



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN
INGEGNERIA ENERGETICA

TESI DI LAUREA MAGISTRALE
IN INGEGNERIA ENERGETICA

**COPERTURA DEL FABBISOGNO
ENERGETICO DI UNA NUOVA
ABITAZIONE; SIMULAZIONE DI
SOLUZIONI TECNOLOGICHE
A CONFRONTO**

RELATORE: Prof. Arturo Lorenzoni

LAUREANDO: Mattia Bertolini

ANNO ACCADEMICO 2014 - 15

Sommario

INTRODUZIONE	7
1.0 MODELLO DELL'EDIFICIO	8
1.1 TRNSYS.....	8
1.1.1 TRNSYS building.....	8
1.1.2 Simulation Studio.....	9
1.2 UNITÀ DI RIFERIMENTO.....	11
1.2.1 Potenza ed energia	11
1.3 COMFORT.....	12
1.4 FABBISOGNO TERMICO PER RISCALAMENTO E RAFFRESCAMENTO	12
1.5 CARICHI ELETTRICI.....	16
2.0 ENERGIA DAL SOLE	18
2.1 RICHIAMI SULL'ENERGIA SOLARE	18
2.1.1 Costante solare.....	18
2.1.2 Spettro solare	19
2.1.3 Traiettoria del sole	19
2.2 IMPIANTO FOTOVOLTAICO	21
2.2.1 Descrizione impianto	22
2.2.2 Procedure di calcolo.....	25
2.2.3 Dati dell'impianto.....	26
3.0 POMPE DI CALORE	30
3.1 PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO	30

3.2	PERCHÉ IL COP SI RIDUCE.....	33
3.2.1	Rendimento isoentropico del compressore	33
3.2.2	Differenza di temperatura	33
3.2.3	Laminazione	34
3.2.4	Ausiliari	34
3.2.5	Compressore e motore	34
3.3	ASPETTI NORMATIVI E RISPARMIO DI CO2.....	35
3.3.1	Normativa	35
3.3.2	Risparmio di CO2	36
3.4	SORGENTI TERMICHE	38
3.5	ENERGIA GEOTERMICA	39
3.5.1	Temperatura del terreno indisturbato	40
3.5.2	Sonde geotermiche.....	42
3.6	CARATTERISTICHE DELLE POMPE DI CALORE.....	45

4.0 ACQUA CALDA SANITARIA48

4.1	QUADRO NORMATIVO.....	48
4.1.1	Perdite di accumulo	49
4.2	CALCOLO DEL FABBISOGNO	50
4.3	LOGICA DI ACCUMULO	51
4.3.1	Scelta della temperatura dell'accumulo.....	52
4.3.2	Procedimento di calcolo.....	52
4.3.3	Grafici dei giorni tipo	54

5.0 VALORE ECONOMICO DELL'ENERGIA 60

5.1	ENERGIA ELETTRICA	60
5.1.1	Tariffa D3	60
5.1.2	Tariffa D1	61
5.1.3	Imposte.....	62
5.1.4	Scambio sul posto	63
5.2	GAS NATURALE.....	66
5.2.1	Imposte.....	67

6.0 SIMULAZIONI A CONFRONTO 69

6.1	PRINCIPALI CORRELAZIONI.....	70
6.2	CASO 1: GWHP.....	71
6.2.1	Elaborazioni	71
6.2.2	Risultati	76
6.3	CASO 2: GWHP CON LOGICA DI ACCUMULO	78
6.3.1	Elaborazioni	79
6.3.2	Risultati	84
6.4	CASO 3: CALDAIA A CONDENSAZIONE	86
6.4.1	Elaborazioni	87
6.4.2	Risultati	91
6.5	CASO 4: AWHP.....	94
6.5.1	Elaborazioni	94
6.5.2	Risultati	98

6.6	RIEPILOGO SIMULAZIONI	100
6.6.1	Indici economici	102
	CONCLUSIONI.....	104
	APPENDICE A: DISEGNI TECNICI ABITAZIONE.....	107
	APPENDICE B: TABELLE SIMULAZIONI.....	110
	INDICE DELLE FIGURE.....	139
	BIBLIOGRAFIA	142

INTRODUZIONE

Nell'ambito del *Pacchetto Clima-Energia 20-20-20* l'Unione Europea ha previsto a partire dal 2009¹ quote minime di utilizzo di fonti rinnovabili per soddisfare il fabbisogno energetico degli edifici. La Direttiva Europea è stata recepita in Italia dal D.L. 3 Marzo 2011 n° 28 che prevede quote minime crescenti per favorire il raggiungimento degli obiettivi (dal 20 % nel 2013 fino al 50 % nel 2017).

