agli obiettivi di decarbonizzazione di medio e lungo periodo e alla configurazione di un sistema energetico integrato, la Strategia Europea sull'Idrogeno (European Commission, 2021) e il Piano REPowerUE (European Commission, 2022) hanno delineato un quadro completo a sostegno della produzione di idrogeno rinnovabile che farà parte del sistema energetico del futuro insieme all'elettrificazione basata sulle rinnovabili e a un uso più efficiente e circolare delle risorse. Entro il 2050 l'idrogeno rinnovabile troverà applicazione su scala sempre più ampia: da cluster locali a hub territoriali Hydrogen Valleys intesi come comunità di produzione locale di idrogeno da fonti energetiche rinnovabili decentralizzate, di stoccaggio, di trasporto a breve distanza e di utilizzo dello stesso per scopi finali diversificati (IEA, 2019).

Il panorama globale delle Hydrogen Valleys allo stato attuale si presenta come eterogeneo e in costante evoluzione e definisce principalmente tre categorie (Fig. 2) di archetipo (Weichenhan et alii, 2022): archetipo 1) incentrato su mobilità locale a piccola scala e che combina gli sforzi di decarbonizzazione associati a varie flotte di mobilità regionale attraverso la costruzione di stazioni di rifornimento di idrogeno usate congiuntamente come centrali di produzione (Genovese, Piraino and

Fragiacomo, 2024); archetipo 2) focalizzato sulla decarbonizzazione del comparto industriale, che si basa sulla produzione di idrogeno direttamente nei siti industriali, attorno al quale si innesta il sistema della mobilità a idrogeno; archetipo 3) caratterizzato da produzione locale e connesso ai centri di domanda e offerta su larga scala, che fa riferimento a progetti tipicamente co-localizzati con capacità aggiuntive dedicate alle energie rinnovabili (Karjunen et alii, 2022).

La Strategia Europea sull'Idrogeno non solo definisce il percorso comune europeo per incentivare l'uso dell'idrogeno soprattutto nei settori industriali 'hard-to-abate', ma guarda in prospettiva anche ad altri ambiti, come quelli che interessano di più il settore edilizio, quali il riscaldamento degli edifici residenziali e commerciali dove l'impiego dell'idrogeno viene posto appunto in relazione allo sviluppo delle Hydrogen Valleys (Fig. 3).

La Strategia Europea inoltre definisce una tabella di marcia, suddivisa in tre fasi, lungo cui stabilire una traiettoria di sviluppo graduale per l'idrogeno. In una prima fase, in atto, compresa tra il 2020 e il 2024 l'Unione Europea sta decarbonizzando l'attuale produzione di idrogeno. Durante la seconda fase, compresa tra il 2025 e il 2030, l'idrogeno verde dovrebbe diventare una parte sostanziale del sistema energetico europeo; in questa fase l'idrogeno potrebbe già avere mercato sufficiente per sviluppare una domanda industriale, come nel settore della siderurgia, ampliarne l'uso nei trasporti pesanti e bilanciare i sistemi elettrici basati sulle rinnovabili, anche con lo sviluppo di cluster ed ecosistemi regionali autonomi costituiti dalle Hydrogen Valleys. Infine nella terza fase, dal 2030 al 2050, le tecnologie per l'idrogeno verde dovrebbero essere mature a sufficienza per uno sviluppo su larga scala, contribuendo in modo sostanziale alla decarbonizzazione dell'Unione Europea entro il 2050.

Inoltre, insieme alla Strategia sull'Idrogeno, la Commissione ha lanciato la Strategia per l'integrazione del sistema energetico, Powering a Climate-neutral Economy – An EU Strategy for Energy System Integration (European Commission, 2020), che inizialmente era previsto includesse anche la Strategia per l'Idrogeno: essa si basa su cinque pilastri (efficienza energetica, elettrificazione della domanda, uso di combustibili rinnovabili, adattamento mercati energetici e diversificazione delle fonti), con l'obiettivo di gestire la pianificazione e il funzionamento coordinato del sistema energetico nel suo insieme, attraverso tutta la catena del valore (vettori energetici, infrastrutture e consumatori).

Politiche italiane | Sulla base delle indicazioni europee il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima – PNIEC (MASE, 2023b) rappresenta la proposta italiana di strategia energetica nazionale per raggiungere gli obiettivi di efficienza, riduzione delle emissioni di CO₂ e sviluppo delle fonti rinnovabili, tale da coprire il 40% dei consumi finali nel 2030. Oltre che tracciare le dinamiche evolutive degli scenari energetici nazionali al 2050, il Piano pone attenzione al tema della sicurezza energetica, della tutela dell'ambiente e dell'accessibilità dei costi dell'energia delineando un nuovo ruolo dell'idrogeno nel raggiungimento degli obiettivi nazionali con l'identificazione del potenziale impiego in diversi ambiti territoriali e di produzione.

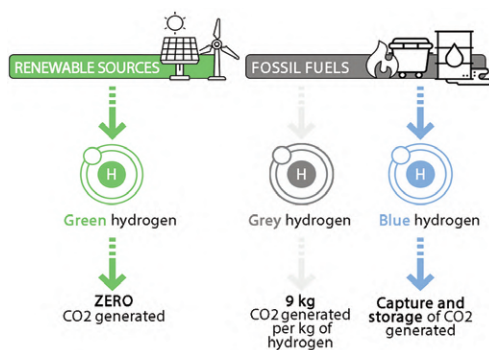


Fig. 1 | Hydrogen classification: type and characteristics (source: GEA ETS, 2021; adapted by the Authors).

Nel ruolo di vettore energetico l'idrogeno, oltre che garantire la decarbonizzazione dei settori 'hard-to-abate' e dei trasporti, potrà abilitare alcune funzioni aggiuntive quali accumuli di larga scala e su periodi decennali e il trasporto di grandi quantità di energie su lunghe distanze, favorendo lo sviluppo di un sistema energetico diffuso sul territorio con elevati livelli di resilienza (MASE, 2023b). In questa direzione l'attuale normativa italiana comprende l'idrogeno tra le misure e gli investimenti, previsti dal Piano Nazionale Ripresa e Resilienza – PNRR (MIMIT, 2023), volti a promuovere lo sviluppo della filiera su base locale e l'impiego di idrogeno nell'industria, nelle piccole medie imprese (PMI) e nel trasporto locale, a partire dalla creazione di Hydrogen Valleys con l'obiettivo duplice di rigenerare le aree industriali dismesse riabilitandole come unità sperimentali per la produzione di idrogeno da impianti FER, ubicati all'interno delle ex fabbriche o in aree limitrofe, e favorire al contempo la ripresa delle economie locali (Fig. 4).

Bandi nazionali e regionali, importanti Progetti di Comune Interesse Europeo (IPCEI) e/o investimenti privati costituiscono le principali categorie di finanziamento, restituendo un portfolio di iniziative con lo scopo di supportare industrie, autorità e decisori politici nel rafforzare i progetti esistenti e previsti sull'idrogeno e, allo stesso tempo, favorire lo sviluppo di nuovi (Gandiglio and Marocco, 2024).

Il potenziale impiego dell'idrogeno illimitato, ecologico e versatile – formalmente introdotto con il Decreto Legislativo 8 novembre 2021 n. 199 che recepisce la Direttiva Europea EU/2018/2001 (European Parliament and Council of the European Union, 2018), modificata dalla Direttiva EU/2023/2413 (European Parliament and Council of the European Union, 2023), e i due Regolamenti delegati EU/2023/1184 e EU/2023/1185 (European Commission, 2023a, 2023b) – si scontra con tangibili difficoltà legate allo sviluppo e all'utilizzo commerciale di tale vettore energetico, dovute agli elevati costi di produzione, a una non sufficiente maturazione tecnologica di settore e ad alcune lacune infrastrutturali (Confindustria, 2020, 2021).

Nell'attuale panorama energetico le Hydrogen Valleys – definite come hub ed ecosistemi territoriali di idrogeno prodotto a partire dalla valorizzazione delle risorse rinnovabili disponibili in loco – assumono un carattere sperimentale, configurate all'interno di aree produttive strategiche, quali siti già in possesso di un collegamento alla rete elettrica e collocati in posizione chiave per essere a

disposizione degli utenti finali del vettore (Ficco et alii, 2022). Sebbene molti progetti dimostrativi¹ abbiano già registrato esiti interessanti, le singole tecnologie dell'idrogeno – isolate o di applicabilità limitata – necessitano ancora di essere impiegate e studiate su larga scala, così come necessitano della definizione di linee guida legislative e di regole amministrative, nonché di azioni di informazione volte a promuoverne l'accettazione pubblica, individuare tecnologie abilitanti, sviluppare modelli aziendali e azioni di trasferimento di conoscenze e di formazione di nuove figure professionali.

