

*The Energy Districts: an Analysis Focused
on a Neighborhood of a Southern Italy City*

DISTRETTI ENERGETICI: UNO STUDIO SU UN QUARTIERE DI UNA CITTÀ DELL'ITALIA MERIDIONALE

Concettina Marino, Antonino Nucara, Maria Francesca Panzera, Matilde Pietrafesa, Angelo Votano

DICEAM - Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Energia dell'Ambiente e dei Materiali,

Università Mediterranea di Reggio Calabria, Via R. Zehender, 89100 - Reggio Calabria, Italia

concettina.marino@unirc.it; antonino.nucara@unirc.it; francesca.panzera@unirc.it;

matilde.pietrafesa@unirc.it; vota.angelo@gmail.com

Abstract

Nowadays the energy transition, which implies the design of a new energy supply and distribution model based on RES, is an urgent course of action. Not only is it crucial to tackle climate change issues, but it is also an opportunity to generate new technical, economic and social development possibilities. In this framework, the implementation of new structures of collective and collaborative economy, such as energy districts and communities, is encouraged by the European Union's development programs as a crucial strategy to mitigate both climate change crisis and economic inequalities as well as socio-environmental injustices.

With a view to providing a contribution to the studies addressing the effectiveness of these new energy management structures, especially in Mediterranean climates, this work proposes an analysis focused on a neighborhood of a city located in the Southern Italy. The results showed that the implementation of RES in an energy district perspective, according to the feasibility granted by the neighborhood features, allowed the balance between energy productivity and needs to be reached.

KEY WORDS: *Energy District, Energy Community, Energy Management, Share Economy.*

1. Introduzione

L'energia è un bene ed un servizio strategico per la crescita e lo sviluppo di un Paese: attuare politiche energetiche di riduzione dei consumi, aumento dell'efficienza energetica e integrazione di impianti rinnovabili di auto-produzione è oltremodo urgente per fronteggiare i cambiamenti climatici e ridurre la dipendenza energetica.

La transizione verso modalità di produzione e consumi energetici più sostenibili è una delle grandi sfide contemporanee. Un sistema energetico a basse emissioni di carbonio si basa sul passaggio da fonti fossili a rinnovabili e la trasformazione del paradigma di generazione elettrica

da centralizzato a distribuito.

In gran parte, tutt'ora, la generazione elettrica ha luogo prevalentemente in grandi centrali termoelettriche, nucleari e idroelettriche, con trasporto dell'energia agli utenti finali attraverso estese linee di trasmissione e distribuzione, con perdite significative. Tale sistema, che si è affermato in virtù dell'elevata efficienza, ha innescato una dipendenza dalle fonti fossili, che oggi, grazie allo straordinario sviluppo delle rinnovabili ed al prepotente avanzamento delle tecnologie digitali, può essere superato. I benefici potenziali del nuovo modello sono di diversa natura, e riguardano il sistema elettrico nel suo complesso (incremento dell'indipendenza energetica,

maggior efficienza, flessibilità e affidabilità della rete], ma anche aspetti economici e sociali (ingresso nel mercato di un gran numero di operatori, maggiore consapevolezza nella gestione dell'energia da parte delle piccole unità locali divenute produttrici/consumatrici).

Nell'ambito di questi nuovi sistemi di produzione, consumo e gestione dell'energia, importanza rilevante assume il settore civile (terziario e residenziale), che fino ad oggi è responsabile del maggior contributo ai consumi (36%), seguito da quello dei trasporti (32%) e dell'industria (23%). L'Italia è il primo paese in Europa per emissioni di CO₂ per usi energetici del comparto civile e tra i primi per consumi di energia primaria; in particolare le città sono responsabili di due terzi dell'approvvigionamento energetico e producono il 70% delle emissioni.

Il parco edilizio italiano dispone di 13,7 milioni di edifici, di cui 12,1 ad uso abitativo, corrispondenti a circa 27 milioni di abitazioni, di cui 22 abitate stabilmente e riscaldate [1].

