

POLITECNICO DI TORINO

Laurea Magistrale in Ingegneria Edile

Tesi di Laurea Magistrale

Condivisione dell'energia elettrica su scala condominiale

Strategie applicate ad un caso studio italiano



Relatore:

Paolo Piantanida

Azienda:

Studio Bilardo

Correlatore:

Matteo Bilardo

Candidato:

Martina Lauro

Ottobre 2023

Indice

ABSTRACT	8
1. INTRODUZIONE	10
1.1. L'IMPATTO DEL SETTORE RESIDENZIALE	13
1.2. LA CONDIVISIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA	14
1.3. OBIETTIVI E STRUTTURA DELLA TESI	15
2. PANORAMA NORMATIVO E METODOLOGIA DI CALCOLO RIGUARDANTI LA CONDIVISIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA	17
2.1. L'EUROPA E LA DIRETTIVA UE 2018/2011 RED II	17
2.2. LA NORMATIVA ITALIANA	18
2.2.1. LA LEGGE 8/2020	18
2.2.2. IL MODELLO DI REGOLAZIONE E LA DELIBERAZIONE ARERA 318/2020	19
2.2.3. L'INCENTIVAZIONE: D.M. 16 SETTEMBRE 2020	22
2.2.4. SOVRAPPOSIZIONE CON ALTRE DETRAZIONI FISCALI	22
2.2.5. GSE: REGOLE TECNICHE PER L'ACCESSO AL SERVIZIO DI VALORIZZAZIONE E INCENTIVAZIONE DELL'ENERGIA CONDIVISA	23
2.2.6. L'ENERGIA IMMESSA IN RETE E LA SUA INCENTIVAZIONE	26
2.2.7. METODOLOGIA DI CALCOLO PER IL CORRISPETTIVO IN SINTESI	29
3. SCHEMI E MODELLI PER LA CONDIVISIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA	31
3.1. CONFIGURAZIONE VIRTUALE	31
3.2. CONFIGURAZIONE FISICA	33
3.3. DAL CASO SEMPLICE AL CASO GENERALE	34
3.4. APPLICAZIONE AD UN CASO REALE	36
4. IL CASO STUDIO	37
4.1. IL CONTESTO	37
4.2 LA PROPOSTA PROGETTUALE ARCHITETTONICA	43
4.3. CARATTERISTICHE ENERGETICHE	47
5. ANALISI DEL COMPORTAMENTO ENERGETICO DEL CASO STUDIO	53

5.1. DAL CALCOLO MEDIO MENSILE AL CALCOLO DINAMICO ORARIO	53
5.2. I PROFILI DI CONSUMO: IPOTESI	53
5.3. IL CALCOLO DINAMICO DEI CONSUMI ELETTRICI PER CLIMATIZZAZIONE E ACS	58
5.4. CONFRONTO TRA DIVERSI PROFILI DI CONSUMO	61
5.5. CALCOLO DELL'ENERGIA ELETTRICA RICHIESTA PER USI DOMESTICI	65
5.6. IL PROFILO DI PRODUZIONE	67
<u>6. RISULTATI: IL CALCOLO DEL CORRISPETTIVO</u>	<u>69</u>
6.1. IL CALCOLO DELLE RESTITUZIONI TARIFFARIE	69
6.1.1. RITIRO DELL'ENERGIA	70
6.1.2. INCENTIVAZIONE DELL'ENERGIA CONDIVISA	72
6.1.3. RESTITUZIONE DELLE COMPONENTI TARIFFARIE	73
6.2. RELAZIONE TRA ENERGIA CONDIVISA, IMMESA E PRELEVATA	73
6.3. VALUTAZIONE DELL'INVESTIMENTO	75
<u>7. RISULTATI: RIPARTIZIONE DEL CORRISPETTIVO</u>	<u>79</u>
7.1. METODO DELLA VIRTUOSITÀ PER LA RIPARTIZIONE DEL CORRISPETTIVO	79
7.2 RIPARTIZIONE DEL CORRISPETTIVO PER IL CASO STUDIO REALE	82
<u>8. CONCLUSIONI</u>	<u>85</u>
<u>9. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA</u>	<u>87</u>
<u>RINGRAZIAMENTI</u>	<u>89</u>

Lista delle figure

- Figura 1-Consumo mondiale di energia primaria dal 1965 a oggi
- Figura 2-Emissioni globali di CO2 dal 1750 al 2019
- Figura 3-Variazione della temperatura media annua rispetto ai livelli pre-industriali
- Figura 4-Mix di energia primaria totale dal 2001 al 2021
- Figura 5-Percentuali di consumo di carbone, gas naturale e risorse rinnovabili dal 2001 al 2021
- Figura 6-Impatto del settore residenziale sui consumi finali di energia ed emissioni
- Figura 7-Prezzo di acquisto dell'energia da parte del gestore di rete per il giorno 8 giugno 2020 (media nazionale)
- Figura 8-Periodo di picco settimanale
- Figura 9-Prezzo zonale di vendita per il giorno 8 giugno 2020
- Figura 10-Schema riassuntivo di calcolo del corrispettivo mensile
- Figura 11-Schema di condivisione dell'energia attraverso configurazione virtuale
- Figura 12-Schema di condivisione dell'energia attraverso configurazione fisica
- Figura 13-Schema generale di condivisione dell'energia
- Figura 14-Localizzazione Comune di Collegno
- Figura 15-Lotto di collocazione dell'intervento
- Figura 16-Vincoli di natura varia nell'area di interesse
- Figura 17-Mappa del rischio idrologico
- Figura 18-Mappa del rischio geomorfologico
- Figura 19-Inquadramento del lotto nella zona Santa Maria-Regina Margherita
- Figura 20-Estratto di mappa tipologica
- Figura 21-Pianta generale lotto d'intervento
- Figura 22-Disposizione schematica unità immobiliari
- Figura 23-Schema 3D dell'edificio con indicazione degli elementi architettonici caratteristici
- Figura 24-Vista prospettica dell'intervento 1
- Figura 25-Vista prospettica dell'intervento 2
- Figura 26-Soluzione costruttiva in calcestruzzo cellulare Ytong
- Figura 27-Curve di regolazione climatica della pompa di calore
- Figura 28-Diagramma di Mollier
- Figura 29-Caratteristiche dimensionali del pannello fotovoltaico
- Figura 30-Disposizione dei pannelli fotovoltaici in copertura
- Figura 31-Ripartizione oraria giornaliera degli usi di acqua calda sanitaria per il profilo standard
- Figura 32-Ripartizione oraria giornaliera dell'elettricità per usi domestici per il profilo standard

Figura 33-Ripartizione oraria giornaliera degli usi di acqua calda sanitaria per il profilo non virtuoso

Figura 34-Ripartizione oraria giornaliera dell'elettricità per usi domestici per il profilo non virtuoso

Figura 35-Ripartizione oraria giornaliera degli usi di acqua calda sanitaria per il profilo virtuoso

Figura 36-Ripartizione oraria giornaliera dell'elettricità per usi domestici per il profilo virtuoso

Figura 37-Consumi termici ed elettrici in ordine cronologico per il profilo standard

Figura 38-Consumi termici ed elettrici ordinando gli intervalli orari da quelli a maggior consumo a quelli a minore per il profilo standard

Figura 39-Consumi termici ed elettrici in ordine cronologico per il profilo virtuoso

Figura 40-Consumi termici ed elettrici ordinando gli intervalli orari da quelli a maggior consumo a quelli a minore per il profilo virtuoso

Figura 41-Consumi termici ed elettrici in ordine cronologico per il profilo non virtuoso

Figura 42-Consumi termici ed elettrici ordinando gli intervalli orari da quelli a maggior consumo a quelli a minore per il profilo non virtuoso

Figura 43-Dati in input per il calcolo dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico sul software PVGIS

Figura 44-Grafico delle componenti del corrispettivo mensile

Figura 45-Grafico relativo all'energia immessa in rete mensilmente

Figura 46-Grafico relativo alla radiazione solare totale per l'anno 2020

Figura 47-Andamento annuale del Prezzo Zonale Orario per il 2020

Figura 48-Grafico relativo all'energia condivisa mensilmente

Figura 49-Energia prelevata dalla rete nei vari mesi dell'anno

Figura 50-Confronto tra energia condivisa, immessa in rete e prelevata dalla rete, a livello mensile

Figura 51-Confronto tra energia condivisa, immessa in rete e prelevata dalla rete per il giorno 31 dicembre 2020

Figura 52-Confronto tra energia condivisa, immessa in rete e prelevata dalla rete per il giorno 15 luglio 2020

Figura 53-Esempio di confronto tra un profilo di produzione e quattro profili di consumo diversi

Figura 54-Esempio semplificato di confronto tra tre profili e la curva di produzione

Lista delle tabelle

Tabella 1-Tariffe di trasmissione per i vari tipi di utenza, dal 2020 al 2023

Tabella 2-Tariffe di distribuzione per vari tipi di utenza, dal 2020 al 2023

Tabella 3-Coefficienti per il calcolo della potenza d'obbligo da realizzare da fonti rinnovabili

Tabella 4-Tariffe a copertura dei costi amministrativi

Tabella 5-Prezzi minimi garantiti per diversi tipi di impianto di produzione, per l'anno 2020

Tabella 6-Riassunto delle grandezze coinvolte nel calcolo del corrispettivo

Tabella 7-Valori dei parametri normativi da P.r.g.c. per la data tipologia edilizia

Tabella 8-Componenti dell'involucro dell'edificio in progetto

Tabella 9-Caratteristiche elettriche del pannello fotovoltaico

Tabella 10-Profili di occupazione, temperatura e apporti sensibili interni per le attività commerciali

Tabella 11-Profili standard di occupazione, temperatura e apporti sensibili interni

Tabella 12-Profili virtuosi di occupazione, temperatura e apporti sensibili interni

Tabella 13-Tabella dei COP a pieno carico e carico parziale dichiarata dal fabbricante

Tabella 14-Tabella degli EER dichiarata dal fabbricante per diversi valori di temperatura del pozzo caldo

Tabella 15-Consumo totale annuo di energia elettrica per usi domestici

Tabella 16-Impatto dei consumi elettrici per usi domestici sui prelievi totali

Tabella 17-Componenti del corrispettivo mensile

Tabella 18-Computo metrico per la realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza pari a quella in eccesso rispetto a quella obbligatoria

Tabella 19-Componenti del corrispettivo dovute relative alla potenza installata in eccesso a quella obbligatoria

Tabella 20-Calcolo del tempo di ritorno dell'investimento

Tabella 21-Produzione totale e consumi totali dei quattro profili di esempio (senza unità di misura)

Tabella 22-fattori di virtuosità ottenuti per i quattro profili d'esempio

Tabella 23-Fattori di virtuosità normale per i quattro profili d'esempio

Tabella 24-Fattori di virtuosità e fattori di virtuosità normale per ciascuna unità immobiliare

Tabella 25-Confronto tra i vari metodi di ripartizione del corrispettivo tra le varie unità immobiliari

Lista degli allegati

Allegato 1-Planimetria generale

Allegato 2-Conteggi

Allegato 3-Piante

Allegato 4-Prospetti e sezioni

Allegato 5-Verifiche di legge

Allegato 6-Programma Python

Abstract

IT Il tema dell'efficientamento energetico costituisce, oggi, uno dei principali argomenti di dibattito nel campo dell'edilizia e non solo. A livello globale, il settore delle costruzioni è responsabile del 36% degli usi finali di energia e del 37% delle emissioni di CO₂; è, dunque, evidente la necessità di intervento e sviluppo tecnologico in tale ambito. Nonostante gli incentivi economici forniti dai governi abbiano dato impulso all'utilizzo delle fonti rinnovabili, al miglioramento dell'involucro degli edifici e all'utilizzo di generatori ad alte prestazioni, tale crescita non costituisce, sicuramente, il punto di arrivo.

Tra le tante altre problematiche relative al mondo dell'energia, inoltre, ne esiste una legata alla continua crescita degli impianti di climatizzazione che utilizzano, come vettore energetico, l'elettricità. Sebbene si tratti di impianti ad elevata efficienza, con emissioni ridotte e di semplice integrazione con sistemi a fonti rinnovabili, questi richiedono il trasporto, lungo la rete, di grandi quantità di elettricità. Poiché tale trend è destinato a crescere, sarà necessario un potenziamento delle reti di distribuzione, con relativo aumento degli oneri a carico degli utenti finali.

Una possibile soluzione, proposta in questa tesi, è la condivisione dell'energia autoprodotta all'interno di piccole realtà, come quella condominiale, definita anche "Gruppo di autoconsumo energetico".

Per rendere tale configurazione funzionale, è necessario che gli scambi energetici avvengano in maniera istantanea, coordinando, il più possibile, produzione e

EN Energy efficiency is, nowadays, one of the main discussion topics in the construction field and more. Globally, building industry is responsible for the 36% of energy final uses and the 37% of CO₂ emissions. Thus, it is evident the necessity of intervention and technological development in this field. Even though government incentives have given a strong impulse to renewable sources use, envelope improvement and high efficiency generators spread, this growth doesn't represent the end point.

Among the energetic issues, moreover, there is the one about the continuous growth of conditioning systems using electricity, as energy vector. Even if they are characterized by high efficiency, reduced emissions and easy coupling with renewable energy plants, they require the transport of high quantities of electricity, across the distribution grid. Since this trend is destined to grow up, it will be necessary an implementation of the distribution grid, that will cause an increment of the final user taxes.

A possible solution, proposed in this thesis, is the self-produced energy sharing, inside small realities, such as a multifamily residential building. It is defined "Collective Self-Consumption".

In order to make this solution efficient, it is necessary to have instantaneous energy exchanges, by coordinating, as much as possible, production and consumption. Thus, the effectiveness will strongly depend on final users' behavior. After having explored Italian standards framework, this thesis provides an innovative method due to incentive the users' awareness.

consumo. L'efficacia di un gruppo di autoconsumo dipenderà fortemente dai comportamenti dei singoli utenti finali. Questo lavoro, dopo aver esplorato il panorama normativo vigente in Italia, propone un metodo innovativo per incentivare comportamenti consapevoli degli utenti di un gruppo di autoconsumo.

Il metodo proposto è stato applicato ad un caso studio reale, costituito da un edificio residenziale a cinque piani fuori terra, con attività commerciali al piano terra, sito nel comune di Collegno (TO). Dopo aver caratterizzato l'edificio dal punto di vista termo-fisico, è stata simulata una procedura di calcolo del corrispettivo, secondo la normativa vigente. Infine, è stato confrontato il metodo tradizionale di ripartizione del corrispettivo con la metodologia innovativa illustrata in questo lavoro.

I risultati ottenuti hanno dimostrato come un corretto utilizzo dell'energia, virtuoso rispetto alla disponibilità energetica da fonti rinnovabili, possa premiare, non solo gli utenti dal punto di vista economico, ma rappresenti un ulteriore passo verso la decarbonizzazione del settore edilizio.

The proposed method was applied to a real case study, consisting in a four-floor residential building, with commercial activity at the ground floor, located in Collegno (TO). After having characterized it, from the thermos-physic point of view, it was calculated the money remuneration, according to the procedure given by the standards. Finally, it was compared the traditional method of distribution of this money amount, among the tenants, with the innovative procedure shown in this thesis work.

The results show as a correct energy use, taking into account the energy produced by renewable sources plants, can both economically reward users and help in the decarbonization of the building industry.

1. Introduzione

A seguito di una continua crescita della popolazione mondiale, passata da 1.6 miliardi nel 1900 ai più di 8 miliardi attuali, e di un generale aumento della richiesta energetica pro capite, la richiesta globale di energia sta aumentando in maniera rapida e incontrollata. Come si può notare, in Figura 1, riguardante i consumi mondiali di energia primaria, nel 2021 sono stati consumati quasi 600 EJ di energia.¹

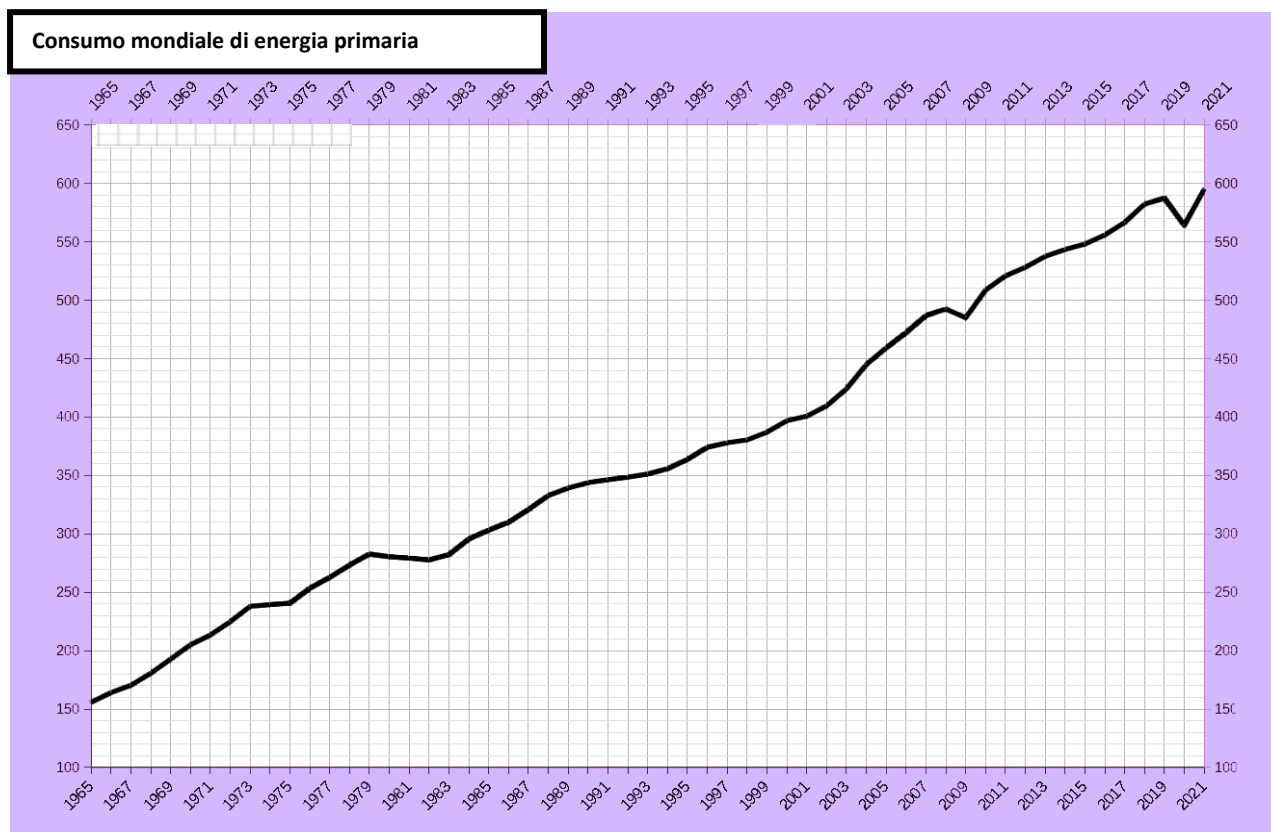


Figura 1-Consumo mondiale di energia primaria dal 1965 a oggi

Uno scenario di questo tipo si scontra con le capacità rigenerative del pianeta Terra e non sono ormai sottovalutabili problematiche quali:

- *imminente esaurimento delle risorse non rinnovabili*, quali carbone, prodotti petroliferi e gas naturale, stimato entro circa 150 anni, se estratte a ritmo odierno, e senza considerare la possibile scoperta di nuovi giacimenti;
- *aumento delle emissioni di CO₂*, con conseguente aumento dell'inquinamento e peggioramento della qualità della vita sulla Terra. Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, l'inquinamento atmosferico è responsabile di 7 milioni di decessi ogni anno, rappresentando così la quarta causa di morte a livello globale. Si stima, infatti, che solo negli ultimi tre decenni è stata immessa in atmosfera una quantità di anidride carbonica maggiore di quella dei 200 anni precedenti. Questo incremento ha portato ad avere, nel 2019, una concentrazione media annua di 416 ppm di CO₂ in atmosfera, come riportato in Figura 2;

¹ Dati tratti da "BP" sezione "Energy economics; Statistical review of world energy"

Emissioni globali di CO2 in miliardi di tonnellate

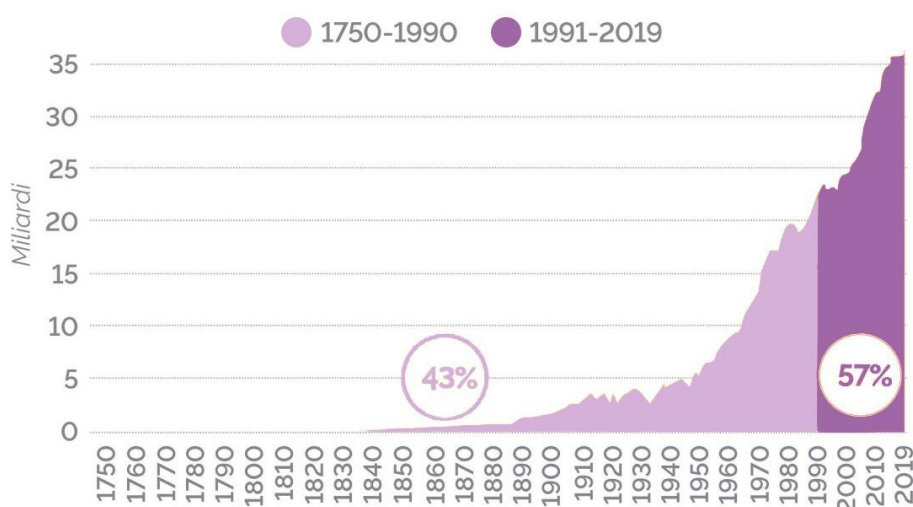


Figura 2-Emissioni globali di CO2 dal 1750 al 2019

- *incremento della temperatura globale*: dal periodo preindustriale (tra il 1850 e il 1900), si stima che le attività umane abbiano aumentato la temperatura media globale della Terra di circa 1°C. Un numero che continua a crescere di 0.2 °C per decennio. Secondo l'ultimo rapporto dell'UNFCCC², senza ulteriori misure di mitigazione il mondo è su una traiettoria di aumento della temperatura di 2.7 °C entro la fine del secolo, ben superiore al target di 1.5 °C stabilito negli accordi di Parigi³. Si riporta l'andamento dell'aumento della temperatura globale in Figura 3.

Variazione (in °C) della temperatura media annua della superficie terrestre rispetto ai livelli pre-industriali

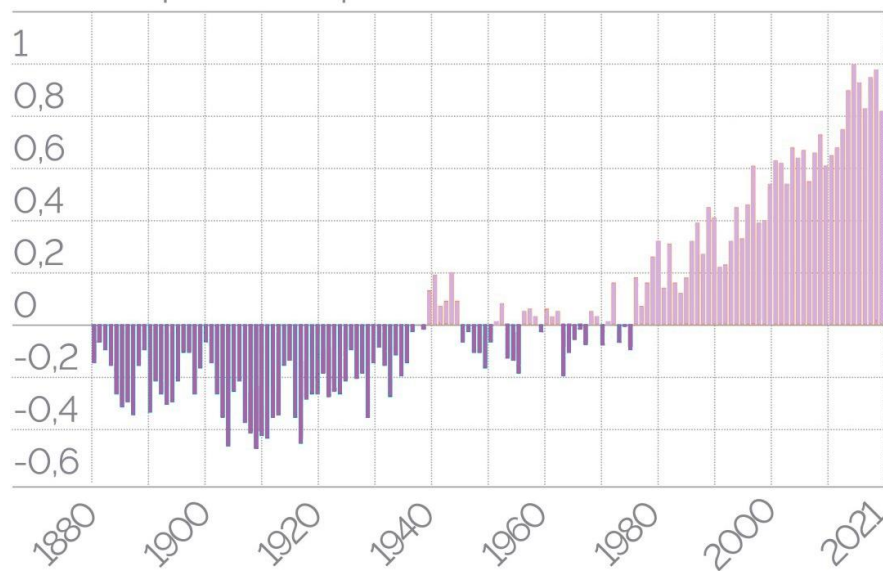


Figura 3-Variazione della temperatura media annua rispetto ai livelli pre-industriali

² UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), Convenzione quadro sui cambiamenti climatici delle Nazioni Unite, approvata nell'ambito della Conferenza sull'ambiente e sullo sviluppo delle Nazioni Unite di Rio de Janeiro nel 1992

³ L'accordo di Parigi sui cambiamenti climatici è il primo accordo universale, giuridicamente vincolante sul clima a livello mondiale. È stato firmato il 22 aprile 2016.

Dai dati riportati, è possibile notare quanto siano insufficienti le azioni di mitigazione intraprese fino ad ora; nonostante, annualmente, la quota parte di energia rinnovabile prodotta a livello mondiale incrementi, lo fa ad un ritmo assolutamente non sufficiente ad evitare le conseguenze riportate in precedenza e a compensare il continuo aumento della domanda energetica globale.

Dalla Figura 4, in basso, riguardante il mix di energia primaria consumato, si evince quanto ancora si faccia affidamento alle risorse non rinnovabili, corrispondenti all'86.5% del totale. In Figura 5, viene analizzata la percentuale di consumo delle componenti di carbone, gas naturale e risorse rinnovabili, dal 2001 al 2021.

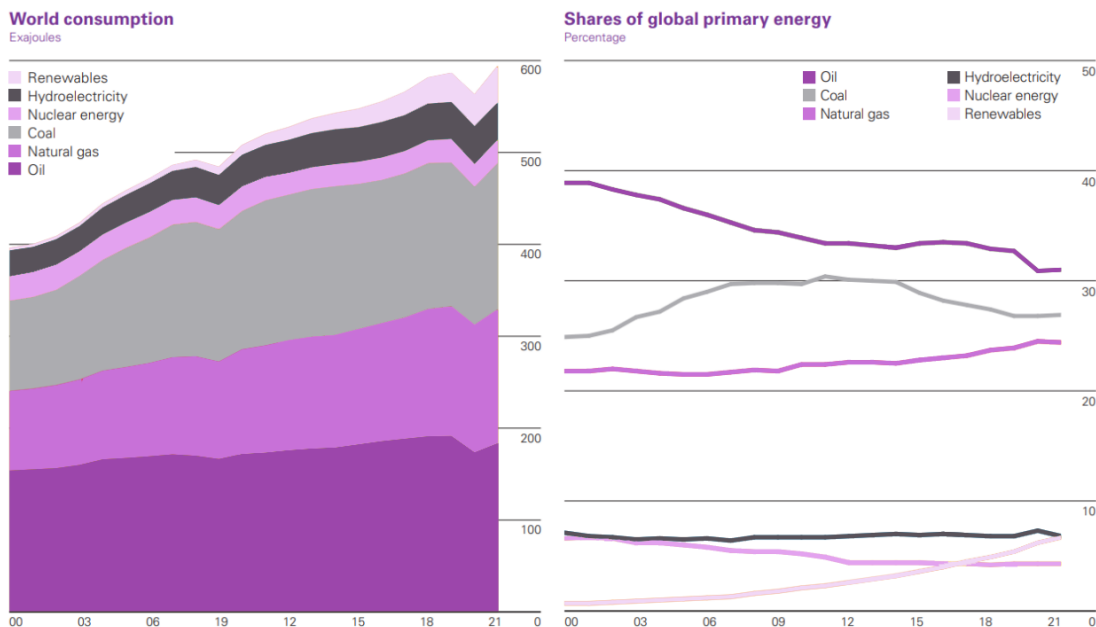


Figura 4-Mix di energia primaria totale dal 2001 al 2021

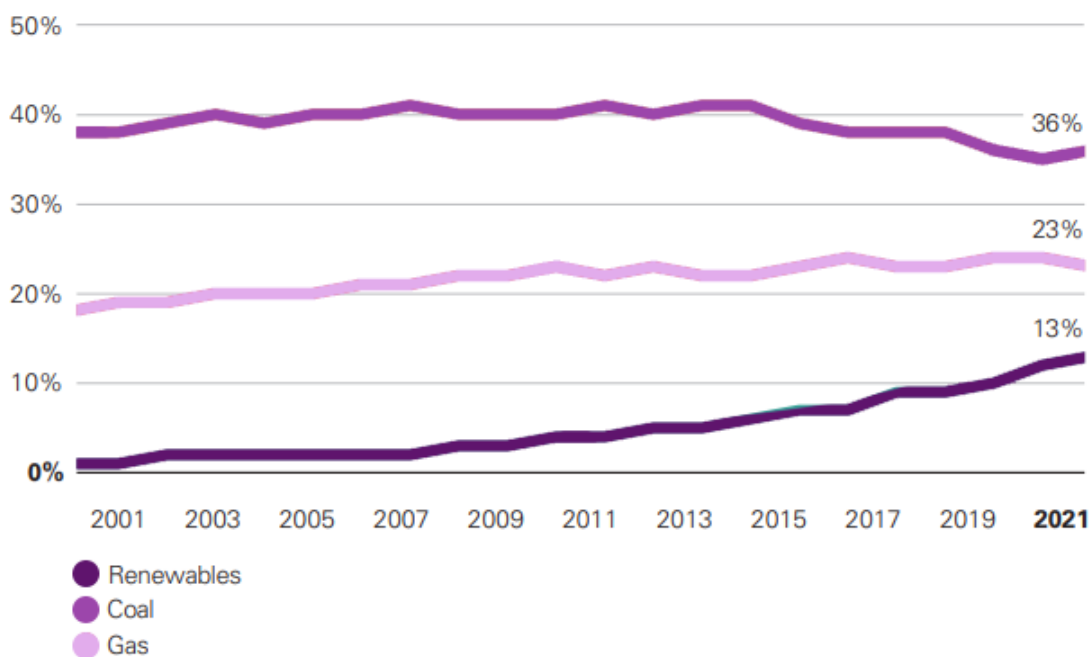


Figura 5-Percentuali di consumo di carbone, gas naturale e risorse rinnovabili dal 2001 al 2021

Ciononostante, la percentuale di crescita, negli ultimi due anni analizzati (2019-2021), della produzione di energia da fonti rinnovabili, ha superato quella di carbone e gas naturale, combinati insieme e la richiesta petrolifera è diminuita del 33%.

1.1. L'impatto del settore residenziale

In accordo a quanto riportato nel *Global Status Report for Buildings and Construction*⁴ del 2021, il settore delle costruzioni è responsabile del 37% delle emissioni di CO₂ e del 36% dei consumi globali di energia, come si evince dalla Figura 6.

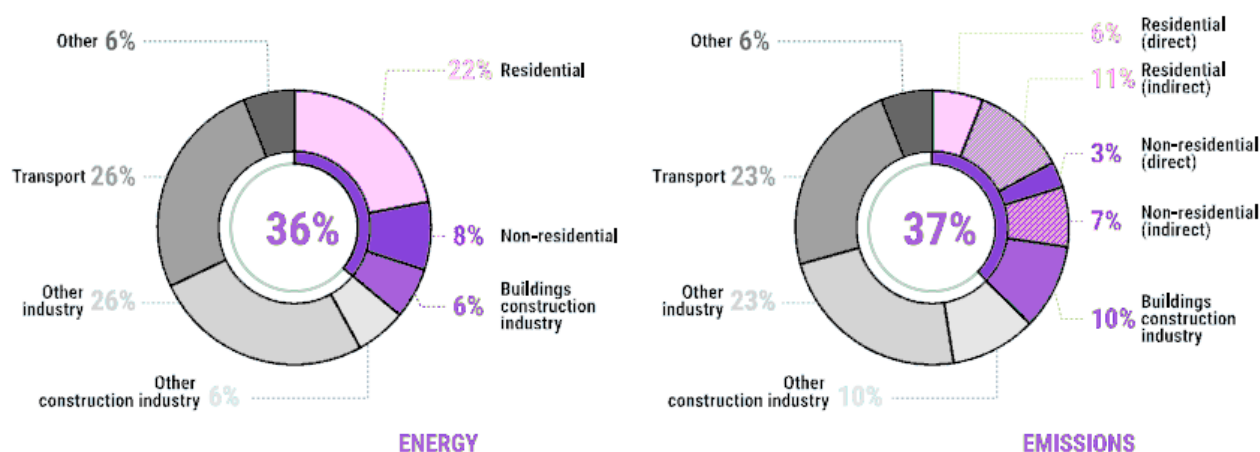


Figura 6-Impatto del settore residenziale sui consumi finali di energia ed emissioni

Dopo gli Accordi di Parigi, dal 2015 al 2020, gli investimenti nel campo dell'efficiamento energetico sono incrementati da 129 a 180 miliardi di euro annui e circa 62 Paesi hanno adottato normative specifiche in materia. Nonostante ciò, si è ancora ben lontani dalle aspettative di ottenere un panorama edilizio quasi completamente decarbonizzato entro il 2050 e le azioni fino ad ora intraprese, non sono, senza dubbio, sufficienti.

Al fine di poter definire il panorama edilizio sostenibile, devono essere messe in pratica, in modo simultaneo, azioni di:

- *adattamento*, al fine di rendere gli edifici resilienti ai cambiamenti climatici e agli eventi meteorologici estremi, al fine di garantire il benessere degli occupati e renderlo poco sensibile, in termini di efficienza energetica e corretto funzionamento, alle variazioni esterne;
- *mitigazione*, intraprendendo azioni, sia su edifici nuovi che esistenti, volte a ridurre l'impatto ambientale e le emissioni, quali l'utilizzo di energia pulita, uso di materiali a basso impatto ambientale e riduzione della domanda termica ed elettrica. Tutto ciò, non deve solamente riguardare la fase di operazione dell'edificio, ma tutto il suo ciclo di vita, dalla fase di estrazione delle materie prime alla sua demolizione.

⁴ Rapporto annuale pubblicato dalla GlobalABC, riguardante i progressi annuali del settore delle costruzioni, in ambito di efficientamento, soluzioni tecnologiche e politiche amministrative, per verificare se l'evoluzione è allineata con gli obiettivi degli Accordi di Parigi.

Al fine di poter raggiungere appieno gli obiettivi, è bene, inoltre, introdurre delle strategie che incentivino gli utenti finali ad adottare dei comportamenti più virtuosi, riducendo, così, ulteriormente gli sprechi e la richiesta energetica. Rendere gli utenti più consapevoli è l'unica strategia possibile, se combinata a quanto riportato fino ad ora, per raggiungere, in modo efficiente e il prima possibile, una decarbonizzazione del settore.

1.2. La condivisione dell'energia elettrica

Come accennato in precedenza, la transizione energetica e le normative dei vari Stati, riguardanti l'obbligo di utilizzo delle fonti rinnovabili, stanno incentivando la realizzazione di impianti utilizzanti, come vettore energetico, l'energia elettrica, quali le pompe di calore, in particolare per gli interventi di nuova costruzione. Questo tipo di generazione si integra meglio con gli impianti fotovoltaici o rinnovabili, di qualunque tipo, che lavorano convertendo altre forme di energia primaria in energia elettrica. Ciò si traduce in una maggiore domanda di energia elettrica alla rete di distribuzione, che significa, su larga scala:

- necessità di *potenziamento delle reti* di trasmissione e distribuzione, al fine di soddisfare l'ingente richiesta;
- *aumento delle perdite*, lungo le reti, in quanto l'energia elettrica deve essere trasportata per chilometri, dalle centrali al confine di proprietà dell'edificio, che si traduce in sprechi di energia, per effetto Joule e fenomeni magnetici, e, dunque, trasporto meno efficiente;
- *incremento dei costi* elettrici in bolletta, al fine di sostenere i costi di incremento delle reti elettriche.