Città medie come driver per la decarbonizzazione

Gli sviluppi economici, sociali e ambientali necessitano di essere inquadrati in una specifica dimensione territoriale e dipendono da una serie di risorse territoriali, naturali e umane. Al fine di definire strategie di sviluppo locale, mirate e ambientalmente attente, e comprendere e quantificare l'impatto delle stesse, tale diversità geospaziale diventa elemento cardine e al tempo stesso di complessità. La pandemia da Covid-19 se da un lato ha posto le grandi città davanti alla necessità di un loro ripensamento che metta a sistema sostenibilità ecologica, sociale ed economica, dall'altro ha portato alla ribalta in Italia la vivibilità delle città medie, non solo perché caratterizzate dalla compresenza di spazi ibridi tra rurale e urbano, che esprimono già elevati caratteri di sostenibilità, ma soprattutto perché qui risiede il 68,3% della popolazione italiana, percentuale molto più elevata della media europea (ISTAT, 2022), tutte caratteristiche che le rendono luoghi ideali dove raggiungere i target di riduzione delle emissioni climalteranti (Bernabò, 2022).

Seguendo l'impianto metodologico a base del quadro comparativo globale per misurare l'urbanizzazione di un territorio lungo un continuum urbano-rurale² (UNSC, 2020), l'Eurostat definisce le 'città a densità intermedia', o più semplicemente 'città medie', una tipologia territoriale di base di unità amministrative locali a metà strada tra una città e una zona rurale: essere in grado di confrontarsi con tale dimensione significa tenere conto delle complementarità e delle interdipendenze tra le diverse categorie di contesto e far emergere le varie peculiarità locali (European Commission – Eurostat, 2019).

Tali realtà territoriali sono interessate da trasformazioni economiche e sociali che vanno dalla de-ruralizzazione e crescita industriale al declino e relativo spopolamento, dall'emarginazione alla promozione dell'innovazione delle risorse culturali locali, del turismo e dell'agricoltura di qualità. In tal senso progettare la rigenerazione delle città medie non significa operare in termini di comparazione rispetto alle grandi città, quanto far emergere la loro capacità di rispondere alla policy con un atteggiamento positivo nei confronti della 'cityness' (Garrett-Petts, 2005). Infatti, dotate intrinsecamente di una dimensione trasformativa che indica la capacità di un sistema e dei suoi attori di cambiare la propria struttura organizzativa e creare le condizioni per promuovere lo sviluppo, le città di media dimensione si stanno orientando verso pratiche generative, enfatizzando visioni di scenari di trasformazione dinamica e forme di auto-organizzazione territoriale (Mayer and Lazzeroni, 2022). La spinta generativa è anche strettamente legata alla promozione di fattori legati al

contesto, attraverso l'identificazione delle attività caratterizzanti e la valorizzazione delle competenze chiave e delle risorse locali.

La Organization for Economic Co-operation and Development (OECD, 2020) assegna alle città medie un ruolo essenziale nel raggiungimento degli SDGs delle Nazioni Unite (UN, 2015) entro il 2030 – sottolineando come il 65% dei quali non potrà essere realizzato senza il loro pieno coinvolgimento – poiché specialmente adatte a favorire lo sviluppo locale in modo integrato agli obiettivi di natura ambientale. Per ottenere tutto questo c'è bisogno di: a) un sostegno alla produzione di idrogeno pulito e a basse emissioni di CO₂ in grado di supportare lo sviluppo di economie di scala; b) un coordinamento nell'incentivazione alla produzione e alla domanda per favorire un mercato a idrogeno; c) un chiaro quadro normativo che definisca lo sviluppo dell'offerta, della domanda e delle infrastrutture della filiera; d) un sistema di regolamenti sulla sicurezza tecnica di tutta la filiera dell'idrogeno.

Generazione a idrogeno

Nel suo famoso libro dal titolo Economia all'Idrogeno, la cui prima edizione ha oltre venti anni, Jeremy Rifkin (2014) nell'identificare l'idrogeno come fonte energetica rivoluzionaria, inesauribile e pulita si poneva necessariamente il problema della sua produzione. La vera domanda è se sia possibile impiegare forme di energia alternative, rinnovabili e non appartenenti alla famiglia degli idrocarburi – come quella fotovoltaica, eolica, idroelettrica e geotermica – per generare elettricità da utilizzare nel processo elettrolitico di produzione; inoltre lo sviluppo dei nuovi campi di applicazione deve andare di pari passo con l'aumento stesso della produzione di idrogeno. Si iniziano a definire all'orizzonte i principali mercati, quello delle applicazioni industriali – acciaierie, raffinerie e cementifici – e delle infrastrutture di mobilità legate al trasporto di merci e di persone.

Quando la risorsa sarà entrata con più abbondanza nel mercato energetico l'idrogeno potrà diffondersi nel riscaldamento degli edifici e nella generazione di energia elettrica in blend con gas naturale, abilitando anche il 'sector coupling' fra reti elettriche e gas – P2H (IRENA Coalition for Action, 2022). Nei prossimi anni si assisterà a una forte trasformazione nel settore dell'elettricità e l'idrogeno potrebbe essere impiegato per accumulare la sovrapproduzione rinnovabile nella rete; anche la produzione di energia elettrica negli impianti termoelettrici attualmente alimentati a gas potrebbe essere in futuro convertita a idrogeno.

Nell'attuale scenario energetico la possibilità di ottenere idrogeno rinnovabile da una generazione distribuita, ovvero di un sistema di produzione di energia elettrica decentrato in cui l'energia viene prodotta da diverse fonti in piccola scala, rende compatibile tale soluzione con la dimensione locale, sebbene gli elevati consumi di energia elettrica e i costi ad essi associati rendano questa tecnologia ancora poco appetibile (Cova and Migliorini, 2021). Per raggiungere gli ambiziosi obiettivi della Strategia Nazionale sull'Idrogeno – SNI (MASE, 2020) si evidenzia la sfida relativa alla potenza installata degli elettrolizzatori al fine di massimizzare le potenzialità del vettore energetico per ulteriori usi finali; in tal modo si consentirebbe l'allocatione di una considerevole capacità di impianti FER esclusivamente per la produzione di

idrogeno, rendendo necessaria la disponibilità di ampie superfici per l'installazione degli stessi.

Inoltre il contributo delle Hydrogen Valleys alla sicurezza energetica sottintende la possibilità di disporre di materie prime, non solo per la produzione di energia solare fotovoltaica e turbine eoliche, ma anche per la generazione di idrogeno (Reitsma, 2023): non si può trascurare il notevole utilizzo di acqua necessaria alla produzione di grandi quantità di idrogeno verde, fatto che potrebbe porre limiti alla localizzazione dei progetti, in considerazione delle condizioni di contesto attuali e future da osservare sotto la lente dei cambiamenti climatici, che rischiano di modificare drammaticamente la disponibilità della risorsa acqua (Setti and Sandri, 2022).

Relazioni socio-spaziali | La tecnologia della cella a combustibile alimentata a idrogeno, intesa come macchina non inquinante per la produzione di energia elettrica, viene considerata da Rifkin la panacea di tutti i mali. Trattandosi di un micro-impianto installabile presso l'utente finale, essa consentirebbe di ribaltare il modello energetico gerarchico e centralizzato per dare luogo a una rete distribuita di produttori-consumatori-scambiatori di energia, di prosumer e consumer (Fig. 5). Condizione necessaria per questo possibile assetto è il supporto delle Istituzioni pubbliche allo sviluppo della rete che garantirebbe un accesso indifferenziato all'energia e una redistribuzione del potere

decisionale in materia energetica, attraverso attività dal basso e con una partecipazione diffusa (Vezzoni, 2024).

Di fatto, nell'attuale scenario di decarbonizzazione, il sistema energetico sta evolvendo verso una nuova dimensione policentrica e diffusa sui territori. La produzione, il trasporto e i consumi di energia infatti investono a tal punto e direttamente la dimensione territoriale delle comunità e il carattere di prossimità delle risorse rinnovabili e degli impianti di generazione diffusa che consentono di ridefinire il legame socio-spaziale con l'energia, riassegnando alle comunità locali il ruolo e la possibilità diretta di gestione delle risorse e degli spazi energetici, con la possibilità di rileggere l'energia come elemento portatore di innovazione sociale e promotore di sviluppo locale (European Commission – Joint Research Centre, 2020).

L'evoluzione verso le Hydrogen Valleys può essere considerata come una progressione nella transizione verso un sistema energetico sempre più sostenibile, sicuro e basato sulle energie rinnovabili; essa implica il passaggio dalla dimensione locale – propria delle Comunità Energetiche Rinnovabili (CER) – a una scala più grande (Tab. 1), richiedendo investimenti aggiuntivi e partenariati strategici e una visione a lungo termine per la trasformazione dell'intero ecosistema energetico, nonché una integrazione multi-settoriale e una collaborazione multi-stakeholder (Skaloumpakas et alii, 2024). L'attivazione di processi di formaliz-

zazione e coinvolgimento delle diverse categorie di stakeholder che mobilitano il sistema economico locale includendo un'economia a idrogeno – secondo approcci di tipo top-down e anche bottom-up – alimenta coesione sociale e al tempo stesso attribuisce 'valore aggiunto' per nuove condizioni di investimento (MASE, 2023a).