Il fabbisogno energetico medio di un edificio convenzionale è di 100 kWh/m²anno, per uno di vecchia costruzione (ante D. Lgs. 373/76) di 150 kWh/m²anno (ENEA) [1]: ciò deriva dalla presenza di molti edifici (70%) realizzati prima dell'entrata in vigore delle direttive sull'efficienza energetica (1976), inoltre, il 25% di essi non ha mai subito interventi di manutenzione straordinaria. Rispetto ad un edificio a basso consumo (in Europa la media del fabbisogno è 25-60 kWh/m²anno), i nostri edifici presentano consumi nettamente superiori, con utilizzi eccessivi di combustibili ed elevate emissioni.

Sul tema in EU la *Renovation Wave* (2020) [2] si prefigge di raddoppiare il tasso di riqualificazione energetica degli edifici rispetto ai livelli attuali; in Italia il miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici è uno dei principali obiettivi del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) [3].

Il miglioramento dell'efficienza energetica del settore civile è quindi al centro delle politiche e strategie comunitarie e nazionali volte a innescare e guidare il passaggio verso i nuovi sistemi energetici.

Infatti, anche la Direttiva europea 2018/844 [4] sull'efficienza energetica definisce la generazione distribuita, ossia la produzione decentralizzata di energia attraverso molte unità di piccola taglia che sfruttano risorse locali, come priorità di strategia politica ed economica per i prossimi anni [5, 6].

A differenza delle grandi centrali, con unità produttive di grossa taglia localizzate in singole zone, la generazione distribuita diffonde uniformemente la produzione sul territorio, sfruttando alla fonte le forme di energia presenti e realizzandone la gestione territoriale, con modelli di integrazione tra produzione e consumo sostenibili dal punto di vista economico [7, 8]. Tale modello è particolarmente rilevante a scala di quartiere, nelle reti di media e bassa tensione, dove si collocano i distretti energetici.

Essi realizzano l'interazione tra edifici, integrando diversi sistemi di energia rinnovabile, infrastrutture, mobilità e ICT. Le sorgenti di energia e le esigenze energetiche sono in gran parte condivise tra le differenti utenze, consentendo di ottimizzare la gestione dei flussi, di minimizzare i consumi e di tendere all'autonomia energetica.

Particolarmente interessante è il Distretto a Energia Positiva, un quartiere urbano autosufficiente, che non genera emissioni nette di CO₂, ma produce energia in eccesso rispetto ai propri fabbisogni, reimmettendola in rete. I distretti possono interessare contesti con utenze di diversa natura: residenziali (piccoli comuni, quartieri, condomini), del terziario (ospedali, alberghi, scuole, centri commerciali), trasporti (reti logistiche, aeroporti, stazioni ferroviarie), industriali (vetrerie, cartiere, tessili, ecc.). Inoltre sono parte integrante di un nuovo approccio globale verso un modello di città e urbanizzazione efficiente e sostenibile dal punto di vista sociale, economico e ambientale, da realizzarsi all'interno della transizione energetica in atto: la smart city.

L'ambito delle Smart City & Communities è definito prioritario e strategico sia dal precedente programma europeo Horizon 2020, sia dai 17 obiettivi di sviluppo sostenibile stabiliti dall'ONU e dall'Agenda 2030 [9].

Strategie di urbanizzazione sostenibile sono contenute nel programma Urban Europe, rivolto in particolare ai distretti energetici; mentre, un pacchetto di 8 direttive in materia di energia, approvate nel 2019 con il titolo Energia pulita per tutti gli europei [10], definisce una serie di quadri giuridici adeguati a consentire la transizione energetica e assegnare un ruolo di primo piano ai cittadini nel settore dell'energia.