La soluzione più ragionevole al problema, sarebbe quella di ridurre la distanza tra punto di generazione e punto di utilizzo; al limite, se la produzione avvenisse in situ, le perdite lungo la rete sarebbero completamente evitate, impattando positivamente a livello ambientale ed economico.

Su questo principio si basa il concetto di *prosumer*; il prosumer, o autoconsumatore di energia rinnovabile, è un utente finale che svolge sia il ruolo di consumatore di energia, sia quello di produttore, ed è così definito: "*cliente finale che, operando in propri siti situati entro confini definiti, o, se consentito da uno Stato membro, in altri siti, produce energia elettrica rinnovabile per il proprio consumo e può immagazzinare o vendere energia elettrica rinnovabile autoprodotta purché, tali attività non costituiscano l'attività commerciale o professionale principale.*"⁵

Tale definizione cita la possibilità di reimmettere in rete l'energia non utilizzata dall'utente, ottenendo una remunerazione economica per la stessa. Questo sistema potrebbe essere esteso e reso più efficiente, qualora l'autoconsumatore non fosse un singolo, ma un gruppo di utenti, che producono energia elettrica e la condividono tra loro, in modo tale che l'energia prodotta in eccesso da un utente possa, invece, essere utilizzata da un altro, con abitudini di consumo differenti, riducendo così gli

⁵ Definizione di autoconsumatore di energia rinnovabile data dalla Direttiva UE 2018/2001 dell'11 dicembre 2018 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili.

sprechi e rendendo più efficiente la produzione in situ. In Europa, si parla di due possibili sistemi di condivisione dell'energia elettrica, distinti in base ai confini entro cui essa avviene, che sono:

- *gruppo di autoconsumo energetico*: qualora gli autoconsumatori siano almeno due e situati nello stesso edificio o condominio;
- *comunità energetica*: soggetto giuridico composto da autoconsumatori, che non necessariamente si trovino nello stesso edificio, bensì siano situati nelle vicinanze di un impianto di produzione rinnovabile, di proprietà del soggetto giuridico in questione.

Entrambe le possibilità costituiscono esperienze recenti e tutt'ora in via di sviluppo, che potrebbero però trovare un forte impulso nel momento, che sicuramente in futuro si dovrà verificare, in cui le fonti rinnovabili costituiranno il principale sostentamento energetico per il settore dell'edilizia. Per questo, richiedono un'attenta valutazione, riguardo la loro efficacia, sia in termini ambientali che economici.

È bene, inoltre, sottolineare che tale modello, non solo è applicabile in materia di nuova costruzione, ma anche a edifici esistenti, costituenti, oggi, il principale problema in tema di efficientamento energetico da risolvere; infatti, come si potrà meglio comprendere nei successivi capitoli, tale configurazione non richiede alcun intervento di ristrutturazione, differente da quelli ormai strettamente necessari di efficientamento energetico del patrimonio edilizio, in quanto basata semplicemente su differenti tipologie contrattuali con il distributore di elettricità.

1.3. Obiettivi e struttura della tesi

L'obiettivo a cui si vuole giungere con la tesi è, dunque, quello di presentare una soluzione contrattuale del gruppo di autoconsumo, il cui fine è quello dell'efficientamento energetico, per contribuire al contrasto dei problemi legati ai cambiamenti climatici, alle emissioni e all'esaurimento delle risorse non rinnovabili, di cui si è parlato nel presente capitolo. Allo stesso tempo, al paragrafo 1.2, si è anche sottolineata l'importanza di far fronte alla necessità di implementazione delle reti elettriche, legata alla continua crescita, all'interno del panorama edilizio, di impianti che sfruttano l'elettricità come vettore energetico. Infatti, sebbene sia appurato che tali impianti permettano di ridurre l'impatto sull'ambiente, richiedono, allo stesso tempo, di trasportare grandi quantità di energia elettrica. Se questi continuassero a crescere con il trend attuale, o anzi, come si stima, in maniera esponenziale, presto le reti elettriche esistenti non saranno più sufficienti; a titolo esemplificativo, si vuole sottolineare come gli episodi di black-out si intensifichino, nelle giornate estive più calde, quando tutti gli impianti di raffrescamento sono attivi. Se la stessa cosa accadesse per l'inverno, quando la richiesta energetica per soddisfare il carico termico al fine di garantire il comfort interno è molto più alta, in particolare nelle località più fredde, come il nord Italia, la rete probabilmente non sarebbe in grado di supportare tale carico.

Qualora, invece, l'energia venisse prodotta e consumata nello stesso luogo, non vi sarebbe la necessità di trasportarla per lunghe distanze, eliminando così le problematiche sopracitate. Si vuole, quindi, presentare la metodologia di condivisione dell'energia, attraverso l'istituzione di un gruppo di autoconsumo energetico, e, in particolare, comprendere se tale soluzione può essere considerata valida ed efficace, in modo tale da poterla applicare su larga scala. Si è deciso di orientare la

trattazione verso il gruppo di autoconsumo, invece che verso l'idea di comunità energetica, in quanto il primo riguarda la realtà condominiale, che costituisce quella più comune, per quanto riguarda il panorama edilizio italiano.

In prima battuta, viene presentato un excursus, a riguardo della legislazione in materia di gruppi di autoconsumo, all'interno del quadro normativo europeo e italiano, che allo stato attuale, appare piuttosto frammentario ed è poco intuitivo capire, in modo semplice, come applicare una configurazione di condivisione dell'energia. Tale metodologia di calcolo, verrà, poi applicata ad un caso studio reale, sito in Collegno (TO), attuale commessa dello studio tecnico in cui è stata redatta la tesi.

Si procede, dunque, con la presentazione del caso studio, sia dal punto di vista dello stato di fatto e dell'inquadramento normativo, sia dal punto di vista progettuale. Viene infatti presentata la proposta progettuale architettonica, che si traduce in una palazzina a cinque piani fuori terra, con destinazione d'uso residenziale, con attività commerciali al piano terra; si tratta, infatti, di una tipologia edilizia molto comune in Italia. Si procede, in seguito, con le scelte dei materiali per l'involucro e quelle impiantistiche.

Dopo aver effettuato i calcoli relativi al fabbisogno dell'edificio e alla produzione dell'impianto fotovoltaico, a regime orario, in quanto altrimenti il concetto di scambio di energia, come si vedrà in seguito, verrebbe meno, l'obiettivo è, in primis, quello di capire se la tipologia contrattuale di gruppo di autoconsumo è conveniente anche dal punto di vista economico e, dunque, se costituisce una soluzione sostenibile. Inoltre, si vuole compiere un passo ulteriore, cercando di comprendere come i comportamenti dell'utente abbiano impatto sull'intero gruppo di autoconsumo; di conseguenza, si vuole ottenere un metodo per sfruttare al meglio tale schema di condivisione dell'energia, al fine di ridurre l'impatto ambientale e, quindi, incentivando l'utenza ad adottare comportamenti virtuosi, dal punto di vista energetico.

Allo stato attuale, infatti, tale configurazione di autoconsumo, riceve una remunerazione economica che, come verrà spiegato in seguito, è calcolata sull'intero condominio. Al fine della ripartizione tra le varie unità immobiliari si procede, solitamente, per millesimi di proprietà d'impianto, senza tener conto di come ciascuna di essa consumi nell'arco della giornata o nei vari mesi. Si mira, dunque, ad ottenere un metodo di ripartizione che, invece, permetta di tener conto anche della virtuosità, in tema di consumi energetici, dei vari utenti, con la finalità di rendere questi ultimi più consapevoli e limitando, così, gli impatti sull'ambiente.

2. Panorama normativo e metodologia di calcolo riguardanti la condivisione dell'energia elettrica

2.1. L'Europa e la Direttiva UE 2018/2011 RED II

Focalizzando l'attenzione su quanto sta accadendo in merito nell'Unione Europea, si è cominciato a parlare di condivisione di energia elettrica con la Direttiva UE 2018/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio dell'11 dicembre 2018 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, meglio nota come RED II. La Direttiva stabilisce che gli Stati membri favoriscano, con opportuni incentivi e procedure di notifica semplificate per la connessione alla rete, l'utilizzo delle fonti rinnovabili negli edifici; in particolare, permette di collegare, con procedura semplice:

- gli impianti e le unità di produzione aggregate di autoconsumatori di energia rinnovabile con potenza pari, o inferiore, a 10.8 kW, o equivalente per le connessioni diverse da quelle a tre fasi, previa notifica al gestore del sistema di distribuzione;
- gli impianti e le unità di produzione aggregate di autoconsumatori di energia rinnovabile con potenza maggiore di 10.8 kW e fino a 50 kW, a condizione che sia stato verificato che venga mantenuta la stabilità, la sicurezza e l'affidabilità della rete.

In particolare, poi, la Direttiva invita gli Stati membri ad informare i cittadini riguardo i benefici, gli aspetti pratici e tecnico-finanziari e i diritti, in quanto clienti attivi, e li obbliga a garantire, nel caso di autoconsumatori di energia rinnovabile, le seguenti condizioni:

- autorizzare i clienti finali a diventare prosumer, singoli o aggregati;
- autorizzare gli autoconsumatori a produrre, immagazzinare e vendere le eccedenze di energia autoprodotta, senza essere soggetti a oneri sproporzionati o discriminatori;
- permettere l'installazione e la gestione di sistemi di stoccaggio dell'energia autoprodotta, senza essere sottoposti a duplici oneri, comprese le tariffe di rete per l'energia immagazzinata, che rimane nella loro disponibilità;
- mantenere diritti e obblighi in quanto consumatori finali;
- ricevere una remunerazione, anche per mezzo di regimi di sostegno, dell'energia prodotta che immettono nella rete, corrispondente al valore di mercato e tenuto conto del suo valore, a lungo termine, per la rete, l'ambiente e la società.

Gli Stati membri, sono autorizzati ad applicare eventuali oneri o tariffe non discriminatorie, in relazione all'energia autoprodotta e rimanente nella disponibilità degli autoconsumatori solo:

- se l'energia elettrica è beneficiaria di regimi di sostegno, nella misura in cui non siano pregiudicati la sostenibilità economica del progetto e l'effetto incentivante di tale sostegno;
- dal 1° dicembre 2026, se la quota complessiva di impianti di autoconsumo supera l'8% della potenza elettrica totale installata dallo Stato membro e che sia dimostrato che, quanto indicato in precedenza, crei un incentivo che superi quanto oggettivamente necessario a favorire la diffusione economicamente efficiente dell'energia rinnovabile;

- se l'energia elettrica autoprodotta è prodotta da impianti con potenza installata maggiore di 30 kW.

2.2. La normativa italiana

2.2.1. La Legge 8/2020

Per anticipare il completo recepimento della Direttiva RED II e permettere l'immediata sperimentazione degli schemi di autoconsumo collettivo e comunità di energia rinnovabile, il 28 Febbraio 2020 è stata promulgata la Legge 8/2020, che converte in legge il D. Lgs. n. 162, del 30 dicembre 2019 (noto anche come Decreto Milleproroghe). Questa permette di attivare schemi di autoconsumo in modo repentino, mediante la realizzazione di nuovi impianti, alimentati da fonti rinnovabili e con potenza di modesta entità (fino a 200 kW), entrati in esercizio a partire dal 1° marzo 2020.

Tale legge fornisce, in adempimento a quanto indicato nell'articolo 42 del D. L. n. 162, una prima definizione di Energia Condivisa, ossia *“il minimo, in ciascun periodo orario, tra l'energia elettrica prodotta e immessa in rete dagli impianti a fonti rinnovabili e l'energia prelevata dall'insieme dei clienti finali associati”*. Inoltre, garantisce ai clienti finali di poter aderire alle configurazioni di autoconsumo, purché rispettino le seguenti condizioni:

- gli impianti di produzione e i punti di prelievo degli stessi, siano connessi alla rete elettrica di bassa tensione, attraverso la medesima cabina di trasformazione MT/BT (cabina secondaria);
- gli stessi si trovino all'interno dello stesso edificio o condominio;
- la condivisione, tra i membri di tali schemi, dell'energia prodotta avvenga attraverso la rete elettrica esistente, anche tramite l'utilizzo di sistemi di accumulo.

Inoltre, in qualità di clienti finali, sebbene operino in maniera aggregata, i partecipanti mantengono i propri diritti e doveri, quali:

- l'applicazione degli oneri generali di sistema, sull'energia prelevata dalla rete pubblica;
- la libera scelta del proprio fornitore di energia e la possibilità di recedere, in ogni momento, dal contratto che li lega agli schemi, fermo restando il versamento di eventuali corrispettivi per la compartecipazione agli investimenti sostenuti.

La legge incarica, poi, ARERA⁶ e il Ministero dello Sviluppo Economico (MiSE) di definire rispettivamente:

- entro 30 giorni dall'entrata in vigore della legge, un meccanismo di monitoraggio efficace e un accordo, con il gestore del sistema di distribuzione e la società Terna spa, riguardo al valore delle componenti tariffarie non applicabili all'energia condivisa, in quanto istantaneamente

⁶ Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, con il compito di tutelare gli interessi dei consumatori e di promuovere la concorrenza, l'efficienza e la diffusione di servizi con adeguati livelli di qualità, attraverso l'attività di regolazione e di controllo.

autoconsumata sulla stessa porzione di rete di bassa tensione, e, per tale ragione, equiparabile all'autoconsumo fisico in situ;

- entro 60 giorni dall'entrata in vigore, una tariffa incentivante, che sarà erogata dal GSE⁷ spa, volta a favorire l'adesione alla partecipazione in tali configurazioni sperimentali, da erogare in un periodo massimo di fruizione, modulata fra le diverse configurazioni, per garantire la redditività degli investimenti.

Tali restituzioni devono essere erogate al Referente del gruppo di autoconsumo collettivo, un soggetto responsabile delle questioni amministrative, che può, eventualmente, essere un membro della configurazione; tali corrispettivi sono, poi, suddivisi tra i vari condomini membri secondo un criterio in genere basato sui millesimi di proprietà.

2.2.2. Il modello di regolazione e la Deliberazione ARERA 318/2020

Il 4 agosto 2020 ARERA, con la seguente Deliberazione, ha stabilito come regolare le partite economiche relative all'energia elettrica condivisa. In principio, si sottolinea che la regolazione è stata dettata dalla valutazione dei benefici derivanti dall'autoconsumo, ossia, come affermato in precedenza:

- riduzione della necessità di potenziare le reti elettriche, poiché l'energia viene prodotta e consumata nello stesso luogo o in aree limitrofe;
- riduzione delle perdite di rete (allo stato attuale, nei casi di autoconsumo singolo, questo beneficio è già riconosciuto tramite la maggiorazione forfetaria della quantità di energia elettrica immessa nelle reti di bassa e media tensione).

Tali vantaggi, sono tradotti in termini di restituzioni tariffarie, erogate dal GSE spa, al produttore referente della configurazione, con cadenza mensile e corrispondono a somme forfetarie unitarie, applicate alle misurazioni avvenute in ciascun punto di prelievo, dell'energia elettrica condivisa, la cui definizione verrà approfondita in seguito. Questa viene calcolata come somma, delle misurazioni orarie, avvenute nell'arco dell'intero mese ed è responsabilità del GSE, tramite accurati sistemi di monitoraggio e contatori bidirezionali.⁸

Le suddette componenti, sono rispettivamente pari a:

- *la somma delle componenti variabili (espresse in c€/kWh) delle tariffe di trasmissione e di distribuzione, versate dai clienti finali, applicate ad una quantità di energia pari al minimo tra l'energia elettrica immessa (dagli impianti ammessi dal D.L. 162/19) e l'energia elettrica prelevata (al netto, ove presente, di quella utilizzata per i servizi ausiliari, su cui regolarmente*

⁷ Gestore dei Servizi Energetici. Il GSE S.p.A. è una società interamente controllata dal Ministero dello Sviluppo Economico e ha il compito di promuovere lo sviluppo e la produzione di energia da fonti rinnovabili, attuare meccanismi di promozione dell'efficienza energetica e svolgere attività di informazione per promuovere la cultura dell'uso dell'energia compatibile e sostenibile con le esigenze dell'ambiente

⁸ Sistemi di contabilizzazione in grado di rilevare, in un determinato punto di connessione, sia l'energia in ingresso che quella in uscita.

non sono applicati tali oneri⁹). In particolare, tale somma viene definita, nell'Allegato A della suddetta delibera come *corrispettivo unitario di autoconsumo forfetario*, CU_{Af} , ed è calcolato, come da definizione:

$$CU_{Af} = TRAS_e + \max(BTAU_m)$$

ove la prima corrisponde alle parti unitarie variabili della tariffa di trasmissione, per tipo di utenza, mentre, la seconda, al valore più elevato della componente variabile di distribuzione, definita, nuovamente, per tipo di utenza. Entrambe vengono aggiornate annualmente¹⁰ e rese pubbliche da ARERA e sono riportate, rispettivamente, in Tabella 1 e Tabella 2;

Tabella 1-Tariffe di trasmissione per i vari tipi di utenza, dal 2020 al 2023

	TRAS _p				TRAS _E			
	Anno 2020	Anno 2021	Anno 2022	Anno 2023	Anno 2020	Anno 2021	Anno 2022	Anno 2023
	centesimi di euro/kW per anno				centesimi di euro/kWh			
Utenze in bassa tensione di illuminazione pubblica	-	-	-	-	0,761	0,794	0,778	0,848
Utenze in bassa tensione per alimentazione infrastrutture di ricarica pubblica di veicoli elettrici	-	-	-	-	0,761	0,794	0,778	0,848
Altre utenze in bassa tensione	-	-	-	-	0,761	0,794	0,778	0,848
Utenze in media tensione di illuminazione pubblica	-	-	-	-	0,709	0,741	0,726	0,792
Altre utenze in media tensione	-	-	-	-	0,709	0,741	0,726	0,792
Utenze in alta tensione	2.088,46	2.173,09	2.233,30	2.223,17	0,069	0,073	0,071	0,078
Utenze in altissima tensione, con tensione inferiore a 380 kV	2.088,46	2.173,09	2.233,30	2.223,17	0,069	0,072	0,071	0,077
Utenze in altissima tensione, con tensione uguale o superiore a 380 kV	2.088,46	2.173,09	2.233,30	2.223,17	0,069	0,072	0,070	0,077

⁹ Per energia consumata dai servizi ausiliari si intende quella ai fini del funzionamento dell'impianto di produzione e stoccaggio, quali pompe di circolazione di raffreddamento, gruppi di conversione, ecc. Ad oggi, non vi è ancora una procedura definita di calcolo per gli impianti con potenza nominale inferiore a 1MW.

¹⁰ Teoricamente la tariffa BTAU potrebbe variare mensilmente, ma a lato pratico, questa condizione non si è mai verificata

Tabella 2-Tariffe di distribuzione per vari tipi di utenza, dal 2020 al 2023

Tipologie di contratto di cui al comma 2.2		Quota energia				CODICE TARIFFA
		centesimi di euro/kWh				
		Anno 2020	Anno 2021	Anno 2022	Anno 2023	
lettera b)	Utenze in bassa tensione di illuminazione pubblica	1,244	1,262	1,203	1,223	BTIP
lettera c)	Utenze in bassa tensione per alimentazione delle infrastrutture di ricarica pubblica per veicoli elettrici	4,969	5,040	4,805	4,885	BTVE
lettera d)	Altre utenze in bassa tensione con potenza disponibile fino a 16,5 kW					
	- per potenze impegnate inferiori o uguali a 1.5 kW	0,061	0,062	0,059	0,060	BTA1
	- per potenze impegnate superiori a 1.5 kW e inferiori o uguali a 3 kW	0,061	0,062	0,059	0,060	BTA2
	- per potenze impegnate superiori a 3 kW e inferiori o uguali a 6 kW	0,061	0,062	0,059	0,060	BTA3
	- per potenze impegnate superiori a 6 kW e inferiori o uguali a 10 kW	0,061	0,062	0,059	0,060	BTA4
	- per potenze impegnate superiori a 10 kW	0,061	0,062	0,059	0,060	BTA5
	Altre utenze in bassa tensione con potenza disponibile superiore a 16,5 kW	0,059	0,060	0,057	0,058	BTA6
lettera e)	Utenze in media tensione di illuminazione pubblica	0,646	0,653	0,621	0,629	MTIP
lettera f)	Altre utenze in media tensione con potenza disponibile fino a 100 kW	0,056	0,057	0,054	0,055	MTA1
	Altre utenze in media tensione con potenza disponibile superiore a 100 kW e inferiore o uguale a 500 kW	0,050	0,051	0,048	0,049	MTA2
	Altre utenze in media tensione con potenza disponibile superiore a 500 kW	0,044	0,045	0,043	0,044	MTA3
lettera g)	Utenze in alta tensione	0,020	0,020	0,019	0,020	ALTA
lettera h)	Utenze in altissima tensione, con tensione inferiore a 380 kV	-	-	-	-	AAT1
lettera i)	Utenze in altissima tensione, con tensione uguale o superiore a 380 kV	-	-	-	-	AAT2

- *il prodotto tra il coefficiente delle perdite evitate, C_{PR} , (pari all'1.2% lungo le linee di media tensione, cioè per gli impianti di produzione connessi alla rete di media tensione, e al 2.6% lungo le linee di bassa tensione, cioè per gli impianti di produzione connessi alla rete di bassa tensione), il prezzo zonale orario¹¹ e l'energia elettrica condivisa.*

In sintesi, il totale delle restituzioni che tengono conto dei vantaggi apportati alla rete e all'ambiente dalle configurazioni di autoconsumo collettivo, si calcolano come:

$$C_{AC} = CU_{Af} \cdot E_{AC,m} + \sum_{i,h} (E_{AC,h} \cdot c_{PR} \cdot P_{Z_h})_i$$

dove:

- $E_{AC,m}$: energia elettrica condivisa mensilmente in kWh;
- $E_{AC,h}$: energia elettrica condivisa oraria in kWh;
- i : livello di tensione.

¹¹ Definito dal GSE come il prezzo che si forma sul mercato elettrico che varia in base all'ora nella quale l'energia viene immessa in rete e alla zona di mercato in cui si trova l'impianto.

2.2.3. L'incentivazione: D.M. 16 settembre 2020

Poiché le restituzioni tariffarie, descritte in precedenza, pur costituendo una forma di risparmio in bolletta, rappresentano un diritto dell'utente facente parte dello schema, in quanto a copertura di servizi di cui quest'ultimo non ha usufruito, non possono essere considerate delle forme di incentivazione, al fine di premiare l'adesione all'autoconsumo collettivo.

A questo proposito, il 16 settembre 2020, è stato firmato, dal Ministro dello Sviluppo Economico, il decreto attuativo attraverso il quale vengono stabilite le tariffe incentivanti e le relative modalità di accesso. Il Decreto incentiva l'energia condivisa tra i partecipanti, valorizzandola con un incentivo, di tipo *feed-in premium*¹², pari a 100 €/MWh, nel rispetto delle condizioni e delle definizioni stabilite dalla legge 8/2020 e dalla Deliberazione 318/2020.

L'incentivo, viene introdotto, come indicato nel Decreto, “*tenendo conto dell'equilibrio complessivo degli oneri in bolletta e della necessità di non incrementare i costi tendenziali rispetto a quelli dei meccanismi vigenti*” e viene erogato per un periodo di 20 anni, al fine di consentire un'adeguata remunerazione degli investimenti. Al termine del periodo dei 20 anni il corrispettivo unitario può essere oggetto di proroga su base annuale tacitamente rinnovabile. Il periodo di diritto della tariffa premio è considerato al netto di eventuali fermate, disposte dalle autorità competenti, secondo la normativa vigente, per problemi connessi alla sicurezza della rete elettrica, riconosciuti dal gestore di rete, per eventi calamitosi, riconosciuti dalle autorità competenti, e per altre cause di forza maggiore riscontrate dal GSE. Il periodo è, inoltre, considerato al netto di eventuali fermate per la realizzazione di interventi di potenziamento, ma, in ogni caso, l'estensione di esso non può eccedere i dodici mesi.

In sintesi, l'incentivazione dell'energia condivisa sarà pari a:

$$I_{AC} = TP_{AC} \cdot E_{AC,m}$$

dove:

- $E_{AC,m}$: energia elettrica condivisa mensilmente;
- $TP_{AC,m}$: tariffa incentivante.

2.2.4. Sovrapposizione con altre detrazioni fiscali

In tale paragrafo, si illustra come applicare le componenti tariffarie di restituzione, descritte in precedenza, in caso di intervento agevolato da *Superbonus*; in primis, in adempimento alla circolare n.24/E¹³, dell'8 agosto 2020, si sottolinea che la detrazione del 110% può essere applicata, nel caso di installazione di impianti fotovoltaici, fino ad un massimo di potenza installata di 20 kW, oltre la quale si potrà, invece, usufruire della detrazione al 50%, stabilita dall'articolo 16 -bis, comma 1, lettera h),

¹² Meccanismo di incentivo alle energie rinnovabili basato sul prezzo, grazie al quale viene riconosciuto al titolare dell'impianto una tariffa premio prestabilita sul prezzo di mercato dell'energia.

¹³ Circolare contenente i primi chiarimenti riguardanti il decreto-legge 19 maggio 2020, n.34 (Decreto Rilancio) convertito con modificazione dalla legge 17 luglio 2020, n.17.

del decreto del Presidente della Repubblica n. 917/1986, nel limite massimo di spesa complessivo di 96.000 €, riferito all'intero impianto.

Si aggiunge, inoltre, che i limiti massimi di spesa, coperti da Superbonus, sono i seguenti:

- 48.000 € di spesa totale;
- 2400 €/kW di potenza nominale dell'impianto fotovoltaico installato;
- 1000 €/kW di capacità di accumulo del sistema di accumulo integrato.

Inoltre, si specifica che la tariffa incentivante I_{AC} , non sarà erogata sulla quota di potenza coperta da detrazione 110%, appositamente convertita in energia, come si illustrerà in seguito, al paragrafo 2.2.5; in aggiunta, se l'intervento è stato coperto da Superbonus, l'energia non autoconsumata, immessa in rete, dovrà essere ceduta al GSE.

2.2.5. GSE: Regole Tecniche per l'accesso al servizio di valorizzazione e incentivazione dell'energia condivisa

Il 22 dicembre 2020, il GSE ha pubblicato le Regole Tecniche di accesso al servizio, in modo tale da completare il quadro normativo con ulteriori precisazioni tecniche e per fare chiarezza e ordine, in modo tale da rendere il processo più comprensibile ai cittadini e alle autorità locali. Tale documento, infatti, descrive in modo accurato le procedure tecniche di adesione al servizio e, in particolare, meglio definisce alcune questioni rimaste in sospeso.

Calcolo analitico dell'energia condivisa

Come enunciato al paragrafo 2.2.1, l'energia elettrica condivisa è pari al minimo, calcolato su base oraria, tra l'energia elettrica immessa in rete, dagli impianti di produzione, alimentati da fonti rinnovabili, e l'energia elettrica prelevata, tramite i punti di connessione che rilevano ai fini di un gruppo di autoconsumatori.

L'energia condivisa viene calcolata per livello di tensione, (media e bassa), qualora aderiscano al gruppo di autoconsumo utenze afferenti a punti di connessione di livello differente.

Ai fini della determinazione dell'energia condivisa, possono assumere rilievo anche i prelievi di clienti finali non facenti parte della configurazione, purché titolari di punti di connessione ubicati nel medesimo edificio o condominio. In tal caso, tali clienti finali rilasciano al Referente della configurazione una liberatoria, ai fini dell'utilizzo dei propri dati di misura. Non assumono, invece, rilievo i prelievi, per i quali non è prevista l'applicazione delle componenti tariffarie, ossia a soddisfacimento dei servizi ausiliari.

Di seguito, le formule per il calcolo dell'energia condivisa, per ciascun punto di connessione:

$$E_{AC,m} = \sum_h E_{AC,h}$$

di cui:

$$E_{AC,h} = \min (E_{imm,h}; E_{prel,h} - E_{prel,h,esente})$$

dove:

- $E_{AC,m}$: energia elettrica condivisa mensilmente in kWh;
- $E_{AC,h}$: energia elettrica condivisa oraria in kWh;
- h : ora nel mese;
- $E_{imm,h}$: energia elettrica immessa in rete in kWh;
- $E_{prel,h}$: energia elettrica prelevata dalla rete in kWh;
- $E_{prel,h,esente}$: energia elettrica prelevata dalla rete per servizi ausiliari in kWh (vedi nota 9 al paragrafo 2.2.2.).

Quota di potenza sulla quale non viene applicata la tariffa premio

La tariffa premio non spetta alla quota di energia ascrivibile:

- alla quota di potenza di impianti fotovoltaici che hanno accesso alla detrazione Superbonus 110%;
- alla quota di potenza d'obbligo P_o .

Tale potenza, costituisce quella realizzata come obbligo di integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici, in tutti gli interventi di nuova costruzione o ristrutturazione importante di I livello, e si calcola come:

$$P_o = \frac{1}{K} \cdot S$$

dove:

- S è la superficie, in pianta, al livello del terreno, dell'edificio, espressa in m^2 ;
- K è un coefficiente, espresso in m^2/kW , che assume i valori da Tabella 3:

Tabella 3-Coefficienti per il calcolo della potenza d'obbligo da realizzare da fonti rinnovabili

Data titolo edilizio	K
31/01/2012-31/12/2013	80
01/01/2013-31/12/2016	65
01/01/2017-	50

Al fine di convertire in energia questi valori di potenza, l'energia elettrica condivisa viene moltiplicata per il fattore F , pari a:

$$F = \frac{P - P_e}{P}$$

dove:

- P è la potenza totale installata;
- P_e è la quota di potenza sulla quale non si applica la tariffa premio, calcolata nel seguente modo:

$$P_e = P_0 + P_{superbonus}$$

Corrispettivi a copertura dei costi amministrativi

È posta a carico della configurazione per la quale si fa richiesta al GSE, una tariffa binomia, composta da un corrispettivo fisso e da un corrispettivo variabile con la potenza dell'impianto, da applicare per singolo impianto, come riportato nella tabella che segue. Si applica, inoltre, un contributo aggiuntivo di 4,00 €/anno per ogni punto di connessione, facente parte della configurazione. Tali tariffe sono riassunte in Tabella 4.

Tabella 4-Tariffe a copertura dei costi amministrativi

Potenza	Corrispettivo fisso	Corrispettivo variabile
kW	€/anno	€/anno
$P \leq 3$	0	0
$3 < P \leq 20$	30	0
$20 < P \leq 200$	30	1

Modifiche apportate successivamente all'invio delle richieste

Eventuali modifiche apportate alla configurazione, in seguito alla messa in funzione di essa, devono essere tempestivamente comunicate dal Referente al GSE¹⁴, al fine di aggiornare il contratto per la regolazione del servizio di valorizzazione e incentivazione dell'energia condivisa. Le principali modifiche sono le seguenti:

- aggiunta di uno o più punti di connessione in prelievo;
- cambi di titolarità di uno o più punti di connessione;
- rimozione di uno o più punti di connessione in prelievo;
- aggiunta di impianti o di potenziamenti di impianti non già presenti nella configurazione;
- realizzazioni di potenziamenti su impianti già inseriti nella configurazione;
- rimozione di impianti di produzione;
- installazione di sistemi di accumulo.

¹⁴ Entro 30 giorni dalla data in cui è avvenuta la modifica. Nel caso di installazione di nuovi impianti o potenziamento di quelli esistenti, tale data corrisponde a quella di messa in funzione.

2.2.6. L'energia immessa in rete e la sua incentivazione

Fino ad ora si è descritto come viene incentivata l'energia condivisa, al fine di favorire la diffusione di gruppi di autoconsumo energetico e l'applicazione di essi, come soluzione comune nell'edilizia residenziale; non si è, invece, ancora parlato di come possano essere remunerati i condomini per l'energia elettrica immessa in rete, prodotta in situ da impianti a fonti rinnovabili.

Generalmente, per quanto riguarda l'autoconsumo di energia rinnovabile, il proprietario dell'impianto a fonti rinnovabili può vendere l'energia prodotta e non utilizzata al gestore di rete. Nel caso in cui si tratti di un impianto di potenza inferiore a 10 MVA (di qualunque natura) o alimentato a fonti rinnovabili, oltre che in normale regime di vendita, l'energia può essere venduta anche attraverso le seguenti tipologie contrattuali:

- **Scambio sul Posto:** consente di compensare l'energia elettrica prodotta e immessa in rete, in un certo momento, con quella prelevata e consumata in un momento differente da quello in cui avviene la produzione. Nello Scambio sul Posto, si utilizza, quindi, il sistema elettrico quale strumento per l'immagazzinamento virtuale dell'energia elettrica prodotta, ma non contestualmente autoconsumata. Condizione necessaria per l'erogazione del servizio è la presenza di impianti per il consumo e per la produzione di energia elettrica sottesi a un unico punto di connessione con la rete pubblica. Per tale ragione, tale tipologia contrattuale non è sempre adatta in caso di gruppi di autoconsumo energetico o comunità energetiche;
- **Ritiro Dedicato:** garantisce che il prezzo di ritiro dell'energia elettrica, da parte del GSE, non sia oggetto di negoziazione tra le parti, come avviene sul libero mercato, ma sia quello definito dalle Autorità, ossia pari al Prezzo Zonale Orario che si forma sul Mercato del Giorno Prima (MGP)¹⁵. Ad esempio, qualora fosse necessario calcolare il prezzo di vendita per il giorno 8 giugno 2020, ci si deve basare sui prezzi formatosi il 7 giugno 2020, sul Mercato elettrico.¹⁶

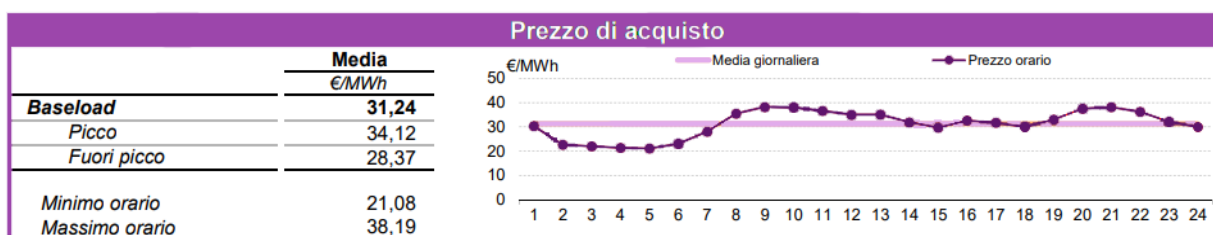


Figura 7-Prezzo di acquisto dell'energia da parte del gestore di rete per il giorno 8 giugno 2020 (media nazionale)

Tali prezzi, come indicato in Figura 7, sono espressi in €/MWh, rappresentano la media Nazionale e variano durante l'ora del giorno. Sono poi indicati valori medi su:

- giorno intero;
- ore di picco;
- ore fuori picco.

¹⁵ Mercato per lo scambio di energia elettrica all'ingrosso dove si negoziano blocchi orari di energia elettrica per il giorno successivo.

¹⁶ Tali dati sono pubblici e pubblicati quotidianamente sul sito del GME (Gestore del Mercato Elettrico).

In Figura 8, si riporta uno schema a riguardo del periodo di picco giornaliero e settimanale.