In quest'ottica l'identificazione degli attori chiave da coinvolgere e dei rispettivi ruoli permette di costruire una politica d'intervento complessiva, di strutturare adeguati modelli di governance locale, attraverso il riconoscimento delle potenzialità intrinseche, ottimizzando situazioni e infrastrutture e affrontando i nodi critici a partire da conoscenza e consapevolezza delle dinamiche territoriali soggiacenti (Battisti and Tucci, 2015).

La generazione distribuita di energia si pone come attivatore di una rinnovata coscienza di luogo, attraverso il coinvolgimento degli attori locali nell'individuazione e nell'uso appropriato delle risorse energetiche territoriali. Si assiste così a un processo di deterritorializzazione, legato alla dismissione di impianti alimentati da fonti fossili, e di ri-territorializzazione, attraverso la conversione del patrimonio produttivo dismesso e la relativa costruzione di una nuova catena di valore fondata sull'impiego delle energie rinnovabili.

Patrimonio territoriale | Con l'ingresso del concetto di 'patrimonio'³ nel campo delle scienze territoriali esso assume una connotazione geografica

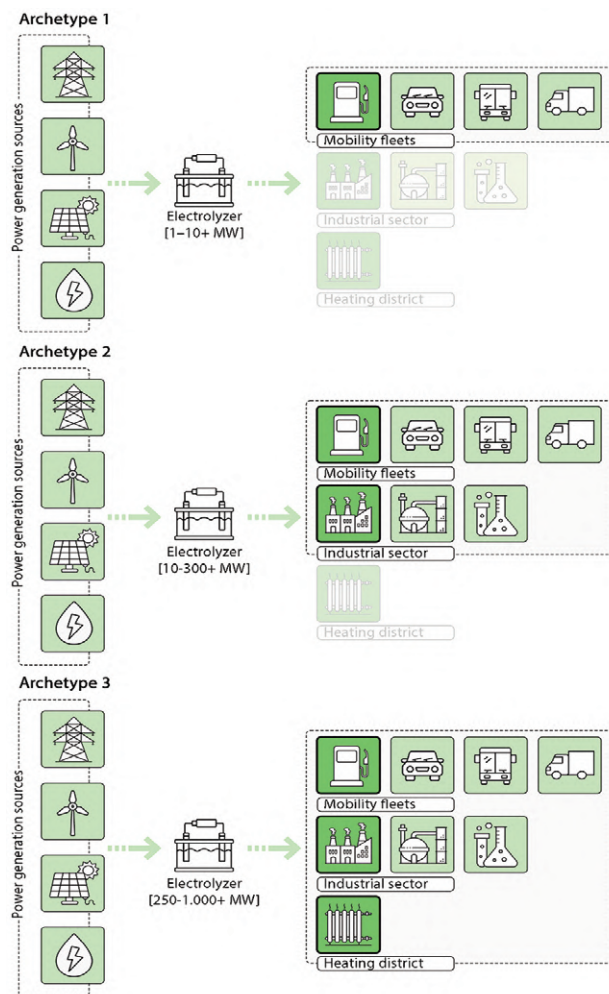


Fig. 2 | Classification of Hydrogen Valleys according to archetypes (source: Weichenhan et alii, 2022; adapted by the Authors).

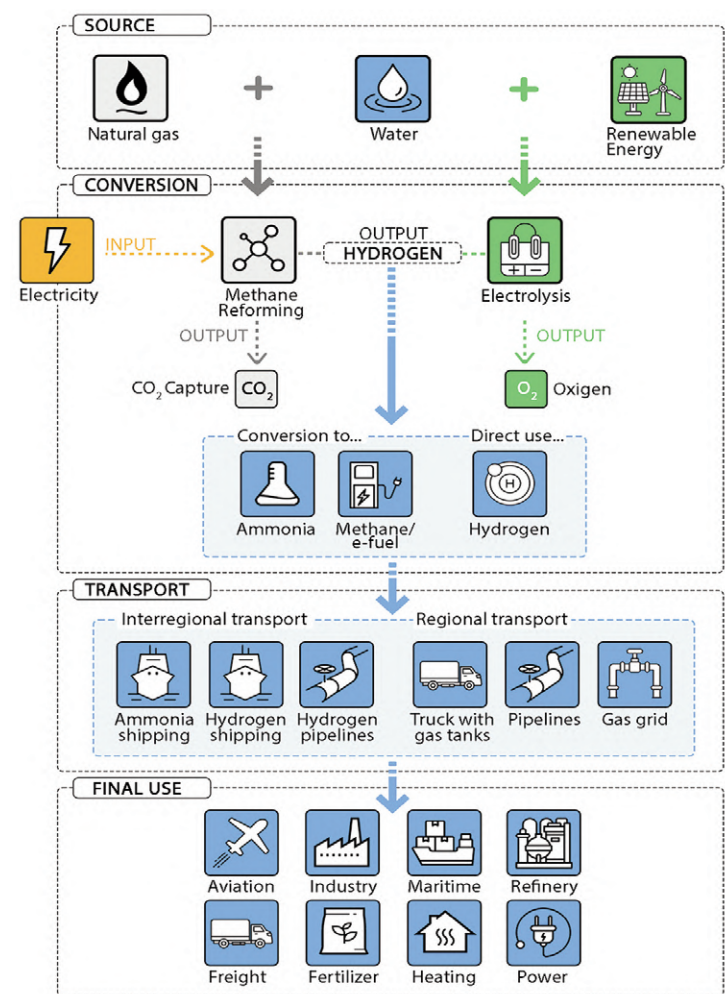
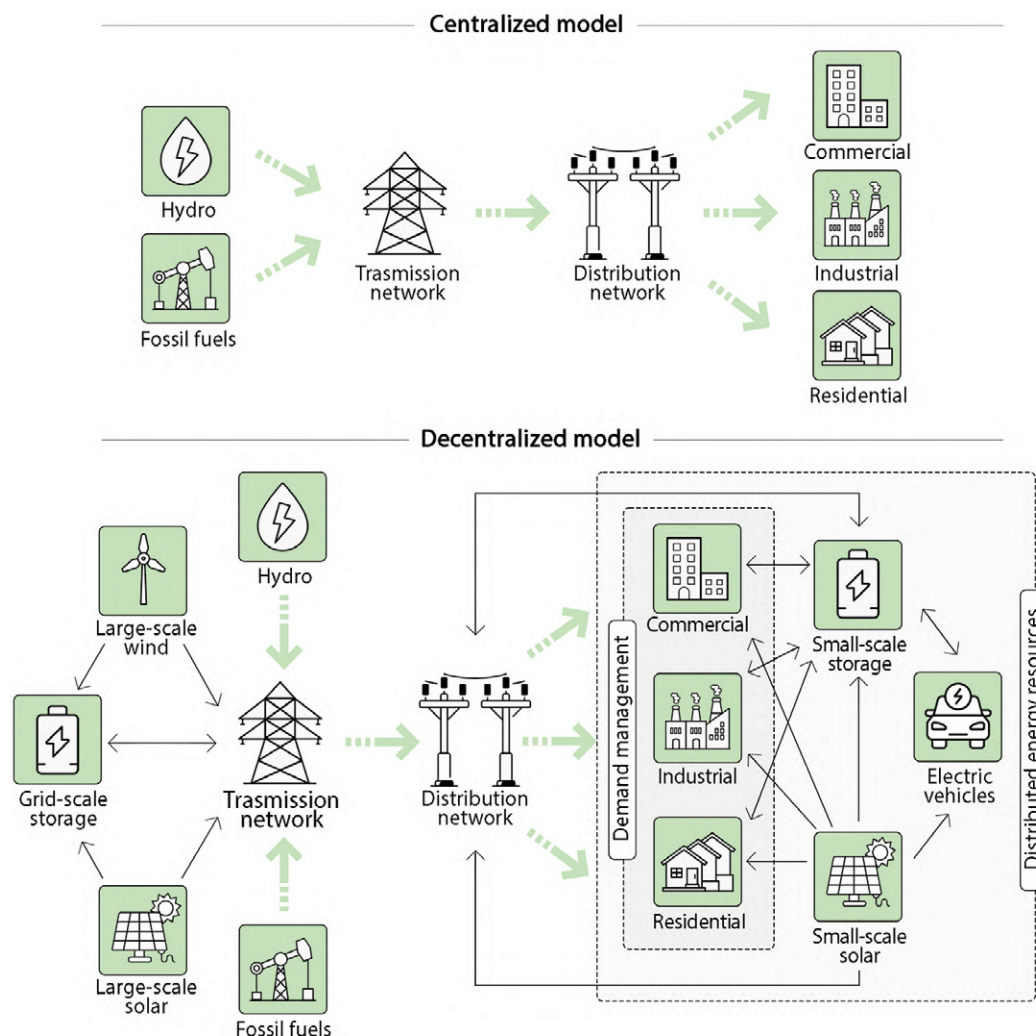


Fig. 3 | Hydrogen value chain (source: World Bank Group, 2022; adapted by the Authors).