In questo scenario si colloca l'oggetto del lavoro, che consiste nella riqualificazione energetica di un'area prevalentemente residenziale, ubicata in un quartiere di intensa attività umana (Santa Caterina) nella città di Reggio Calabria in una prospettiva di distretto energetico.

L'obiettivo è quello di fornire un contributo alle analisi rivolte alla valutazione delle potenzialità di queste nuove strutture di gestione energetica, soprattutto nei climi mediterranei, tipici del meridione d'Italia.

2. Struttura di un distretto energetico

Un distretto energetico è caratterizzato da un numero variabile di Smart Building interconnessi attraverso una Smart Micro Grid che permette lo scambio di energia elettrica tra più utenti a livello locale; la rete è detta intelligente in quanto ottimizza la distribuzione, minimizzando i sovraccarichi e le variazioni di tensione elettrica.

Nella struttura del distretto, gli Smart Building producono energia attraverso sistemi di FER, una parte della quale viene autoconsumata per il fabbisogno energetico delle utenze presenti al loro interno, un'altra può essere

immagazzinata attraverso sistemi di accumulo domestico e infine la parte restante viene scambiata con altre utenze attraverso la Smart MicroGrid di distretto: si crea così una diffusione capillare dell'energia che viaggia lungo più nodi e raggiunge ampi bacini di utenti.

Il surplus di energia del distretto viene immagazzinato in accumulatori di energia del distretto o immesso nella rete pubblica.

I sistemi di accumulo giocano un ruolo fondamentale nel funzionamento della struttura appena descritta: fungono da buffer per gli scambi con la rete, consentono di compensare lo sfasamento temporale fra produzione di energia da fonti rinnovabili e domanda, e permettono l'ottimale gestione dei flussi energetici da parte degli utenti finali. Le tecnologie che trovano attualmente integrazione in impianti di generazione da rinnovabile sono sostanzialmente due: l'accumulo elettrochimico tramite batterie, per impianti di piccola taglia, e quello idroelettrico, tramite centrali di pompaggio, per taglie maggiori; gli unici sistemi in grado di interfacciarsi con i piccoli impianti di produzione locale sono le batterie. Esse consentono un maggiore sfruttamento e una migliore gestione dell'energia prodotta, oltre a una riduzione dei picchi, spesso causa di squilibri, dovuti all'aleatorietà delle rinnovabili, livellando i profili di potenza immessi in rete.

Tecnologia differente e in fase di pieno sviluppo è quella dei sistemi di accumulo ad idrogeno, considerato il vettore energetico del futuro per la sua sostenibilità ambientale e versatilità in differenti campi di utilizzo [11, 12].

Tali sistemi si basano sull'utilizzo di celle a combustibile, dispositivi elettrochimici che trasformano l'energia chimica dell'idrogeno in energia elettrica, tramite un processo in cui esso si combina con l'ossigeno, formando acqua. L'idrogeno utilizzato dovrà essere prodotto mediante sistemi green, prima tra tutti l'elettrolisi abbinata ad impianti a fonte rinnovabile. Nei prossimi anni si stima un'ascesa significativa di tali tecnologie, tale da rappresentare un'aliquota rilevante del mercato.

Nella transizione verso i distretti, un ruolo particolarmente importante è svolto dagli edifici ad alta efficienza energetica: i nearly Zero Energy Buildings (nZEB).

Essi combinano due aspetti fondamentali: il miglioramento delle prestazioni energetiche dell'involucro e dell'impianto e la conseguente riduzione del fabbisogno (a), il soddisfacimento del fabbisogno con tecnologie a fonti energetiche rinnovabili (b). Oltre agli nZEB, fondamentale è il ruolo del Plus Energy Building, un edificio residenziale o commerciale connesso alla rete pubblica, che in un anno solare produce più energia da fonti rinnovabili di quella consumata, diventando una piccola centrale elettrica in grado di vendere l'energia che non consuma e di trarre profitto dalla sua sostenibilità.