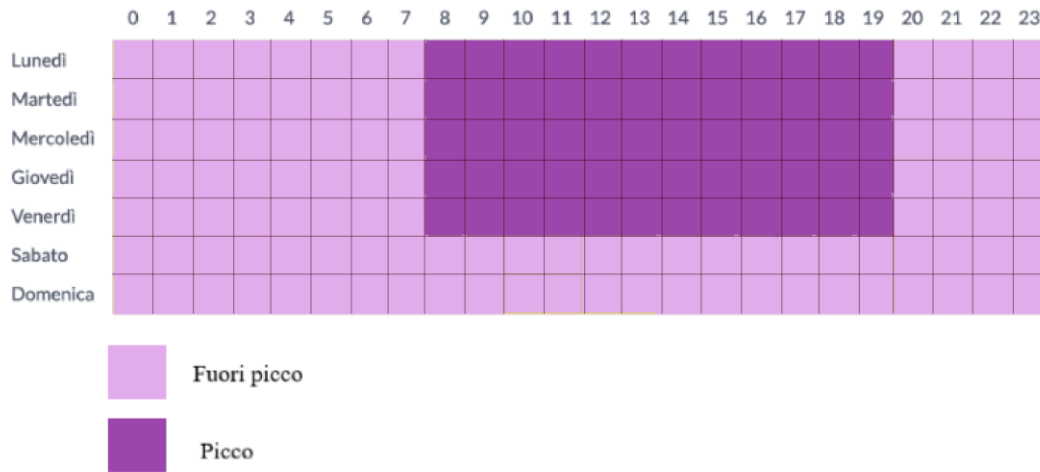


Figura 8-Periodo di picco settimanale

Inoltre, vengono pubblicati i valori specifici per ciascuna zona, in Figura 9, sempre per il giorno scelto a titolo di esempio.

	Prezzo zonale di vendita					
	Nord €/MWh	Centro Nord €/MWh	Centro Sud €/MWh	Sud €/MWh	Sicilia €/MWh	Sardegna €/MWh
Baseload	30,00	30,00	34,07	34,07	35,50	28,21
<i>Picco</i>	32,95	32,95	37,63	37,63	37,63	27,69
<i>Fuori picco</i>	27,06	27,06	30,51	30,51	33,36	28,74
<i>Minimo orario</i>	21,08	21,08	21,08	21,08	21,08	8,00
<i>Massimo orario</i>	37,55	37,55	46,58	46,58	59,90	42,75
CCT	1,24	1,24	-2,83	-2,83	-4,25	3,03

Figura 9-Prezzo zonale di vendita per il giorno 8 giugno 2020

In più, nella definizione delle condizioni economiche di ritiro, l'Autorità ha ritenuto opportuno tener conto delle peculiarità degli impianti di ridotte dimensioni, caratterizzati da limitata produzione annua (impianti con produzioni annue di pochi milioni di kWh). A tale scopo, ha stabilito l'applicazione di prezzi minimi garantiti in relazione a una limitata quantità di energia elettrica immessa annualmente in rete da ciascun impianto alimentato da fonti rinnovabili, al fine di assicurare la sopravvivenza economica agli impianti di minori dimensioni e garantire una remunerazione minima, qualunque sia l'andamento del mercato. Nel caso in cui l'energia immessa sul mercato a Prezzo Zonale Orario superi la valorizzazione già pagata con i Prezzi Minimi Garantiti, è previsto un conguaglio, definito *Conguaglio PO/PMG*.

I Prezzi Minimi Garantiti sono aggiornati annualmente e dipendono dalla fonte rinnovabile; il loro valore si calcola tenendo conto del valore dell'indice FOI¹⁷, relativo all'anno precedente, con la formula seguente:

¹⁷ Tasso di variazione annuale dei prezzi al consumo per le famiglie di operai e impiegati rilevato dall'Istat nell'anno precedente, con arrotondamento alla prima cifra decimale.

$$PMG_t = (PMG_{t-1} - 25) \cdot \left(1 + \frac{FOI_{t-1}}{100}\right) + 25$$

dove t rappresenta l'anno.

Per il 2020, sono quelli indicato in Tabella 5:

Tabella 5-Prezzi minimi garantiti per diversi tipi di impianto di produzione, per l'anno 2020

Prezzi minimi garantiti per l'anno 2020		
Fonte	Quantità di energia elettrica ritirata su base annua [kWh]	Prezzo minimo garantito [€/MWh]
Biogas e biomasse, esclusi i biocombustibili liquidi a eccezione degli oli vegetali puri tracciabili ex regolamento europeo CE n. 73/09	fino a 2.000.000	94.8
Gas da discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biocombustibili liquidi a eccezione degli oli vegetali puri tracciabili ex regolamento europeo CE n. 73/09	fino a 1.500.000	50.3
Eolica	fino a 1.500.000	50.3
Solare fotovoltaica	fino a 1.500.000	40.0
Geotermica	fino a 1.500.000	52.6
Idrica	fino a 250.000	156.8
	oltre 250.000 e fino a 500.000	107.6
	oltre 500.000 e fino a 1.000.000	67.8
	oltre 1.000.000 e fino a 1.500.000	58.7
Fonti rinnovabili diverse dalle fonti sopra elencate	fino a 1.500.000	40.0

In sintesi, per quanto riguarda un gruppo di autoconsumo collettivo, il Ritiro dell'energia, R_{AC} , si calcola nel modo seguente:

$$R_{AC} = P_R \cdot E_{immessa}$$

dove P_R è il prezzo di ritiro dell'energia elettrica, che può assumere, in base alla tipologia contrattuale, il valore del:

- Prezzo Zonale Orario;
- Prezzo Minimo Garantito.

2.2.7. Metodologia di calcolo per il corrispettivo in sintesi

Sintetizzando quanto esplicitato all'interno del capitolo, viene fornito l'elenco riassuntivo delle variabili coinvolte nel calcolo dei corrispettivi di restituzione mensili, in Tabella 6, con relative unità di misura convenzionali, periodo di variabilità e ente che fornisce il dato.

Tabella 6-Riassunto delle grandezze coinvolte nel calcolo del corrispettivo

GRANDEZZE COINVOLTE NEL CALCOLO DEL CORRISPETTIVO MENSILE				
VARIABILE	SIMBOLO	U.M.	VARIABILITA'	ENTE
Totale corrispettivo mensile	C_{TOT}	€/MWh	h	Calcolato
Corrispettivo mensile autoconsumo collettivo	C	€/MWh	h	Calcolato
Restituzioni componenti tariffarie	C_{AC}	c€	h	Calcolato
Energia Elettrica Condivisa	E_{AC}	kWh	h	Calcolato
Energia immessa in rete	$E_{in,eff}$	kWh	h	Edificio
Energia prelevata dalla rete	E_{out}	kWh	h	Edificio
Energia prelevata dalla rete per servizi ausiliari	$E_{out,aux}$	kWh	h	Edificio
Corrispettivo unitario di autoconsumo forfetario mensile	CU_{Af}	c€/kWh	m	Calcolato
Tariffa di trasmissione	TRAS	c€/kWh	y	ARERA
Tariffa di distribuzione	BTAU	c€/kWh	m	ARERA
Coefficiente delle perdite evitate	C_{PR}	%	-	ARERA
Prezzo zonale orario	P_z	€/MWh	h	GME
Incentivazione dell'energia condivisa	I_{AC}	€	h	Calcolato
Tariffa premio	TP_{AC}	€/MWh	-	GSE
Ritiro dell'energia	R_{AC}	€	h	Calcolato
Prezzo di ritiro	P_R	€/MWh	h	GME
Potenza realizzata dalle fonti rinnovabili	P	kW	-	Impiantista
Potenza realizzata come obbligo dalle fonti rinnovabili	P_o	kW	-	Dlgs 199/2021
Potenza esente da tariffa premio	P_e	kW	-	Calcolato

Infine, viene fornito uno schema di calcolo riassuntivo, al fine di rendere di più facile comprensione la procedura fornita dalla normativa, da applicare per il calcolo del corrispettivo mensile. Tale schema è riportato in Figura 10, nella pagina successiva.

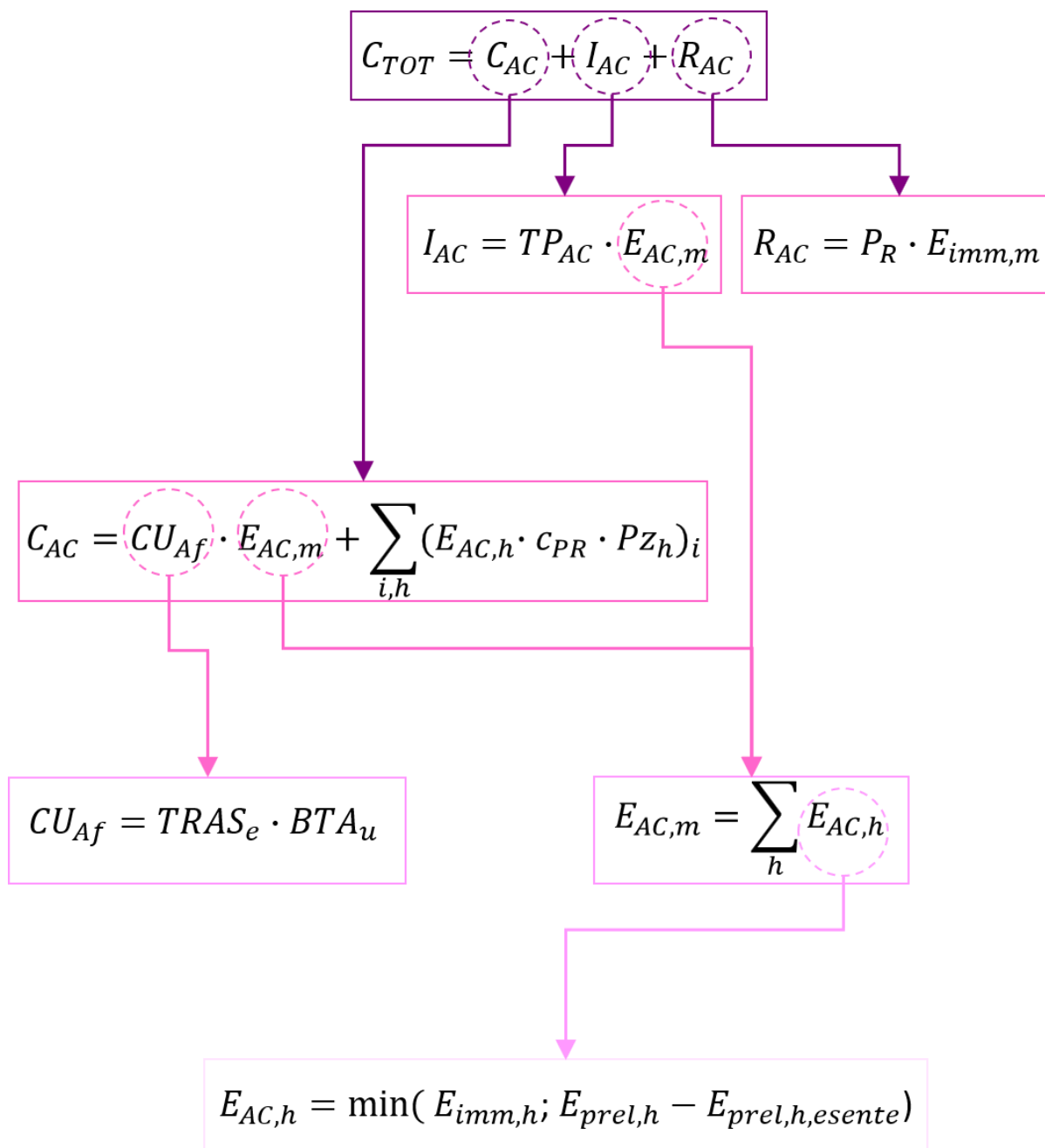


Figura 10-Schema riassuntivo di calcolo del corrispettivo mensile

3. Schemi e modelli per la condivisione dell'energia elettrica

Allo stato attuale, in Italia è possibile svolgere l'attività di autoconsumo secondo lo schema *uno a uno*, ovvero un'Unità di Produzione, (UP), a servizio di un'Unità di Consumo (UC), ad esempio, nel caso di impianto di produzione privato, questo servirà la singola abitazione, oppure, se si tratta di un impianto condominiale, questo sarà a servizio delle sole utenze condominiali. Nel caso di gruppi di autoconsumo collettivo o comunità energetiche si parla, quindi, di *configurazione virtuale*.

In futuro, probabilmente sarà reso possibile, nel caso di autoconsumo collettivo, anche il modello *uno a molti* (ossia una sola UP al servizio di più UC): potrà quindi essere concepita, in linea di principio, anche la *configurazione fisica*.

Per una più facile comprensione, è necessario analizzarle più dettagliatamente.

3.1. Configurazione virtuale

Lo schema di autoconsumo virtuale (detto anche “commerciale” o “su perimetro esteso”), prevede l'utilizzo della rete pubblica per lo scambio di energia tra unità di produzione e di consumo. Tale modello è, ad oggi, l'unico adottato in quanto più semplice da gestire, sia dal punto di vista dei costi, sia da quello della contabilizzazione.

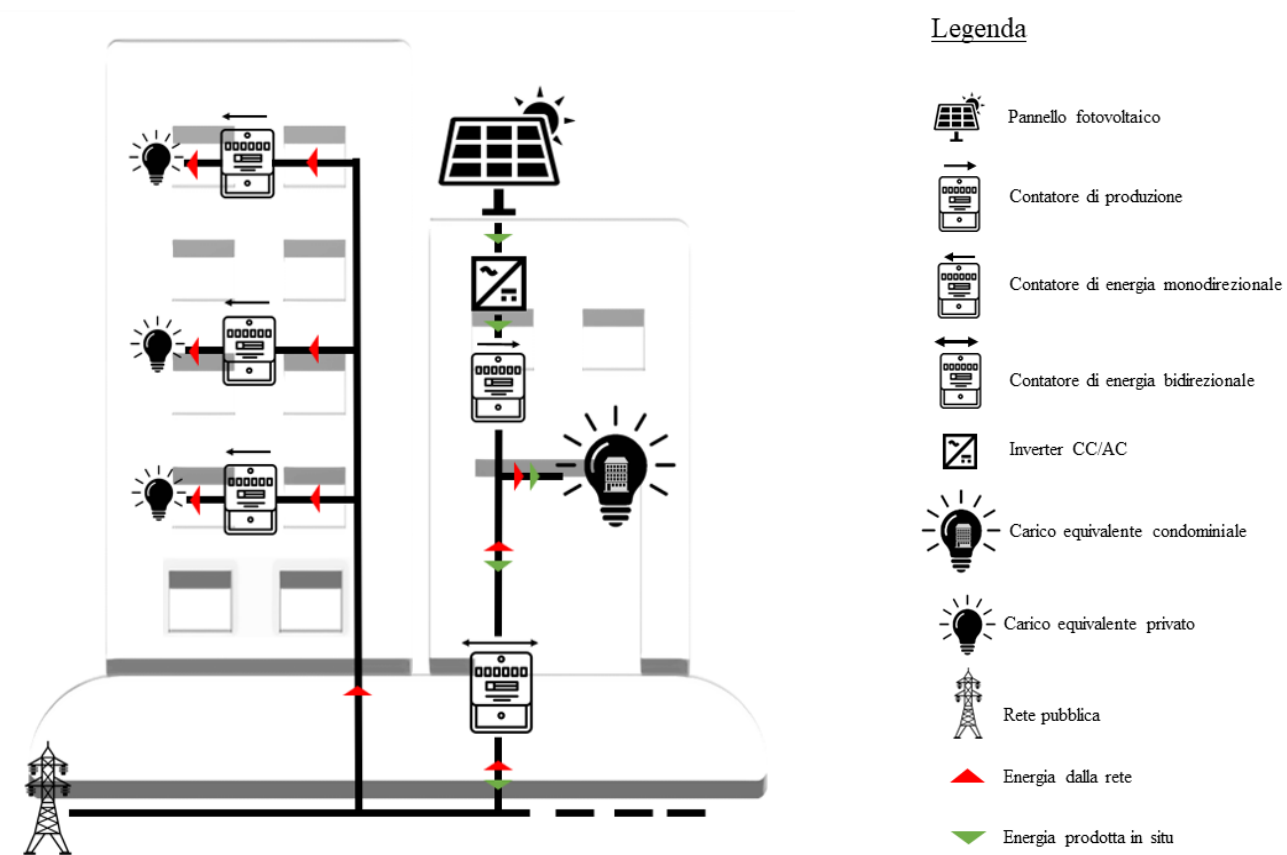


Figura 11-Schema di condivisione dell'energia attraverso configurazione virtuale

Lo schema, illustrato in Figura 11, prevede, infatti, che ogni utente sia normalmente connesso alla rete pubblica tramite un proprio POD¹⁸ e pertanto è mantenuta la libertà, da parte di ciascuno, di poter scegliere il proprio fornitore di energia o di uscire dallo schema in qualsiasi momento.

Sebbene il concetto di “scambi di energia”, a primo acchito, sembra venir meno, va puntualizzato che, in realtà, lo scambio fisico sussiste e viene solamente spostato su porzioni della rete pubblica, più o meno estese, che possono ridursi alla sola sbarra BT¹⁹ del condominio, qualora i misuratori dell’energia elettrica siano centralizzati, in un locale dedicato. Nel caso, invece, di colonna montante di proprietà del distributore, cioè con contatori fiscali interni alle singole unità immobiliari, risulta possibile aggiornare l’infrastruttura elettrica interna all’edificio: come disposto dalla delibera ARERA 467/2019/R/eel²⁰, “*impresa distributrice e condominio possono accordarsi per arretrare i punti di connessione e riposizionare i contatori in un vano centralizzato*”.

Le principali caratteristiche di tale schema, quindi, sono:

- configurazione di rete invariata: la rete pubblica termina nel punto di consegna (POD) dei singoli utenti finali, ossia laddove è installato un contatore fiscale, come nel caso di contratto tradizionale;
- servizio di misura esercitato dal distributore elettrico;
- libertà del cliente finale di scegliere il proprio fornitore di energia e di uscire in qualunque momento dallo schema;
- presenza di un solo contatore bidirezionale.

I benefici economici legati all’autoconsumo, per i singoli utenti, sono, in questo caso, frutto di un’operazione di tipo commerciale svolta da un soggetto responsabile nominato dai condomini, (gestore dello schema) che provvede a quantificare le quote di autoconsumo attribuibili ad ogni partecipante, sulla base dei dati di misura fiscali di produzione dell’impianto e di consumo delle utenze domestiche e condominiali. La metodologia di calcolo della ripartizione dell’autoconsumo virtuale è frutto di accordi contrattuali tra i condomini e può basarsi:

- su un *criterio fisso*, per esempio di tipo millesimale o in base alla contribuzione economica, di ciascun utente all’investimento iniziale ma, comunque, non in relazione ai consumi energetici delle singole abitazioni.
- su un *criterio energetico*, per esempio in proporzione ai prelievi di ciascun utente, in ogni intervallo temporale di misura.

Il primo criterio non premia comportamenti di tipo virtuoso della singola unità, mentre, sebbene il secondo criterio costituisce un reale incentivo a consumare meno energia, in ogni caso, non premia chi consuma nelle ore di maggior produzione dell’impianto.

¹⁸ Point of Delivery, ossia il punto di connessione alla rete pubblica da cui il cliente finale riceve l’energia elettrica.

¹⁹ Sbarra di congiunzione di tutte le linee in bassa tensione che si diramano verso le singole unità immobiliari.

²⁰ Delibera per l’avvio di una regolazione sperimentale in materia di ammodernamento delle colonne montanti vetuste.

3.2. Configurazione fisica

Lo schema di autoconsumo fisico, prevede una connessione diretta privata tra impianto/i di generazione e utenze domestiche/comuni, tutte con un unico POD alla rete pubblica. Di conseguenza, ciascuna utenza potrà direttamente ricevere energia sia dalla rete pubblica che dall'impianto di generazione, sebbene venga comunque data precedenza, per quanto riguarda il servizio da parte dell'impianto di produzione, alle utenze condominiali. Nella Figura 12, sottostante, viene illustrato lo schema appena descritto:

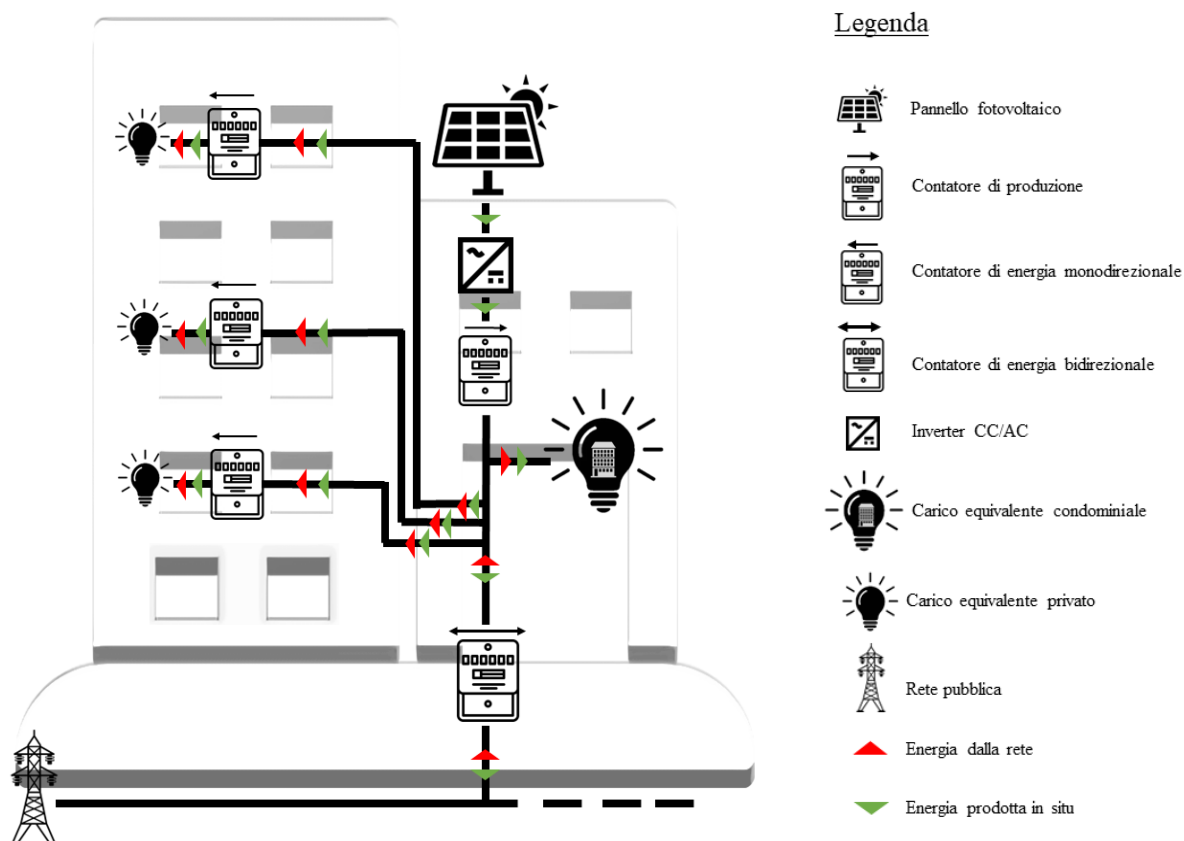


Figura 12-Schema di condivisione dell'energia attraverso configurazione fisica

Con tale configurazione, l'energia prodotta e autoconsumata rimane effettivamente all'interno del perimetro della rete privata dell'edificio, quindi le perdite verranno ridotte ulteriormente. Le principali caratteristiche di questa configurazione sono:

- rete interna condominiale privata con unica connessione alla rete pubblica attraverso un singolo contatore fiscale;
- unico contratto di fornitura dell'energia elettrica a servizio delle utenze comuni e domestiche del condominio;
- infrastruttura di misura non fiscale per la ripartizione dei consumi delle utenze (contatori interni alle unità immobiliari).

Sebbene tale configurazione sia più efficiente, dal punto di vista energetico, e incentivi a consumare nelle ore di maggior produzione dell'impianto, è evidente quanto sia di più difficile gestione, in

quanto bisognerebbe comprendere come ripartire, in modo equo, in caso di consumo simultaneo di più unità immobiliari, l'energia prodotta in loco. Inoltre, sarebbe complicata l'uscita dal gruppo di autoconsumo di un singolo cliente finale, in quanto, ogni volta, sarebbe necessaria la modifica della configurazione dell'impianto e non si permetterebbe, ai clienti finali, di scegliere, liberamente, il proprio fornitore di energia.

3.3. Dal caso semplice al caso generale

Fino ad ora, è stato descritto il caso più semplice, che prevede la presenza di clienti finali identici tra loro, dal punto di vista contrattuale, ossia tutti facenti parte della comunità energetica e non proprietari di impianti di produzione privati. Va puntualizzato, che entrambe le configurazioni potrebbero complicarsi notevolmente e che, quindi, in ogni singolo caso dovrà essere trovato il modo adatto per gestire la ripartizione di costi e utili e le connessioni di rete, in modo da non sbilanciare energeticamente il sistema. Viene riportato un esempio di configurazione virtuale con cinque tipi di utenze domestiche di tipo differente e un sistema di accumulo condominiale; si tratta, ovviamente, di un caso limite, poco probabile ma con lo scopo di far capire di fronte a quante possibilità ci si potrebbe trovare e che, quindi, non sempre si tratta di casi semplici da risolvere, come potrebbe apparire a primo acchito.

Le utenze che possiamo individuare nella figura sottostante, (Figura 13) sono, dal basso verso l'alto:

- utenza non facente parte della configurazione, per cui, quindi, avrà rilievo solamente l'energia prelevata dalla rete, nel calcolo degli incentivi;
- utenza facente parte della configurazione (come quelle descritte nei paragrafi precedenti);
- utenza facente parte della configurazione con sistema di accumulo, allo scopo di accumulare energia nelle ore in cui la produzione risulta essere in surplus, da utilizzare, poi, nelle ore in cui l'impianto non produce energia, massimizzando, così, l'energia condivisa e, quindi, l'incentivo. Va notato che, tale soluzione, in realtà, non contribuisce ad arrecare benefici economici al singolo, ma solo all'intero gruppo, utilizzando i criteri di ripartizione degli utili attualmente in vigore;
- utenza facente parte della configurazione, dotata di impianto di produzione privato, senza accumulo, che verrà personalmente remunerata per l'energia immessa in rete e autoconsumata, relativa al proprio impianto domestico. Dovrà quindi essere dotata di contatore bidirezionale privato;
- utenza facente parte della configurazione, dotata di impianto di produzione e accumulo privati, per cui quindi valgono le stesse considerazioni fatte per la precedente; in aggiunta, tale utenza, avrà anche la possibilità di massimizzare la quota di energia autoconsumata, andando a prelevare dall'accumulo, nei momenti in cui l'impianto non è in funzione, massimizzando il proprio incentivo economico.

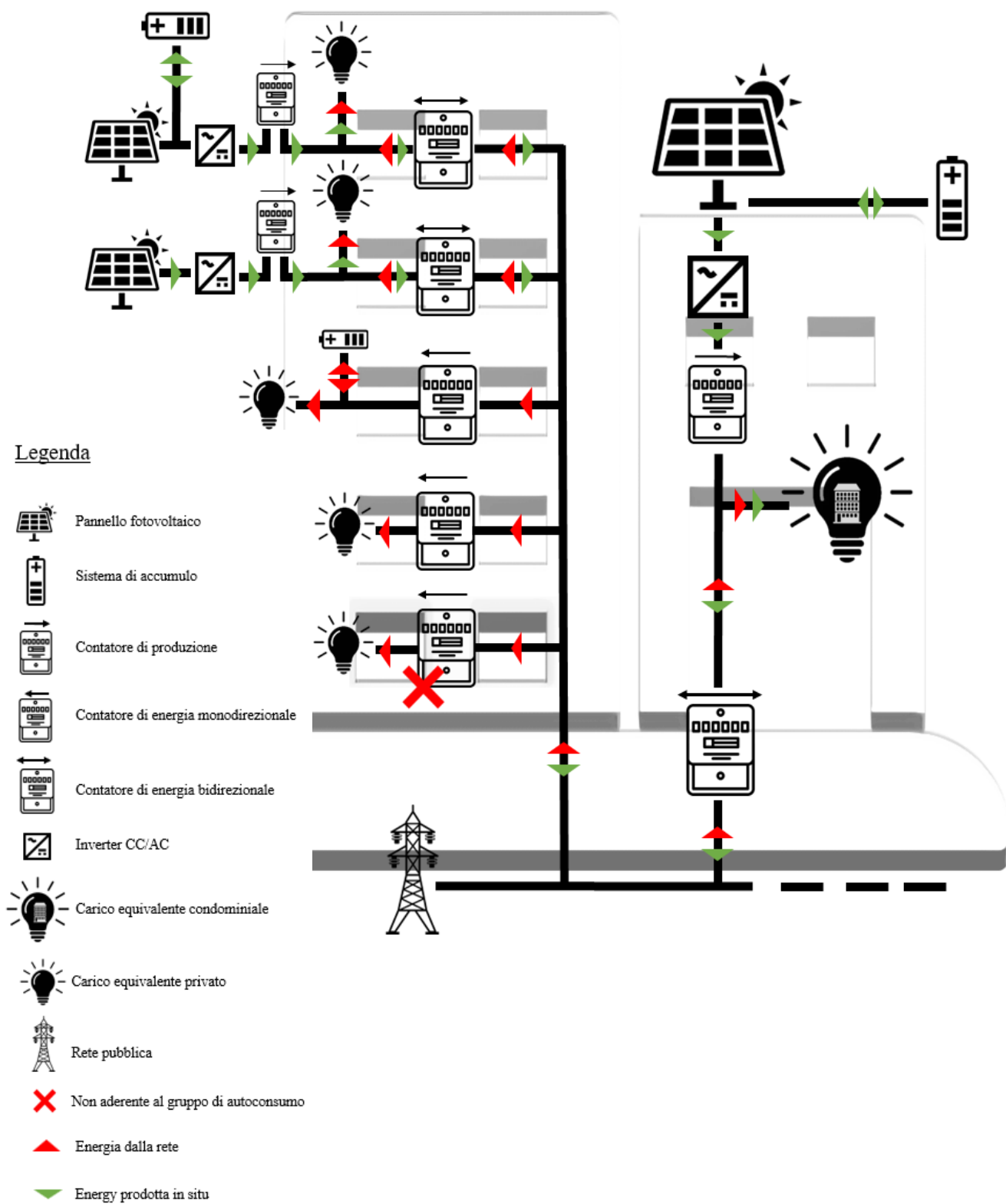


Figura 13-Schema generale di condivisione dell'energia

3.4. Applicazione ad un caso reale

L'idea della ricerca è, come indicato in precedenza, in prima battuta quella di applicare quanto esplicito fino ad ora ad un caso reale, in modo tale da poter ottenere dei risultati riguardanti i benefici, in termini ambientali ed economici, apportati dalle configurazioni di autoconsumo, per poi discuterne la convenienza.

L'idea è quella di utilizzare, come caso studio, una delle più comuni tipologie edilizie italiane: una palazzina plurifamiliare di medie dimensioni, con attività di tipo commerciale al piano terra, situata nel cuore di un centro abitato. Questa scelta è giustificata dalla possibilità di rendere le considerazioni fatte il più adattabili possibile a casi pratici ed evitare complicazioni che non permetterebbero appieno di focalizzare l'attenzione sui concetti base che si vogliono analizzare e renderebbero il discorso più nebuloso e meno immediato.

Sempre per le stesse ragioni, sono state adottate le seguenti condizioni:

- utenze di tipo tradizionale, non dotate, quindi, di impianti a fonti rinnovabili privati e/o con sistemi di accumulo;
- configurazione di tipo virtuale;
- i consumi delle utenze condominiali sono stati trascurati.

Verrà ora presentato, nel prossimo capitolo, il caso studio in esame, al fine di rendere più chiare le considerazioni che verranno fatte in seguito.

4. Il caso studio

4.1. Il contesto

Indirizzo: Via Arturo Bendini 11, Collegno (TO)

Latitudine: 45° 04' 29''

Longitudine: 7° 34' 33''

Altitudine: 325 m

Area lotto: 3118.01 m² (da conteggi)



Figura 14-Localizzazione Comune di Collegno

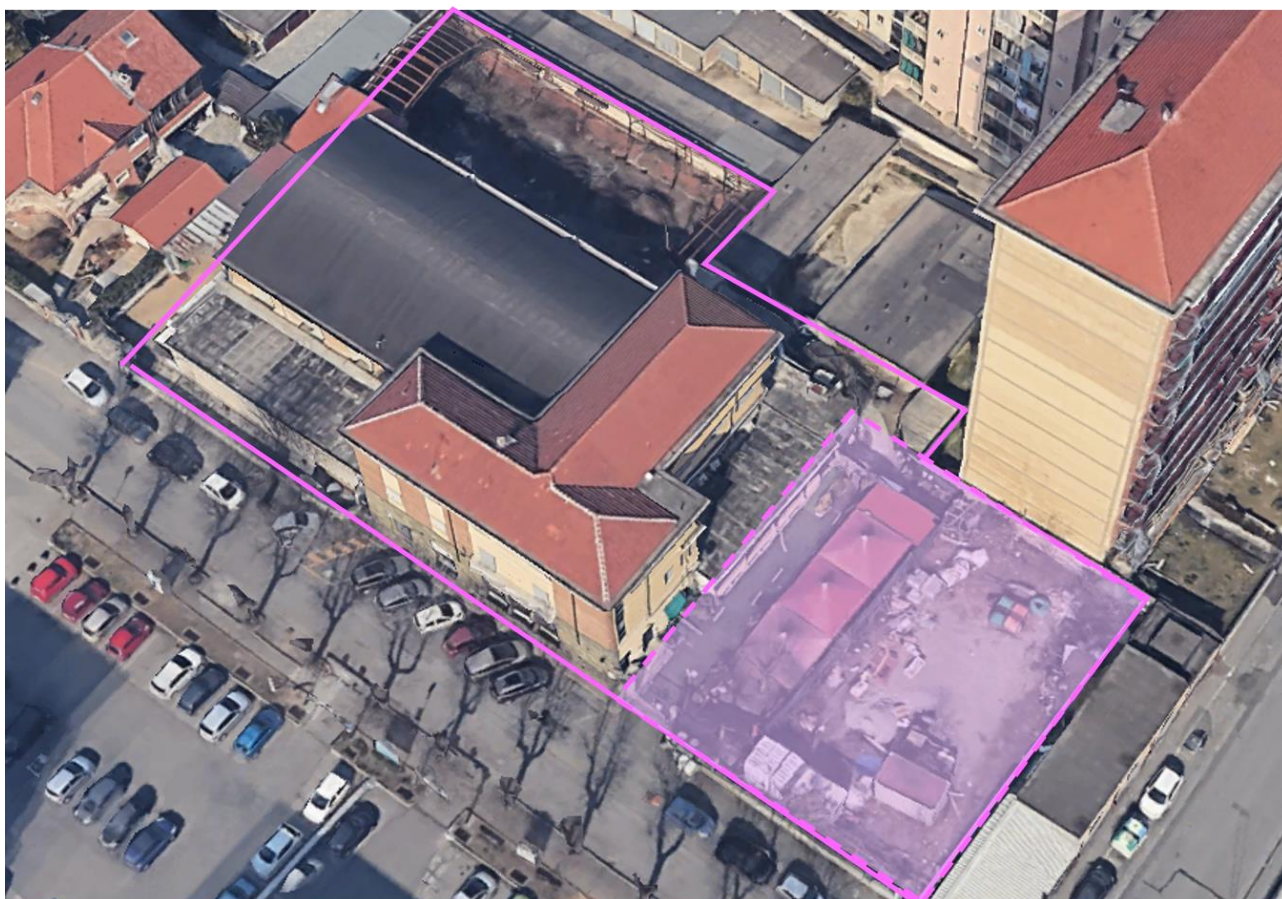


Figura 15-Lotto di collocazione dell'intervento

L'edificio di nuova costruzione sorgerà in prossimità del centro del Comune di Collegno, in un lotto situato all'angolo tra Via Silvio Pellico e Via Arturo Bendini. Allo stato attuale, all'interno di esso sono già presenti diversi edifici di tipologia residenziale o industriale, ma una parte di esso è

pressoché libera e ospita solamente alcune vecchie tettoie, ormai dismesse e in rovina (Figura 15). Questo elemento rappresenta un vantaggio, in quanto è evidente quanto i costi di demolizione siano ridotti al massimo.