Fig. 4 | Mapping of green hydrogen production proposals on brownfield sites in the framework of the National Recovery and Resilience Plan (credit: the Authors, 2024).

Fig. 5 | Transition from the centralised to the decentralised generation model (source: Mezel, 2018; adapted by the Authors).



non solo in qualità di elementi puntuali, ma d’insieme e viene riletto come processo di evoluzione interdipendente tra natura e cultura. In particolare la valorizzazione del patrimonio si fa carico di un duplice scopo: da un lato è finalizzata allo sviluppo economico tramite la connessione a economie di scala, dall’altro il patrimonio, inteso come risorsa di lunga durata, si inserisce in una rete identitaria di attori locali in grado di abilitare il riconoscimento sociale della risorsa stessa. Ciò fa emergere una modalità di sviluppo locale alternativo, non più orientato alla produttività competitiva, piuttosto a creare reti e relazioni di prossimità (Pica et alii, 2024).

In questa prospettiva, il progetto di rigenerazione del patrimonio territoriale, che può essere reinterpretato dalle comunità insediate come potenziale produttore di energia in una visione olistica, risponde contemporaneamente all’esigenza di produzione energetica a impatto zero e di sicurezza energetica, combinando trasformazione fisica, produzione di beni e servizi per la collettività, attivazione di nuove forme di partnership e partecipazione e generazione di valori e beni comuni in ottica di uno sviluppo locale sostenibile (Kostešić, Vukić and Vukić, 2019). In particolare il progetto di rigenerazione del patrimonio produttivo dismesso, fondato su logiche di consumo di suolo zero e su processi di retro-innovazione⁴ volti a rispondere ai problemi indotti dal cambiamento climatico, costituisce un’opportunità per la comunità locale di interpretare questa risorsa per potenziali utilizzi futuri e di definire strategie che, a partire dalla comprensione delle sue regole di ri-

produzione, apportano valore aggiunto alla collettività (Arbab and Alborzi, 2022).

Conclusioni | Le politiche di neutralità climatica a lungo termine comporteranno un cambio di paradigma nel settore energetico, con implicazioni profonde sotto il profilo della sicurezza, dell’equità, della sostenibilità energetica, del fabbisogno infrastrutturale e della gestione delle fonti e dei vettori energetici.

Il concetto di Hydrogen Valley fa riferimento a un sistema integrato su base territoriale che copre l’intera catena di valore dell’idrogeno, collegando produzione, stoccaggio e trasporto a un’ampia gamma di usi finali e di settori di uso. In questo quadro le aree dismesse si configurano come luoghi ideali poiché potenzialmente dotate dello spazio necessario alla produzione FER per alimentare gli impianti di generazione a idrogeno, rispondendo anche al principio di consumo di suolo zero, un’operazione questa che offre opportunità di conversione delle infrastrutture esistenti, rigenerando le suddette aree, trasformandole in centri di innovazione tecnologica, economica e sociale e di investimenti, creazione di posti di lavoro e sviluppo economico locale.

Concepite come hub di cooperazione tra governi, settore privato, Istituzioni accademiche e comunità locali, tali iniziative favoriscono l’adozione di approcci integrati e la condivisione di risorse, conoscenze ed esperienze. Sebbene diverse per natura in funzione delle esigenze determinate dal progetto, le Hydrogen Valleys presentano carat-

teristiche comuni che riguardano la produzione di idrogeno – centralizzata o distribuita – prevalentemente da fonti energetiche rinnovabili e il trasporto attraverso infrastrutture fisse, nonché via terra e via mare; inoltre seppure i casi pilota si registrano in contesti territoriali eterogenei, gli ambiti di media dimensione costituiscono una invariante che favorisce la creazione di autonomia energetica e ne facilitano la gestione (Majka et alii, 2023).

In questa prospettiva la dimensione di città media offre un terreno fertile per lo sviluppo di iniziative orientate a un’economia all’idrogeno, in grado di coniugare una dimensione ideale che facilita le attività di coordinamento e implementazione di progetti pilota e infrastrutture a idrogeno su base locale fino alla sperimentazione di nuove tecnologie e modelli di business. La cooperazione locale favorisce la creazione di partenariati strategici grazie al forte senso di coesione rendendo possibili pratiche alternative difficilmente attuabili in grandi contesti urbani.

Tuttavia un quadro normativo inadeguato, investimenti e costi elevati sono ad oggi le principali barriere alla competitività del vettore energetico e lo sviluppo di soluzioni progettuali su scala più ampia (Vivanco-Martín and Iranzo, 2023). In aggiunta l’idrogeno presenta ancora diversi percorsi di sviluppo inesplorati in funzione delle modalità di produzione, trasporto e stoccaggio. La ricerca di settore dovrebbe dedicare un ulteriore approfondimento all’utilizzo dell’idrogeno nel settore residenziale dal quale potrebbe giungere una significativa spinta alla filiera visto che, al 2020,

esistevano in Italia circa 20 milioni di impianti a gas per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria. Nel PNIEC italiano si assegna solo un ruolo 'marginale' all'uso residenziale dell'idrogeno, spingendo verso l'elettrificazione, non considerandone gli sviluppi futuri possibili; infatti l'idrogeno sostenibile, come tutti i green gas in generale, rappresenta una tangibile possibilità per decarbonizzare un edificio già dotato della rete di distribuzione del gas, utilizzando, almeno parzialmente, infrastrutture esistenti e riducendo gli investimenti necessari atti a limitare l'impatto ambientale complessivo.

Energy demand and flows from energy production sources have always characterised the built environment in its historical evolution, requiring innovative design and technological solutions that currently define the contours of an ever-changing era of global energy transition, a phenomenon also due to the various health geopolitical and economic crises that have followed one another since the beginning of the new millennium. In the face of these unforeseen events, it became clear that equity and social inclusion in energy use were a topic of reflection on the reallocation of resources and the implementation of measures to ensure energy security and affordability of matter and energy.

Security and supply from other sources – as opposed to those no longer guaranteed by Russia – in this sense has been an opportunity to differentiate supplies and diversify the energy mix toward renewables, encompassing broader forms of clean energy that also presuppose greater attention to regulatory and financial frameworks, although to date, due to the ever-increasing demand for energy, renewables are not yet able to replace established energy production systems.

The paper aims to understand how medium-sized cities can benefit and contribute to implementing hydrogen initiatives by reflecting on the Hydrogen Valley concept in the transition towards a low-carbon economy and local development. The paper is articulated in the first part introducing and defining the conceptual and theoretical framework of reference in European and Italian policies; the second part presents an innovative investigative perspective that identifies medium-sized cities as drivers for decarbonisation and energy transition by emphasising a historical and conceptual overview of the use of hydrogen as an energy source and highlighting challenges and opportunities related to its production and use; the third part emphasises the involvement of stakeholders and the need for adequate local governance models of hydrogen projects towards a sustainable, distributed and participatory energy model, outlining the opportunity offered by the regeneration of decommissioned production assets and focusing on zero land consumption and retro-innovation processes; finally, the main results of the survey are summarised, indicating the areas that require further investigation and development.

European policies | With the European Green Deal endorsed in December 2019, the European Commission defined a set of measures in response to the climate change challenges translated into growth strategies to build a more equitable, healthy

and sustainable future for the next generations; it is resource efficient and economically competitive, in order to make the continent climate neutral by 2050 (European Commission, 2019). The European Long-Term Strategy (European Commission, 2018a) envisions achieving Carbon Neutrality by 2050 through an increase in energy efficiency and renewable electricity generation, a growth in end-use electrification, a decline in oil and coal consumption, a contraction in natural gas imports, and an increase in the consumption of EU-produced biomethane and hydrogen.

Among the initiatives included as part of the European Green Deal, the 'Fit for 55' package (European Commission, 2018b) aims to translate legislation into concrete proposals, reviewing the climate, energy and transport legislative framework and aligning the EU with climate targets to reduce net greenhouse gas emissions at least 55% by 2030, compared to 1990 levels. The European Hydrogen Strategy (European Commission, 2021) provides for the deployment of renewable hydrogen in the long term through green hydrogen produced by renewable fuel electrolysis or by reforming biogas that meets sustainability requirements and low-carbon hydrogen or blue hydrogen obtained by reforming natural gas and combined with Carbon Capture and Storage (CCS), from waste or other low-emission technologies (Noussan et alii, 2021). However, grey hydrogen remains completely excluded from fossil fuels without CCS and with a significant emission impact, accounting for most of the hydrogen produced (Fig. 1).