Gli edifici intelligenti (Smart Building) rappresentano un valore aggiunto; in questo caso, i componenti di involucro e gli impianti sono gestiti in modo intelligente e automa-

tizzato, consentendo di ridurre al minimo il consumo energetico, pur garantendo ottimali condizioni di comfort per gli occupanti.

3. Caso di studio: metodologia di analisi

Lo studio è stato condotto in una porzione del quartiere di Santa Caterina, facente parte del Comune di Reggio Calabria, situato nel nord della città, limitrofo al centro cittadino (vedi Fig. 1). Il quartiere è uno dei più popolosi, di tipo prevalentemente residenziale, con alto indice di urbanizzazione e caratterizzato da elevata densità abitativa. La maggior parte degli edifici risale al periodo 1920-1940, durante il quale fu ricostruito a seguito del devastante terremoto del 1908. Il suo aspetto urbanistico è sostanzialmente di tipo a scacchiera, essendo le vie principali ortogonali fra loro. La zona considerata si estende nel quadrilatero con perimetro delimitato da via Santa Caterina D'Alessandria, via Monte Grappa, via Enotria e via Montevegine, così come illustrato nella figura (vedi Fig. 1).

La metodologia applicata ha previsto inizialmente un confronto tra producibilità di energia derivante dall'installazione di impianti fotovoltaici sulle superfici disponibili degli edifici e fabbisogno totale. Successivamente, si è proceduto in ottica di distretto energetico, applicando il concetto di condivisione e scambio di energia a scala di isolato e di distretto.



Fig. 1 - Vista dall'alto dell'area di intervento.
(fonte: Google EarthTM)

3.1. Classificazione del parco edilizio oggetto di studio

L'area selezionata è caratterizzata da una elevata eterogeneità degli edifici (vedi Fig. 2), che sono stati classificati in funzione della struttura portante, del numero di piani e di interni, della tipologia di tetti e della presenza di attività commerciali. L'area è costituita da 12 isolati per un totale di 66 edifici, costituiti da case mono e bifamiliari o plurifamiliari e condomini. Le prime sono caratterizzate da 1 o 2 interni su 1 o 2 piani fuori terra; di esse, la mag-

gior parte ha struttura portante in muratura e solo poche sono realizzate in cemento armato. Gli edifici plurifamiliari sono caratterizzati da un numero di interni che va da 2 a 6, su un massimo di 3 piani fuori terra, con struttura sia in muratura portante che in cemento armato. I condomini, infine, hanno un numero di interni maggiore di 6 con strutture esclusivamente in cemento armato e un numero minimo di 4 piani fuori terra. Tutte le strutture in muratura portante sono caratterizzate da tetti a falde, mentre quelle in cemento armato da tetti piani.

Dalla figura (vedi Fig. 3) è possibile notare come vi sia bilanciamento tra le diverse tipologie, con il 47% di strutture in cemento armato e tetti piani e il restante 53% in muratura portante e tetti a falde.



Fig. 2 - Mappa dell'area con numerazione degli isolati. (fonte: propria elaborazione)

e dell'orientamento dei pannelli. Il pannello fotovoltaico scelto è un modello in silicio monocristallino, con una potenza di 315 Wp, che utilizza 96 celle solari con tecnologia back-contact, garantendo un'efficienza di conversione in condizioni nominali del 19,3%. Nel caso di tetti piani, per massimizzare la produttività degli impianti, sono state considerate installazioni di pannelli rivolti a Sud con un angolo di inclinazione di 28°; nel caso di moduli installati su tetti inclinati, è stata considerata una disposizione con orientamento ed inclinazione (pari a circa 18°) uguali a quelli del tetto. Per ogni area calcolata è stato decurtato un 10% come margine di sicurezza, ottenendo i risultati riportati in tabella (vedi Tab.1). È stato quindi determinato il numero di moduli installabili e la producibilità totale di distretto, al netto dell'ombreggiamento. Nel caso di tetto piano, è stato considerato l'ombreggiamento tra i moduli, determinando la distanza ottimale tra le file. Considerando l'angolo di inclinazione (28°) e quello di azimut (0°), un'altezza solare di 28,5°, si è stimata una distanza ottimale di 2,72 m. Noto l'ingombro del pannello (1,37 m²), il loro numero è risultato pari a 1.518. Nel caso dei tetti a falde, i moduli seguono l'inclinazione del tetto (circa 18°C) e l'esposizione è vincolata dall'orientamento dell'edificio (Est/Ovest o Sud/Nord); per tenerne conto sono stati considerati fattori correttivi. Per questi edifici il numero di pannelli installabili è risultato pari a 3.813.