Già ad oggi sarebbe possibile superare tali obiettivi raggiungendo una maggiore efficienza energetica ed un minor impatto ambientale con l'utilizzo di pompe di calore geotermiche, soprattutto se affiancate ad un impianto fotovoltaico.

La scelta di tali tecnologie da parte di privati cittadini risulta però strettamente legata alla sostenibilità economica dell'investimento; da qui lo scopo di questa tesi che nasce dalla necessità dello studio tecnico "Burli-Genoni" di valutarne la reale convenienza.

L'analisi è stata effettuata su un edificio di nuova costruzione realizzato a fine 2014 in provincia di Trento. In primo luogo si è prodotto il modello dell'edificio con l'ausilio del software *Trnsys17*² ottenendo il fabbisogno termico invernale ed estivo, suddiviso in profili orari medi mensili, e tramite i dati dell'impianto fotovoltaico installato si sono ricavate le curve di produzione elettrica giornaliera per i vari mesi dell'anno.

Si è analizzato lo stato dell'arte della tecnologia delle pompe di calore per usi domestici, in particolare modo di quelle geotermiche a sonde verticali, individuando in questa tecnologia il futuribile sviluppo delle fonti rinnovabili nel residenziale.

Durante l'analisi è sorta la volontà di valutare l'impatto economico ed energetico di un eventuale accumulo del surplus di energia prodotta dall'impianto fotovoltaico. È stato prodotto un modello per l'accumulo di tale energia sotto forma di calore nel serbatoio per l'acqua calda sanitaria in modo da concentrare la produzione di acqua calda in contemporaneità con la produzione fotovoltaica.

In conclusione si sono valutati i relativi costi di gestione e di investimento delle diverse configurazioni impiantistiche considerando le tariffe presenti sul mercato di maggior tutela e la tariffa sperimentale introdotta dall'Autorità³ per gli utenti con pompa di calore.

¹ Direttiva 2009/28/CE;

² fornito da "Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison";

³ Autorità per l'energia elettrica, il gas naturale ed il sistema idrico;

1.0 MODELLO DELL'EDIFICIO

L'edificio preso in esame è una abitazione residenziale di nuova costruzione situata in località Canezza nel comune di Pergine Valsugana (TN). Per ricavare i dati necessari all'analisi energetica è stato utilizzato il software TRNSYS modellizzando la struttura e gli impianti. Le caratteristiche principali dell'edificio sono riassunte nella Tabella 1 e i disegni tecnici sono riportati in Appendice A.

Superficie netta calpestabile	206 m ²
Volume lordo	959 m ³

Tabella 1, Superficie e volume dell' edificio

1.1 TRNSYS

TRNSYS è un ambiente di simulazioni dinamiche di sistemi tra cui anche edifici multizona. Le sue potenzialità sono molto ampie: dalla semplice simulazione di un sistema di produzione di acqua calda sanitaria al progetto di impianti molto complessi e presenta il vantaggio di una struttura modulare molto personalizzabile. In questo studio è stato simulato un edificio con una sola zona climatica al fine di ricavare il fabbisogno termico per riscaldamento e raffrescamento.

1.1.1 TRNSYS BUILDING

TRNbuild è lo strumento che permette di modellizzare gli edifici. Occorre fornire i dati relativi alla struttura, ai carichi interni ed agli impianti. Per meglio rappresentare l'edificio si sono considerate tutte le orientazioni delle pareti e delle falde del tetto in modo che nel successivo calcolo con il *Simulation Studio* è stato possibile considerare gli apporti gratuiti e le dispersioni secondo ogni reale orientazione.