The new regulatory framework outlined allows, on the one hand, to catch a glimpse of a community-based development framework for the European energy market, consistent with the Clean Energy for All European Package (European Commission, 2016), on the other, to define appropriate legal frameworks for the deployment of RES systems, enhancing local production chains, and the introduction of the hydrogen energy vector within the panorama of possible sustainable energy solutions that can be adopted, especially for the 'hard-to-abate' sectors (industry and transport) considered the most difficult to decarbonise and for which such an operation can only be pursued through a differentiated energy approach (Paltsev et alii, 2021).

Coherently with medium- and long-term decarbonisation goals and the shaping of an integrated energy system, the EU Hydrogen Strategy (European Commission, 2021) and the REPowerUE Plan (European Commission, 2022) have outlined a comprehensive framework to support renewable hydrogen production that will be part of the energy system of the future, along with renewable-based electrification and more efficient and circular use of resources. By 2050, renewable hydrogen will be applied on an increasingly large scale: from local clusters to territorial hub Hydrogen Valleys meant as communities of local hydrogen production from decentralised renewable energy sources, storage, short-distance transport, and use of it for diverse end purposes (IEA, 2019).

The global panorama of Hydrogen Valleys currently presents itself as heterogeneous and constantly evolving and defines mainly three categories (Fig. 2) of archetype (Weichenhan et alii,

2022): archetype 1) focused on small-scale local mobility and combining decarbonisation efforts associated with various regional mobility fleets through the construction of hydrogen refuelling stations jointly used as production plants (Genovese, Piraino and Fragiaco, 2024); archetype 2) focused on the decarbonisation of the industrial sector, which is based on hydrogen production directly at industrial sites, around which the hydrogen mobility system is grafted; archetype 3) characterised by local production and connected to large-scale supply and demand centres, which refers to typically co-localized projects with additional capacities dedicated to renewable energies (Karjunen et alii, 2022).

The European Hydrogen Strategy not only defines the common European pathway for boosting the use of hydrogen especially in 'hard-to-abate' industrial sectors, but also looks forward to other sectors, such as those that affect the construction industry, such as heating of residential and commercial buildings where the use of hydrogen is precisely placed in relation to the development of Hydrogen Valleys (Fig. 3).

The European strategy also sets out a roadmap divided into three phases, establishing a phased development trajectory for hydrogen. In the first phase, which is ongoing between 2020 and 2024, the EU is decarbonising the current hydrogen production. During the second phase, between 2025 and 2030, green hydrogen is expected to become a substantial part of the European energy system; in this phase, hydrogen may already have a sufficient market to develop industrial demand, such as in the steel sector, expand its use in heavy transport, and balance renewable-based electricity systems, including with the development of autonomous regional clusters and ecosystems consisting of Hydrogen Valleys. Lastly, in the third phase, from 2030 to 2050, green hydrogen technologies should be mature enough for large-scale deployment, contributing substantially to the decarbonisation of the EU by 2050.

In addition, jointly with the Hydrogen Strategy, the Commission launched the Energy System Integration Strategy, Powering a Climate-neutral Economy – An EU Strategy for Energy System Integration (European Commission, 2020), which was initially planned to include the Hydrogen Strategy: it is based on five pillars (energy efficiency, electrification of demand, use of renewable fuels, adaptation of energy markets, diversification of sources), to manage the coordinated planning and operation of the energy system as a whole, across the entire value chain (energy carriers, infrastructure and consumers).

Italian policies | Based on European indications, the Italian Integrated Energy and Climate Plan (MASE, 2023b) represents Italy's proposal for a national energy strategy to achieve the goals of efficiency, reduction of CO₂ emissions and development of renewable sources such that 40% of final consumption is covered in 2030. In addition to tracing the evolutionary dynamics of national energy scenarios to 2050, the plan pays attention to the issue of energy security, environmental protection and energy affordability by outlining a new role for hydrogen to achieve national goals by identifying its potential use in different territorial and production areas.

Aspects	Similarities	Differences
Regulatory	<p>Renewable energy regulation Tax incentives for renewable energy production and use</p> <p>Regulations on energy production and distribution Power grid connection Safety of systems Network access tariffs Quality and safety requirements for the energy produced</p>	<p>Energy sources and technologies Specific regulations for hydrogen production, storage and distribution (safety and transportation regulations)</p> <p>Infrastructure and distribution networks Specific infrastructure for hydrogen production, storage, and distribution</p> <p>Certification and standardisation Certification of renewable energy production facilities and distribution infrastructure Guarantee of compliance with safety standards and for the quality of hydrogen produced and distributed</p>
	<p>Reducing energy costs Reducing energy bills Reducing energy costs by replacing fossil fuels with renewable sources</p> <p>Local economy growth Job creation Reducing dependence on energy imports Creation of new income sources</p> <p>Reducing emissions and environmental costs Reducing greenhouse gas emissions and air pollution associated with fossil fuels</p> <p>Incentives and financial support Pilot project funding Tax relief</p>	<p>Implementation costs Initial investment in the installation of renewable energy production systems Investment in specific infrastructure for the production, storage and distribution of green hydrogen</p> <p>Operating costs Facility maintenance and management of local energy distribution networks Energy costs for electrolysis and maintenance costs for hydrogen infrastructure</p> <p>Economic benefits Creation of new job opportunities in the hydrogen industry and diversification of the local economy</p>
Social	<p>Community engagement Active involvement of local communities in decision-making and project implementation</p>	<p>Community engagement Community engagement and participation activities in renewable energy production, management and sharing Awareness programs and public involvement projects to promote the social acceptability of hydrogen</p>
	<p>Equity and social inclusion Equal access to clean energy</p>	<p>Equity and affordability Reducing energy poverty and improving the affordability of sustainable energy</p>
	<p>Resilience capacity Improving local communities' resilience to external shocks through the creation of robust and flexible local energy networks</p>	
	<p>Health and well-being benefits Air quality improvement</p>	<p>Public involvement and governance Decentralized management, with community involvement in decision-making Multi-stakeholder governance</p>

Tab. 1 | Synoptic framework of the main similarities and differences between Renewable Energy Communities and Hydrogen Valleys (credit: the Authors, 2024).

In its role as an energy vector, hydrogen, besides ensuring 'hard-to-abate' and transport sectors decarbonisation, may enable some additional functions such as large-scale storage over decades and the transport of large amounts of energy over long distances, fostering the development of a

widespread energy system on the territory with high levels of resilience (MASE, 2023b). In this direction, current Italian legislation includes hydrogen among the measures and investments – included in the National Recovery and Resilience Plan (MIMIT, 2023) – aimed to promote the devel-

opment of the supply chain on a local basis and the deployment of hydrogen in industry, small and medium-sized enterprises (SMEs) and local transport, starting with the creation of Hydrogen Valleys with the dual objective of regenerating disused industrial areas by rehabilitating them as experimental units for the production of hydrogen from RES systems, located within ex-factories or in neighbouring areas, while fostering the recovery of local economies (Fig. 4).

National and regional public calls, Important Projects of Common European Interest (IPCEI), and/or private investments are the main funding categories, providing a portfolio of initiatives to support industries, authorities, and policy-makers in strengthening existing and planned hydrogen projects and fostering the development of new ones (Gandiglio and Morocco, 2024).

The potential use of unlimited, environmentally friendly and versatile hydrogen – formally introduced by Decreto Legislativo 8 Novembre 2021 n. 199 implementing European Directive EU/2018/2001 (European Parliament and Council of the European Union, 2018), as modified by Directive EU/2023/2413 (European Parliament and Council of the European Union, 2023), and the two Delegated Regulations EU/2023/1184 and EU/2023/1185 (European Commission, 2023a, 2023b) – faces tangible difficulties related to the development and commercial use of this energy vector, due to high production costs, insufficient technological maturity of the sector and some infrastructural gaps (Confindustria, 2020, 2021).

In the current energy panorama, Hydrogen Valleys – defined as hubs and territorial ecosystems of hydrogen produced from the valorisation of locally available renewable resources – take on an experimental character, configured within strategic production areas, such as sites already in possession of a connection to the electricity grid, placed in key positions to be available to the vector's end users (Ficco et alii, 2022). Although many demonstration projects¹ have already recorded interesting outcomes, individual hydrogen technologies – isolated or of limited applicability – still need to be deployed and studied on a large scale, as well as need the definition of legislative guidelines and administrative rules, as well as information actions aimed at promoting their public acceptance, identifying enabling technologies, developing business models, know-how transfer actions and training of new professionals.

Medium-sized cities as drivers for decarbonisation | Economic, social and environmental developments must be framed in a specific territorial dimension and depend on a range of territorial, natural and human resources. To define local development strategies that are focused and environmentally attentive and to understand and quantify their impact, such geospatial diversity becomes both a key and complex element. While the Covid-19 pandemic has placed large cities in front of the need for their rethinking that systematises ecological, social and economic sustainability, it has also brought to the forefront in Italy the livability of medium-sized cities, not only because they are characterised by the coexistence of rural-urban hybrid spaces that already express high sustainability characters, but above all because 68.3% of the Italian population resides here, much

higher percentage than the European average (ISTAT, 2022), all characteristics that make them ideal places where climate-changing emission reduction targets can be met (Bernabò, 2022).