Tipologia di edificio	Superficie totale (m ²)
Casa mono/bifamiliare in muratura portante	3.355
Casa mono/bifamiliare in cemento armato	765
Edifici plurifamiliari in muratura portante	6.290
Edifici plurifamiliari in cemento armato	2.150
Condomini	5.540

Tab. 1 - Superfici totali disponibili per ogni tipologia di edificio. (fonte: propria elaborazione)

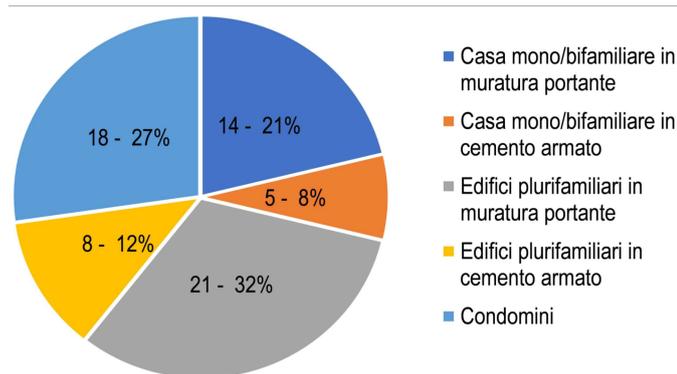


Fig. 3 - Classificazione degli edifici. Il numero assoluto rappresenta il numero di attività commerciali presenti in ciascuna categoria di edifici. (fonte: propria elaborazione)

3.1. Impianto fotovoltaico

La produttività di un impianto fotovoltaico in un determinato intervallo temporale dipende dal prodotto della superficie installata, S , per l'efficienza del sistema, η , per la radiazione solare incidente nell'arco dell'intervallo temporale considerato, I_G , a sua volta funzione dell'esposizione

3.3. Stima del carico elettrico

Noto il numero di abitazioni e la presenza di attività per edificio e per isolato, se ne è stimato il fabbisogno energetico a partire dalla stima del carico delle singole abitazioni. Secondo ARERA (Autorità di Regolazione Energia Reti Ambienti) la spesa per energia elettrica media per anno di una famiglia del Sud Italia è pari a 639 €: considerato il costo medio dell'energia nel 2020 (0,2083 €/kWh), il consumo medio è risultato pari a 3.068 kWh/anno. Per le attività, invece, è stato stimato un consumo di energia elettrica superiore, pari a 5.000 kWh/anno, a causa del numero maggiore di apparecchiature elettriche e dei loro maggiori assorbimenti. Il fabbisogno totale stimato per l'intero distretto è risultato

pari a 1.475 MWh/anno.

3.4. Analisi energetica

La produttività energetica e il fabbisogno medio sono stati determinati per l'intero distretto, confrontandoli al variare della scala. In primo luogo, l'analisi è stata realizzata alla scala di isolato, valutando per ogni edificio la differenza tra il carico e l'energia producibile; successivamente, si è considerata la scala di distretto, considerando tutti gli isolati presenti.