Dal punto di vista dei collegamenti, si tratta di una posizione strategica, in quanto si trova a pochi passi dalla nuova fermata della Metropolitana Linea 1 “Collegno Centro”; inoltre, sorgerà in un’area ricca di attività commerciali.

I rischi ambientali

Dal punto di vista dei vincoli quali fasce di rispetto stradali, ferroviarie o di natura paesaggistica, è possibile notare, in Figura 16, estratta dal Geoportale del Comune di Collegno, che non ve ne sono di indicati, all’interno dell’area di interesse.



Figura 16-Vincoli di natura varia nell’area di interesse

Allo stesso modo, per quanto riguarda il rischio idrologico (Figura 17) o geomorfologico (Figura 18), l'area non presenta criticità da evidenziare, come è possibile notare dagli estratti delle rispettive mappe di pericolosità, riportate di seguito.

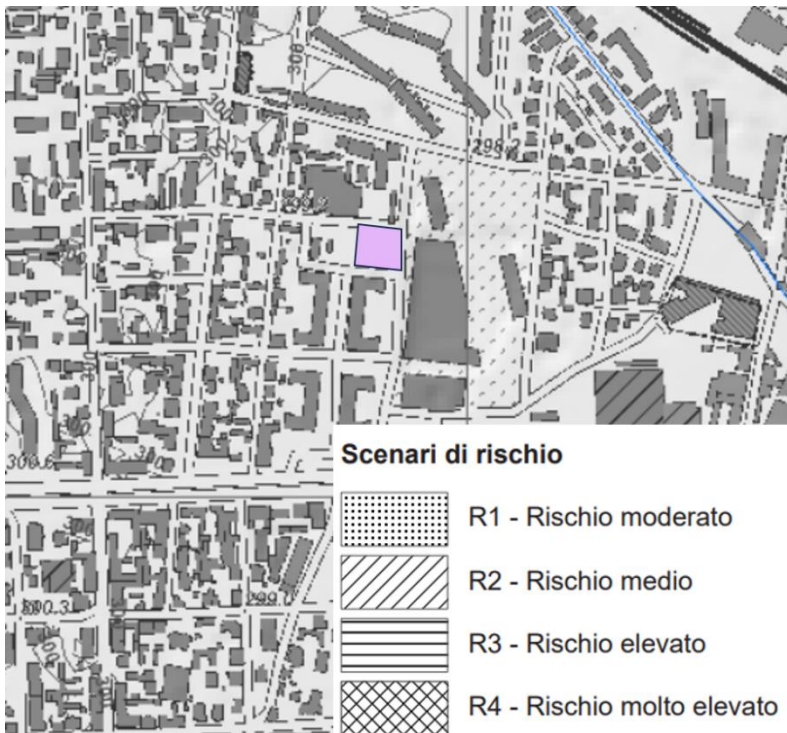
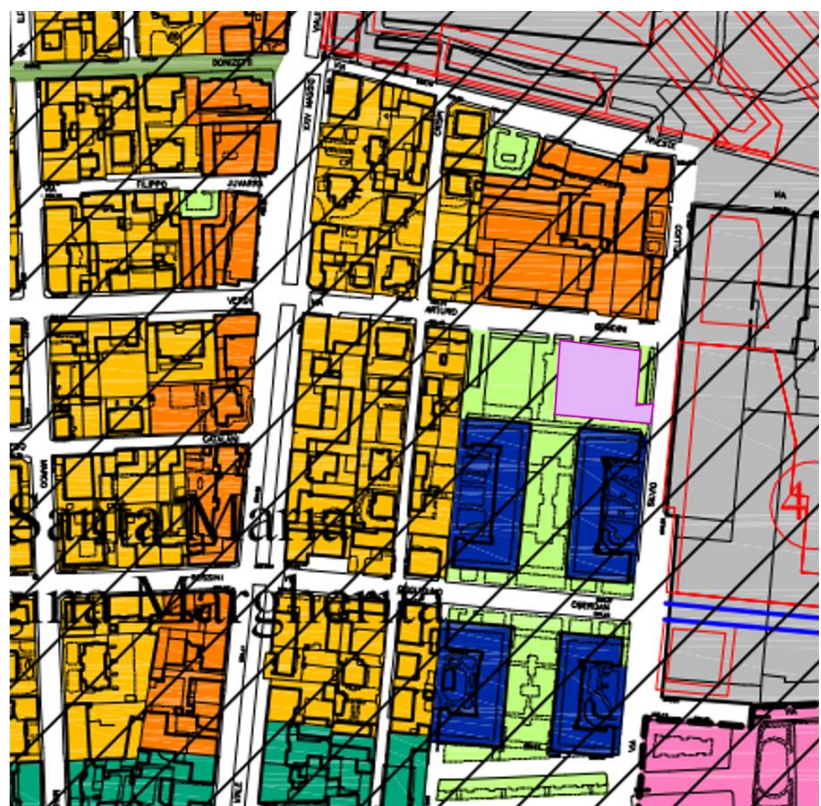


Figura 17-Mappa del rischio idrologico



Classe I - Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche; gli interventi sia pubblici che privati sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del Decreto Ministeriale MISE 17.01.2018 - Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" (NTC 2018).

Figura 18-Mappa del rischio geomorfologico

Inquadramento territoriale

Il lotto in cui andrà a collocarsi l'intervento, si trova precisamente nella zona *Santa Maria-Regina Margherita*; si sviluppa a cavallo di Corso Francia, è caratterizzato da un tessuto prevalentemente residenziale, con importanti assi commerciali e terziari, ed è sede amministrativa della città. Il quartiere è delimitato dalla Ferrovia Torino Lione, da Via Latina che definisce il confine con Grugliasco, da Corso Togliatti, da Via Provana e Via Piave, come meglio evidenziato nella tavola di inquadramento normativo, di cui riportato un estratto in seguito, in Figura 19. L'obiettivo del Comune è quello di andare a riqualificare quelle aree dismesse, un tempo sede di attività industriali, che si trovano proprio nel cuore della città.

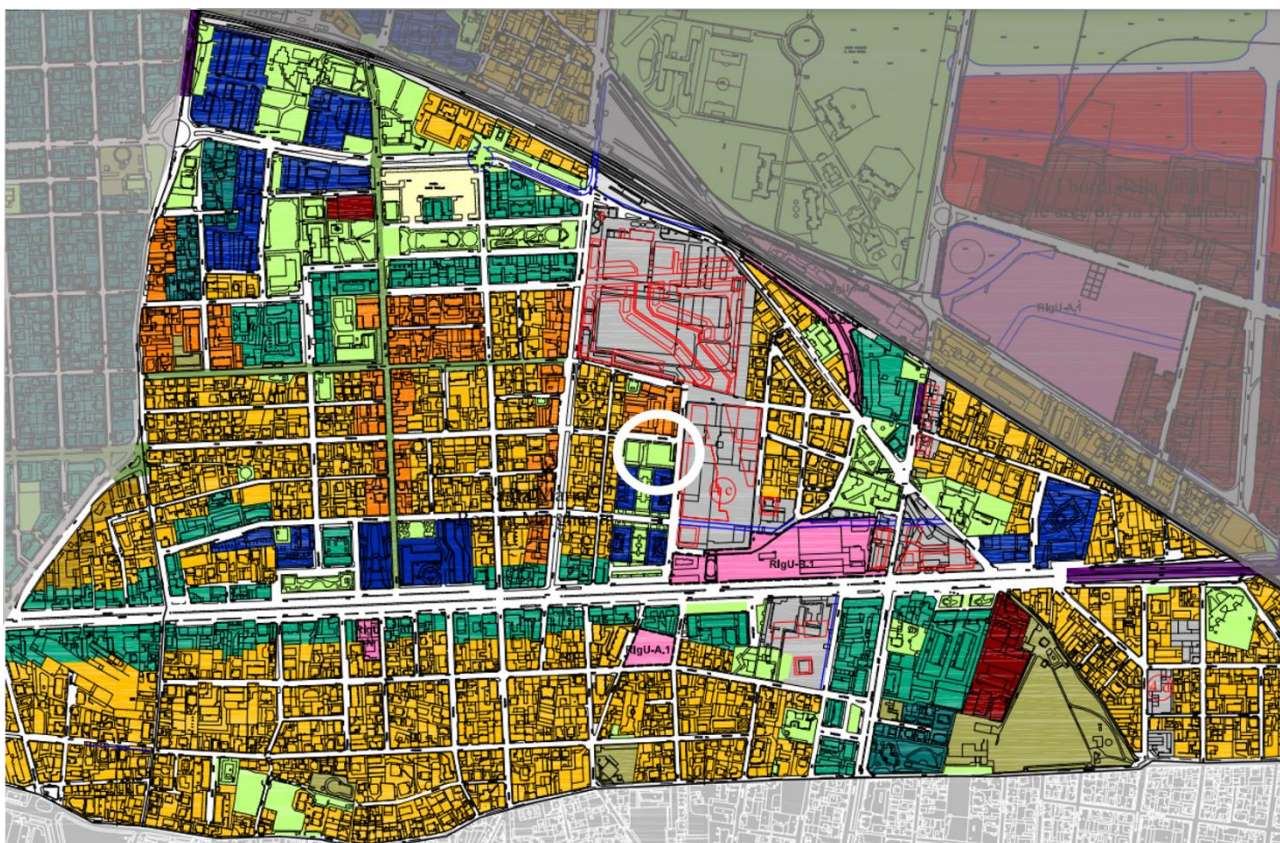


Figura 19-Inquadramento del lotto nella zona Santa Maria-Regina Margherita

Per quanto riguarda l'inquadramento catastale e nella carta tecnica del lotto, fare riferimento all'Allegato 1.

Effettuando un ingrandimento sull'area di interesse, come indicato nella Figura 20, è possibile notare che essa è inquadrata come *casa su strada*, a cui corrisponderanno una serie di indici estratti dal piano regolatore del Comune di Collegno, riportati in Tabella 7, cui si dovrà far riferimento nel corso della progettazione, al fine di adempiere alla Normativa Vigente e ottenere l'approvazione dell'opera.

Per *casa su strada* si intendono i luoghi della città dove sono presenti, o previste, case con un numero massimo di cinque piani fuori terra, eccezioni escluse, disposte lungo il filo stradale che segnano un fronte tendenzialmente continuo. In questo ambito normativo potranno essere realizzati interventi di modificazione del tessuto edilizio esistente.



Figura 20-Estratto di mappa tipologica

Per quanto riguarda la zona S. Maria, il P.r.g.c. impone le seguenti regole:

Tabella 7-Valori dei parametri normativi da P.r.g.c. per la data tipologia edilizia

Parametro	Simbolo	Definizione	U.M.	Valore
Indice fondiario	If	Rapporto tra la superficie lorda di pavimento e la superficie fondiaria	mq/mq	1.1
Rapporto di copertura	Rc	Rapporto tra la superficie coperta e la superficie fondiaria	mq/mq	0.60
Distanza tra fronti finestrati	Def	-	m	10
Distanza tra fronti non finestrati	De	-	m	6
Distanze minime dai confini	Dc	-	m	0 con atto di vincolo tra proprietari o 5. Obbligatorio allineamento su filo strada
Numero massimo di piani f.t.	n	-	-	4
Altezza Massima	H	Distanza dal piano di campagna all' intradosso dell'ultimo solaio piano.	m	13

È bene notare che nel caso del Comune di Collegno, è consentita la realizzazione del piano sottotetto abitabile e del piano arretrato, oltre il numero di piani consentiti dalle singole schede normative, purché tali volumi rientrino all'interno della sagoma limite, determinata dall'inclinata di pendenza massima 50%, riportata dai punti distanti 1.50 m in orizzontale dalla linea di intersezione delle facciate con la linea d'estradosso dell'ultimo solaio piano. Per quanto riguarda l'altezza massima consentita, si intende al netto di quella dell'eventuale piano arretrato.

Inoltre, ai sensi dell'art. 11, comma 1, del D. Lgs. 115/08, lo spessore delle murature esterne, delle tamponature o dei muri portanti superiori ai 30 cm, il maggior spessore dei solai e tutti i maggiori volumi e superfici necessari ad ottenere una riduzione minima del 10% dell'indice di prestazione energetica, previsto dal decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, non saranno considerati nei computi per la determinazione delle superfici e dei volumi.

Infine, trattandosi di un intervento, all'interno della zona sopraccitata, di nuova costruzione, dovranno anche essere rispettati i vincoli generali seguenti, validi per tutti gli interventi relativi a case e luoghi di lavoro:

- 0.35 mq/mq della superficie fondiaria di parcheggi di pertinenza (interrati o fuori terra);
- 20% di superficie permeabile;
- per le case su strada, una quota di 46 mq/abitante deve essere dismessa ad uso pubblico, sul lotto o all'esterno di esso, o monetizzata;
- qualora l'intervento non preveda la realizzazione in loco di parcheggi pubblici, si prescrive una quota aggiuntiva di parcheggi privati, a raso e non coperti, pari a 0.10 mq/mq della S.l.p. È ammessa la possibilità di computare tale quota aggiuntiva, quando non altrimenti collocabile, in sovrapposizione alla superficie permeabile prevista. In tal caso, la sistemazione della superficie corrispondente dovrà sopperire a entrambe le funzioni.

Inoltre, per quanto riguarda le attività commerciali al dettaglio, in accordo al piano regolatore, devono essere rispettati i parametri seguenti:

- dismissione di una quota pari all'80% della S.l.p. commerciale in progetto;
- quota pari al 50% della superficie dismessa da destinarsi a parcheggio pubblico, ai sensi nell'adeguamento alla L.R. 28/99 con Deliberazione del C.C. n. 148 del 8.11.2000.

In Allegato 2, sono riportati i conteggi relativi all'intervento edilizio in questione. In essi, si includono anche quelli relativi alla S.l.p. esistente sul lotto, al netto delle demolizioni, e di quella da demolire; per quanto riguarda quest'ultima, come detto in precedenza, si tratta di piccoli locali di servizio presenti nel lotto, ormai dismessi.

4.2 La proposta progettuale architettonica

La proposta progettuale prevede la realizzazione di un edificio a cinque piani fuori terra, di cui uno arretrato e un piano interrato, destinato ad autorimessa e cantine; per quanto riguarda il piano terra, questo prevederà la presenza di altri tre box auto coperti e due unità immobiliari ad uso commerciale. I piani successivi, invece, ospiteranno in tutto undici unità immobiliari, ad uso residenziale.

Il progetto prevede la presenza di alloggi di differenti metrature, a partire da bilocali fino ad arrivare ad appartamenti familiari, in modo tale da rendere l'immobile più appetibile, dal punto di vista commerciale, ed adattabile alle diverse esigenze. Il fine del progetto è, infatti, non solo la sostenibilità ambientale ma anche quella economica e sociale, chiavi per il successo di esso.

Come da regolamento edilizio, al piano terreno è stata assoggettata un'area destinata a parcheggio pubblico, che va a ricoprire ampiamente quella richiesta, al fine di servire al meglio le due attività commerciali che sorgeranno. In Figura 21 è illustrata una pianta generale dell'area in progetto.

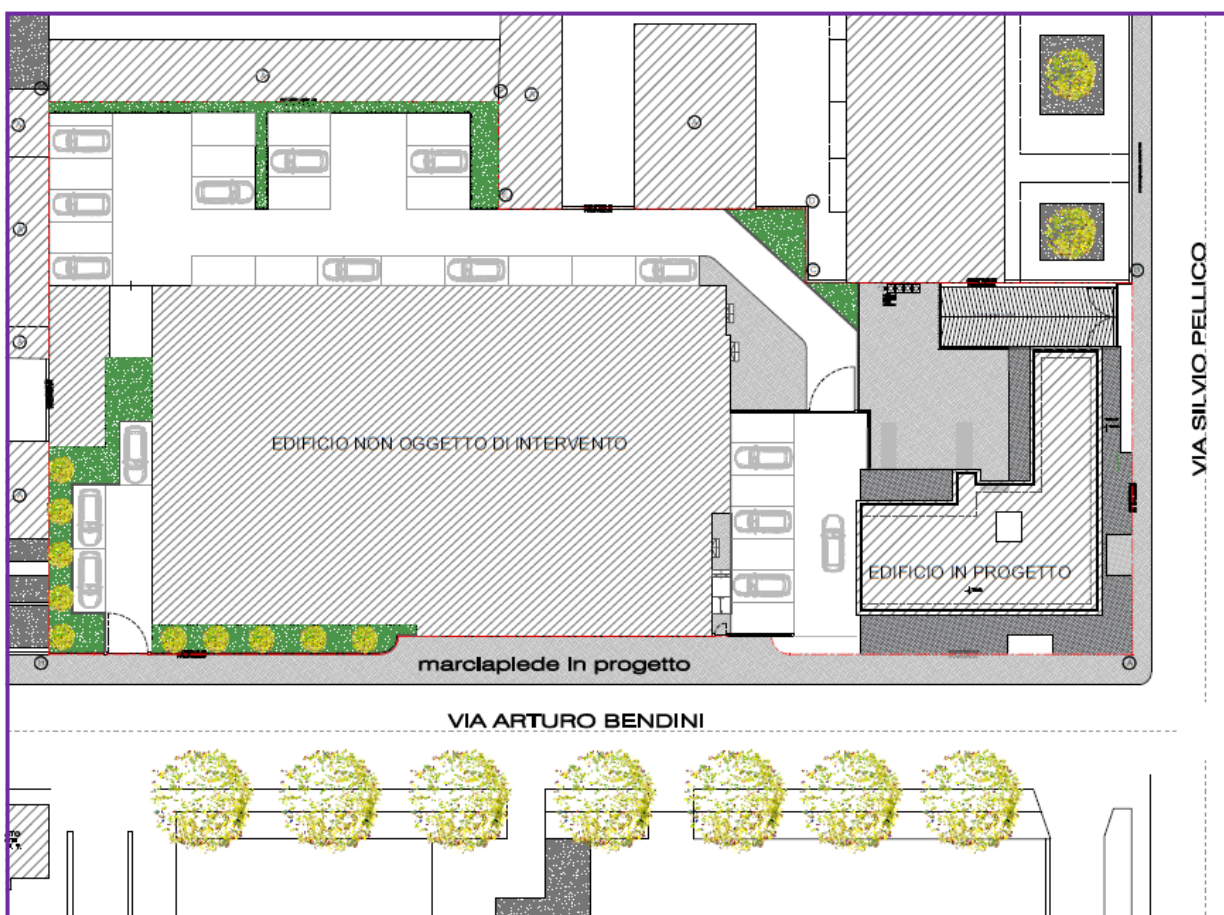


Figura 21-Pianta generale lotto d'intervento

Le piante

Per quanto riguarda gli alloggi, i primi tre piani ne ospiteranno tre ciascuno, mentre il piano attico prevede la presenza di due appartamenti. Tutte le unità immobiliari saranno dotate di ampie aperture, in modo tale da rendere gli ambienti accoglienti e luminosi, e ampi spazi esterni arredabili. In Figura 22, sono riportati gli schemi di organizzazione interna di ciascun piano, inoltre, si riportano le piante architettoniche, nel dettaglio, nell'Allegato 3.



Figura 22-Disposizione schematica unità immobiliari

Prospetti e rendering

Per quanto riguarda l'aspetto estetico dell'edificio, la scelta prevede una certa regolarità delle forme, in linea con lo stile architettonico moderno, modularità e geometria. Allo stesso tempo, si vuole dare movimento alla costruzione giocando con la giustapposizione di moduli differenti, sfasati ai diversi piani, che contribuiscono a spezzare la compattezza dell'edificio, rendendolo più sinuoso e gradevole.

Per lo stesso motivo, si è scelto di utilizzare materiali differenti, in particolare il piano terreno è caratterizzato da un rivestimento in pietra, al fine di distinguerlo dagli altri, poiché avente una funzione e categoria d'uso differente. Riguardo i balconi, si alterna la muratura con il vetro, in modo tale da generare un'alternanza di vuoti e pieni, al fine di renderli più leggeri, nonostante le grandi dimensioni di essi. Inoltre, sulle varie facciate, è possibile osservare anche la presenza di elementi verticali, al fine di slanciare l'edificio, ma che contribuiscono, fondendosi con i parapetti, anche a creare motivi geometrici sulle facciate, rendendole più originali e ancora una volta andando a spezzare l'eccessiva modularità che si avrebbe sovrapponendo piani tutti identici tra loro; questi elementi, inoltre contribuiscono anche alla funzione di schermatura, infatti spesso si trovano di fronte alle finestre, e generano zone d'ombra negli spazi esterni, rendendoli più fruibili anche in estate. Tra questi elementi verticali, caratterizzanti dell'edificio sono delle lamelle lignee verticali, che contribuiscono, anch'esse, alle funzioni di cui si è parlato fino ad ora.

Nonostante questi accorgimenti, la forma è mantenuta pulita e semplice, in modo tale da non rendere l'opera fuori contesto o eccessivamente complicata da realizzare, prolungando le tempistiche di cantiere in maniera eccessiva. Inoltre, la scelta di giocare con le forme, nasce dalla volontà di rendere l'aspetto dell'edificio piacevole alla vista, seppur utilizzando materiali semplici, in modo tale da rendere l'opera anche sostenibile dal punto di vista economico.

In basso è riportata un'immagine dell'edificio, in cui si evidenziano le caratteristiche estetiche elencate (Figura 23).



Figura 23-Schema 3D dell'edificio con indicazione degli elementi architettonici caratteristici

Infine, in Figura 24 e Figura 25, si riportano due viste dell'intervento.



Figura 24-Vista prospettica dell'intervento 1



Figura 25-Vista prospettica dell'intervento 2

Per maggior dettaglio a riguardo, fare riferimento all'Allegato 4.

4.3. Caratteristiche energetiche

L'involucro

La particolarità dell'edificio sta, inoltre, nella scelta del materiale con cui sono realizzate le partizioni. Si è scelto di utilizzare il calcestruzzo cellulare areato autoclavato Ytong, un materiale da costruzione in blocchi, il cui vantaggio è quello di presentare le caratteristiche positive del legno (isolamento, solidità e lavorabilità) ma non i suoi svantaggi (combustibilità, sensibilità all'acqua e umidità e necessità di manutenzione). Ytong risponde perfettamente a tali esigenze: il calcestruzzo cellulare è, infatti, solido, isolante, facile da lavorare, incombustibile, durevole ed ecologico.

Come sistema costruttivo, si rivela essere più efficace e vantaggioso, in quanto permette di realizzare partizioni con un unico materiale, che presenta, già di suo, ottime prestazioni isolanti, permettendo, in questo modo, di ridurre le tempistiche di cantiere e i problemi di accostamento di materiali diversi. Anche le problematiche relative ai ponti termici sono semplificate, poiché viene naturalmente garantita la continuità dell'isolamento e, in prossimità dei pilastri, la soluzione è comprensiva anche di blocchi dalla conducibilità termica ridotta, per correggerne il ponte termico, sempre utilizzando lo stesso materiale. L'intera soluzione costruttiva viene meglio descritta in Figura 26.

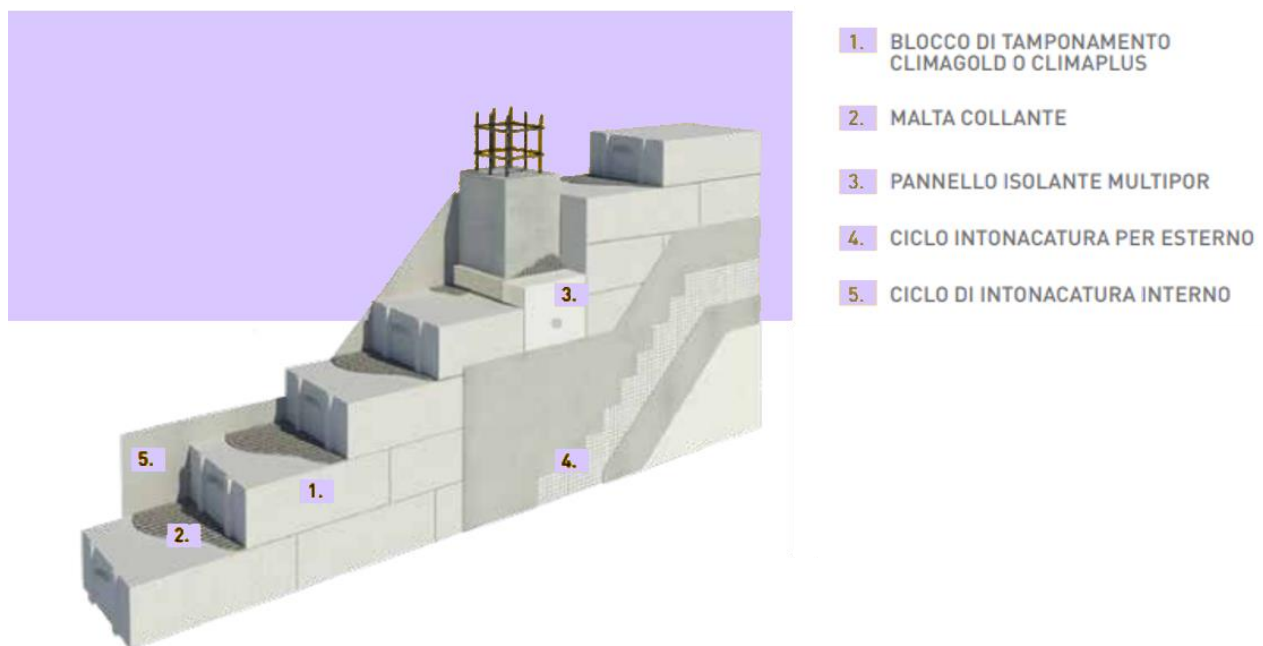






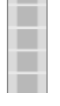

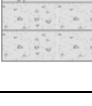

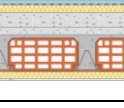
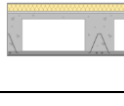
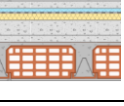
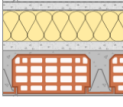
Figura 26-Soluzione costruttiva in calcestruzzo cellulare Ytong

Inoltre, come accennato in precedenza, i blocchi Ytong, sebbene siano sufficientemente leggeri da garantire una notevole semplicità di posa in opera, essendo in calcestruzzo, sono tali da garantire ottime caratteristiche di resistenza meccanica, rendendo la parete autoportante, oltre a costituire anche una valida soluzione in zone sismiche.

Il materiale verrà utilizzato non solo per le partizioni esterne ma anche per le tramezze interne e le pareti divisorie tra alloggi o verso vani non climatizzati, infatti la soluzione presenta anche ottime caratteristiche di isolamento acustico e resistenza al fuoco, superiori ai materiali tradizionali, ed è semplice realizzare in esso le tracce impiantistiche. Per la realizzazione dei divisori acustici e delle pareti su altri ambienti, verrà utilizzata una soluzione a "sandwich", ossia utilizzando due strati di

Ytong più sottile, interposti da un materassino isolante in lana minerale, in grado di smorzare le frequenze del rumore che attraversa la parete. In Tabella 8 vengono riportate le componenti dell'involucro, con relativi spessori e trasmittanze, con i codici utilizzati al fine dei calcoli energetici.

Tabella 8-Componenti dell'involucro dell'edificio in progetto

Nome generico	Codice			Tipo		Stratigrafia	Spessore	Trasmittanza termica	
Muro Controtterra	M1			R			30 cm	0.35	
Muro esterno box	M2			E			21 cm	0.59	
Partizione esterna	M4			T			42 cm	0.17	
Parete divisoria ambienti isolata	M3	M5	M6	U	E	U		31 cm	0.27
	M11	M15		U	N				
Partizione interna box	M7			-				12 cm	-
Partizione interna	M8			D				10 cm	-
Chiusura inferiore	P2			R				20 cm	0.35
Pavimento piano terreno	P3	S1		R	-			45 cm	0.24
Partizione orizzontale con isolamento inferiore	P4	P6	P7	U	U	U		49 cm	0.23
	S5	S6		-	-				
Soffitto box su esterno	S2			E				29 cm	0.53
Partizione orizzontale	P5	P8	S3	N	T	N		45 cm	0.35
	S7			T					
Chiusura superiore	S4			T				45 cm	0.2

Il sistema impiantistico

Per quanto riguarda le scelte impiantistiche, si è deciso di adottare tredici impianti autonomi, uno per unità immobiliare, in pompa di calore reversibile, per riscaldamento e raffrescamento, con funzione combinata per la produzione di acqua calda sanitaria (con eccezione per quanto riguarda le unità con funzione commerciale, in cui si è deciso di produrre acqua calda sanitaria con un generatore separato, di dimensioni ridotte, data la limitata richiesta, che altrimenti renderebbe poco efficiente l'impianto). Le pompe di calore utilizzate sono di quattro taglie differenti, in funzione della domanda energetica di ciascuna unità, e sono stati scelti prodotti ad alta efficienza energetica, al fine di migliorare le prestazioni dell'edificio.

Dal punto di vista della distribuzione e dei terminali, è stato predisposto un impianto con tubazioni a pavimento, caratterizzato da temperature di mandata dell'acqua rispettivamente di 40°C e 20°C, in inverno ed estate e salto termico di 10°C e 5°C.

La regolazione in riscaldamento è sia di zona sia con sonda climatica, che regola la temperatura di mandata in funzione delle condizioni esterne, al fine di garantire il risparmio energetico. In estate, invece, la regolazione sarà solamente di zona.

Viene riportato il diagramma, in Figura 27, di regolazione climatica inerente alla pompa di calore utilizzata.

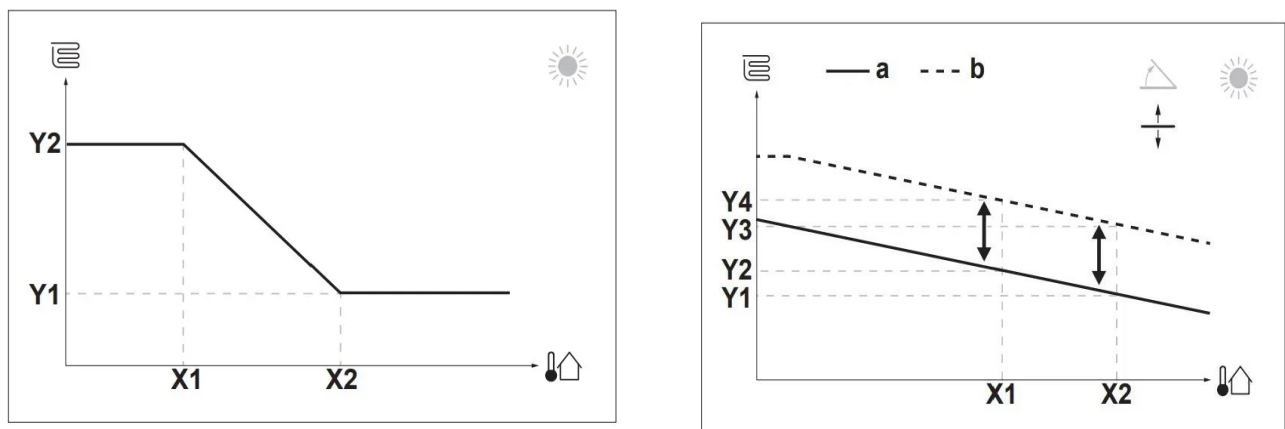


Figura 27-Curve di regolazione climatica della pompa di calore

In particolare, è possibile settare i dati che andranno a caratterizzare la curva secondo due modalità:

- una curva a due punti, dove si vanno a settare le temperature X, esterne, e Y, di mandata, che determineranno la pendenza della curva;
- offset-pendenza, in cui si setta la pendenza della curva e lo sfasamento da quella caratterizzata da temperature di mandata massime.

Infine, il termostato scelto è dotato di una regolazione modulante a banda proporzionale di 0.5 °C, in inverno, e 1 °C, in estate, che consente di mantenere la temperatura interna fissata a quella di set-point, evitando surriscaldamento, o refrigeramento eccessivo, e conseguenti consumi.

Poiché si è scelto di utilizzare un sistema di tipo aria-acqua anche in estate, è necessario tener conto che tale soluzione non permette di deumidificare gli ambienti. Abbassando la temperatura dell'aria senza deumidificare, infatti, si andrebbe incontro ad un aumento dell'umidità relativa, con relativi problemi legati al comfort interno. Si riporta un esempio in Figura 28, in basso, avanzando le seguenti ipotesi:

- temperatura iniziale dell'aria interna di 30°C;
- umidità relativa iniziale del 60%;
- temperatura finale (di set-point) di 26°C.

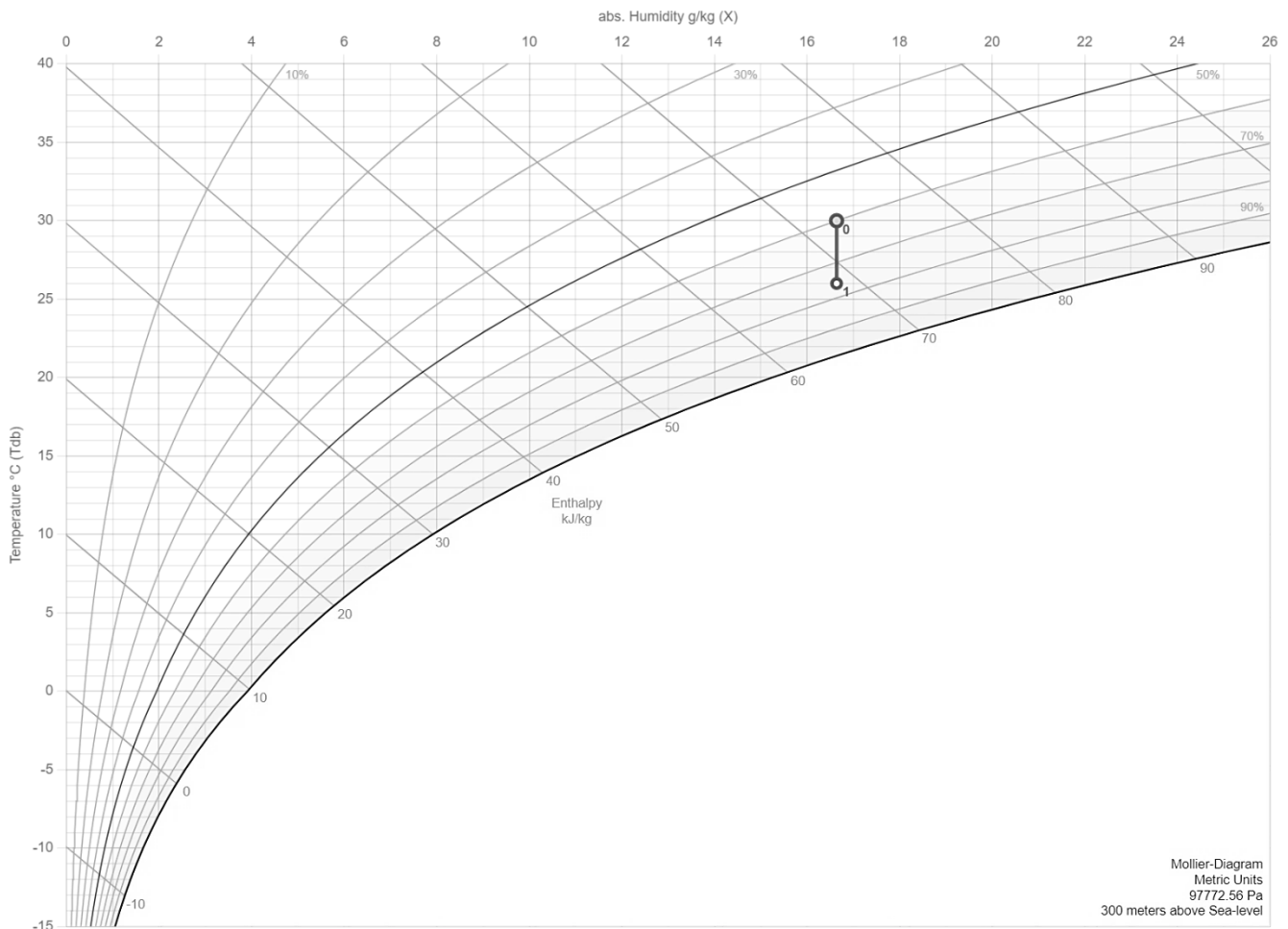


Figura 28-Diagramma di Mollier

Come si può notare, in tal modo si arriverebbe ad un'umidità relativa circa dell'80%. Si tratta di una delle problematiche progettuali legate all'installazione di un pavimento radiante collegato ad una pompa di calore reversibile, da utilizzare, dunque, anche in estate.