Following the methodological framework underlying the global comparative framework for measuring the urbanisation of a territory along an urban-rural continuum² (UNSC, 2020), Eurostat defines 'intermediate density cities', or more simply 'medium cities', a basic spatial typology of local administrative units (LAUs) midway between a city and a rural area, and being able to confront this dimension means taking into account the complementarities and interdependencies between the different context categories and bringing out the various local peculiarities (European Commission – Eurostat, 2019).

These territorial realities are affected by economic and social transformations ranging from de-ruralisation and industrial growth to decline and relative depopulation, from marginalisation to promoting innovation in local cultural resources, tourism and quality agriculture. In this sense, designing the regeneration of medium-sized cities does not mean operating in terms of comparison with large cities, but instead bringing out their ability to respond to poly-crisis with a positive attitude toward 'cityness' (Garrett-Petts, 2005). Indeed, inherently endowed with a transformative dimension, indicating the ability of a system and its actors to change its organisational structure and create the conditions to promote development, medium-sized cities are moving toward generative practices, emphasising visions of dynamic transformation scenarios and forms of territorial self-organisation (Mayer and Lazzaroni, 2022). The generative drive is also closely linked to promoting context-related factors by identifying characterising activities and enhancing key competencies and local resources.

The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD, 2020) assigns medium-sized cities an essential role in achieving the UN SDGs (UN, 2015) by 2030 – emphasising that 65% of them cannot be achieved without their full involvement – because they are especially well suited to foster local development in a way that is integrated with environmental goals. To achieve all this, there is a need for: a) support for clean and low-carbon hydrogen production that can support the development of economies of scale; b) coordination in production and demand incentives to foster a hydrogen market; c) a clear regulatory framework that defines the development of supply, demand, and supply chain infrastructure; d) a system of regulations on the technical safety of the entire hydrogen supply chain.

Hydrogen generation | In his famous book *Hydrogen Economy*, written more than twenty years ago, Jeremy Rifkin (2014) identified hydrogen as a revolutionary, inexhaustible, necessary, and clean energy source and raised the question of its production. The real question is whether it is possible to use alternative, renewable, non-hydrocarbon family forms of energy – such as photovoltaic, wind, hydroelectric, and geothermal – to generate electricity for use in the electrolytic production process; moreover, the development of new fields of application must go hand in hand with the very increase in hydrogen production. Major markets are

beginning to appear on the horizon, including industrial applications – steel mills, refineries, and cement plants – and mobility infrastructure related to transporting goods and people.

When the resource has become more abundant in the energy market, hydrogen can spread in heating buildings and generating electricity in a mixture with natural gas, also allowing the sectoral coupling between electricity networks and gas – P2H (IRENA Coalition for Action, 2022). The coming years will see a significant transformation in the electricity sector, and hydrogen could be used to store renewable overgeneration in the grid, and even power generation in currently gas-fired thermoelectric plants could be converted to hydrogen.

In the current energy scenario, the possibility of obtaining renewable hydrogen from distributed generation, i.e., a decentralised power generation system in which energy is produced from different sources on a small scale, makes this solution compatible with the local scale, although the high-power consumption, associated costs make this technology still unattractive (Cova and Migliorini, 2021). In order to achieve the ambitious goals of the National Hydrogen Strategy (MASE, 2020), the challenge regarding the installed capacity of electrolyses is highlighted in order to maximise the potential of the energy vector for further end uses; this would allow the allocation of a considerable capacity of RES plants exclusively for hydrogen production, requiring the availability of large areas for their installation.

Furthermore, the contribution of Hydrogen Valleys to energy security implies the availability of raw materials, not only for the production of photovoltaic solar energy and wind turbines, but also for the generation of hydrogen (Reitsma, 2023): one cannot overlook the considerable use of water necessary for the production of large quantities of green hydrogen, a fact that could place limits on the location of projects, considering the current and future contextual conditions to be observed under the lens of climate change that threatens to dramatically alter the availability of the water resource (Setti and Sandri, 2022).

Socio-spatial link | The hydrogen-powered fuel cell technology, meant as a non-polluting machine for generating electricity, is considered the panacea for all ills by Rifkin. Since it is a micro-system that can be installed at the end-user's premises, this would overturn the hierarchical, centralised energy model to give rise to a distributed network of producers-consumers-exchangers, of prosumers and consumers (Fig. 5). A necessary condition for this possible set-up is the support of public institutions for the development of the grid, which would guarantee undifferentiated access to energy and a redistribution of decision-making power in energy matters, through bottom-up activities and widespread participation (Vezzoni, 2024).

In fact, in the current decarbonisation scenario, the energy system is evolving toward a new polycentric dimension spread across territories. The production, transport and consumption of energy invest to such an extent and directly the communities' territorial dimension and the proximity character of renewable resources and diffuse generation facilities that allow redefining the socio-spatial link with energy, reassigning to local communities the role and direct possibility of managing energy

resources and spaces, with the possibility of reinterpreting energy as an element that brings social innovation and promotes local development (European Commission – Joint Research Centre, 2020).

The evolution towards Hydrogen Valleys can be seen as a progression in the transition towards an increasingly sustainable, secure and renewable energy system; it implies a shift from the local dimension – characteristic of Renewable Energy Communities (RECs) – to a larger scale (Tab. 1), requiring additional investments and strategic partnerships and a long-term vision for the transformation of the entire energy ecosystem, as well as multi-sectoral integration and multi-stakeholder collaboration (Skaloumpakas et alii, 2024). The activation of formalisation and engagement processes of the different categories of stakeholders that mobilise the local economic system by including a hydrogen economy – according to top-down and also bottom-up approaches – feeds social cohesion and, at the same time, attributes 'added value' underlying the creation of investment conditions (MASE, 2023a).

From this perspective, the identification of the key actors to be involved and their respective roles makes it possible to build a comprehensive intervention policy and structure appropriate local governance models through the recognition of inherent potential, optimising situations and infrastructure, and dealing with critical nodes from the knowledge and awareness of the underlying territorial dynamics (Battisti and Tucci, 2015).

Distributed energy generation activates a renewed consciousness of place through local actors' involvement in identifying and appropriately using territorial energy resources. Thus, a process of de-territorialisation linked to the decommissioning of fossil fuel systems and re-territorialisation through the conversion of disused production heritage and the related construction of a new value chain based on the use of renewable energy occurs.

Territorial heritage | With the entrance of the 'heritage'³ concept into the field of spatial sciences, this takes on a geographical connotation, not only as point elements but as a whole, and is reread as a process of interdependent evolution between nature and culture. In particular, the enhancement of heritage takes on a dual purpose: on the one hand, it is aimed at economic development through connection to economies of scale; on the other hand, heritage, viewed as a long-lasting resource, becomes part of an identity network of local actors capable of enabling social recognition of the resource itself. This brings out an alternative local development mode, no longer oriented to competitive productivity but rather to creating networks and proximity relations (Pica et alii, 2024).

In this perspective, the regeneration project of the territorial heritage, which the settled communities can reinterpret as a potential energy producer in a holistic view, simultaneously responds to the need for zero-impact energy production and energy security, combining physical transformation, production of goods and services for the community, activation of new forms of partnership and participation, generation of values and common goods with a view to sustainable local development (Kostešić, Vukić and Vukić, 2019).

In particular, the regeneration project of the disused productive heritage, based on zero land consumption logic and retro-innovation⁴ processes aimed at responding to the problems induced by climate change, constitutes an opportunity for the local community to interpret this resource for potential future uses and to define strategies that, starting from the understanding of its reproduction rules, bring added value to the community (Arbab and Alborzi, 2022).

Conclusions | Long-term climate neutrality policies will bring about a paradigm shift in the energy sector, with profound implications for energy security, equity and sustainability, infrastructure requirements, and managing energy sources and vectors. The Hydrogen Valley concept refers to an integrated system on a territorial basis that covers the entire hydrogen value chain, linking production, storage and transport to a wide range of end uses and sectors. Within this framework, brown-field sites are ideal locations as they potentially have the necessary space for RES production to feed hydrogen generation systems while also meeting the zero-land consumption criterion, an operation that offers opportunities for converting existing infrastructures, regenerating these areas, turning them into centres of technological, eco-

nomical and social innovation and investment, job creation and local economic development.

Conceptualised as hubs for cooperation between governments, the private sector, academic institutions and local communities, these initiatives foster integrated approaches and sharing resources, knowledge and experience. Although different in nature, according to the needs determined by the project, the Hydrogen Valleys share common characteristics concerning the production of hydrogen – centralised or distributed – mainly from renewable energy sources and transport through fixed infrastructures, as well as by land and sea; moreover, although the pilot cases are recorded in heterogeneous territorial contexts, the medium-sized areas constitute an invariant that favours the creation of energy autonomy and facilitates its management (Majka et alii, 2023).