3.4.1. Scala di isolato

In questo caso, per ogni isolato si è confrontata la produzione energetica con il fabbisogno. Se il fabbisogno è stato ipotizzato costante per ogni abitazione e dipende strettamente dal loro numero negli edifici, la producibilità è funzione della tipologia: gli edifici con maggiore sviluppo in altezza, quali quelli plurifamiliari e i condomini, occupano una superficie in pianta ridotta, che si traduce in una minore superficie disponibile e quindi in un minor numero di pannelli installabili; viceversa, le altre tipologie, principalmente gli edifici di più vecchia costruzione, si sviluppano in lunghezza o in larghezza su un numero ridotto di piani, e questo accresce l'area disponibile per l'installazione.

Nelle figure (vedi Figg. 4, 5 e 6) è riportato il confronto tra producibilità e fabbisogno degli edifici appartenenti ai tre isolati, individuati con i numeri 10, 11 e 12 e caratterizzati rispettivamente da un bilancio energetico quasi nullo (surplus annuo 0,93 MWh), dai massimi consumi e dalla massima producibilità. L'isolato 11, oltre ad essere quello con il consumo elettrico maggiore, risulta essere il penultimo per producibilità, poiché tutti gli edifici dai quali è composto sono condomini. Risultati opposti sono ottenuti per l'isolato 12, che presenta il differenziale maggiore tra produzione e consumo, pari a +163 MWh/anno, coprendo differenziali negativi come quelli dell'isolato 11 ad esso adiacente, e consentendo di reimmettere sulla microgrid di quartiere un surplus energetico.

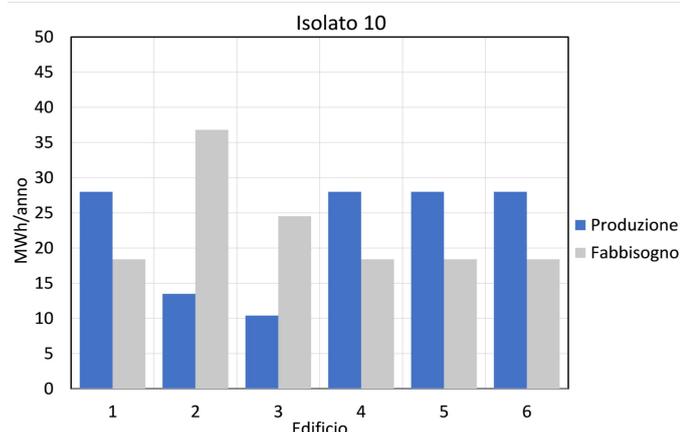


Fig. 4 - Confronto tra producibilità e fabbisogno energetico per gli edifici dell'isolato 10. (fonte: propria elaborazione)

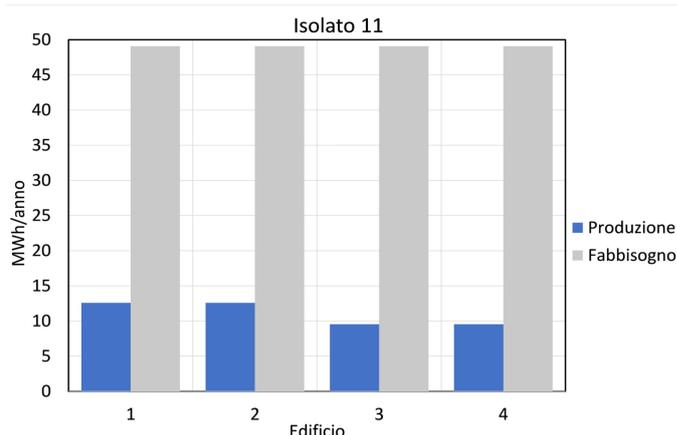


Fig. 5 - Confronto tra producibilità e fabbisogno energetico per gli edifici dell'isolato 11. (fonte: propria elaborazione)