Diventa, quindi, opportuno installare, in abbinamento, anche un sistema di deumidificazione che permetta un abbassamento dell'umidità relativa, evitando così ambienti al cui interno si verifichi una situazione simile a quella che si percepisce all'interno di locali interrati, come le cantine; oltre a ciò, al limite, se la temperatura interna fosse ulteriormente abbassata e si raggiungesse la temperatura di rugiada, si potrebbero verificare anche fenomeni di condensa sul pavimento dell'abitazione.

Le fonti rinnovabili

Dal punto di vista delle fonti rinnovabili, si è deciso di sfruttare la copertura per l'installazione di pannelli fotovoltaici, organizzati in un impianto centralizzato, direttamente collegato alla rete, al fine di ottimizzare la loro funzione di condivisione dell'energia elettrica. Solamente le utenze condominiali saranno direttamente collegate ad essi, mentre gli alloggi usufruiranno indirettamente dell'energia prodotta da essi, tramite la rete pubblica, secondo i principi del gruppo di autoconsumo con configurazione virtuale.

I pannelli scelti sono caratterizzati da 400 Wp e saranno orientati verso sud, con un'inclinazione di 12° rispetto al piano orizzontale; è data un'inclinazione che consenta di mantenere una buona efficienza in inverno, sebbene non ottimale, e che consenta di non creare ombreggiamenti tra una fila e l'altra. In seguito sono riportate le caratteristiche dimensionali (Figura 29), le caratteristiche elettriche (Tabella 9) e la loro disposizione in copertura (Figura 30).

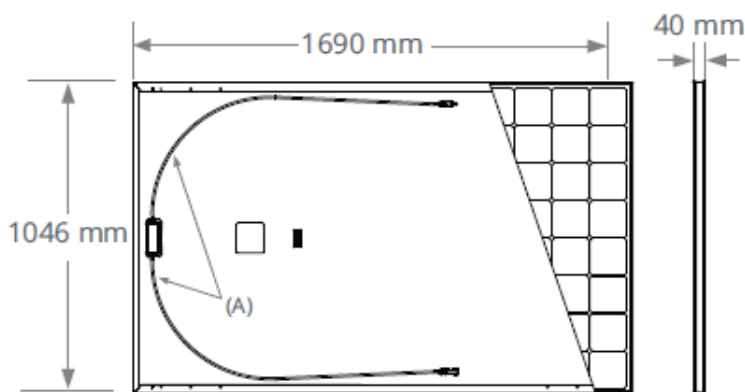
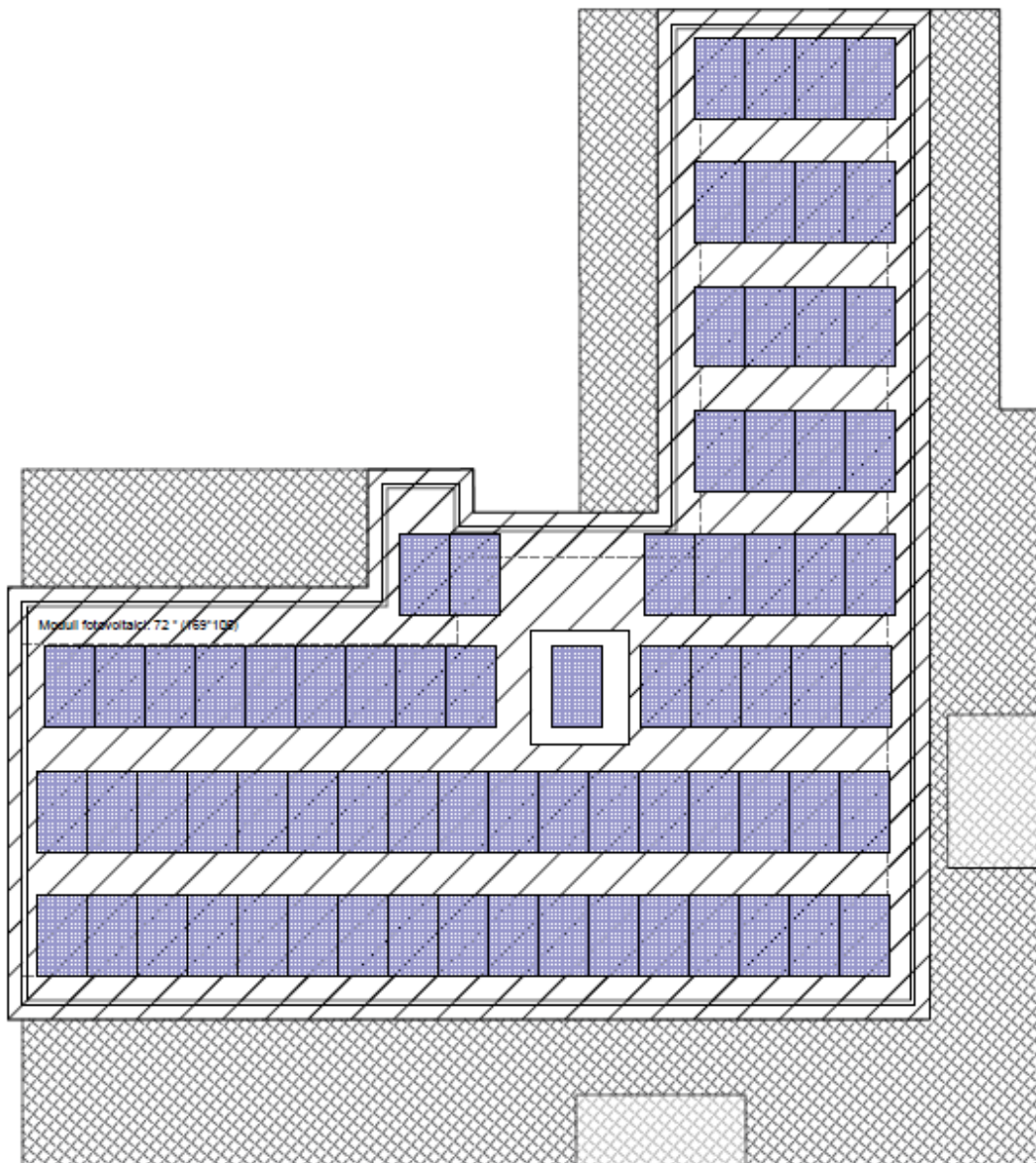


Figura 29-Caratteristiche dimensionali del pannello fotovoltaico

Tabella 9-Caratteristiche elettriche del pannello fotovoltaico

	SPR-MAX3-400	SPR-MAX3-390	SPR-MAX3-370
Potenza nominale (Pnom) ⁷	400 W	390 W	370 W
Tolleranza di potenza	+5/0%	+5/0%	+5/0%
Efficienza del modulo	22,6%	22,1%	20,9%
Tensione al punto di massima potenza (Vmpp)	65,8 V	64,5 V	61,8 V
Corrente al punto di massima potenza (Impp)	6,08 A	6,05 A	5,99 A
Tensione a circuito aperto (Voc)	75,6 V	75,3 V	74,7 V
Corrente di cortocircuito (Isc)	6,58 A	6,55 A	6,52 A
Tensione massima del sistema		1000 V IEC	
Corrente massima del fusibile		20 A	
Coeff. temp. potenza		-0,29% / °C	
Coeff. temp. tensione		-176,8 mV / °C	
Coeff. temp. corrente		2,9 mA / °C	



PIANTA PIANO COPERTURA



Figura 30-Disposizione dei pannelli fotovoltaici in copertura

Per quanto riguarda la potenza realizzata, in tutto sono stati disposti 72 pannelli, per un totale di potenza di 28.8 kWp; a fronte delle considerazioni fatte al paragrafo 2.2.5, sulla potenza d'obbligo, sarebbe stato necessario realizzare almeno una potenza di 17.7 kWp.

Verifiche di legge

Al fine di consolidare le decisioni prese nel corso della progettazione, è stato effettuato il calcolo regolamentare sul software Edilclima, per verificare che, tutti i requisiti di legge, secondo D. Intern. 26.06.15 e D. Lgs.8 novembre 2021 n.199, per edifici di nuova costruzione, fossero rispettati. Vengono riportate tali verifiche in Allegato 5.

5. Analisi del comportamento energetico del caso studio

5.1. Dal calcolo medio mensile al calcolo dinamico orario

Al fine di calcolare il guadagno economico dovuto alla configurazione di autoconsumo collettivo, come illustrato al capitolo 2 e sintetizzato in Figura 10, è necessario conoscere i valori dell'energia elettrica immessa in rete e di quella prelevata, da utilizzarsi per il calcolo dell'energia condivisa E_{AC} . Come già esplicitato in precedenza, il fine della condivisione dell'energia è quello di ridurre le perdite dovute al trasporto dell'elettricità e limitare le necessità di potenziamento delle reti elettriche; è quindi necessario, per far sì che si possa effettivamente parlare di energia autoconsumata, che le immissioni e i prelievi avvengano in simultanea. Un calcolo medio mensile, come quello utilizzato al fine dei dimensionamenti degli impianti o per le verifiche di legge, non è, dunque, evidentemente adatto a questo scopo, in quanto, i valori ottenuti in termini di consumo e produzione, non sarebbero altro che delle medie mensili, senza alcuna indicazione temporale; l'energia condivisa sarebbe, così, sovrastimata, in quanto si andrebbe semplicemente a considerare il valore minimo tra il totale di quella prelevata dalla rete e il totale di quella immessa in rete. Per assurdo, in un caso in cui si avesse il 100% dei consumi durante le ore di buio, in cui l'impianto non produce, è chiaro che l'energia autoconsumata dall'edificio dovrebbe essere nulla, ma considerando i valori medi mensili, il valor minimo tra l'energia prodotta e quella consumata risulterebbe diverso da zero.

Diventa, di conseguenza, necessario calcolare i profili di consumo e produzione in maniera dinamica. Siccome la normativa impone di calcolare l'energia condivisa in maniera oraria, verrà adottato un calcolo dinamico orario.

5.2. I profili di consumo: ipotesi

Al fine dei calcoli relativi al consumo dell'edificio, si è deciso di analizzare quattro profili di consumo differenti, distinti tra loro in funzione delle seguenti caratteristiche:

- temperature di set-point e attenuazione notturna, e conseguente comportamento dell'occupazione a riguardo, in termini di porzione della giornata in cui si ritiene necessario mantenere una temperatura pari a quella di set-point;
- ombreggiamenti, in termini di presenza o meno di chiusure oscuranti o tendaggi, nelle varie ore del giorno e dell'anno;
- altri comportamenti che possano influire sui consumi energetici dell'edificio, quali l'utilizzo degli elettrodomestici nel corso della giornata o dell'acqua calda sanitaria.

È da notarsi che, anche il profilo temporale di utilizzo durante la giornata, assume rilievo nel calcolo dell'incentivo, infatti, più saranno coordinati consumo e produzione e maggiore sarà la quota di energia condivisa.

In particolare, si avranno:

- Profilo delle attività commerciali (terziario): le condizioni di esso sono dettate dalla categoria d'uso stessa, e si tratta, infatti, di una condizione un po' assestante, che, quindi, verrà

ovviamente considerata ai fini del calcolo dei prelievi dalla rete totali dell'edificio ma non verrà analizzata in maniera dettagliata, in quanto poco confrontabile con gli altri profili, relativi a condizioni al contorno differenti. Per quanto riguarda le caratteristiche peculiari di esso, sono:

- ombreggiamenti, quali tendaggi, assenti, al fine di mantenere la funzione di visibilità all'interno dell'attività commerciale, a favor di sicurezza, pensando che esso potrebbe anche esser utilizzato a fini espositivi;
- impianto di riscaldamento con profili di temperatura indicati nella Tabella 10 e spento nel giorno di chiusura dell'attività;
- utilizzo di acqua calda sanitaria ed elettricità per illuminazione o altri elettrodomestici più o meno costante nel corso dell'orario di apertura dell'attività;
- apporti interni come in Tabella 10.

Tabella 10-Profilo di occupazione, temperatura e apporti sensibili interni per le attività commerciali

Ore del giorno	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
OCCUPAZIONE																								
focc [h]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,10	0,10	0,10	0,00	0,00	0,00
TEMPERATURA																								
θH.int [°C]	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	22,0	17,0	17,0
θC.int [°C]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	-	-
APPORTI INTERNI SENSIBILI																								
φ _{int,P} [W/m ²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
f _{int,A} [-]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
φ _{int,A} [W/m ²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,00	0,00
f _{int,L} [-]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
φ _{int,L} [W/m ²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,00	0,00

- Profilo standard: al fine di rendere più chiari i risultati, senza variare eccessivamente le condizioni al contorno, si è deciso di applicare lo stesso profilo a tutti gli alloggi, ad esclusione dei due che verranno illustrati a seguire. Le caratteristiche di esso sono:
 - per quanto riguarda gli ombreggiamenti, chiusure oscuranti aperte durante il giorno e chiuse durante la notte e tendaggi chiari interni con un fattore di riduzione (fattore tendaggi) pari a 0.90²¹;
 - profilo di temperatura come da Tabella 11:

Tabella 11-Profilo standard di occupazione, temperatura e apporti sensibili interni

Ore del giorno	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
OCCUPAZIONE																								
focc [h]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20	0,50	0,50	0,80	0,80	0,80	1,00	1,00	
TEMPERATURA																								
θH.int [°C]	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	18,0	18,0	18,0
θC.int [°C]	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	28,0	28,0	28,0
APPORTI INTERNI SENSIBILI																								
φ _{int,P} [W/m ²]	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	1,40	1,40	1,40	0,28	0,28	0,28	0,28	0,56	0,56	0,56	1,40	1,40	1,40	2,24	2,24	2,24	2,80	2,80
f _{int,A} [-]	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,70	0,70	0,50	0,50	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,50	0,50	0,70	0,70	0,80	0,80	0,80	0,60	0,60
φ _{int,A} [W/m ²]	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	2,10	2,10	1,50	1,50	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,50	1,50	2,10	2,10	2,40	2,40	2,40	1,80	1,80
f _{int,L} [-]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,15	0,15	0,15	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15	
φ _{int,L} [W/m ²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

- apporti interni, illustrati nella Tabella 11, secondo la norma prEN 16798-1, per un profilo di occupazione di una famiglia di lavoratori;

²¹ Valori forniti per alcuni tipi di tenda dal prospetto B.6 della UNI TS 11300-1.

- utilizzo di acqua calda sanitaria ed elettricità per usi domestici secondo i seguenti profili, rispettivamente riportati in Figura 31 e Figura 32 e che rispecchiano, all'incirca, il comportamento più probabile, che potrebbe adottare una famiglia di lavoratori. Per quanto riguarda l'acqua calda sanitaria, si ipotizzano due picchi, uno al mattino e uno alla sera. Per quanto invece riguarda gli elettrodomestici, si ipotizzano, come periodi di massimo consumo, le ore in prossimità dei pasti.

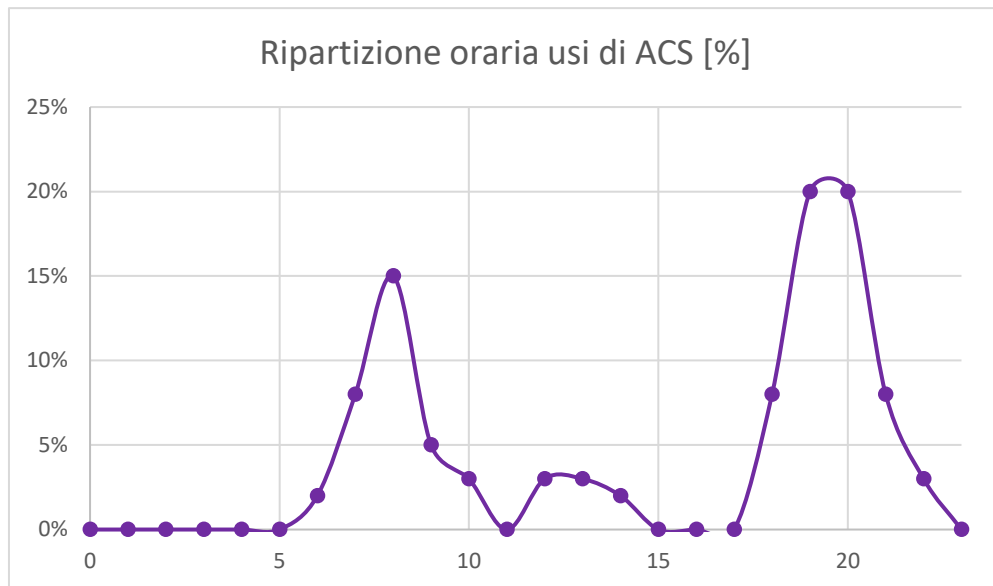


Figura 31-Ripartizione oraria giornaliera degli usi di acqua calda sanitaria per il profilo standard

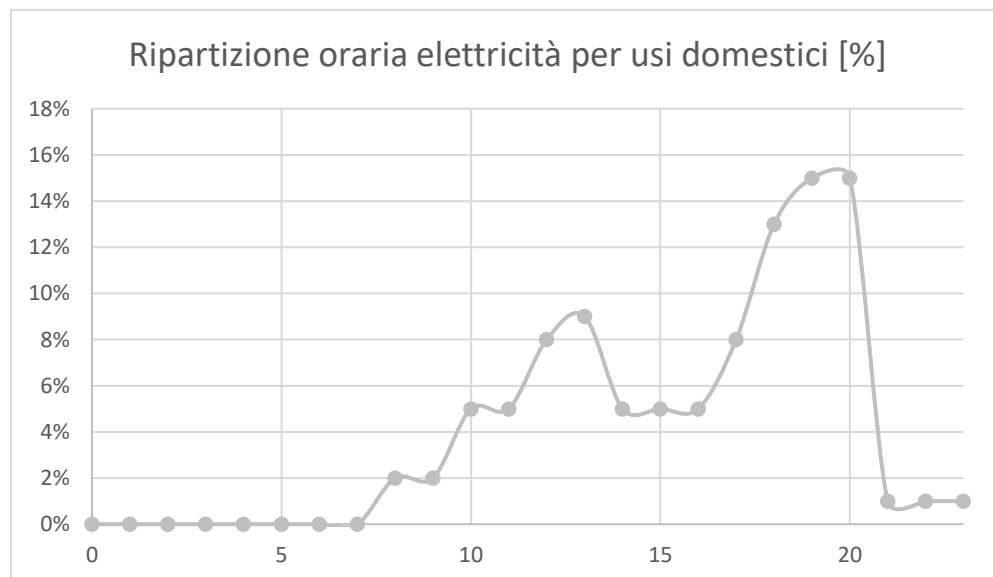


Figura 32-Ripartizione oraria giornaliera dell'elettricità per usi domestici per il profilo standard

- Profilo non virtuoso: si tratta di un profilo considerabile come estremo dal punto di vista degli eccessi in termini di consumi. L'obiettivo è, infatti, capire come un comportamento di questo tipo possa impattare negativamente sull'intero edificio e come tenerne conto nel momento della ripartizione degli incentivi. Anche in questo caso, si riportano le caratteristiche:

- ombreggiamenti dovuti a chiusure oscuranti e tendaggi pressoché inesistenti; le prime vengono, infatti, mantenute sempre aperte, mentre le seconde sono ipotizzate come tende trasparenti interne, con un fattore tendaggi pari a 0.95;
- temperatura di set-point costante a 24°C nella stagione di riscaldamento e 22°C in quella di raffrescamento;
- apporti interni uguali a quelli per il profilo standard, riportati in Tabella 11;
- utilizzo di acqua calda sanitaria ed elettricità in accordo con i profili seguenti, riportati rispettivamente in Figura 33 e Figura 34. Si nota, per quanto riguarda la prima, un picco al mattino, mentre per la seconda, un picco al mattino presto e uno alla sera. È evidente che questi cadano durante ore della giornata in cui l'impianto non produce energia.

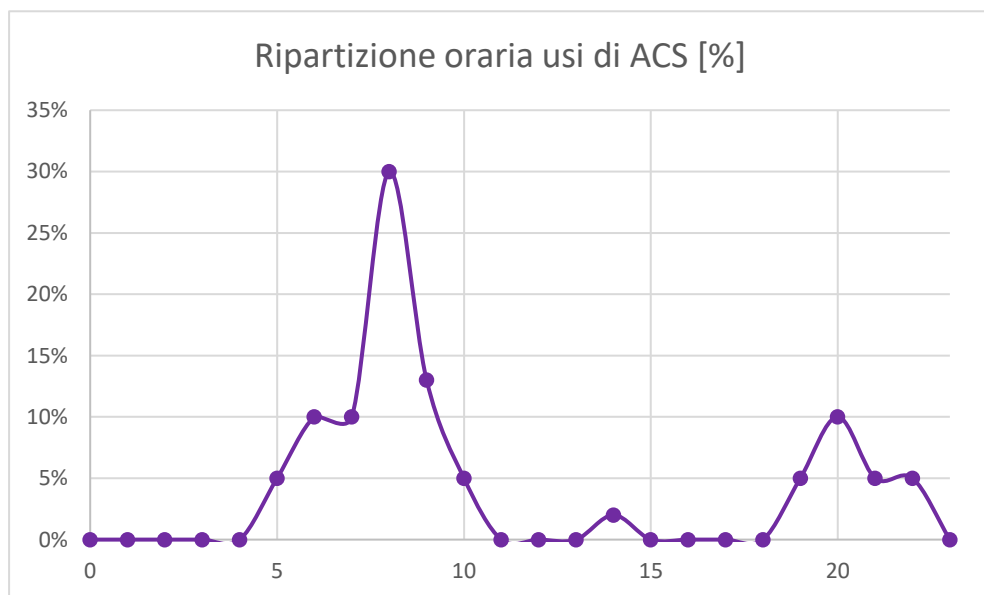


Figura 33-Ripartizione oraria giornaliera degli usi di acqua calda sanitaria per il profilo non virtuoso

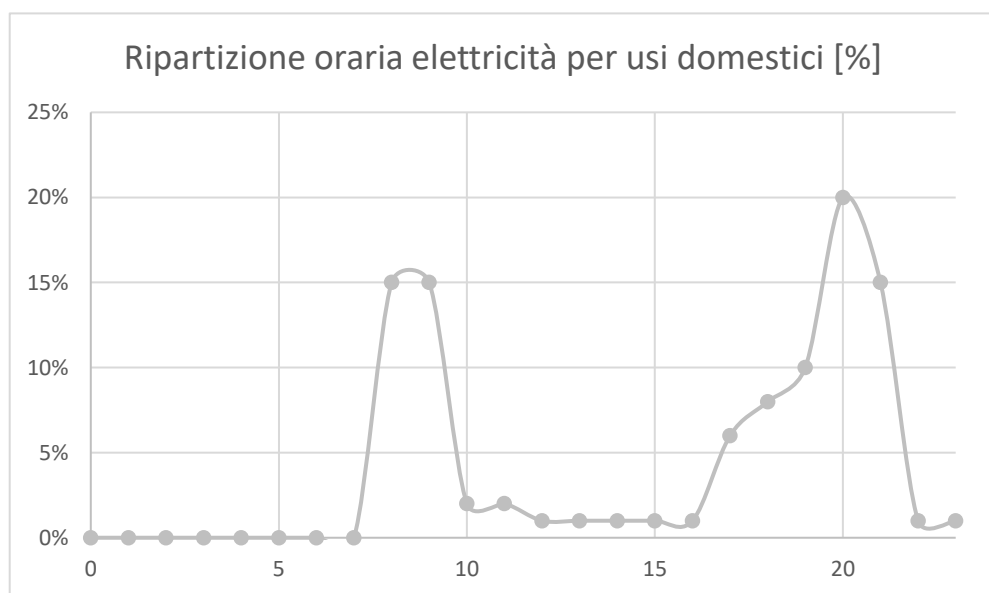


Figura 34-Ripartizione oraria giornaliera dell'elettricità per usi domestici per il profilo non virtuoso

- Profilo virtuoso: quest'ultimo profilo vuole dimostrare quanto sia possibile, solamente adottando dei comportamenti più consapevoli, anche senza dover rinunciare al comfort interno, ridurre la quantità di energia prelevata dalla rete, impattando positivamente sull'ambiente e riuscendo, così, anche a risparmiare. Va sottolineato che alcuni dei comportamenti che verranno descritti potrebbero essere attuati grazie all'utilizzo di sistemi di domotica o intelligenza distribuita, quindi controllabili anche a distanza dall'utenza. Si ipotizza, quindi:
 - ombreggiamento dovuto a chiusure oscuranti controllato; si ipotizza, infatti, durante la stagione invernale, di mantenerle aperte durante il giorno, al fine di favorire gli apporti solari, e chiuse durante la notte, al fine di limitare la trasmittanza delle aperture e, di conseguenza, le perdite per trasmissione²². In estate, invece, le chiusure oscuranti vengono chiuse durante le ore diurne, in cui l'occupazione è pari a 0. Per quanto riguarda i tendaggi, si adottano tende con un fattore tendaggi pari a 0.65 (tessuti colorati interni), e si adotta un profilo orario simile a quello degli oscuranti.
 - profili di temperatura, riportati in Tabella 12:

Tabella 12-Profilo virtuosi di occupazione, temperatura e apporti sensibili interni

Ore del giorno	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
OCCUPAZIONE																								
focc [-]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,20	0,50	0,50	0,50	0,80	0,80	0,80	1,00	1,00
TEMPERATURA																								
θH.int [°C]	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	20,0	20,0	20,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	20,0	20,0	20,0	18,0	18,0	18,0	18,0
θC.int [°C]	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	26,0	26,0	26,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	28,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	28,0
APPORTI INTERNI SENSIBILI																								
φ _{int,P} [W/m ²]	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	1,40	1,40	1,40	0,28	0,28	0,28	0,28	0,56	0,56	0,56	1,40	1,40	1,40	2,24	2,24	2,24	2,80	2,80
f _{int,A} [-]	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,70	0,70	0,50	0,50	0,60	0,60	0,60	0,60	0,50	0,50	0,70	0,70	0,80	0,80	0,80	0,60	0,60
φ _{int,A} [W/m ²]	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	2,10	2,10	1,50	1,50	1,80	1,80	1,80	1,80	1,50	1,50	2,10	2,10	2,40	2,40	2,40	1,80	1,80	
f _{int,L} [-]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,15	0,15	0,15	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,15	0,15
φ _{int,L} [W/m ²]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

- apporti interni pari a quelli indicati per il profilo standard, come si evince anche dalla Tabella 12;
- limitazione delle perdite per ventilazione, ipotizzando di aprire le finestre durante le ore in cui vi è minor differenza di temperatura tra interno ed esterno, vale a dire durante il giorno in inverno e durante la notte, in estate. Anche in questo caso, al fine di poter sfruttare al meglio questo fenomeno, è possibile installare nelle finestre sistemi di controllo, con sonda per la misurazione della temperatura esterna, controllabili anche a distanza;
- spegnimento dell'impianto di climatizzazione in estate, quando si registra all'esterno una temperatura inferiore di 5°C rispetto a quella interna, richiesta per la determinata fascia oraria;
- utilizzo di acqua calda sanitaria come da profilo in Figura 35; si può notare la presenza, inevitabile, di un picco verso il tardo pomeriggio, ma viene limitato l'utilizzo di essa al mattino, quando sicuramente i pannelli fotovoltaici non stanno producendo. L'uso di elettricità per scopi domestici, invece, è volutamente concentrato nelle ore centrali della giornata, coordinatamente alla produzione dell'impianto; anche in questo caso,

²² Si considera, per il caso studio un F_{shut} pari a 0.60.

tale comportamento è reso possibile grazie al controllo a distanza e la programmazione degli elettrodomestici per mezzo di sistemi di intelligenza distribuita, che possono essere avviati anche quando nessun occupante si trova in casa. Tale profilo è riportato in Figura 36.

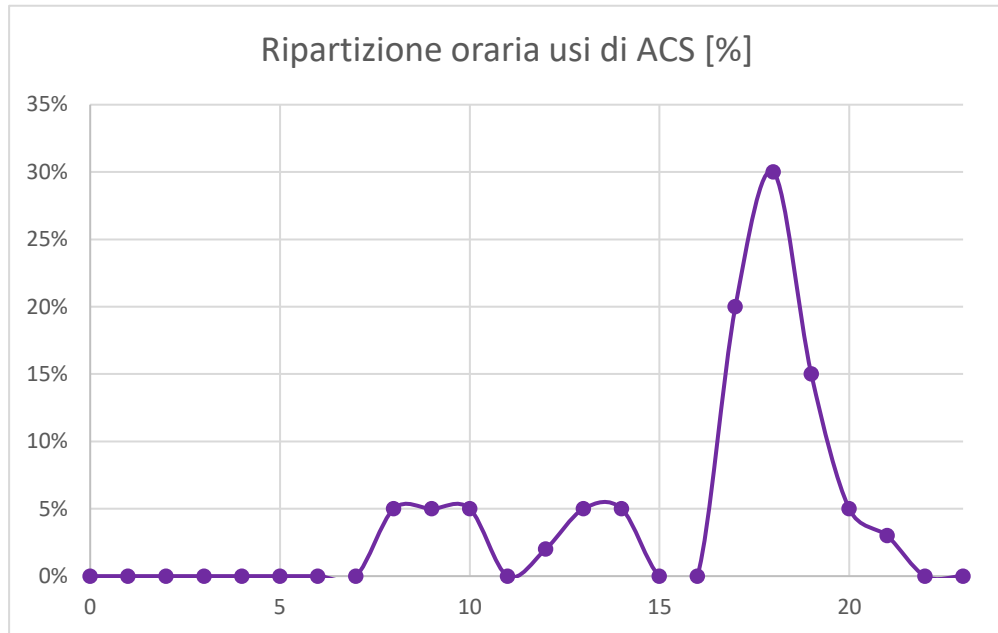


Figura 35-Ripartizione oraria giornaliera degli usi di acqua calda sanitaria per il profilo virtuoso

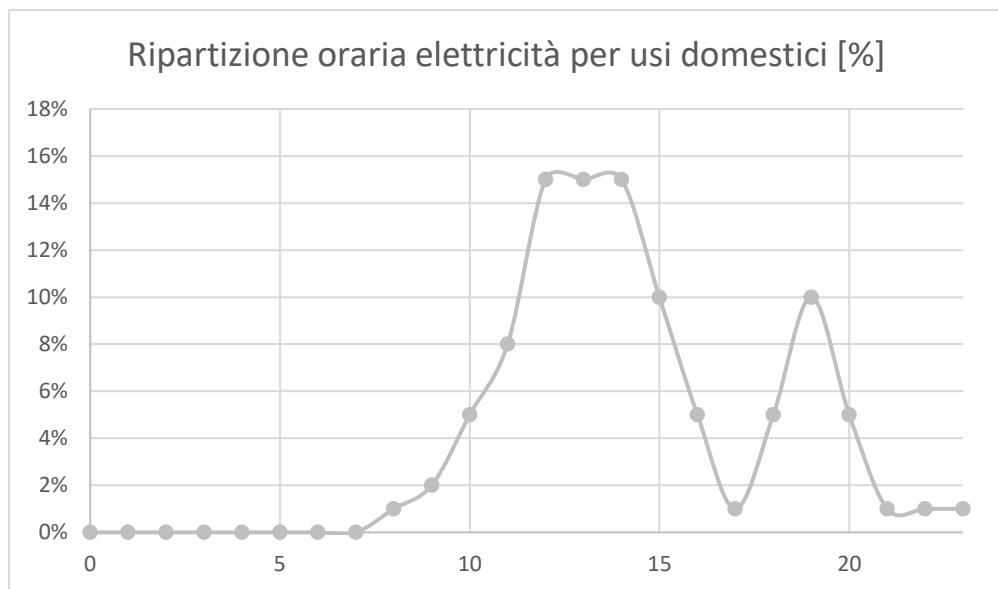


Figura 36-Ripartizione oraria giornaliera dell'elettricità per usi domestici per il profilo virtuoso

5.3. Il calcolo dinamico dei consumi elettrici per climatizzazione e ACS

Calcolo dell'energia termica richiesta

Al fine del calcolo dell'energia termica richiesta per i servizi di climatizzazione, è stata svolta una simulazione dinamica oraria, per mezzo del software Edilclima, che ha fornito i valori termici orari

di energia da fornire all'edificio, al fine di garantire una temperatura interna pari a quella di set-point, per ogni unità abitativa dell'edificio.

È da notare che tale simulazione è stata svolta considerando i dati climatici reali di temperatura e radiazione solare per l'anno 2020²³; infatti, come si vedrà in seguito, non è da stupirsi che non sempre, nel corso dei mesi, i valori di domanda energetica e produzione siano pari a quelli attesi.

Per quanto invece riguarda l'acqua calda sanitaria, il software forniva solamente il valore totale della domanda energetica annuale. Si è quindi calcolato il valore orario secondo la seguente formula:

$$E_{t,ACS,h} = \frac{E_{t,ACS,a}}{365} \cdot \%oraria$$

dove:

- $E_{t,ACS,h}$ è la domanda energetica oraria;
- $E_{t,ACS,a}$ è la domanda energetica annuale;
- la percentuale oraria è quella relativa alla ripartizione nel corso della giornata, indicata dai profili riportati nel paragrafo 5.2, per le differenti tipologie di profilo (attività commerciali, standard, virtuoso e non virtuoso).

Calcolo dell'energia elettrica richiesta per i servizi di climatizzazione e ACS

Una volta ottenuti i risultati relativi al fabbisogno termico dell'edificio, poiché si utilizza un impianto in pompa di calore, al fine di conoscere i prelievi dalla rete è necessario calcolare la quota di energia elettrica, che, convertita, andrà a soddisfare i requisiti interni richiesti. Per farlo, per il periodo di riscaldamento, è necessario conoscere il COP della pompa di calore per applicare la relazione seguente:

$$Q_{in} = \frac{Q_{out}}{COP}$$

dove:

- Q_{in} è l'energia elettrica richiesta in ingresso;
- Q_{out} è l'energia termica in uscita;
- COP è il coefficiente di prestazione.