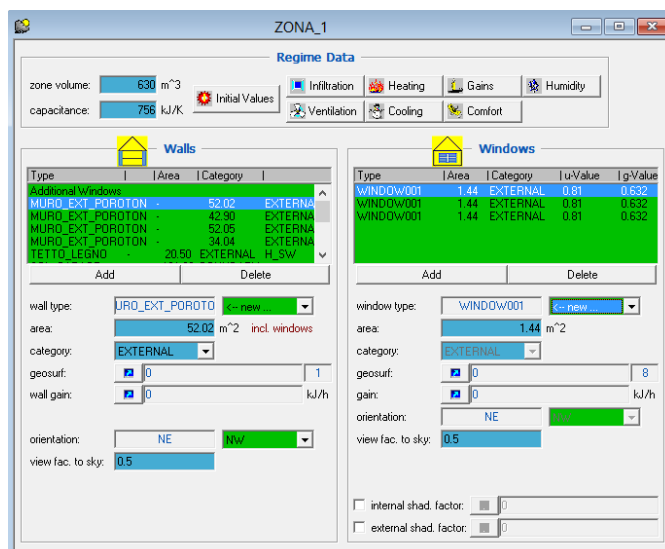


Figura 1, Schermata di TRNSYS Building

Questo edificio, di nuova costruzione, presenta accorgimenti costruttivi per migliorare il più possibile le prestazioni energetiche dell'involucro e degli impianti; si sviluppa su due piani fuori terra ed un piano interrato con destinazione garage e presenta una superficie netta calpestabile di 206m². Si è optato di considerare zona climatica unica i due piani fuori terra, adiacenti attraverso il solaio inferiore ad un ambiente non riscaldato avente una temperatura media di 15°C. Il materiale utilizzato per le pareti esterne sono blocchi di *Poroton*⁴ che presentano una conducibilità termica di 0,128 W/mK e sono isolate con un cappotto esterno in polistirene espanso avente una conducibilità di 0,032 W/mK; i serramenti sono tutti tripli vetri con una trasmittanza complessiva di 0,81W/m²K. Molta attenzione è stata posta in opera nei dettagli costruttivi quali giunti isolanti, separazione termica delle falde del tetto, cura nell'isolamento dei ponti termici.

Seconda parte del modello dell'edificio è la definizione delle Type quali *Infiltration*, *Heating*, *Gains*, *Ventilation e Cooling*.

- *Infiltration*: la norma⁵ indica un valore di infiltrazione ai fini del calcolo del fabbisogno termico dell'edificio di 0,3 vol/h;
- *Heating*: in questa Type si definisce la temperatura di controllo della zona climatica, impostata a 20°C, e se l'impianto effettua o meno la deumidificazione, impostata su off in questo caso;
- *Gains*: Per le abitazioni con superficie utile maggiore di 170m² la norma⁶ prevede $\Phi_{im}=450W$;
- *Ventilation*: è presente un impianto meccanico di ventilazione con recuperatore termico con una portata di 0,3vol/h, temperatura di 20°C e 50% di umidità relativa;
- *Cooling*: è previsto il condizionamento estivo senza deumidificazione con temperatura di set point di 26°C.

Come output del modello si è scelto di mantenere quelli di default del programma ovvero calore sensibile e temperatura dell'aria interna poiché sono i due dati necessari al calcolo del fabbisogno termico dell'edificio che sono stati poi rielaborati.

1.1.2 SIMULATION STUDIO

Il Simulation Studio è l'applicativo del pacchetto TRNSYS che permette la simulazione dinamica di componenti e sistemi attraverso una semplice interfaccia grafica. È possibile inserire delle *Type* (componenti) che rappresentano i vari componenti del sistema collegandoli tra loro e definendo i

⁴ Poroton®, laterizi porizzati, mattoni in argilla alleggerita al fine di migliorarne le prestazioni termiche senza compromettere quelle meccaniche.