In this perspective, the medium-sized city dimension offers fertile ground for developing hydrogen economy-oriented initiatives, combining an ideal dimension that facilitates the coordination and implementation of pilot projects and hydrogen infrastructures on a local basis with the experimentation of new technologies and business models. Local cooperation favours the creation of strategic partnerships due to a strong sense of cohesion, doing possible alternative practices that are diffi-

cult to implement in significant urban contexts.

However, an inadequate regulatory framework, investment and high costs are currently the main barriers to the competitiveness of the energy carrier and the development of larger-scale project solutions (Vivanco-Martín and Iranzo, 2023). In addition, hydrogen still has several unexplored development paths depending on how it is produced, transported and stored. The sector research should dedicate further study to the use of hydrogen in the residential sector, which could significantly boost the supply chain given that, as of 2020, there are about 20 mln gas-fired systems in Italy for heating and domestic hot water production.

In the Italian Integrated Energy and Climate Plan, only a ‘marginal’ role is left to the residential use of hydrogen, pushing towards electrification, not considering its possible future developments; in fact, sustainable hydrogen, like all green gases in general, represents a tangible possibility to decarbonise a building already equipped with the gas distribution network, using, at least partially, existing infrastructure and reducing the necessary investments aimed at limiting the overall environmental impact.

Acknowledgements

The contribution is part of the University research ‘Tool Up [TU] – A multidisciplinary protocol for urban regeneration’, Scientific Responsible: A. Battisti. The following paper is the result of a common reflection of the Authors. Nevertheless, the introduction paragraphs, ‘European policies’, ‘Hydrogen generation’ and ‘Conclusions’ are attributed to A. Battisti, the paragraphs ‘Italian policies’, ‘Medium-sized cities as drivers for decarbonisation’, ‘Socio-spatial link’ and ‘Territorial heritage’ to A. Calvano, supervised by A. Battisti.

Notes

1) The demonstration cases listed below constitute realities already operational in Italy. The criterion that motivated their selection corresponds to experiments in public mobility and power-to-gas systems. In particular, the following should be noted: the H2iseO project by FNM and Trenord, the Brenner Green Corridor project by the Province of Bolzano, the i-Next project by ITAE CNR, the Ingrid and Store&Go projects and the experimental project in Contursi Terme (SA) by Snam. For more information, see the webpages: fnmgroup.it/h2iseo_hydrogen_valley/; news.provincia.bz.it/it/news/brenner-green-corridor-nuove-stazioni-idrogeno-per-l-alto-adige; storeandgo.info/demonstration-sites/italy/; eai.enea.it/archivio/pianeta-idrogeno/cnr-contribution-to-national-development-of-sustainable-hydrogen-technologies.html; snam.it/en/media/news-and-press-releases/news/2020/snam-hydrogen-blend-doubled-to-10-in-contursi-trial.html [Accessed 22 April 2024].

2) The United Nations Statistical Commission (UNSC, 2020) provides a comprehensive comparative framework for measuring the urbanisation of a territory along an urban-rural continuum. The degree of urbanisation, based on a regular grid (geographical grid) of population of 1 square kilometre per cell, classifies – in the specific case – local units as ‘moderate density urban cluster’ considering a population density of at least 300 per 1 square kilometre and with a population of at least 5,000 inhabitants in contiguous cells (clusters).

3) Heritage is a set of material and non-material values that belong to a community or an individual by heritage and/or tradition.

4) Retro-innovation processes are based on actively rediscovering marginal knowledge and translating it into effective links between old and new knowledge. This side of innovations can have great potential for developing viable alternatives for local development.

References

- Arbab, P. and Alborzi, G. (2022), “Toward developing a sustainable regeneration framework for urban industrial heritage”, in *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, vol. 12, issue 3, pp. 263-274. [Online] Available at: doi.org/10.1108/JCHMSD-04-2020-0059 [Accessed 15 March 2024].
- Battisti, A. and Tucci, F. (2015), “Rigenerazione urbana tra qualità ambientale, gestione delle risorse e coesione sociale | Urban regeneration featuring environmental quality, the management of resources and social cohesion”, in *Techne | Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 10, pp. 141-152. [Online] Available at: doi.org/10.13128/Techne-17510 [Accessed 15 March 2024].
- Bernabò, R. (2022), *Città Italia – Dieci visioni e dieci città per una nuova Agenda della provincia italiana*, Il Sole 24 Ore, Milano.
- Confindustria (2021), *Piano d’Azione per l’Idrogeno – Potenzialità dell’industria nazionale nella prospettiva della transizione ecologica e mappatura dei potenziali Off-Takers*. [Online] Available at: [confindustria.it/wcm/connect/737f1918-a488-4117-95e5-b6c9d0c8ed6c/Position+Paper_Piano+d%27azione+per+l%27idrogeno++Focus+Offtaker+Industriali_Confindustria.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-737f1918-a488-4117-95e5-b6c9d0c8ed6c-nWbWgXs](https://wcm/connect/737f1918-a488-4117-95e5-b6c9d0c8ed6c/Position+Paper_Piano+d%27azione+per+l%27idrogeno++Focus+Offtaker+Industriali_Confindustria.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-737f1918-a488-4117-95e5-b6c9d0c8ed6c-nWbWgXs) [Accessed 22 April 2024].
- Confindustria (2020), *Piano d’Azione per l’Idrogeno*. [Online] Available at: [confindustria.it/wcm/connect/552759de-3bb8-472f-a20b-07ab2aa5f21f/Position+Paper_Piano+d%27azione+per+l%27idrogeno_ott+2020_Confindu-](https://wcm/connect/552759de-3bb8-472f-a20b-07ab2aa5f21f/Position+Paper_Piano+d%27azione+per+l%27idrogeno_ott+2020_Confindu-)

[sria.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE-552759de-3bb8-472f-a20b-07ab2aa5f21f-nuhfm09](https://wcm/connect/552759de-3bb8-472f-a20b-07ab2aa5f21f-nuhfm09) [Accessed 22 April 2024].

Cova, B. and Migliorini, L. (2021), *Strategia italiana sull’idrogeno – Quale impatto sul sistema elettrico?*, CESI, Milano. [Online] Available at: cesi.it/app/uploads/2021/10/CESI-Studio-Idrogeno.pdf [Accessed 15 March 2024].

Decreto Legislativo 8 novembre 2021 n. 199, “Attuazione della direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell’11 dicembre 2018, sulla promozione dell’uso dell’energia da fonti rinnovabili (21G00214), in *Gazzetta Ufficiale Repubblica Italiana*, Serie Generale n. 285 del 30/11/2021, Suppl. Ordinario n. 42. [Online] Available at: gazzettaufficiale.it/eli/id/2021/11/30/21G00214/sg [Accessed 15 March 2024].

European Commission – Eurostat (2019), *Methodological manual on territorial typologies – 2018 edition*, Publications Office. [Online] Available at: doi.org/10.2785/930137 [Accessed 15 March 2024]. European Commission – Joint Research Centre (2020), *Social innovations for the energy transition – An overview of concepts and projects contributing to behavioural changes, and increased well-being*. [Online] Available at: data.europa.eu/doi/10.2760/555111 [Accessed 15 March 2024].

European Commission (2023a), *Commission Delegated Regulation (EU) 2023/1184 of 10 February 2023 supplementing Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council by establishing a Union methodology setting out detailed rules for the production of renewable liquid and gaseous transport fuels of non-biological origin*, document 32023R1184, C/2023/1087. [Online] Available at: data.europa.eu/eli/reg_del/2023/1184/oj [Accessed 15 March 2024].

European Commission (2023b), *Commission Delegated Regulation (EU) 2023/1185 of 10 February 2023 supplementing Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council by establishing a minimum threshold for greenhouse gas emissions savings of recycled carbon fuels and by specifying a methodology for assessing greenhouse gas emissions savings from renewable liquid and gaseous transport fuels of non-biological origin and from re-*

cycled carbon fuels, document 32023R1184, C/2023/1086. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A230%3AFIN [Accessed 15 March 2024].

European Commission (2022), *Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – REPowerEU Plan*, document 52022DC0230, 230 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A230%3AFIN [Accessed 15 March 2024].

European Commission (2021), *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – A Hydrogen Strategy for a Climate-neutral Europe*. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0301 [Accessed 15 March 2024].

European Commission (2020), *Powering a climate-neutral economy – Commission sets out plans for the energy system of the future and clean hydrogen*. [Online] Available at: ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_1259 [Accessed 15 March 2024].

European Commission (2019), *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 – The European Green Deal*, document 52019DC0640, 640 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN [Accessed 15 March 2024].

European Commission (2018a), *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 – A Clean Planet for All – A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy*, document 52018DC0773, 773 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52018DC0773 [Accessed 15 March 2024].

European Commission (2018b), *Final Report of the High-Level Panel of the European Decarbonisation Pathways Initiative*. [Online] Available at: data.europa.eu/doi/10.2777/636 [Accessed 15 March 2024].

European Commission (2016), *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 – Clean Energy for All Europeans*, document 52016DC0860, 860 final. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52016DC0860&qid=1713606107255 [Accessed 15 March 2024].