Nella pratica, il COP non è un valore fissato, ma dipende dalle temperature del pozzo caldo, θ_c , (nel caso studio, l'acqua a 40°C nei radiatori a pavimento) e del pozzo freddo, θ_f , (nel caso studio, l'aria esterna). Secondo la norma UNI TS 11300-4, capitolo 9.4.2.2, il fabbricante dovrà, quindi, dichiarare, oltre alle prestazioni a pieno carico,²⁴ anche quelle a carico parziale per determinati valori standard di θ_c e θ_f . Si riporta un esempio, relativo a una delle pompe di calore utilizzate per il caso studio, in Tabella 13. È evidente che, poiché il caso studio è composto da unità immobiliari di dimensioni e caratteristiche differenti, come spiegato al paragrafo 4.3, le pompe di calore saranno di diverse taglie.

²³ Dati forniti da ARPA Piemonte, per la stazione meteorologica di Torino Caselle.

²⁴ per una θ_c pari a 35°C e una θ_f pari a -7°C.

Se ne riporta, dunque, una soltanto, a titolo esemplificativo e per far chiarezza sulla procedura utilizzata.

Tabella 13-Tabella dei COP a pieno carico e carico parziale dichiarata dal fabbricante

θ_f \ θ_c	35	45	55
-7	2.82	2.21	1.32
-2	3.66	2.94	2.12
2	4.93	3.68	2.82
7	5.39	4.02	3.04

La norma UNI TS 11300-4, al capitolo 9.4.3.3 e 9.4.3.4, indica come calcolare il valore del COP per valori differenti delle temperature, rispettivamente, della sorgente fredda e della sorgente calda. In particolare:

- all'interno del campo dei dati forniti dal fabbricante, eseguire un'interpolazione lineare in funzione della temperatura della sorgente fredda, se diversa da quelle indicate;
- al di fuori del campo di dati forniti dal fabbricante, il COP si considera pari al caso più vicino, di temperatura del pozzo freddo, fornito dal fabbricante;
- all'interno del campo dei dati forniti dal fabbricante, eseguire un'interpolazione lineare in funzione della temperatura della sorgente calda, se diversa da quelle indicate;
- al di fuori del campo di dati forniti dal fabbricante, il COP si considera pari al caso più vicino, di temperatura del pozzo caldo, fornito dal fabbricante.

È evidente che, trattando valori orari di temperatura esterna, tale operazione dovrà essere applicata a ciascun dato termico orario.

Per quanto riguarda l'acqua calda sanitaria, invece:

- per gli alloggi, in cui la produzione di acqua sanitaria è combinata con la climatizzazione, si adotterà la stessa identica procedura;
- per le attività del terziario, in cui, invece, si utilizza una pompa di calore, tipo scaldabagno, differente, la procedura andrà applicata ai dati forniti dal fabbricante, per la medesima.

Infine, per quanto riguarda la climatizzazione estiva, la trasformazione da vettore termico a elettrico, avviene mediante l'EER (Rapporto di efficienza energetica); la sua formulazione è analoga a quella del COP, sebbene riferito alle macchine frigorifere. L'energia elettrica richiesta per asportare il calore dall'ambiente, necessaria a garantire il comfort richiesto, sarà, dunque, pari a:

$$Q_{in} = \frac{Q_{estrazione}}{EER}$$

dove:

- Q_{in} è l'energia elettrica richiesta in ingresso;
- $Q_{estratto}$ è l'energia termica estratta dall'ambiente;
- EER è il rapporto di efficienza energetica.

Anche in questo caso, viene riportato un esempio di dati che il fabbricante deve fornire:

Tabella 14-Tabella degli EER dichiarata dal fabbricante per diversi valori di temperatura del pozzo caldo

θ_f \ θ_c	18-23
35	4.58
30	5.69
25	6.38
20	9.9

Si nota, che, poiché, in questo caso, è possibile considerare invariata l'efficienza per le temperature del pozzo freddo, comprese tra 18°C e 23°C, l'interpolazione lineare è stata eseguita solamente sulle temperature del pozzo caldo.

5.4. Confronto tra diversi profili di consumo

Allo scopo di illustrare e avere conferma dei ragionamenti condotti fino ad ora, riguardo le tre diverse modalità di consumo, si è fatto un confronto tra tre alloggi, aventi all'incirca la stessa metratura e tutti con la medesima esposizione, il sud, in modo da avere simili condizioni al contorno; in particolare, si sono confrontati l'Alloggio 2, caratterizzato da un profilo standard, l'Alloggio 8, caratterizzato da un profilo virtuoso, e l'Alloggio 10, con un profilo non virtuoso.

Si sono analizzati i consumi termici, poi convertiti in elettrici, per mezzo dell'efficienza della pompa di calore, attraverso dei grafici, aventi in ascissa le ore dell'anno e in ordinata i consumi. Tali grafici sono riportati rispettivamente:

- per l'Alloggio 2, in Figura 37 e Figura 38;
- per l'Alloggio 8, in Figura 39 e Figura 40;
- per l'Alloggio 10, in Figura 41 e Figura 42.

Si sottolinea che, per ciascun profilo di consumo, sono stati realizzati due grafici, il primo riportando i consumi termici ed elettrici seguendo l'ordine cronologico, il secondo, invece, li riporta ordinati dalle ore in cui si è verificata una maggiore richiesta energetica a quelle di minor consumo, in modo da rendere i risultati visivamente più immediati.

Alloggio 2:

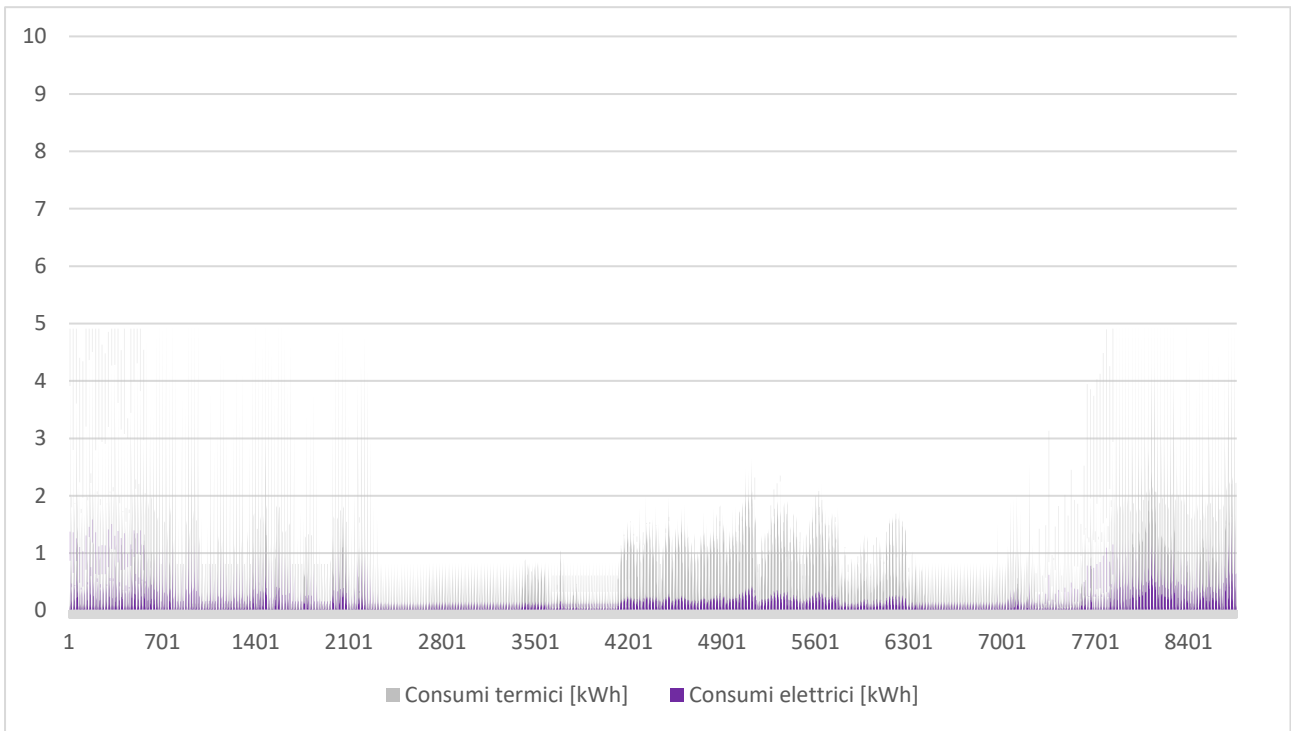


Figura 37-Consumi termici ed elettrici in ordine cronologico per il profilo standard

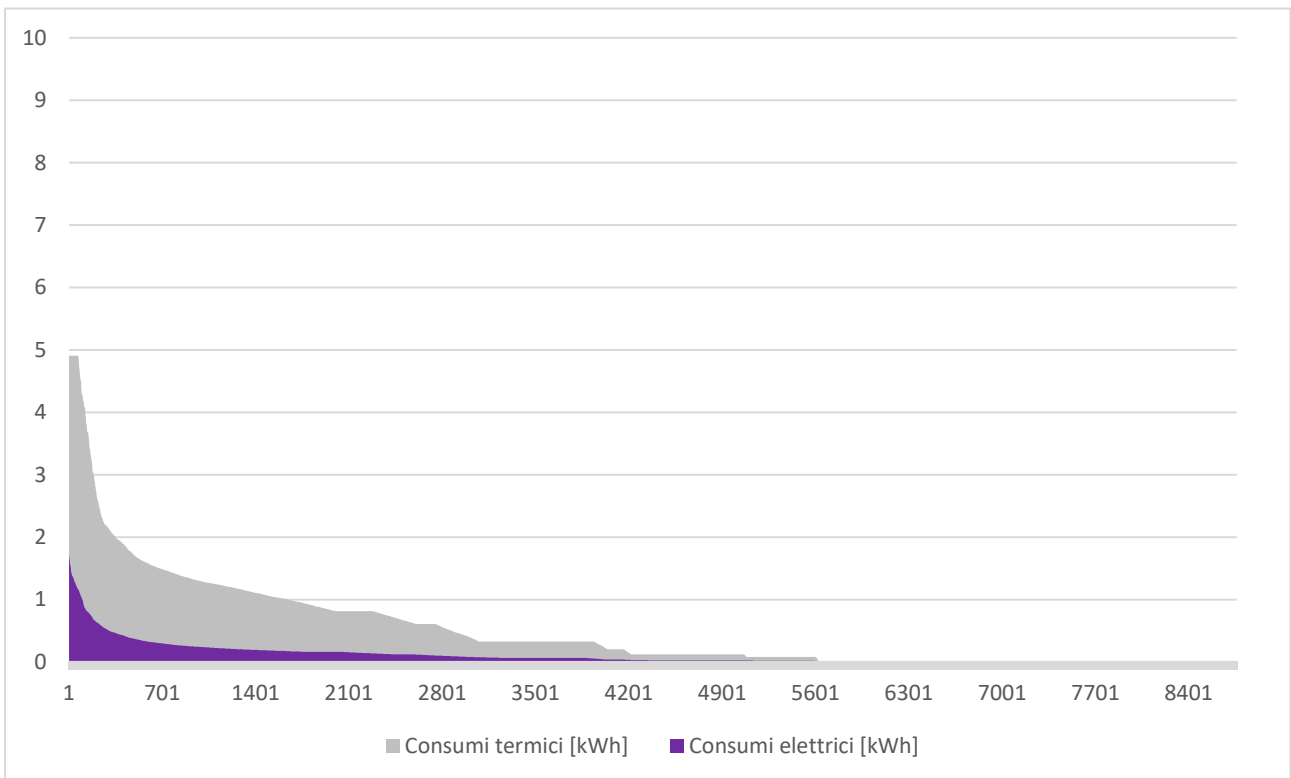


Figura 38-Consumi termici ed elettrici ordinando gli intervalli orari da quelli a maggior consumo a quelli a minore per il profilo standard

Alloggio 8:

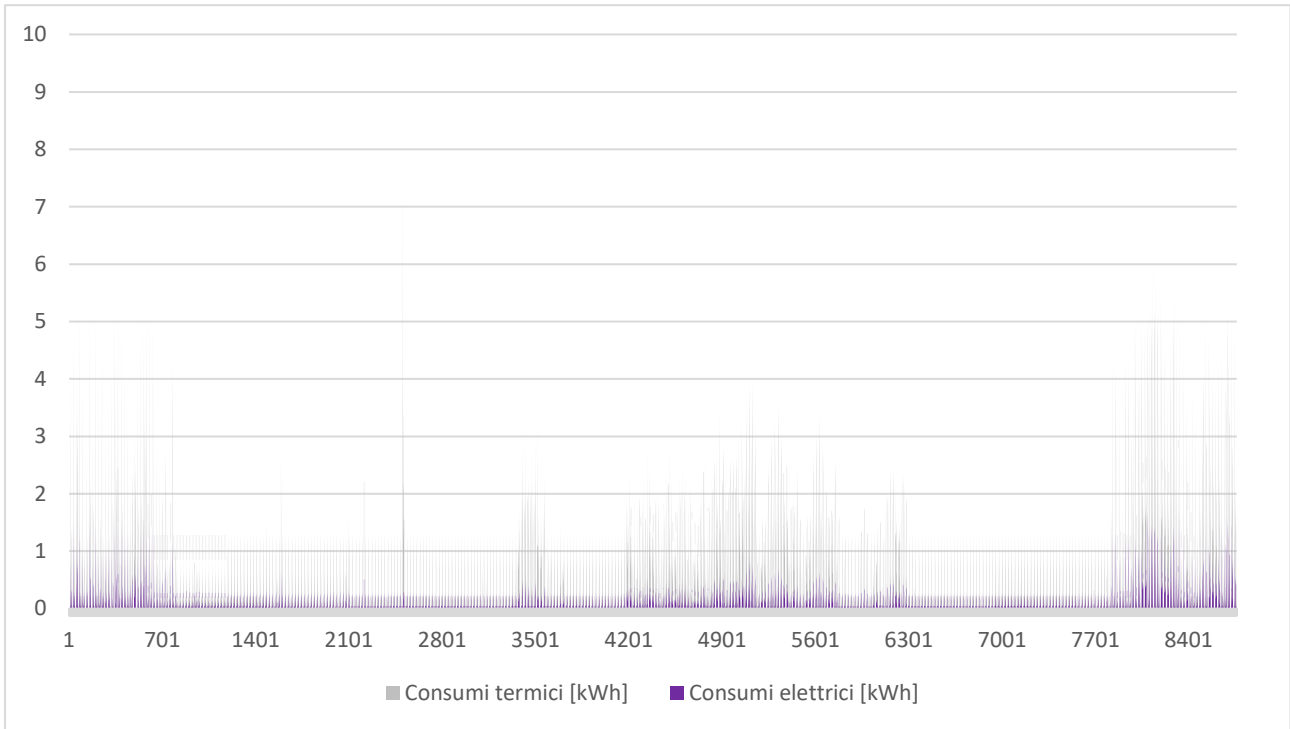


Figura 39-Consumi termici ed elettrici in ordine cronologico per il profilo virtuoso

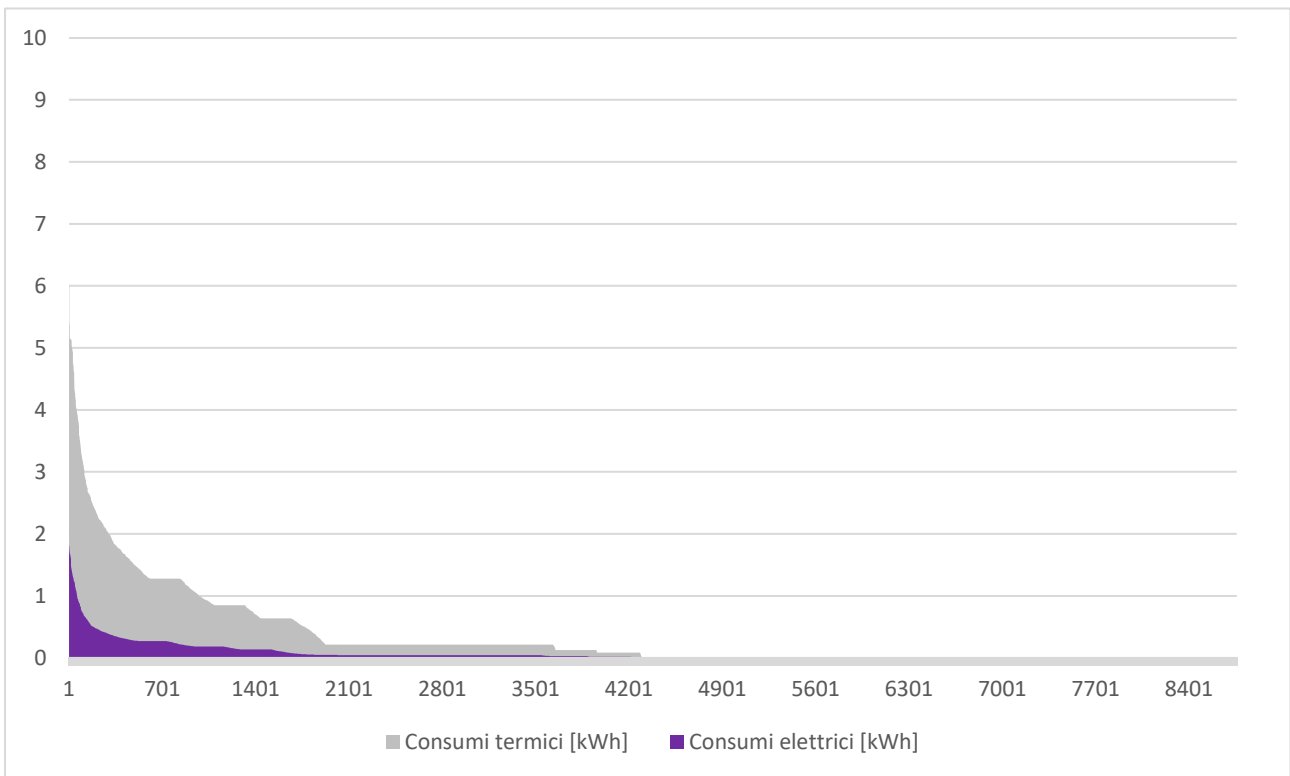


Figura 40-Consumi termici ed elettrici ordinando gli intervalli orari da quelli a maggior consumo a quelli a minore per il profilo virtuoso

Alloggio 10:

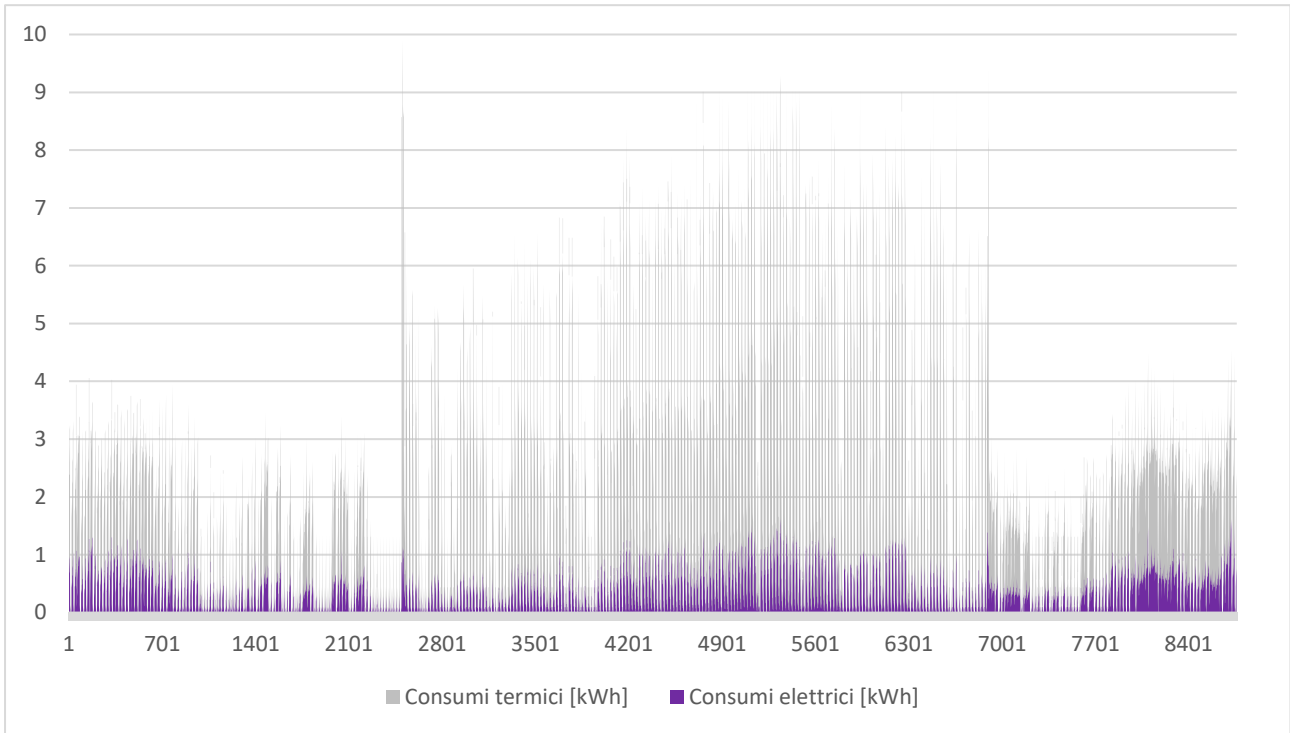


Figura 41-Consumi termici ed elettrici in ordine cronologico per il profilo non virtuoso

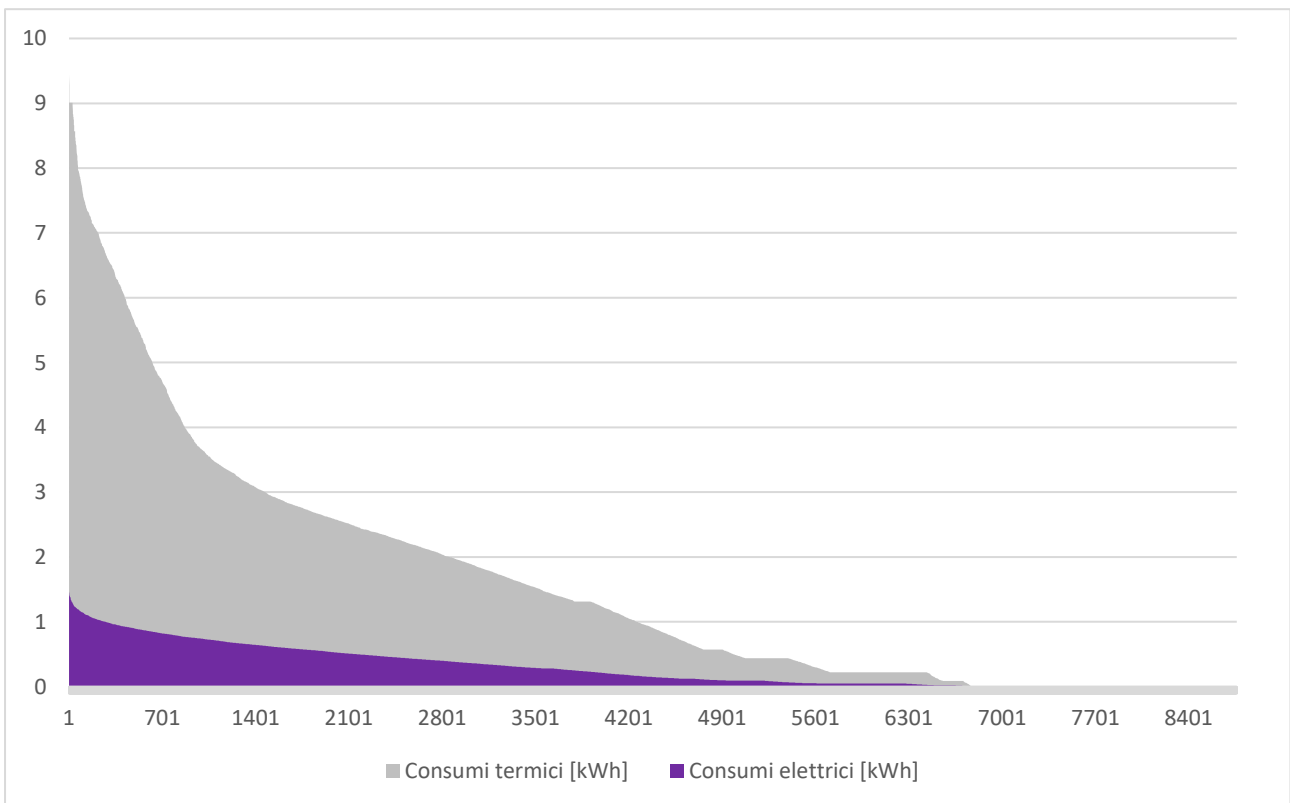


Figura 42-Consumi termici ed elettrici ordinando gli intervalli orari da quelli a maggior consumo a quelli a minore per il profilo non virtuoso

Da questi grafici, si evincono le seguenti considerazioni:

- osservando le aree sottostanti ai grafici riportati, si può notare quanto l'Alloggio 10 sia quello caratterizzato dai maggiori consumi, mentre l'Alloggio 8, come previsto, è il più virtuoso; nonostante mantenga le stesse temperature interne di set-point del profilo standard, solamente con comportamenti più consapevoli, abbatte notevolmente i prelievi;
- dal grafico relativo ai consumi ordinati dal maggiore al minore (Figura 38, Figura 40 e Figura 42), si nota come anche le ore di funzionamento dell'impianto decrescono dall'Alloggio 10, all'Alloggio 2, all'Alloggio 8;
- per quanto riguarda l'Alloggio 10, dal grafico in Figura 41, si nota come, i consumi siano infittiti, in confronto agli altri profili (Figura 37 e Figura 41). Ciò è dovuto alla richiesta di mantenere una temperatura di set-point costante durante tutta la giornata e con maggiori differenze tra temperatura esterna e temperatura richiesta;
- sempre a riguardo dell'Alloggio 10, si notano picchi molto alti di energia termica (grigio), correlati a valori di energia elettrica (viola) comparabili con quelli degli Alloggi 2 e 8; questo è dovuto alla necessità di alti consumi in estate, quando la pompa di calore lavora con un'efficienza maggiore. Un alto consumo termico, quindi, non necessariamente corrisponde ad un alto consumo elettrico;
- in generale, i consumi termici risultano sempre almeno il triplo di quelli elettrici: questo è dovuto alle scelte progettuali, relative all'impianto, per cui si sono scelte pompe di calore particolarmente performanti;
- nonostante l'Alloggio 10 sia quello caratterizzato da consumi maggiori, si può notare come il massimo picco di energia elettrica sia minore, rispetto a quelli degli Alloggi 2 e 8; questo è dovuto al fatto che, poiché si mantiene una temperatura costante interna, non vi sono picchi dovuti alla necessità di vincere l'inerzia termica (heating-up power), al fine di riportarla a quella di set-point, dopo le ore di attenuazione notturna.

5.5. Calcolo dell'energia elettrica richiesta per usi domestici

Per quanto riguarda gli altri usi di energia elettrica, quali quelli al fine di soddisfare la richiesta per gli elettrodomestici, trattandosi di una nuova costruzione, non possono certamente essere trascurati, poiché, in percentuale sul totale di energia richiesto, costituiscono un'importante componente, come si vedrà in seguito.

Per la stima di essi, si è operato in maniera simile alla procedura descritta al paragrafo 5.3 di questo capitolo, per l'acqua calda sanitaria. In accordo ad una stima fornita dall'*Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas*, il consumo medio annuo per famiglia di energia elettrica per usi domestici è di 2700 kWh, con valori che si aggirano, più o meno, tra i 2000 e i 3600 kWh, a seconda dei componenti della famiglia e, spesso proporzionalmente al numero di elettrodomestici presenti. In base a questi dati, si è fatta una stima, per ogni alloggio, a seconda della metratura, che dovrebbe essere proporzionale al numero di abitanti, almeno in via teorica.

Si riporta, in Tabella 15, il totale annuo stimato per ogni unità immobiliare.

Tabella 15-Consumo totale annuo di energia elettrica per usi domestici

Unità immobiliare	Consumo annuo [kWh]	
Terziario 1	3000	
Terziario 2	3000	
Alloggio 1	2700	
Alloggio 2	3200	
Alloggio 3	2000	
Alloggio 4	2000	
Alloggio 5	3000	
Alloggio 6	2700	
Alloggio 7	2300	
Alloggio 8	2500	N.B. alloggio virtuoso
Alloggio 9	2000	
Alloggio 10	3800	N.B. alloggio non virtuoso
Alloggio 11	2000	

Al totale annuo, è poi stata applicata la percentuale di ripartizione, tipica di ogni profilo di consumo, secondo la formula seguente:

$$E_{el,h} = \frac{E_{el,a}}{365} \cdot \%oraria$$

dove:

- $E_{el,h}$ è la domanda energetica oraria;
- $E_{el,a}$ è la domanda energetica annuale;
- la percentuale oraria è quella relativa alla ripartizione, nel corso della giornata, indicata dai profili riportati nel paragrafo 5.2, per le differenti tipologie di profilo (attività commerciali, standard, virtuoso e non virtuoso).

Infine, si vuole far notare come i consumi elettrici legati agli usi domestici, effettivamente, non potevano essere trascurati; infatti, come mostrato in Tabella 16, in basso, addirittura costituiscono la porzione più consistente di consumo, trattandosi di un palazzo ad alte prestazioni energetiche.

Tabella 16-Impatto dei consumi elettrici per usi domestici sui prelievi totali

Totale en. Elettrica prelevata [kWh]	49336
En. Elettrica per usi domestici [kWh]	34200
$E_{el,elettrodomestici}/E_{el,TOT}$	69.32%

5.6. Il profilo di produzione

Al fine del calcolo orario della produzione elettrica legata al solo impianto presente, ossia quello condominiale, si è utilizzato il software PVGIS, con i dati in ingresso indicati in Figura 43 e si è ottenuto, in output, il risultato della produzione totale, nell'anno 2020, ora per ora.

The screenshot displays the PVGIS web interface for calculating hourly radiation data. The top section shows cursor coordinates (45.075, 7.579) and elevation (300m). The 'Use terrain shadows' section is checked for 'Calculated horizon'. Below are download buttons for CSV and JSON, and a 'Switch to version 5.1' button. The main 'HOURLY RADIATION DATA' section includes a sidebar with navigation options (GRID CONNECTED, TRACKING PV, OFF-GRID, MONTHLY DATA, DAILY DATA, HOURLY DATA, TMY). The main form contains: 'Solar radiation database*' set to 'PVGIS-SARAH2'; 'Start year:' and 'End year:' both set to 2020; 'Mounting type:' with 'Fixed' selected; 'Slope [°]' set to 12 and 'Azimuth [°]' set to 0; 'PV power' checked; 'PV technology*' set to 'Crystalline silicon'; 'Installed peak PV power [kWp]†' set to 28.8; 'System loss [%]*' set to 14; and 'Radiation components' unchecked. Download buttons for CSV and JSON are at the bottom.

Figura 43-Dati in input per il calcolo dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico sul software PVGIS

Dal punto di vista del calcolo della produzione di energia elettrica di competenza di ogni singola unità immobiliare, trattandosi di un impianto fotovoltaico condominiale in una nuova costruzione, che si ipotizza installato a monte dell'acquisto degli appartamenti, la produzione totale è stata ripartita in funzione ai millesimi di proprietà di ciascuna di esse.

La scelta di ripartizione per ogni unità immobiliare, è stata dettata dalla maggiore flessibilità che questa apporta; infatti, considerare i contributi di ogni appartamento in modo separato, permetterebbe, in caso di configurazioni più complicate, come quella in Figura 13 al capitolo 3, di sommare direttamente la produzione relativa ad eventuali impianti privati ad essi.

Chiaramente, si tratta solamente di un'ipotesi iniziale; altre condizioni possibili potrebbero essere le seguenti:

- ciascun appartamento ha contribuito alla spesa, non proporzionalmente ai millesimi, ma in modo uguale; in questo caso il totale sarebbe semplicemente diviso per il numero di unità immobiliari;

- i contributi di spesa delle singole unità sono stati differenziati, e non in funzione ai millesimi, in questo caso la quota parte di produzione, relativa a ciascuna di esse, sarà proporzionale alla quota di partecipazione all'investimento sostenuta.

In ogni caso, si otterrebbe come risultato finale la quota parte, corrispondente ad una quota di produzione, relativa a ciascuna unità immobiliare, che, in seguito, verrà confrontata con quella consumata al fine del calcolo dell'incentivo.

6. Risultati: il calcolo del corrispettivo

6.1. Il calcolo delle restituzioni tariffarie

Una volta ottenuti i risultati, per quanto riguarda produzione e consumo, si sono calcolate le tre componenti di restituzione, mediante la procedura descritta al capitolo 2 e sintetizzata in Figura 10. Poiché il calcolo deve essere effettuato ora per ora e, inoltre, in casi differenti da quello presentato potrebbe verificarsi l'ipotesi di avere più punti di allaccio, eventualmente anche sia in bassa che in media tensione, questo potrebbe complicarsi; per cui si è utilizzato un programma in Python, scritto per poter essere utilizzato anche per futuri casi studio, in Allegato 6.

Al fine di rendere visivamente più comprensibili i risultati ottenuti, si sono calcolati i totali mensili delle tre componenti, la cui somma, d'altronde, rappresenterebbe il corrispettivo mensile spettante al referente del gruppo di autoconsumo, da ripartire tra le varie unità immobiliari. Questi sono riportati nella Tabella 17 e nel relativo grafico, in Figura 44:

Tabella 17-Componenti del corrispettivo mensile

Componenti relative al corrispettivo mensile [€]													
	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	TOT
CAC	16.62	15.46	15.08	14.41	15.83	17.6	25.26	26.53	19.65	11.86	13.46	9.93	201.69
IAC	70.44	66.97	66.97	66.09	72.7	78.9	110.05	115.81	83.26	51.08	56.55	40.7	879.52
RAC	102.59	102.73	88.18	76.17	86.77	115.42	166.25	156.82	157.94	90.37	93.94	65.94	1303.12

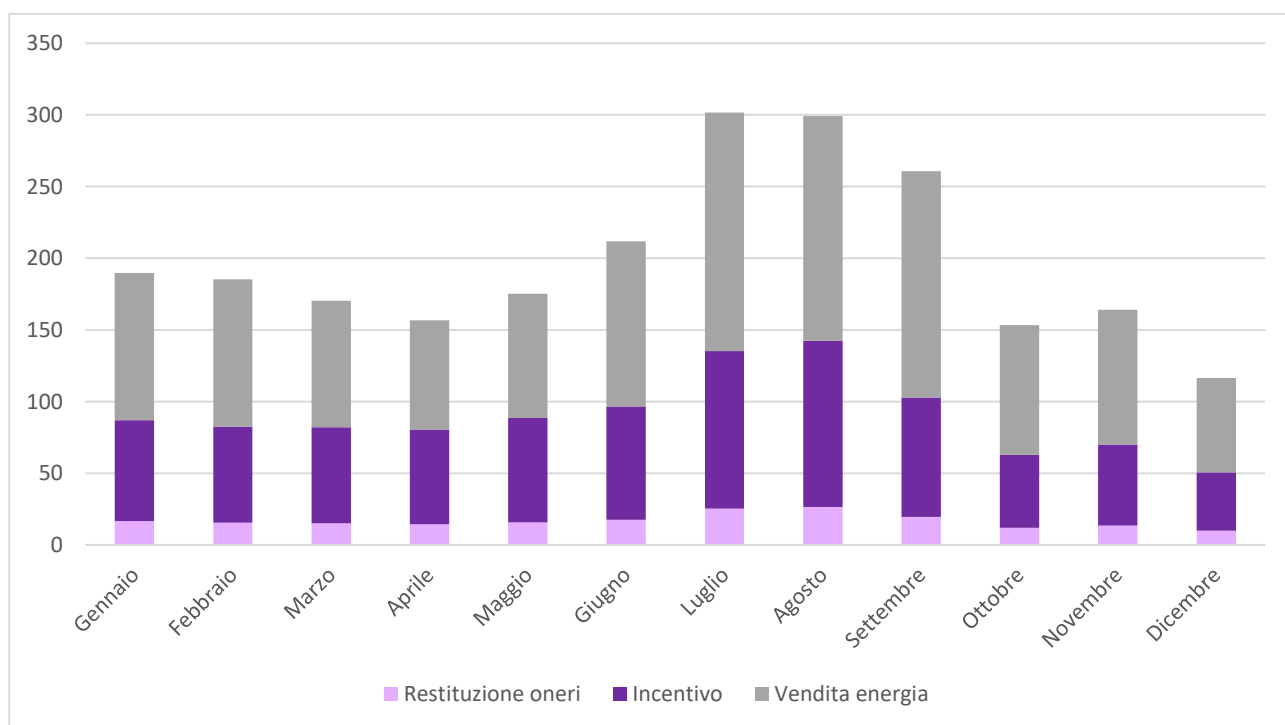


Figura 44-Grafico delle componenti del corrispettivo mensile

A questo punto, devono essere analizzate singolarmente le tre componenti.