⁵ UNI-TS 11300-1

⁶ vedi nota 3

parametri di funzionamento; ogni Type è descritta da un modello matematico editabile e presenta dei parametri di ingresso e di uscita.

In questo progetto si sono utilizzate le seguenti type:

- Type13-3, input dati climatici
- Type56b, modello dell'edificio
- Type65c, output grafico

Per quanto riguarda i dati climatici in ingresso si è utilizzato un *weather data* relativo alla zona di Bolzano poiché non è stato possibile in alcun modo reperire dati climatici, nel formato necessario, di una zona più vicina o rappresentativa dell'abitato di Pergine (TN). Il software richiede in ingresso file con estensione .tm2 oppure .ewp, i primi si trovano nella libreria interna del programma, mentre i secondi sono scaricabili dal sito governativo statunitense Energyplus: quest'ultimo fornisce file di tipo non solo climatico ma energetico. Tale compromesso è accettabile in quanto lo studio è di carattere generico e mira a valutare consumi e costi di una nuova abitazione nel nord Italia, per voler effettuare una analisi specifica di un determinato sito occorrerebbero invece i dati precisi del luogo. Una operazione importante è il collegamento tra le varie Type in cui occorre definire i rispettivi input/output di due componenti; nello specifico tra la Type56b e la Type15-3 si collegano i parametri relativi alle variabili climatiche (che considerano orientazione e inclinazione) con le rispettive superfici contenute nel modello. Lo step temporale scelto per la simulazione è 1 ora, in tal modo si ottengono 8760 valori di temperatura dell'aria interna (T_{air}), temperatura a bulbo secco dell'aria esterna (T_{sky}) e calore sensibile (Q_{sens}); tali valori possono essere rielaborati in un foglio di calcolo e utilizzati ai fini dell'analisi.

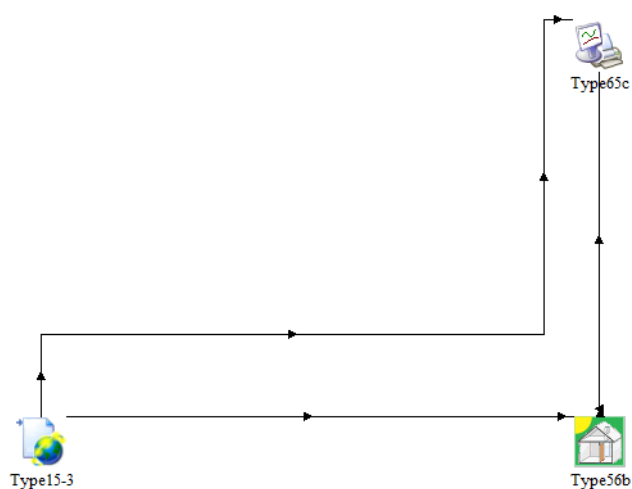


Figura 2, Finestra collegamento tra Type, Simulation Studio

1.2 UNITÀ DI RIFERIMENTO

Occorre chiarire qual'è stato il processo che ha portato a definire l'unità di riferimento scelta. Seguendo l'ipotesi iniziale di voler scoprire e analizzare quali siano le correlazioni tra la produzione di energia elettrica dell'impianto fotovoltaico e i consumi elettrici dell'abitazione, e avendo chiaro che entrambe hanno una forte connotazione oraria, risulta evidente che una semplice analisi energetica su base annua non poteva di certo soddisfare a tale richiesta. Si è quindi optato per rappresentare ogni mese da un giorno tipo⁷ considerandone le ventiquattro ore, ottenendo dodici profili orari dei giorni medi mensili. In tal modo si hanno dei profili rappresentativi di ogni mese ed è in risalto l'influenza del fattore orario sulle varie grandezze in gioco.

Partendo dagli 8760 valori in output dal programma si è individuato il range orario delle ventiquattro ore del quindici di ogni mese come indicato in Tabella 2.