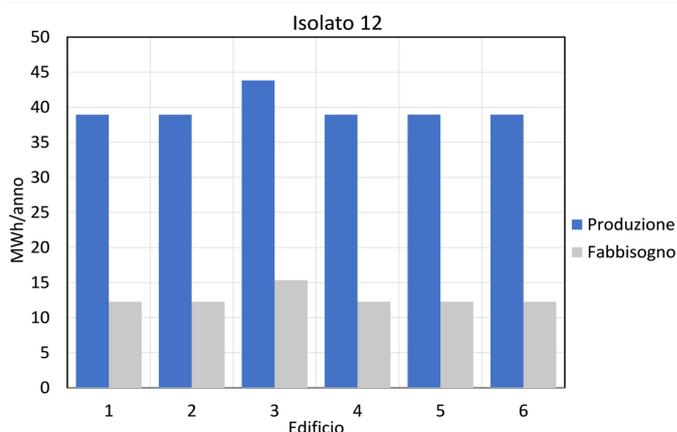


Fig. 6 - Confronto tra producibilità e fabbisogno energetico per gli edifici dell'isolato 12. (fonte: propria elaborazione)

3.4.2. Scala di distretto

I risultati delle analisi riguardanti l'intero distretto, considerando tutti i dodici isolati, sono riportati nella figura (vedi Fig. 7); nella figura (vedi Fig. 8) è invece riportata la differenza tra producibilità e fabbisogno di ogni isolato.

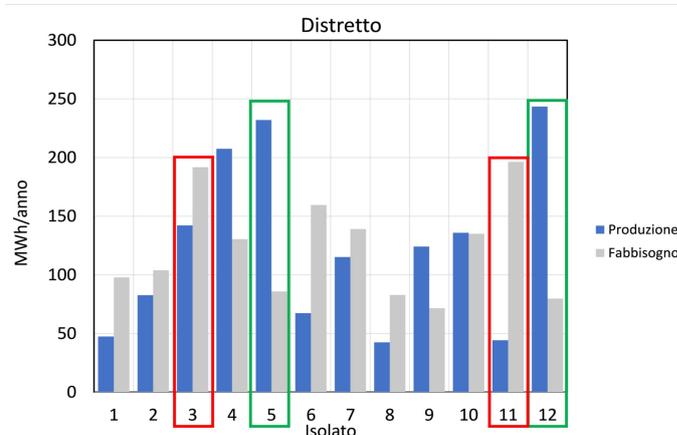


Fig. 7 - Confronto tra producibilità e fabbisogno energetico di ogni isolato. (fonte: propria elaborazione)

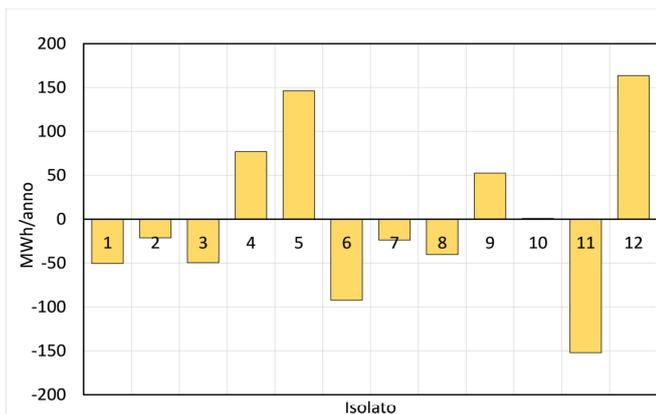


Fig. 8 - Differenza tra producibilità e fabbisogno energetico di ogni isolato.
(fonte: propria elaborazione)

È possibile notare come gli isolati con i picchi maggiori di consumo siano il 3 e l'11 (in rosso), mentre quelli con la maggiore producibilità il 5 e il 12 (in verde): queste condizioni sono strettamente legate alla loro conformazione ed in particolare il 3 e l'11 presentano la più alta densità abitativa e quindi i maggiori fabbisogni.

La producibilità e il fabbisogno dell'intero distretto evidenziano equilibrio, con un surplus energetico di soli 9,57 MWh/anno, che a sua volta potrebbe essere immagazzinato, per poi essere riutilizzato all'interno dello stesso distretto.