6.1.1. Ritiro dell'Energia

Il *Ritiro dell'Energia*, R_{AC} , risulta essere maggiore nei mesi caldi, come previsto, data la maggior produzione dell'impianto, ma allo stesso tempo anche in alcuni mesi invernali, quali gennaio, febbraio e novembre, come si nota dalla Tabella 17 e dalla Figura 44.

Come detto in precedenza, tale importo di restituzione è relativo alla vendita dell'energia immessa in rete, per cui si riporta, a seguire, un grafico relativo alle quantità mensili di essa., in Figura 45.

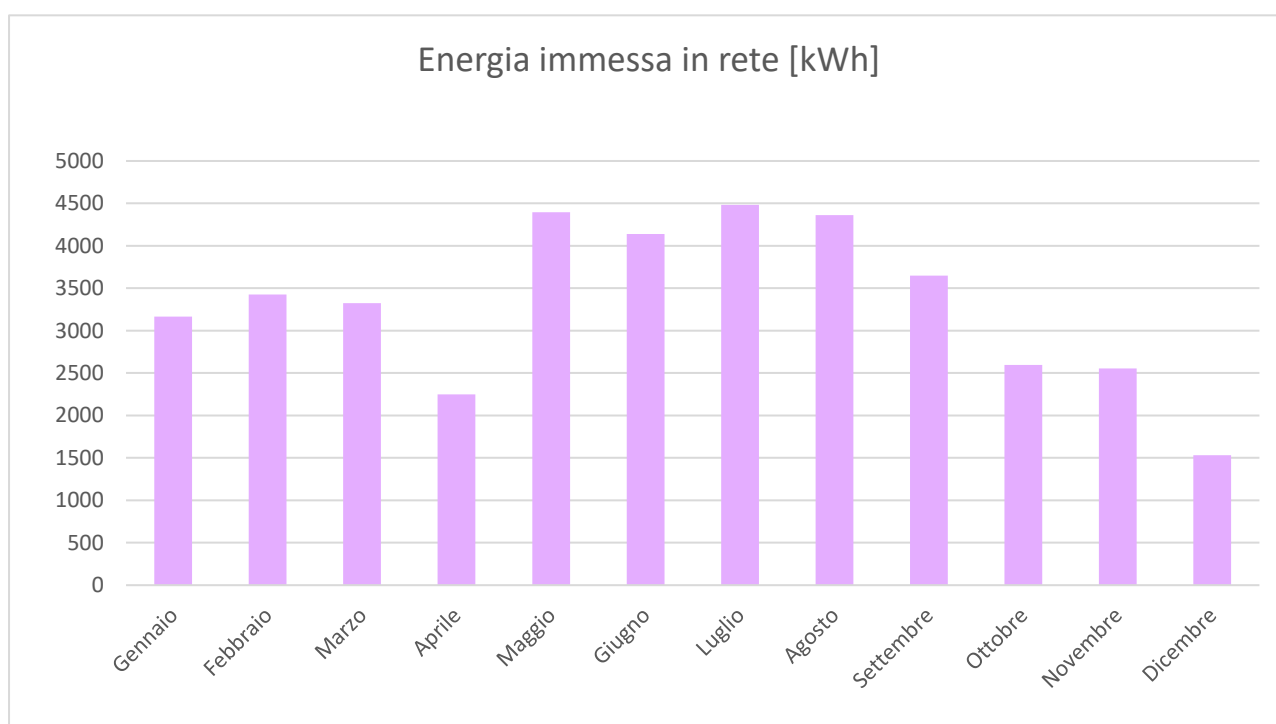


Figura 45-Grafico relativo all'energia immessa in rete mensilmente

Tali valori, dipendono, tra gli altri parametri, dalla radiazione solare incidente sui pannelli fotovoltaici nei vari mesi. Apparentemente, sembrerebbe che l'energia immessa ad aprile non rispetti l'andamento annuale atteso, poiché risulta inferiore a quella di altri mesi più freddi, in cui ci si aspetterebbe, invece, minor produzione.

Si ricorda, però, che i dati climatici utilizzati sono quelli reali, per l'anno 2020, e non quelli relativi all'anno tipo. Dal grafico successivo (Figura 46), viene, infatti confermata tale tesi, notando quanto, effettivamente, sia stata molto limitata la radiazione solare, relativa al mese di aprile.

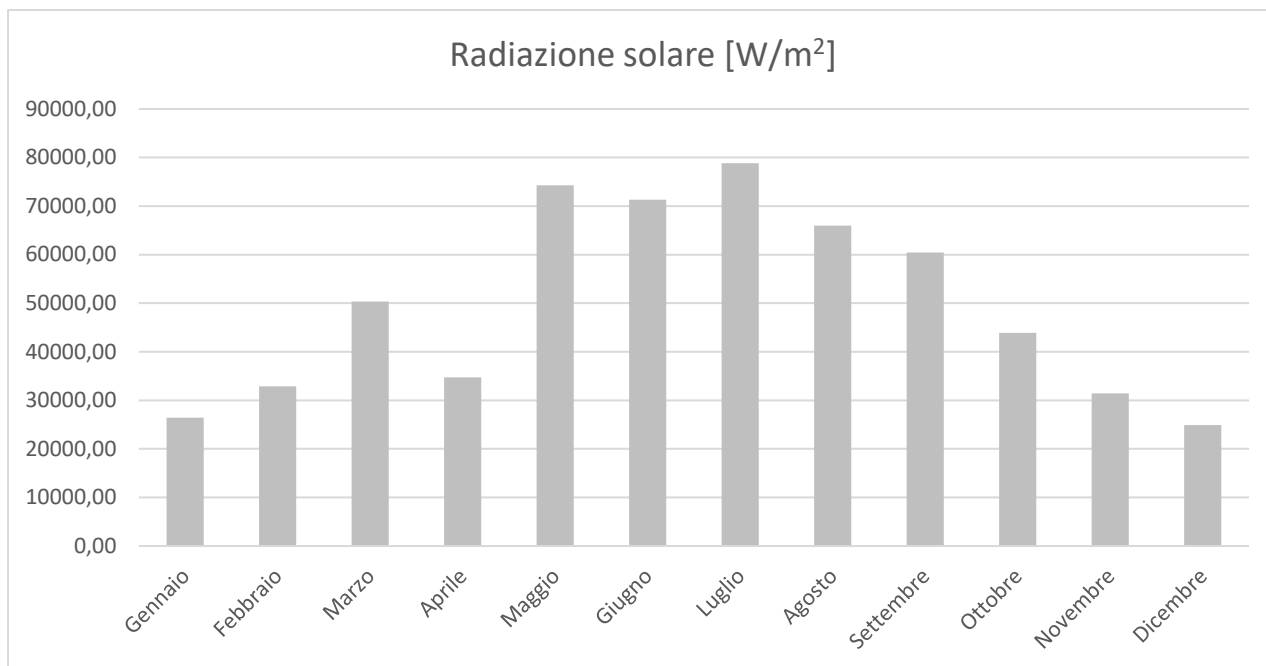


Figura 46-Grafico relativo alla radiazione solare totale per l'anno 2020

In ogni caso, quanto ottenuto a riguardo del Ritiro dell'Energia, mese per mese, potrebbe apparire, a primo acchito, anomalo. Alcuni mesi caratterizzati da una bassa radiazione solare, come gennaio, sono infatti caratterizzati da una componente di Ritiro dell'Energia piuttosto elevata; va notato, però, che tale componente, non dipende solamente dalla quantità di energia immessa in rete, ma dal prodotto di essa con il Prezzo Zonale Orario. Si nota, dalla Figura 47, come, appunto, questo sia particolarmente elevato, in confronto al periodo estivo, nei mesi elencati in precedenza.

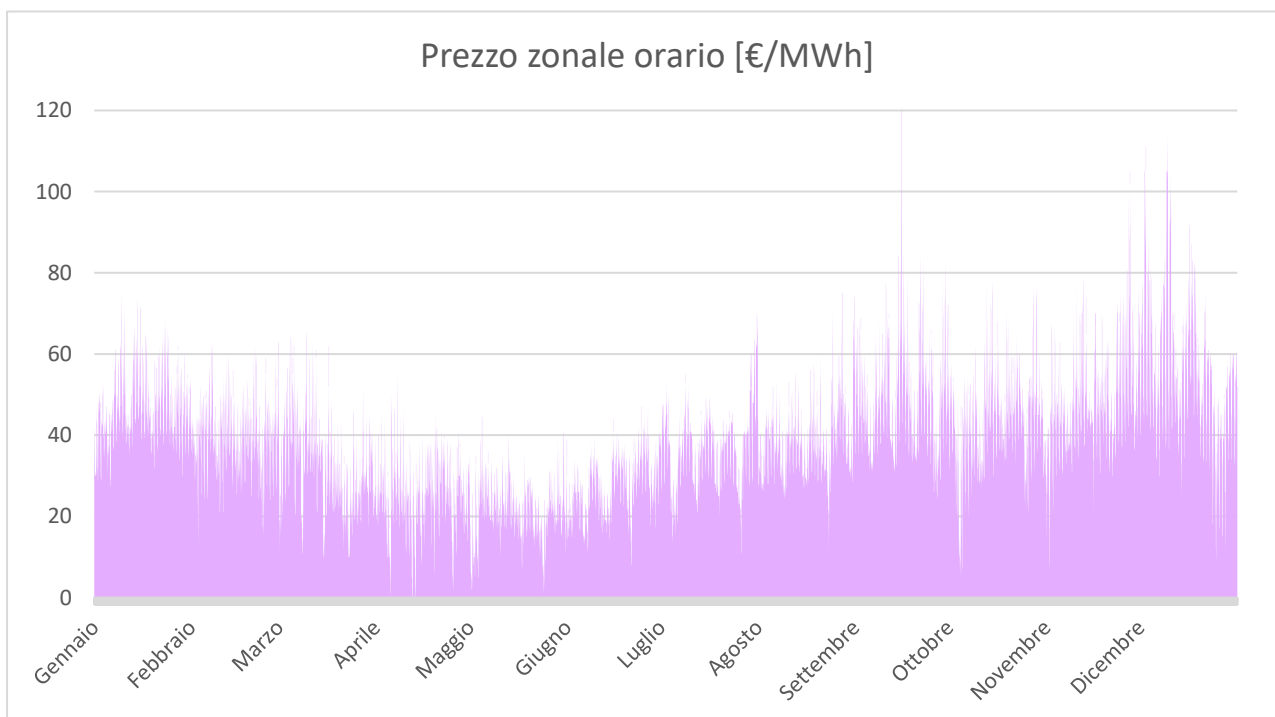


Figura 47-Andamento annuale del Prezzo Zonale Orario per il 2020

6.1.2. Incentivazione dell'Energia condivisa

L'*Incentivazione dell'Energia*, I_{AC} , dipende solamente dalla quota di energia condivisa, poiché essa viene semplicemente moltiplicata per la quota fissa di 100 €/MWh, e sarà quindi direttamente proporzionale ad essa. Si riporta il grafico relativo all'energia condivisa in Figura 48:

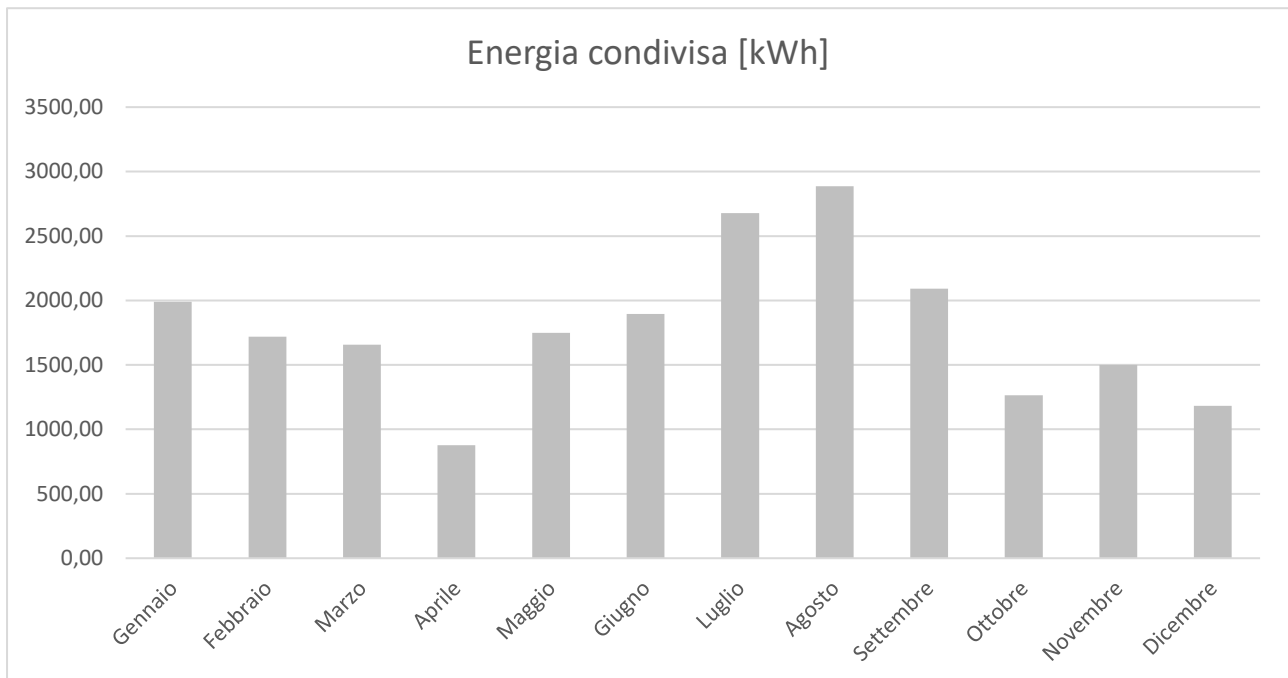


Figura 48-Grafico relativo all'energia condivisa mensilmente

Come atteso, si può notare che essa risulta più elevata nei mesi estivi, in cui sia la produzione, come indicato dal grafico in Figura 45, sia la domanda energetica, riportata in Figura 49, sono elevate.

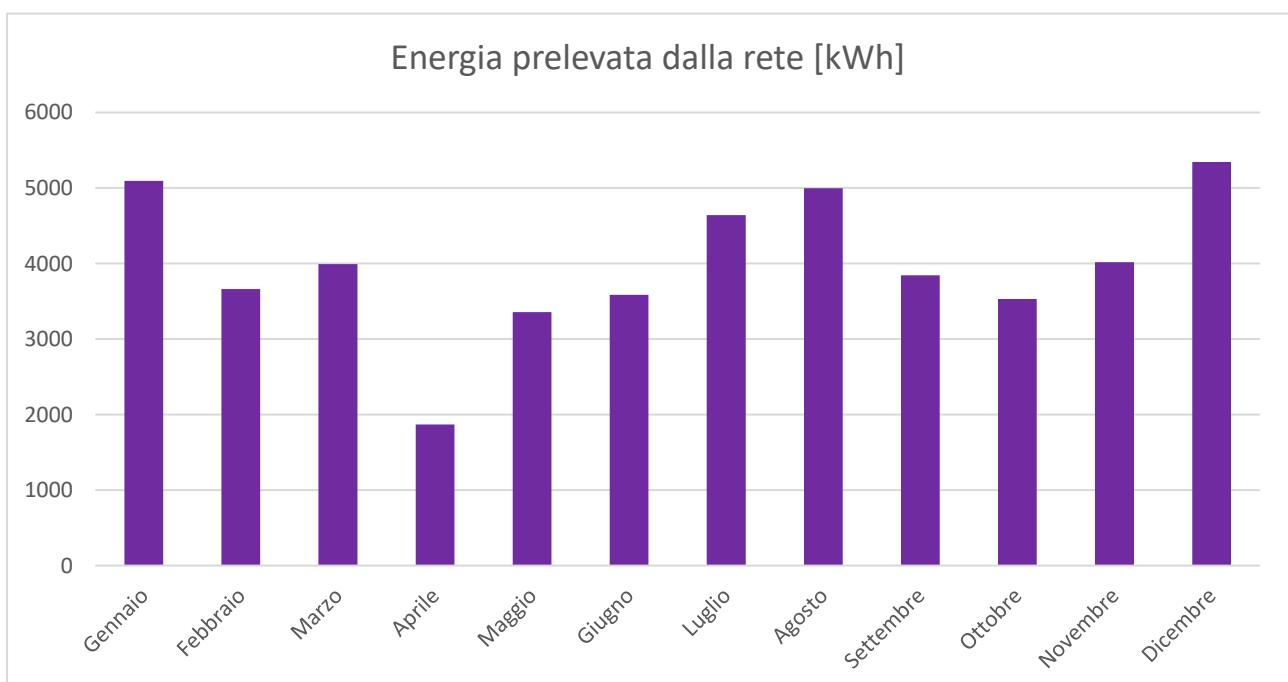


Figura 49-Energia prelevata dalla rete nei vari mesi dell'anno

Invece si nota come i mesi in cui essa risulta essere minore sono aprile e ottobre; questo è dovuto al fatto che, nelle mezze stagioni, la domanda relativa al servizio di climatizzazione è limitata, se non pressoché nulla, per cui gli unici prelievi significativi sono quelli relativi ai servizi di ACS ed elettrodomestici. Si ricorda, infatti, che, per definizione, l'energia condivisa è pari al minimo orario tra prelievi e produzione.

Infine, si ricorda che, come da D.M. del 16 settembre 2020, tale incentivo è stato calcolato solamente sulla quota di potenza installata in aggiunta a quella obbligatoria.

6.1.3. Restituzione delle Componenti Tariffarie

La *Restituzione delle Componenti Tariffarie*, R_{AC} , risulta essere la minore delle tre componenti. Si ricorda, infatti, che il calcolo di essa, deriva dalla sommatoria dell'energia condivisa, moltiplicata per il corrispettivo unitario di autoconsumo forfettario, avente ordine di grandezza di 10^{-2} , e dell'energia condivisa moltiplicata per il prezzo zonale orario e per il coefficiente delle perdite evitate, che si ricorda essere pari al 2.6%.

6.2. Relazione tra energia condivisa, immessa e prelevata

In tale paragrafo viene confrontata la componente di energia condivisa con le due componenti di energia immessa in rete e prelevata dalla rete, al fine di poter rendere chiara, a livello visivo, la relazione che le lega, riportata al paragrafo 2.2.5. Si riporta, in prima battuta, un grafico finalizzato al confronto tra energia condivisa e le due componenti di produzione e prelievo, nel corso dei vari mesi dell'anno, espresse in kWh (Figura 50).

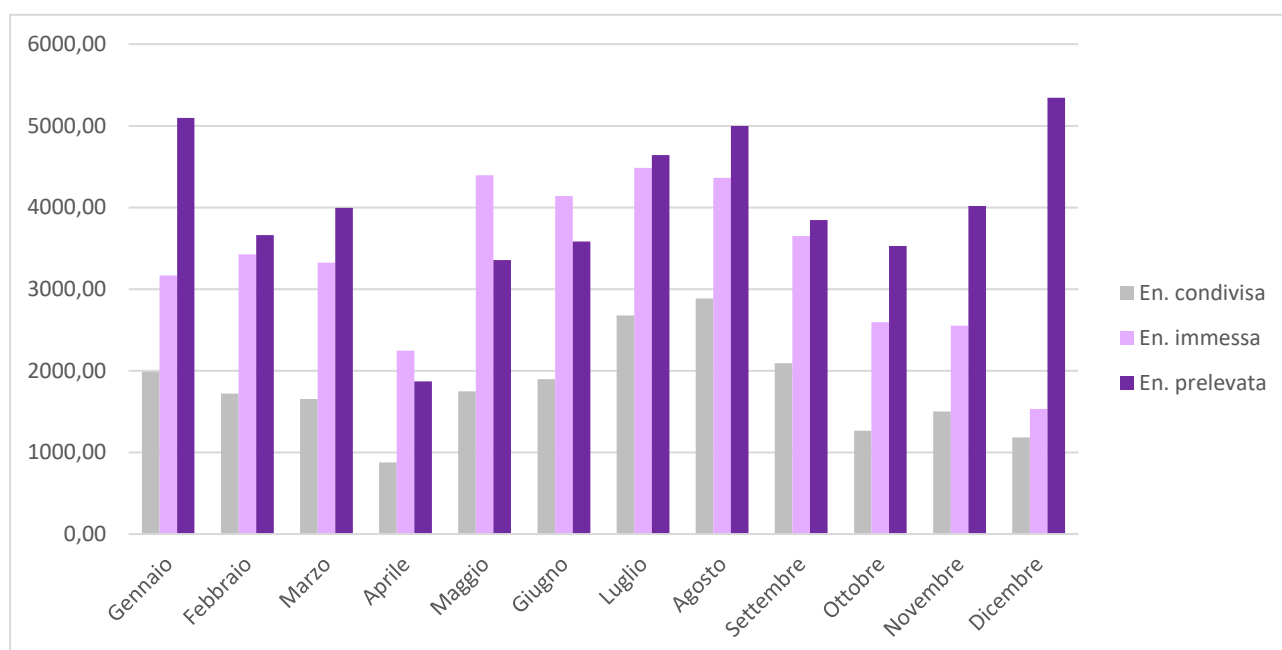


Figura 50-Confronto tra energia condivisa, immessa in rete e prelevata dalla rete, a livello mensile

A primo acchito, verrebbe da immaginarsi che l'energia condivisa nel mese sia pari alla minima tra l'energia immessa in rete e quella prelevata ma si ricorda che tale relazione è valida solamente a livello orario; si riportano, invece, i risultati calcolati su due giorni tipo, uno in inverno e uno in estate, rispettivamente il 31 dicembre, in Figura 51, e il 15 luglio, in Figura 52.

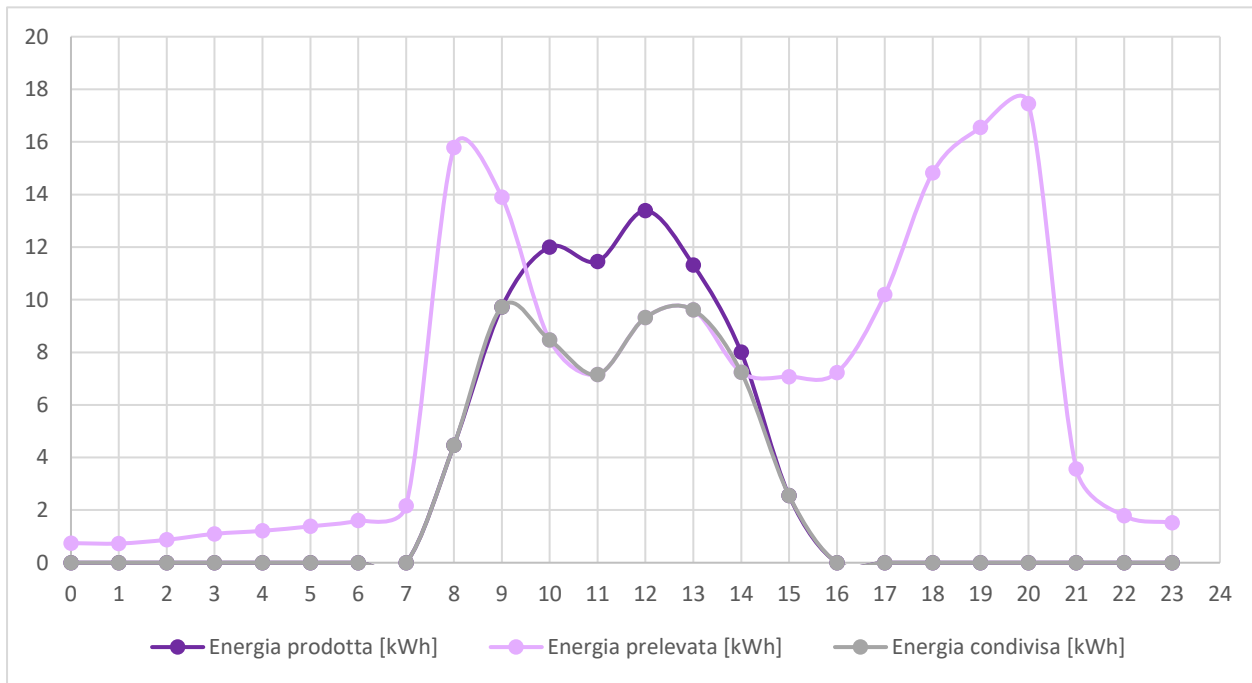


Figura 51-Confronto tra energia condivisa, immessa in rete e prelevata dalla rete per il giorno 31 dicembre 2020

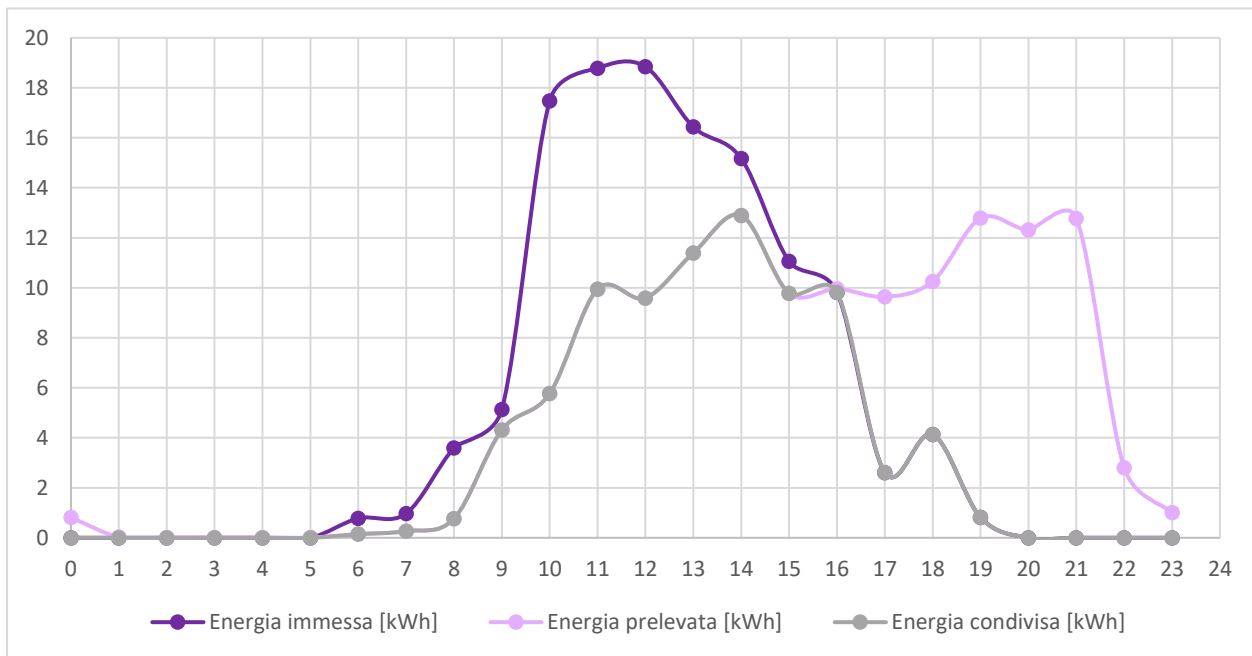


Figura 52-Confronto tra energia condivisa, immessa in rete e prelevata dalla rete per il giorno 15 luglio 2020

Dagli ultimi due grafici, si evince come l'andamento dell'energia condivisa coincide, ora per ora, con il minore tra energia immessa ed energia prelevata, come atteso.

6.3. Valutazione dell'investimento

Fino ad ora, si sono valutati i risultati, dal punto di vista puramente fisico, ma sarebbe utile, valutarli anche dal punto di vista economico, al fine di capire se, oltre ad apportare benefici a livello ambientale, le configurazioni di autoconsumo costituiscono anche un vantaggio economico per i cittadini. Così, sarà possibile capire se si potrebbe trattare di un investimento ragionevole e che, di conseguenza, incentivi i comuni cittadini a prenderne parte.

Poiché, in ogni caso, trattandosi di un intervento di nuova costruzione, è obbligatorio installare la quota parte di potenza d'obbligo da realizzare mediante l'utilizzo di fonti rinnovabili, P_0 , il tempo di ritorno dell'investimento verrà calcolato sul costo d'installazione dei pannelli fotovoltaici in addizione a quelli obbligatori, che contribuirebbero ad aumentare le componenti del corrispettivo mensile.

Per quanto riguarda il caso studio, come detto in precedenza:

- la potenza d'obbligo da realizzare è pari a 17.7 kWp;
- la potenza in surplus è pari a 11.1 kWp.

In particolare, si considereranno, al fine di tale calcolo:

- tutte le componenti di restituzione, relative alla quota di potenza in addizione a quella obbligatoria;
- il vantaggio, ottenuto anche dalla vendita dell'energia prodotta dai pannelli fotovoltaici che coprono la quota di potenza d'obbligo, poiché, per le configurazioni di autoconsumo, è possibile vendere l'energia direttamente al Prezzo Zonale Orario, senza ribassi legati al mercato libero;
- la possibilità, se conveniente, di poter accedere, con tale configurazione, alla tipologia contrattuale dei Prezzi Minimi Garantiti, per la vendita dell'energia al GSE, come spiegato in precedenza, al paragrafo 2.2.6.

Computo metrico per la realizzazione di un impianto fotovoltaico (da 11.1 kW)

Si riporta in seguito, in Tabella 18, un semplice computo metrico relativo al costo approssimativo per la realizzazione di un impianto fotovoltaico, di potenza pari a quella non obbligatoria. I prezzi unitari indicati sono quelli riportati sul Prezzario della Regione Piemonte, per l'anno 2020.

Tabella 18-Computo metrico per la realizzazione di un impianto fotovoltaico di potenza pari a quella in eccesso rispetto a quella obbligatoria

Computo metrico per la realizzazione di un impianto fotovoltaico da 11.1 kW				
Descrizione opera	Unità di misura	Prezzo unitario	Quantità	Prezzo
Fornitura pannello fotovoltaico SunPower Maxeon 3 400 Wp	Cad	350.00 €	28	9800.00 €
Posa in opera di moduli fotovoltaici a struttura rigida in silicio cristallino o amorfo, su struttura di sostegno modulare costituita da profilati in alluminio o acciaio, incluso cablaggio. Su coperture piane o su terreno.	m ²	82.93 €	54.6	4527.98 €
Inverter trifase in BT per connessione in rete con trasformatore per separazione galvanica, conversione DC/AC, efficienza > 90%, display a cristalli liquidi, conforme alle norme CEI 11-20. Per potenza di 12 kW	Cad	2050.00 €	1	2050.00 €
Posa in opera di inverter per impianti fotovoltaici monofase o trifase per impianti connessi in rete o in isola incluso il fissaggio a parete, collegamenti elettrici ai circuiti continuo e alternato e messa in funzione. Inverter trifase potenza nominale in AC fino a 50 kW	Cad	405.96 €	1	405.96 €
Struttura metallica di sostegno per moduli fotovoltaici a struttura rigida. Per fissaggio a terra o per tetti piani	m ²	16.93 €	54.6	924.38 €
				17708.32 €
Costi aggiuntivi per canalizzazioni, passaggio cavi, dispositivi di protezione e altro materiale necessario alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico		Extra +10%		1770.83 €
			TOT	19479.15 €

Calcolo delle componenti di ritorno sulla potenza installata non obbligatoria

- Per quanto riguarda le Restituzioni delle Componenti Tariffarie, C_{AC} , si procede ricalcolandone il totale annuale, considerando di avere un impianto della potenza pari a 11.1 kW. È evidente che tale condizione andrà a variare la quota parte di energia prodotta oraria e, di conseguenza, quella di energia condivisa;
- l'Incentivazione dell'Energia condivisa, I_{AC} , per definizione, è già calcolata sull'energia esclusa da quella da realizzare come obbligo;

- il Ritiro dell'Energia, R_{AC} , viene calcolato sulla quota parte di potenza non obbligatoria; si ipotizza, quindi, di considerare come energia venduta la sola quota parte prodotta da 11.1 kW di impianto.

Si riportano i valori ottenuti in Tabella 19, a seguire.

Tabella 19-Componenti del corrispettivo dovute relative alla potenza installata in eccesso a quella obbligatoria

C_{AC} [€]	I_{AC} [€]	R_{AC} [€]
121.44	879.52	502.26

Calcolo del vantaggio dovuto al contratto di Ritiro Dedicato sulla vendita dell'energia

Il primo vantaggio che si ottiene da un contratto di Ritiro Dedicato, è quello di poter ottenere una remunerazione dell'energia direttamente al Prezzo di Ritiro, senza dover decurtare da esso eventuali imposte per il trasporto dell'energia e la lettura dei contatori.

In particolare, le quote da decurtare, in caso di contratto standard, soggetto alle negoziazioni del mercato libero, per l'anno 2020, sarebbero all'incirca le seguenti:

- *quota per la gestione dei contatori*, le cui componenti si attestano pari a 20 euro l'anno a contatore. Trattandosi nel caso in esame di un impianto centralizzato, si parlerebbe solamente di un contatore bidirezionale in addizione;
- inoltre, secondo la Delibera AEEG 578/2013/R/eel, convertita in Legge n.116/2014, si introduce la spesa di *oneri generali di sistema* anche sulla componente di energia prodotta. Tale quota è circa pari al 20%.

Per il caso studio, l'applicazione di questi oneri indicati, si traduce in una decurtazione totale di 281.60 €.

Si ricorda, inoltre, che il contratto di Ritiro Dedicato, darebbe anche la possibilità di accedere ai Prezzi Minimi Garantiti, come Prezzo di Ritiro, per il 2020 pari a 40 €/MWh²⁵. Se il calcolo, per quanto riguarda il ritiro dell'energia R_{AC} , venisse ripetuto in questi termini, si otterrebbe una quota monetaria, relativa all'energia venduta alla rete, pari a 1488.41 €. Ciò significa che, rispetto ai 1303.12 €, utilizzando come prezzo di ritiro il PMG, si otterrebbe un ulteriore guadagno pari a 185.02 €.