Mese	Ore del 15° giorno	
Gennaio	336	360
Febbraio	1080	1104
Marzo	1752	1776
Aprile	2496	2520
Maggio	3216	3240
Giugno	3960	3984
Luglio	4680	4704
Agosto	5424	5448
Settembre	6168	6192
Ottobre	6888	6912
Novembre	7632	7656
Dicembre	8352	8376

Tabella 2, Range orari giorni medi mensili

1.2.1 POTENZA ED ENERGIA

È nota a tutti la differenza tra energia e potenza, dove la prima si esprime in Joule [J] nel SI⁸ ed è il lavoro e la seconda rappresenta il lavoro in un certo intervallo di tempo e si misura in Watt [W] e sono legate dalla seguente relazione:

$$[J] = [W] \cdot [s]$$

A fronte dello step temporale considerato è chiaro che si presenta una duplice possibilità di lettura di tutti i valori da qui in avanti analizzati. Possono infatti essere letti, sia come potenza in un determinato istante della giornata (kW di picco) sia come energia media durante l'ora corrispondente (kWh assorbiti/prodotti). Bisogna precisare però che per molti parametri ed in particolar modo per i consumi

⁷ Si è scelto il 15° giorno di ogni mese;

⁸ SI, Sistema Internazionale delle unità di misura;

elettrici di base (elettrodomestici, illuminazione ecc..) e per l'Acqua Calda Sanitaria⁹ tale considerazione potrebbe essere fuorviante, poiché la frequenza di variazione della richiesta di potenza è inferiore ad un'ora e si attesta sull'ordine dei minuti. Per tale motivo sono state fatte delle ipotesi concentrando l'energia complessivamente assorbita in una determinata ora in un unico valore medio.

1.3 COMFORT

Il comfort negli edifici è ormai una condizione imprescindibile. Seppur la normativa di riferimento¹⁰ pone l'obbligatorietà alla sola climatizzazione invernale si ritiene opportuno considerare la presenza di climatizzazione estiva al fine di garantire condizioni interne soddisfacenti in ogni periodo dell'anno. Per questo motivo, in ogni simulazione è stato considerato un impianto che svolga tale funzione: la macchina stessa, nel caso di pompa di calore o una macchina frigorifera aggiuntiva nel caso della caldaia. Questo fattore è importante poiché nella soluzione con la pompa di calore, essa può asservire anche alla funzione di macchina frigorifera, cosa che non è possibile nei sistemi tradizionali a caldaia.

1.4 FABBISOGNO TERMICO PER RISCALAMENTO E RAFFRESCAMENTO

La normativa di riferimento¹¹ indica un procedimento di calcolo al fine di valutare il fabbisogno energetico di una abitazione. Tale procedura consiste nel calcolare il calore disperso per trasmissione e ventilazione, a tali quantità va sommato il contributo dei carichi interni. Nelle condizioni di progetto invernali si considera la temperatura del giorno più freddo dell'anno e non si tiene conto degli apporti gratuiti mettendosi nella condizione peggiore e quindi in vantaggio di sicurezza. In questo studio avendo dati maggiormente dettagliati si è ottenuto il fabbisogno energetico per riscaldamento e per raffrescamento secondo le seguenti relazioni:

$$Q_h = \sum Q_{hi} \quad Q_c = \sum Q_{ci}$$

Ovvero, sommando i contributi di ogni ora al riscaldamento/raffrescamento durante i relativi periodi, dividendo i valori così ottenuti per la superficie netta si è potuto ricavare il consumo energetico (esclusa l'ACS) specifico.