4. Conclusioni

Il lavoro affronta il tema, più che mai attuale, della transizione energetica, intesa come costruzione di un nuovo modello di organizzazione energetica e sociale basato su produzione e consumo di energia proveniente da fonti rinnovabili. Tale trasformazione non è ormai più una scelta, ma una necessità, che diviene anche un'opportunità per creare nuovi modelli di produzione e abbracciare nuovi comportamenti eco-sostenibili.

In tale scenario, l'attivazione di nuove forme di azione collettiva e di economie collaborative, quali i distretti energetici, è ormai al centro dei programmi dell'Unione Europea e ne costituisce i punti cardine.

In quest'ambito, obiettivo del lavoro è stata la riqualificazione energetica di una zona del quartiere di S. Caterina nel Comune di Reggio Calabria (Italia), nel quale è stata attuata una gestione dell'energia in ottica di distretto energetico, evidenziandone i benefici ottenibili.

Applicando il concetto di condivisione e scambio di energia fra le varie utenze, a varie scale abitative (isolato, distretto), sono stati individuati i benefici in termini energetici, dati dalla riduzione dei surplus e/o deficit di

energia per i singoli edifici.

Analizzando dodici isolati appartenenti al quartiere in esame, si è osservato come in termini di distretto si riesca ad ottenere un bilanciamento fra la produzione e la domanda di energia, con un surplus di 9,57 MWh/anno.

Bibliografia

- [1] Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA) e Comitato Termotecnico Italiano (CTI) - Rapporto annuale 2020. Certificazione Energetica degli Edifici, 2020
- [2] European Commission A Renovation Wave for Europe - Greening our buildings, creating jobs, improving lives, Communication COM/2020/662 final, 2020
- [3] MISE, MATTM, MIT, Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima 2030. Maggiori informazioni su: https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PNIEC_finale_17012020.pdf
- [4] Parlamento Europeo e Consiglio dell'Unione Europea. Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency. Maggiori informazioni su: <http://data.europa.eu/eli/dir/2018/844/oj>
- [5] Marino C., Nucara A., Panzera M. F., Pietrafesa M.: *Towards the nearly zero and the plus energy building: Primary energy balances and economic evaluations*. In: Thermal Science and Engineering Progress, vol. 13, art. n. 100400, 2019
- [6] Bevilacqua P., Morabito A., Bruno R., Ferraro V., Arcuri N.: *Seasonal performances of photovoltaic cooling systems in different weather conditions*. In: Journal of Cleaner Production, vol. 2721, art. n. 122459, 2020
- [7] Narayanan A., Mets K., Strobbe M., Devellder C.: *Feasibility of 100% renewable energy-based electricity production for cities with storage and flexibility*. In: Renewable Energy, vol. 134, pp. 698 - 709, 2019
- [8] Malara A., Marino C., Nucara A., Pietrafesa M., Scopelliti F., Streva G.: *Energetic and economic analysis of shading effects on PV panels energy production*. In: International Journal of Heat and Technology, vol. 34, n. 3, pp. 465 - 472, 2016
- [9] UN General Assembly, Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development, October 2015, A/RES/70/1, <https://www.refworld.org/docid/57b6e3e44.html>
- [10] European Commission, Clean Energy for all Europeans Package, 2019. Maggiori informazioni su: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package_en
- [11] Carbone R., Marino C., Nucara A., Panzera M.F., Pietrafesa M.: *A case-study plant for a sustainable redevelopment of buildings based on storage and reconversion of hydrogen generated by using solar energy*. In: ArchHistoR, vol. 6, pp. 596 - 615, 2019
- [12] Marino C., Nucara A., Panzera M. F., Pietrafesa M., Varano V.: *Energetic and economic analysis of a stand-alone PV system with hydrogen storage*. In: Renewable Energies, vol. 142, November 2019, pp. 316 - 329. Elsevier, 2019