Valutazioni e tempo di ritorno

A seguito delle osservazioni riportate ai paragrafi precedenti, deve essere valutato se, effettivamente, la spesa sostenuta per l'installazione di pannelli fotovoltaici aggiuntivi, sulla cui energia prodotta è possibile ottenere la tariffa incentivante dovuta all'istituzione di una configurazione di autoconsumo energetico, è sostenibile a livello economico. Il fine è, di conseguenza, capire se questa soluzione di

²⁵ Vedi paragrafo 2.2.6.

condivisione dell'energia sia effettivamente applicabile su larga scala, nell'ambito delle nuove costruzioni o delle ristrutturazioni, al fine dell'efficientamento energetico.

Si riporta, dunque, una tabella che riassume le effettive entrate annuali, legate alla configurazione di autoconsumo in esame, e la relativa valutazione dell'investimento (Tabella 20). Si ricorda, inoltre, come spiegato al paragrafo 2.2.4, che sulla spesa sostenuta per l'installazione dei pannelli fotovoltaici, si ottiene una detrazione pari al 50% della spesa.

Tabella 20-Calcolo del tempo di ritorno dell'investimento

Tempo di ritorno dell'investimento		
Componenti di restituzione	C_{AC} [€/anno]	121.44
	I_{AC} [€/anno]	879.52
	R_{AC} [€/anno]	502.26
Vantaggi ritiro dedicato	Oneri [€/anno]	281.6
	PMG [€/anno]	185.02
TOT		1969.84
Spesa installazione pannelli [€]		19479.15
Detrazione del 50% [€]		-9739.58
TOT		9739.58
Tempo di ritorno [anni]		5

Avendo ottenuto un tempo di ritorno pari a 5 anni, è evidente che tale investimento è sensato; è ragionevole, dunque, che negli anni a venire tali soluzioni di autoconsumo collettivo possano diffondersi maggiormente, contribuendo all'efficientamento dei sistemi energetici.

Al fine, però, di rendere l'autoconsumo più efficace e vantaggioso, ottenendo la massima remunerazione possibile, si dovrebbe, idealmente, massimizzare la quota di energia condivisa; ciò si traduce nel coordinare, il più possibile, quelli che sono i profili di consumo con quelli di produzione. Al fine di incentivare tali comportamenti, nel momento della ripartizione delle quote di restituzione tra i vari inquilini del condominio, si dovrebbe trovare una soluzione per tener conto della virtuosità, in questi termini, dei comportamenti di essi. Nel capitolo successivo verrà illustrata una proposta di ripartizione, al fine di rendere più efficiente lo schema di autoconsumo collettivo presentato.

7. Risultati: ripartizione del corrispettivo

7.1. Metodo della virtuosità per la ripartizione del corrispettivo

Al paragrafo 3.1, si è spiegato come, attualmente, i meccanismi di ripartizione, sanciti da accordi privati condominiali siano, essenzialmente:

- per quote millesimali di proprietà;
- al consumo.

Nel primo caso non si considera, quindi, in nessun modo, il tipo di comportamento dal punto di vista energetico dell'utente, mentre nel secondo caso, sebbene venga premiato colui che limita i propri consumi, non si tiene comunque conto di come questi siano distribuiti nell'arco della giornata e, quindi, se vi sia una qualche coordinazione tra profilo e produzione.

Si propone, di conseguenza, un metodo di calcolo, basato sul metodo dei minimi quadrati, che permette di tener conto sia di quanto un'utenza consuma, sia di come consuma. Si ricorda che, ciascun profilo di consumo viene confrontato con il profilo di produzione relativo all'utente stesso, calcolato come quota sul totale, come indicato nel paragrafo 5.6. Per chiarezza, si ricorda che, per il caso studio, trattandosi di una nuova costruzione, si è ipotizzato che tutte le utenze abbiano partecipato allo stesso modo alla spesa iniziale, in funzione dei millesimi di proprietà.

Per chiarire il concetto, si riporta un esempio molto semplice, in cui si riporta, in Figura 53, un profilo di produzione, a sette valori, senza unità di misura e lo si confronta con altri quattro profili. L'obiettivo è quello di sviluppare una procedura di calcolo che permetta di ordinarli dal più virtuoso al meno virtuoso. Si riportano, poi, i "consumi totali" di essi nei sette intervalli temporali considerati, in Tabella 21.

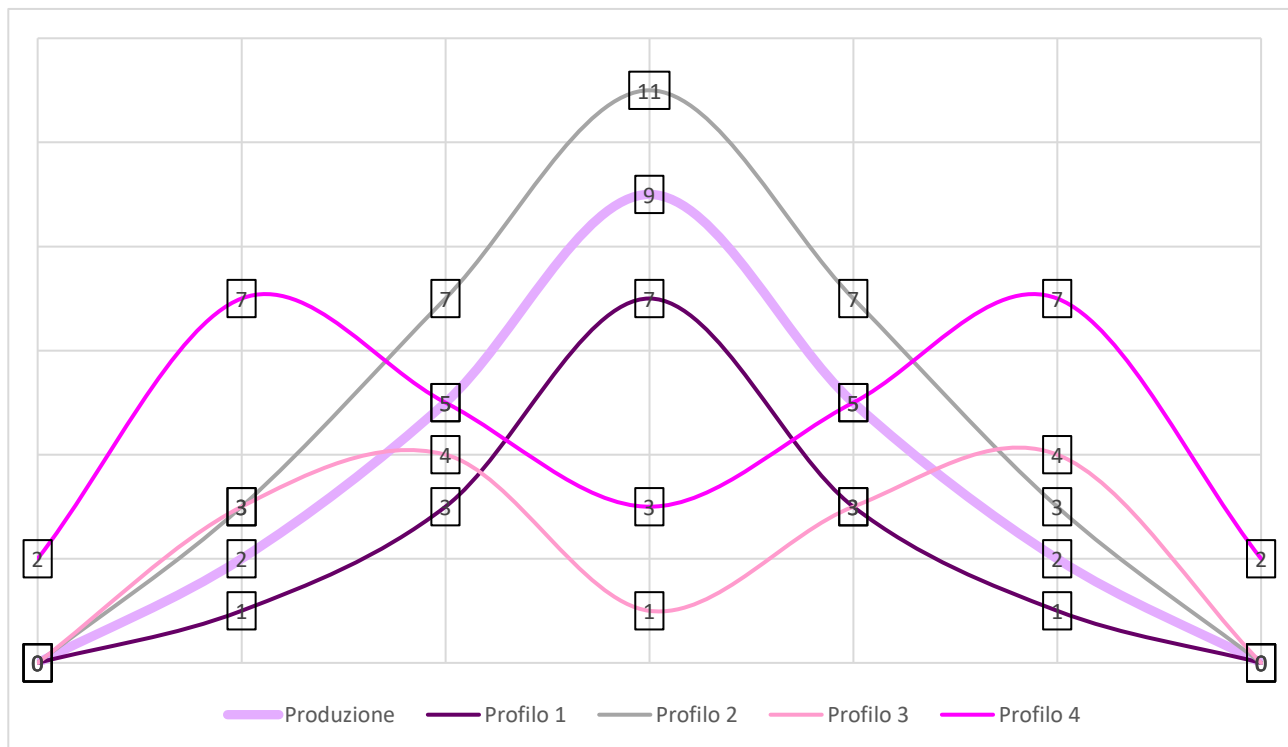


Figura 53-Esempio di confronto tra un profilo di produzione e quattro profili di consumo diversi

Tabella 21-Produzione totale e consumi totali dei quattro profili di esempio (senza unità di misura)

Profilo	Somma
Produzione	23
Profilo 1	15
Profilo 2	31
Profilo 3	15
Profilo 4	31

A primo impatto, si possono notare le seguenti peculiarità:

- il Profilo 1 e il Profilo 2 sono coordinati con la curva di produzione, in quanto ne seguono l'andamento nei 6 intervalli temporali;
- il Profilo 3 e il Profilo 4 seguono un andamento completamente indipendente da quello della curva di produzione;
- il Profilo 1 e il Profilo 3, rappresentano, in totale, lo stesso "consumo", nell'arco dei sei intervalli temporali e il totale di essi è minore della "produzione" totale;
- il Profilo 2 e il Profilo 4, rappresentano, in totale, lo stesso "consumo", nell'arco dei sette intervalli temporali e il totale di essi è maggiore della "produzione" totale.

In termini di virtuosità, secondo le considerazioni fatte fino a questo momento, andrebbero ordinati, dal migliore al peggiore, nella maniera seguente:

1. Profilo 1
2. Profilo 3
3. Profilo 2
4. Profilo 4

Si propone quindi di calcolare un *Fattore di virtuosità*, che verrà indicato come f_v , per ciascun profilo, ottenuto come reciproco del prodotto tra il consumo totale specifico²⁶, nell'intervallo temporale scelto, e la deviazione standard rispetto alla curva di produzione. Più questo fattore cresce, più l'utenza potrà essere considerata virtuosa.

Si riporta la relativa relazione:

$$f_v = \frac{1}{\frac{(\sum_{t=1}^N (E_{prel})_t)}{S} \cdot \frac{\sqrt{\sum_{t=1}^N ((E_{prel})_t - (E_{imm})_t)^2}}{N}} = \frac{1}{\frac{(E_{prel})_{TOT}}{S} \cdot \sigma}$$

dove:

- E_{prel} è l'energia prelevata dalla rete;
- E_{imm} è l'energia prodotta e immessa in rete;

²⁶ Il consumo totale specifico si calcola come rapporto tra consumo totale e superficie dell'unità immobiliare.

Altrimenti gli appartamenti di dimensioni maggiori risulteranno sfavoriti, in quanto naturalmente necessiterebbero di un consumo maggiore, al fine di garantire i requisiti di base, come, ad esempio, il comfort termico.

- N è il numero di intervalli temporali considerato;
- S è la superficie dell'unità immobiliare;
- t è l'intervallo temporale.

Si riportano, dunque, i risultati ottenuti in Tabella 22, ipotizzando, per questo esempio, che tutti i profili si riferiscano ad una superficie unitaria, al fine di rendere i risultati più comprensibili:

Tabella 22-fattori di virtuosità ottenuti per i quattro profili d'esempio

Profilo	$E_{\text{prel,TOT}}$	σ	f_v
Profilo 1	15	0.53	0.1258
Profilo 2	31	0.53	0.0609
Profilo 3	15	1.18	0.0565
Profilo 4	31	1.38	0.0234

Come atteso, si confermano, dunque, le ipotesi fatte in precedenza, confermando, infatti, come profilo più virtuoso il Profilo 1 e come meno virtuoso il Profilo 4. Inoltre, è possibile osservare come i fattori di virtuosità dei profili 2 e 3 siano simili, nonostante il Profilo 2 rappresenti un consumo doppio rispetto a quello del Profilo 3; si dimostra, quindi, come questo fattore tenga conto anche di come l'energia venga utilizzata nell'arco di tempo analizzato.

A questo punto, al fine di poter ripartire, in un caso reale, la remunerazione riscossa dal referente del gruppo di autoconsumo, tra le varie utenze è necessario normalizzare i risultati ottenuti, in modo tale da ottenere un fattore, da moltiplicare direttamente al totale; questo fattore verrà definito come *fattore normale di virtuosità*, f_{vn} .

Si otterrà mediante la seguente relazione:

$$f_{vn} = \frac{f_v \cdot 100\%}{\sum_{i=1}^N (f_v)_i}$$

Si otterranno, in questo esempio, i risultati seguenti, riportati in Tabella 23:

Tabella 23-Fattori di virtuosità normale per i quattro profili d'esempio

Profilo	f_v	f_{vn}
Profilo 1	0.125786	47.20%
Profilo 2	0.060864	22.84%
Profilo 3	0.056497	21.20%
Profilo 4	0.023375	8.77%

7.2 Ripartizione del corrispettivo per il caso studio reale

A valle di questo semplice esempio, riportato con la finalità di fare chiarezza sul metodo di ripartizione indicato, è necessario ripetere il calcolo sul caso studio in esame e verificare se, effettivamente, si confermano i ragionamenti sulla virtuosità dei singoli profili, riportati nei capitoli precedenti. In linea teorica, si dovrebbe confermare il profilo dell'Alloggio 8 come quello più virtuoso e quello dell'Alloggio 10 come quello meno virtuoso.

Nella tabella successiva si riportano i valori del fattore di virtuosità e del fattore di virtuosità normale, per ciascuna unità immobiliare:

Tabella 24-Fattori di virtuosità e fattori di virtuosità normale per ciascuna unità immobiliare

Profilo	f_v	f_{vn}
Terziario 1	3.18	8.07%
Terziario 2	2.63	6.67%
Alloggio 1	2.85	7.22%
Alloggio 2	2.73	6.93%
Alloggio 3	3.42	8.68%
Alloggio 4	3.33	8.44%
Alloggio 5	2.87	7.29%
Alloggio 6	2.98	7.56%
Alloggio 7	3.31	8.40%
Alloggio 8	4.65	11.78%
Alloggio 9	3.27	8.30%
Alloggio 10	1.42	3.59%
Alloggio 11	2.78	7.06%

Da tale tabella, si possono fare le seguenti considerazioni:

- sono evidenziati i tre profili studiati nel dettaglio al paragrafo 5.2; si nota come viene confermato un fattore di virtuosità maggiore, per quanto riguarda l'Alloggio 8 e un fattore minore per quanto riguarda, invece, l'Alloggio 10. Si confermano, dunque, i risultati previsti;
- nonostante si siano considerati profili di consumo identici, per quanto riguarda tutti gli alloggi ad eccezione dell'Alloggio 8 e dell'Alloggio 10, si ottengono fattori di virtuosità diversi tra loro; questo è dovuto al fatto che, sebbene il consumo sia stato normalizzato sulla superficie di ciascuna unità immobiliare, ci possono essere lievi variazioni, dovute alle condizioni al contorno, quali orientamento e caratteristiche geometriche, che rendono alcune unità immobiliari più energivore di altre. Sarebbe, infatti, complicato considerare l'impatto di tutti questi fattori, soprattutto considerando che, tale metodo, potrebbe essere applicato in tema di atto privato sulla ripartizione dell'incentivo, anche da comuni cittadini, con scarse competenze in materia;

- si ricorda che i tre profili confrontati, a discapito di quanto spiegato al punto precedente, sono invece stati scelti proprio al fine di essere pienamente comparabili, in quanto aventi tutti e tre la stessa esposizione e forma pressoché identica.

Al fine della ripartizione delle componenti di restituzione tra le varie unità immobiliari, si utilizza la seguente metodologia ibrida:

- ripartizione con il metodo della virtuosità delle componenti R_{AC} e I_{AC} , rispettivamente Restituzioni delle Componenti Tariffarie e Incentivazione dell'Energia condivisa, che dipendono direttamente dalla quota di energia condivisa e, quindi, da come essa viene consumata nell'arco del periodo temporale in esame;
- ripartizione con il metodo ai millesimi di proprietà d'impianto della componente di Ritiro dell'Energia R_{AC} , in quanto essa dipende dalla quantità di energia immessa in rete da ciascun impianto, senza alcuna correlazione con i profili di consumo di ciascuna unità immobiliare, trattandosi di una configurazione virtuale.

Per completezza, si riporta infine una tabella indicante la quota monetaria annuale ricevuta da ciascun appartamento, confrontata, invece, con quella che si otterrebbe applicando semplicemente una ripartizione per millesimi, senza tener conto della virtuosità dei vari profili e con quella che si otterrebbe applicando il solo metodo della virtuosità, senza tener conto dei millesimi di proprietà d'impianto (Tabella 25).

Tabella 25-Confronto tra i vari metodi di ripartizione del corrispettivo tra le varie unità immobiliari

Profilo	f_{vn}	S/S_{TOT}	Remunerazione annuale con metodo della virtuosità	Remunerazione annuale con metodo ai millesimi	Remunerazione annuale con metodo ibrido
Terziario 1	8.07%	8.58%	158.89 €	169.00 €	182.74 €
Terziario 2	6.67%	10.20%	131.38 €	201.00 €	191.63 €
Alloggio 1	7.22%	6.44%	142.24 €	126.81 €	147.40 €
Alloggio 2	6.93%	9.84%	136.55 €	193.79 €	189.17 €
Alloggio 3	8.68%	6.11%	171.03 €	120.34 €	155.98 €
Alloggio 4	8.44%	6.47%	166.34 €	127.52 €	158.63 €
Alloggio 5	7.29%	8.11%	143.54 €	159.70 €	169.73 €
Alloggio 6	7.56%	7.52%	148.89 €	148.10 €	164.45 €
Alloggio 7	8.40%	6.47%	165.51 €	127.52 €	158.26 €
Alloggio 8	11.78%	10.07%	232.10 €	198.34 €	234.84 €
Alloggio 9	8.30%	5.52%	163.49 €	108.75 €	144.94 €
Alloggio 10	3.59%	10.47%	70.78 €	206.18 €	168.00 €
Alloggio 11	7.06%	4.20%	139.10 €	82.79 €	116.88 €

Si nota quanto si ottengono risultati diversi, tenendo conto della virtuosità dei vari profili. Addirittura, ad esempio l'Alloggio 10, da essere quello che riceverebbe la più alta remunerazione, nel caso di ripartizione ai millesimi, diventa invece quello che riceve la minor quota di incentivo, a causa dei comportamenti poco consapevoli di esso, in caso di ripartizione con metodo della virtuosità. Ovviamente, anche il solo metodo della virtuosità non sarebbe del tutto corretto, in quanto non terrebbe conto del fatto che, coloro che sono proprietari di una quota maggiore di impianto, vendono più energia alla rete.

Un incentivo ripartito in questa maniera contribuirebbe, comunque, a rendere più consapevoli i comportamenti, dal punto di vista dei consumi energetici dei vari utenti e, di conseguenza, a ridurre i consumi e le emissioni dell'intero condominio. Si nota, infatti, nonostante la quota di impianto sia circa la stessa tra i tre alloggi evidenziati, come cambia la remunerazione annuale, solamente in funzione dei comportamenti adottati.

8. Conclusioni

Dai capitoli precedenti si evince che la soluzione presentata di condivisione dell'energia, per mezzo dell'istituzione di un gruppo di autoconsumo energetico, apporta diversi vantaggi ai clienti finali, aderenti alla stipula di tale contratto. Questi si traducono sia in vantaggi economici sia ambientali, infatti, da un lato, il cittadino riceve degli incentivi e delle agevolazioni, in termini di contratto per la vendita dell'energia, di cui altrimenti non potrebbe usufruire, dall'altro, l'energia viene gestita in maniera più efficiente, andando ad apportare anche benefici all'ambiente.

Se tale configurazione fosse applicata su larga scala, si potrebbe, quindi, ottenere un impatto ambientale positivo, contribuendo alla causa di efficientamento energetico del patrimonio edilizio esistente e delle nuove costruzioni. Si tratta, infatti, come dimostrato dai calcoli relativi alla valutazione dell'investimento, di un intervento con tempo di ritorno relativamente basso e che non richiede lavori edili di grande entità; in fin dei conti, infatti, si tratta solamente di un'installazione di pannelli fotovoltaici (o altri impianti a fonti rinnovabili) e del cambiamento della tipologia contrattuale con il distributore di energia. Inoltre, non è nemmeno necessario ottenere il consenso dall'intero condominio, in quanto ciascuna unità immobiliare è libera di non partecipare al gruppo di autoconsumo energetico o di regredire, in qualsiasi momento, rendendo questa tipologia contrattuale molto flessibile.

In aggiunta, utilizzando un metodo di ripartizione dei corrispettivi che tenga conto, non solo dei millesimi di proprietà d'impianto, ma anche dell'adozione di comportamenti consapevoli da parte dei clienti finali e che, di conseguenza, premi a livello economico i più virtuosi, è possibile fornire un incentivo a ridurre i consumi e a modularli nel modo corretto nell'arco della giornata, in funzione della curva di produzione. Infatti, è evidente che se i consumi elettrici di maggiore entità fossero concentrati nelle ore di massima resa dei pannelli fotovoltaici, sarebbe possibile scambiare istantaneamente tale energia, senza doverla trasportare attraverso le reti elettriche; verrebbe, infatti, così massimizzata la componente di energia condivisa e, conseguentemente, l'incentivo.

Altro vantaggio, a livello ambientale e dal punto di vista dello sviluppo delle risorse rinnovabili, è dato dal fatto che la tariffa incentivante, stabilita dal MiSE, al fine di favorire l'espansione di tale tipologia contrattuale, è applicata solamente sulla potenza installata in eccesso rispetto a quella da realizzare come obbligo; in tal modo, al fine di usufruirne, il condominio è obbligato a installare una potenza elettrica, per quanto riguarda le fonti rinnovabili, maggiore.

Nonostante ciò, va, però, fatto notare che, non sempre un comportamento più virtuoso del singolo o, su scala più ampia dell'intero condominio, andrebbe a far crescere la tariffa incentivante che viene versata dal GSE al referente. Questo è dovuto alla metodologia di calcolo fornita dal MiSE e descritta al paragrafo 2.2.3, per la componente I_{AC} ; questa, infatti, si ricorda che si calcola con la formula seguente:

$$I_{AC} = TP_{AC} \cdot E_{AC}$$

dove, essendo TP_{AC} una quota fissa e pari a 100 €/MWh, l'unica componente da cui essa dipende è l'energia condivisa. Di conseguenza, tale metodo di incentivazione funziona bene per quanto riguarda l'incentivazione ad un consumo che segue la curva di produzione, tendendo, idealmente, alla

coincidenza con esso, ma non va a premiare la riduzione dei consumi, finalizzata al rimanere, il più possibile, al di sotto della curva di produzione.

Si riporta un esempio semplificato, in Figura 54:

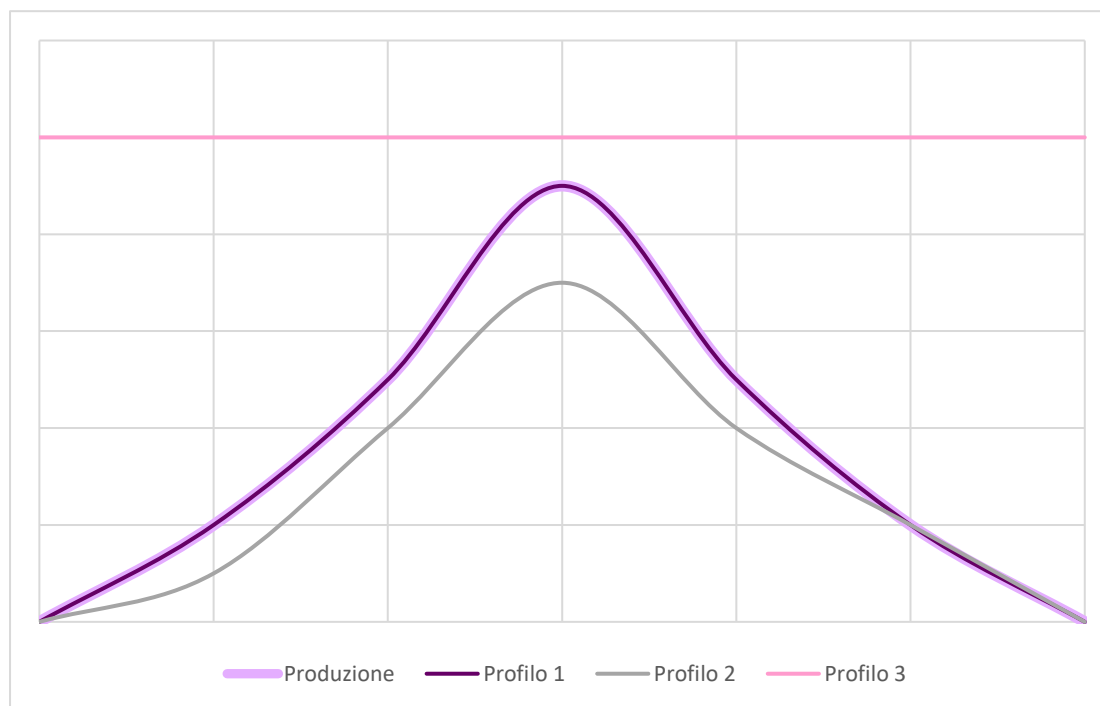


Figura 54-Esempio semplificato di confronto tra tre profili e la curva di produzione

Poiché il Profilo 1 coincide con la curva di produzione, energia immessa e prelevata coinciderebbero e quindi l'energia condivisa, essendo calcolata come il minimo tra le due, sarebbe semplicemente pari a quella prodotta (o a quella consumata).

Per quanto riguarda invece il Profilo 2, in realtà, costituisce il più virtuoso, secondo i ragionamenti condotti in precedenza, in quanto segue, nell'andamento la curva di produzione, ma, rispetto al Profilo 1, consuma meno dell'energia che produce; contribuirebbe, invece, all'incentivazione in forma minore, in quanto, in questo caso, l'energia condivisa sarebbe pari a quella consumata, essendo essa sempre minore rispetto alla produzione.

Per assurdo, il Profilo 3, che rimane sempre costante, al di sopra della curva di produzione, senza seguirne, in alcun modo, l'andamento, contribuirebbe all'incentivo allo stesso modo del Profilo 1, in quanto, in questo caso, l'energia condivisa sarebbe sempre pari alla produzione.

Andrebbe quindi rivista la legislazione, in modo tale da rendere ancora più efficiente e funzionale il metodo di condivisione dell'energia, facendo in modo che, se l'intero condominio adottasse comportamenti virtuosi, dal punto di vista del consumo consapevole dell'energia, otterrebbe una tariffa incentivante maggiore, fatto che non sussiste alle condizioni legislative attuali.

9. Bibliografia e sitografia

1. Direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo e del Consiglio dell'11 dicembre 2018, *“sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili”*
2. Direttiva (UE) 2019/944 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 5 giugno 2019, *“relativa a norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica”*
3. D.L. n.162 del 30 dicembre 2019, *“Disposizioni urgenti in materia di proroga di termini legislativi, di organizzazione delle pubbliche amministrazioni, nonché di innovazione tecnologica”*, art. 42 bis
4. Legge n.8 del 28 febbraio 2020, *“Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 30 dicembre 2019, n. 162, recante disposizioni urgenti in materia di proroga di termini legislativi, di organizzazione delle pubbliche amministrazioni, nonché di innovazione tecnologica”*
5. ARERA, Deliberazione 318/2020/R/eel del 4 agosto 2020, *“regolazione delle partite economiche relative all'energia elettrica condivisa da un gruppo di autoconsumatori di energia rinnovabile che agiscono collettivamente in edifici e condomini oppure condivisa in una comunità di energia rinnovabile”*
6. ARERA, Deliberazione 318/2020/R/eel del 4 agosto 2020, Allegato A
7. Agenzia delle Entrate, Circolare n. 24/E dell'8 agosto 2020, *“Detrazione per interventi di efficientamento energetico e di riduzione del rischio sismico degli edifici, nonché opzione per la cessione o per lo sconto in luogo della detrazione previste dagli articoli 119 e 121 del decreto-legge 19 maggio 2020, n. 34 (Decreto Rilancio) convertito con modificazione dalla legge 17 luglio 2020, n. 77– Primi chiarimenti”*
8. D.M. del 16 settembre 2020, *“Individuazione della tariffa incentivante per la remunerazione degli impianti a fonti rinnovabili inseriti nelle configurazioni sperimentali di autoconsumo collettivo e comunità energetiche rinnovabili, in attuazione dell'articolo 42 -bis, comma 9, del decreto-legge n. 162/2019, convertito dalla legge n. 8/2020”*
9. GSE, *“Regole tecniche per l'accesso al servizio di valorizzazione e incentivazione dell'energia condivisa”*, del 22 dicembre 2020
10. Consultazione GSE, *“Gruppi di autoconsumatori che agiscono collettivamente e comunità di energia rinnovabile”*, del 4 marzo 2021
11. GSE, *“Modalità di profilazione dei dati di misura e relative modalità di utilizzo ai sensi dell'articolo 9 dell'Allegato A alla Delibera 318/2020/R/eel”*, del 4 aprile 2022
12. Comune di Collegno, *“Piano regolatore generale”*, di marzo 2005
13. Comune di Collegno, *“P.R.G.C. Santa Maria-Regina Margherita”*, di marzo 2005
14. Xella Italia S.r.l. *“Manuale tecnico sistemi in calcestruzzo cellulare”*, Edizione 2019
15. https://www.ispionline.it/it/pubblicazione/fact-checking-i-cambiamenti-climatici-10-grafici-32170?gclid=CjwKCAjwx_eiBhBGEiwA15gLN6RztWY4mgA4IQJKFivYt7l65hmkiMm5fqvH2g9j2ojsdyo91nXgRxoCGxcQAvD_BwE

16. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
17. https://globalabc.org/sites/default/files/2021-10/GABC_Buildings-GSR-2021_BOOK.pdf
18. <https://www.arpa.piemonte.it/dati-ambientali/richiesta-dati-orari-meteorologici>
19. <https://www.gse.it/>
20. <https://www.mercatoelettrico.org/it/>
21. <https://www.comune.collegno.to.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/138>
22. <http://www.sistemapiemonte.it/cms/privati/territorio/servizi/929-consultazione-prezzario-regionale-opere-pubbliche>

Ringraziamenti

Il primo grazie va alla mia famiglia, che mi è stata accanto nel corso di tutti i cinque anni e senza cui, non solo probabilmente non avrei avuto la possibilità di studiare, ma di sicuro non avrei neanche scelto ingegneria. Perché, sì, nella vita non tutte le decisioni arrivano dal proprio istinto. Qualche volta, anche ascoltare i consigli degli altri non fa male, nonostante non si tratti di qualcosa che sono solita fare, purtroppo o per fortuna; infatti, dopo poco mi sono accorta di quanto, effettivamente, il percorso che avevo intrapreso fosse stato quello giusto per me. Quindi grazie mamma e grazie papà per questo. Ma grazie anche per tutto il resto, per avermi cresciuta con delle regole, che spesso ho odiato quando ero più piccola, vedendo che tanti miei amici erano più liberi e potevano fare più tardi di me o andare a ballare a 14 anni. E grazie per avermi dato sempre la possibilità di fare la vita da “principessina” come mi dite, non senza rinunce da parte vostra, e per avermi accompagnato, per anni, in giro per l’Italia alle gare di ginnastica, senza battere ciglio.

Grazie alle nonne, Luciana e Maria, che mi hanno fatto da baby-sitter per tutta l’infanzia, senza mai chiedere nulla e dispensando tutto il loro amore, e che, ancora oggi, costituiscono un punto di riferimento importantissimo. Grazie al nonno Emilio, che purtroppo potrà assistere alla mia laurea da lontano, ma sono sicura che non si perderà nemmeno un secondo di questa giornata, e mi sarà vicino, come ha sempre fatto quando ero piccola e mi chiamava “ciccina”. Grazie al resto della mia famiglia e, in particolare, ai miei cugini Ceci e Lollo, che sono stati i fratelli che non ho mai avuto.

Ringrazio i miei amici, quelli che conosco da sempre e quelli che ho incontrato negli ultimi anni, ma non per questo meno importanti. Grazie al mio gruppo di Torino che, ormai, è stato appellato come il gruppo dei “soliti”, con cui ho condiviso un numero infinito di serate e vacanze in giro per l’Europa. In particolare grazie a Gaia e Giorgia, che non potrebbero essere più diverse da me, ma con cui ogni momento passato insieme si trasforma in una risata; che ci sono sempre state per me, in tutti questi anni, che ormai iniziano ad essere davvero tanti. Grazie a Chiara, che, invece, è la mia fotocopia, che se pensa una cosa è la stessa che penso io e con cui, non si sa per quale motivo, finisco sempre per fare le cose uguali e nello stesso momento; che mi dice ciò che nessuno ha il coraggio di dire. Grazie ai miei amici del mare, che rendono ogni estate speciale, e con cui siamo passati dai castelli di sabbia, alle prime uscite senza genitori, alle nottate passate fuori casa.

Grazie ai miei amici dell’università, che hanno condiviso con me questi ultimi anni, gli scleri per finire i progetti e i battibecchi per arrivare ad una soluzione condivisa da tutti, ma anche le risate, i pranzi sull’erba fuori dalle aule I, gli aperitivi dopo gli esami e le uscite dopo le lezioni. Quindi grazie a Marti, o, per pochi, Martina I, che conosco già dalla triennale, a Sara, Nadia, Eros ed Edo, con cui mi sono trovata benissimo fin dai primi giorni di lezione, nonostante la mia solita paura ingiustificata, ogni volta che inizio qualcosa di nuovo, di non legare con nessuno. In particolare grazie a Edo, che da ormai più di un anno e mezzo non è solo un amico conosciuto all’università, che mi fa sentire nel posto giusto ogni qual volta che siamo insieme, a cui sono riuscita a mostrare le mie mille insicurezze che faccio di tutto per nascondere, che è l’unica persona, forse, a cui do ascolto e con cui ho condiviso, tra i mille altri momenti, tutti i corsi, gli esami e anche questo giorno.

Grazie al mio relatore, il professor Paolo Piantanida e ai miei colleghi dello Studio Bilardo, che ormai conoscono l’argomento della tesi meglio di me. Grazie a Matteo, che è anche il mio correlatore e mi ha seguito appieno nel corso della redazione di questa tesi, grazie a Erika, amica fedele di pettegolezzi

e che mi tiene pienamente aggiornata su quanto accade ad ogni concerto, dato che non ne perde uno, e grazie a Daniele, che ha la sfortuna di condividere l'ufficio con noi due e che, ormai, non è più libero di decidere quando fare la pausa caffè e deve sorbirsi tutti i nostri discorsi su scarpe e borse.

Grazie a Lunetta, il mio piccolo angelo, che dopo 12 anni passati con me e la mia famiglia se n'è andata due anni e mezzo fa, lasciando un vuoto enorme. Ma grazie anche a Camilla, che no, non è una persona, ma una nuvoletta bianca di pelo, che è sempre in grado di strapparmi una risata, con i suoi scodinzolii, le sue feste quando torno a casa e i guai che combina; che ormai è diventata la mascotte di tutti i miei amici e persino del mio ragazzo, che diceva di non avere grande affinità con i cani, in particolare quelli piccini.

Infine grazie a me stessa, che ho iniziato questo percorso di laurea in un momento in cui l'unica persona al centro del mio mondo ero Io e che, invece, nel corso di questi anni, mi sono resa conto di quanto fosse importante avere cura di chi ti sta vicino. Grazie a me per aver sempre utilizzato al meglio la mia ambizione, per aver saputo sfruttare bene la sicurezza in me stessa, in modo tale da poter dare sempre il massimo, senza dover poi avere rimpianti di non aver ottenuto il risultato per cui mi ero impegnata tanto. Sono fiera di essere riuscita, ancora una volta, a portare a termine un obiettivo, rendendo i miei genitori orgogliosi di me; e di aver concluso questo lavoro di tesi, di cui, almeno io stessa, sono soddisfatta, per cui invece, onestamente, credevo che avrei dedicato molto meno impegno e fatica, non essendo la ricerca esattamente la mia passione. E, infine, grazie a me stessa per aver saputo sempre mantenere vivi anche mille altri interessi e rapporti umani, nonostante i vari impegni, perché se c'è una cosa in cui credo fortemente, è che, nella vita, non è l'università, o il lavoro in futuro, a rendere davvero felici, ma sono le persone, le passioni coltivate, i viaggi e le esperienze inaspettate a contare veramente.