Qh		Qc	
kWh	kWh/m ² anno	kWh	kWh/m ² anno
8077	39,2	4591	22,3

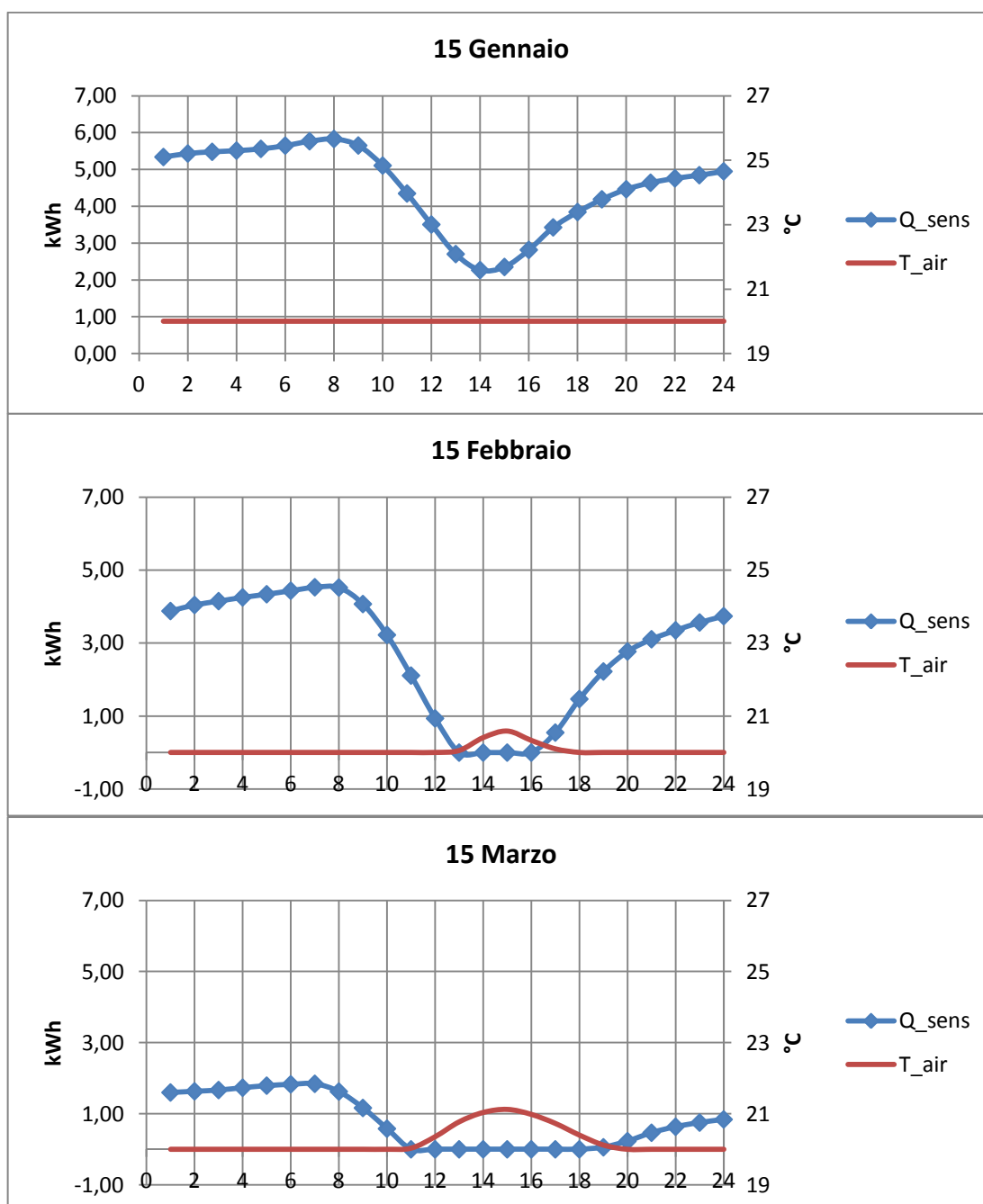
Tabella 3, Fabbisogno termico invernale ed estivo

⁹ D'ora in avanti ACS;