European Parliament and Council of the European Union (2023), *Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023 amending Directive (EU) 2018/2001, Regulation (EU) 2018/1999 and Directive 98/70/EC as regards the promotion of energy from renewable sources and repealing Council Directive (EU) 2015/652*, document 32023L2413, PE/36/2023/REV/2. [Online] Available at: data.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj [Accessed 23 April 2024].

European Parliament and Council of the European Union (2018), *Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast)*, document 32108L2001, PE/48/2018/REV/1. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32018L2001&qid=1713606635772 [Accessed 15 March 2024].

Ficco, G., Arpino, F., Dell'Isola, M., Grimaldi, M. and Lisi, S. (2022), "Development of a Hydrogen Valley for Exploitation of Green Hydrogen in Central Italy", in *Energies*, vol. 15, issue 21, article 8072, pp. 1-10. [Online] Available at: doi.org/10.3390/en15218072 [Accessed 15 March 2024].

Gandiglio, M. and Marocco, P. (2024), "Mapping hydrogen initiatives in Italy – An overview of funding and projects", in *ChemRxiv*, pp. 1-19. [Online] Available at: doi.org/10.26434/chemrxiv-2024-1mssg [Accessed 24 April 2024].

Garrett-Petts, W. (2005), *The small cities book – On the cultural future of small cities*, New Star Books, Vancouver.

Genovese, M., Piraino, F. and Fragiaco, P. (2024), "3E analysis of a virtual hydrogen valley supported by railway-based H2 delivery for multi-transportation service", in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 191, article 114070, pp. 1-22. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.rser.2023.114070 [Accessed 23 April 2024].

IEA – International Energy Agency (2019), *The Future of Hydrogen – Seizing today's opportunities*, Report prepared by the IEA for the G20, Japan. [Online] Available at: iea.org/reports/the-future-of-hydrogen [Accessed 15 March 2024].

IRENA Coalition for Action (2022), *Sector coupling – A key concept for accelerating the energy transformation*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. [Online] Available at: irena.org/Publications/2022/Dec/Sector-coupling-A-key-concept-for-accelerating-the-energy-transformation [Accessed 15 March 2024].

ISTAT (2022), *Popolazione residente e dinamica demografica – Anno 2021*. [Online] Available at: istat.it/it/files/2022/12/CENSIMENTO-E-DINAMICA-DEMOGRAFICA-2021.pdf [Accessed 15 March 2024].

Karjunen, H., Sikiö, P., Lassila, J., Vilppo, J., Räisänen, O., Inkeri, E., Tynjälä, T. and Laaksonen, P. (2022), *South-East Finland Hydrogen Valley – Project report*, Research report, n. 144. [Online] Available at: lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/164642/Southeast%20Finland%20Hydrogen%20Valley%20Report.pdf?sequence=8&isAllowed=y [Accessed 27 April 2024].

Kostešić, I., Vukić, J. and Vukić, F. (2019), "A Comprehensive Approach to Urban Heritage Regeneration", in Obad Šćitaroci, M., Bojanić Obad Šćitaroci, B. and Mrđa, A. (eds), *Cultural Urban Heritage*, Springer, Cham, pp. 65-76. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-030-10612-6_6 [Accessed 15 March 2024].

Majka, A., Klimczyk, M., Kucharski, K. and Muszyńska-Pałys, J. (2023), "Hydrogen Valley as a hub for technological cooperation between science, business, local government and NGOs – An Overview of approach in Europe", in *Torun International Studies*, vol. 1, issue 17, pp. 5-15. [Online] Available at: apcz.umk.pl/TSM/article/view/43458 [Accessed 23 April 2024].

MASE – Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (2023a), *Il ruolo della partecipazione e dello stakeholder engagement nella definizione e attuazione delle politiche per lo sviluppo sostenibile*. [Online] Available at: mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/sviluppo_sostenibile/Il_ruolo_della_partecipazione_per_la_sostenibilit%C3%A0_2023.pdf [Accessed 15 March 2024].

MASE – Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (2023b), *Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima – Italia*. [Online] Available at: mase.gov.it/sites/default/files/PNIEC_2023.pdf [Accessed 15 March 2024].

MASE – Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (2020), *Strategia Nazionale Idrogeno – Linee Guida Preliminari*. [Online] Available at: mimit.gov.it/images/stories/documenti/Strategia_Nazionale_Idrogeno_Linee_guida_preliminari_nov20.pdf [Accessed 15 March 2024].

Mayer, H. and Lazzeroni, M. (2022), *A Research Agenda for Small and Medium-sized Town*, Edward Elgar Publishing. [Online] Available at: doi.org/10.4337/9781800887121 [Accessed 15 March 2024].

MIMIT – Ministero delle Imprese e del Made in Italy (2023), *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza – #Next-GenerationItalia*. [Online] Available at: mimit.gov.it/images/stories/documenti/PNRR_Aggiornato.pdf [Accessed 15 March 2024].

Noussan, M., Raimondi, P. P., Scita, R. and Hafner, M. (2021), "The role of green and blue hydrogen in the energy transition – A technological and geopolitical perspective", in *Sustainability*, vol. 13, issue 1, article 298, pp. 1-26. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su13010298 [Accessed 15 March 2024].

OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2020), *A Territorial Approach to the Sustainable Development Goals – Synthesis Report*. [Online] Available at: doi.org/10.1787/e86fa715-en [Accessed 15 March 2024].

Paltsev, S., Morris, J., Kheshgi, H. and Herzog, H. (2021), "Hard-to-Abate Sectors – The role of industrial Carbon Capture and Storage (CCS) in emission mitigation", in *Applied Energy*, vol. 30, article 117322, pp. 1-11. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117322 [Accessed 15 March 2024].

Pica, V., Baldazzini, A., Miccolis, S. and Venturi, P. (2024), *L'orientamento alla comunità nella rigenerazione territoriale – Comunità, cultura e impatto sociale*, I Quaderni dell'Economia Civile, vol. 12, AICCON Research Center, Forlì. [Online] Available at: aiccon.it/wp-content/uploads/2024/01/Quaderni-dellEconomia-Civile-12_ok.pdf [Accessed 15 March 2024].

Reitsma, A. (2023), *European Hydrogen Valleys – An energy security perspective*, Master International Relations – International Relations and International Organisations (track). [Online] Available at: heavenn.org/wp-content/uploads/2023/07/Master-thesis_AnniekReitsma_European-Hydrogen-Valleys_an-energy-security-perspective_1-gecomprimeerd.pdf [Accessed 24 April 2024].

Rifkin, J. (2014), *Economia all'idrogeno – La creazione del Worldwide Energy Web e la redistribuzione del potere sulla terra*, Mondadori, Milano.

Setti, L. and Sandri, S. (2022), *Studio della sostenibilità economica della filiera di produzione di idrogeno verde backbone italiana*, Re-Common. [Online] Available at: recommon.org/download/studio-sulla-sostenibilita-economica-della-filiera-di-produzione-dellidrogeno-verde-per-una-hydrogen-backbone-italiana/ [Accessed 15 March 2024].

Skaloumpakas, P., Sarmas, E., Rachmanidis, M. and Marinakis, V. (2024), "Reshaping the energy landscape of Crete through renewable energy valleys", in *Scientific Report*, vol. 14, article 8038, pp. 1-13. [Online] Available at: doi.org/10.1038/s41598-024-57471-7 [Accessed 25 April 2024].

UN – United Nations (2015), *Transforming our World – The 2030 Agenda for Sustainable Development*, document A/RES/70/1. [Online] Available at: sdgs.un.org/2030agenda [Accessed 15 March 2024].

UNSC – UN Statistical Commission (2020), *A recommendation on the method to delineate cities, urban and rural areas for international statistical comparisons*, prepared by the European Commission – Eurostat and DG for Regional and Urban Policy – ILO, FAO, OECD, UN-Habitat, World Bank. [Online] Available at: unstats.un.org/unsd/statcom/51st-session/documents/BG-Item3j-Recommendation-E.pdf [Accessed 15 March 2024].

Vezzoni, R. (2024), "How clean is the hydrogen economy? Tracing the connections between hydrogen and fossil fuels", in *Environmental Innovation and Societal Transitions*, vol. 50, article 100817, pp. 1-16. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.eist.2024.100817 [Accessed 15 March 2024].

Vivanco-Martín, B. and Iranzo, A. (2023), "Analysis of the European Strategy for Hydrogen – A Comprehensive Review", in *Energies*, vol. 16, issue 9, article 3866, pp. 1-36. [Online] Available at: doi.org/10.3390/en16093866 [Accessed 24 April 2024].

Weichenhan, U., Kaufmann, M., Hölscher, M. and Scheiner, M. (2022), *Going Global – An update on Hydrogen Valleys and their role in the new hydrogen economy*. [Online] Available at: clean-hydrogen.europa.eu/system/files/2022-09/Hydrogen_Valleys_online_2022.pdf [Accessed 24 April 2024].