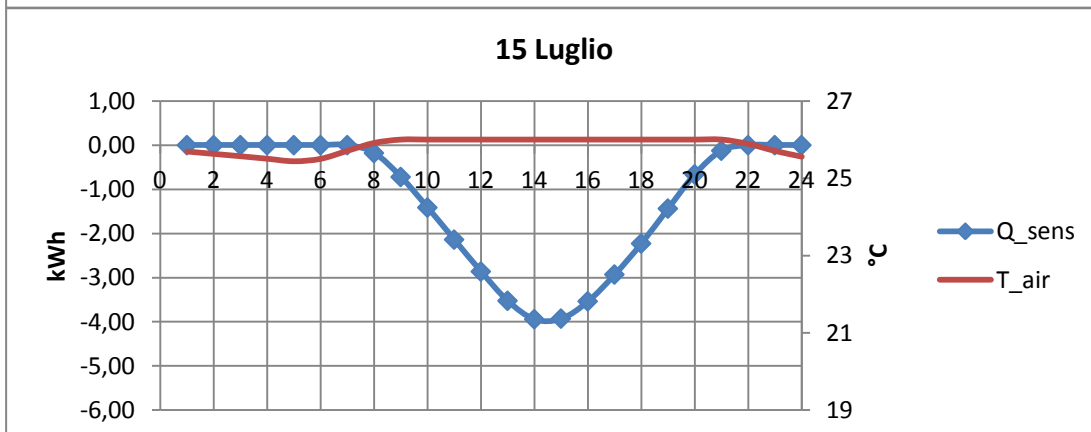
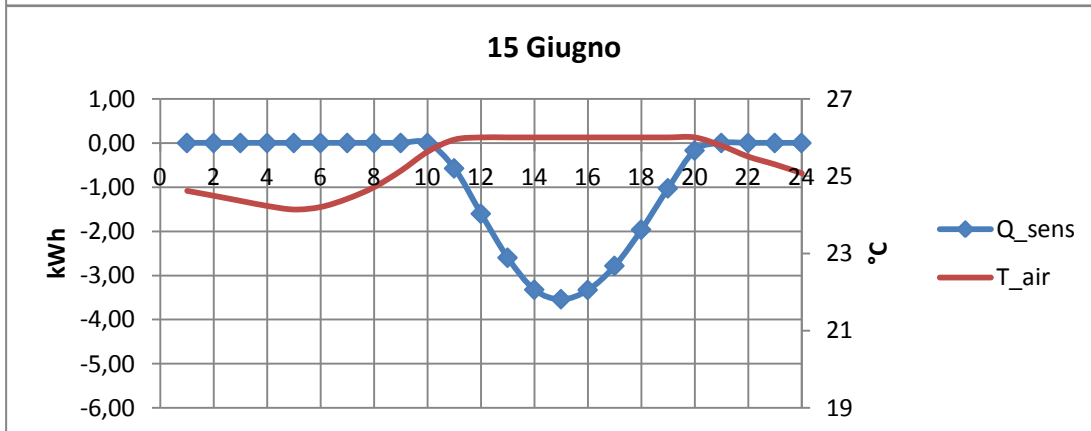
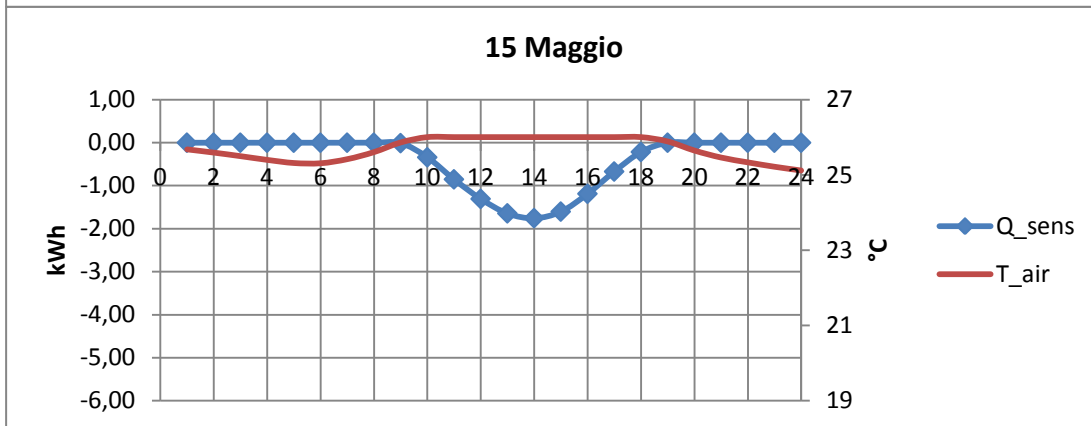
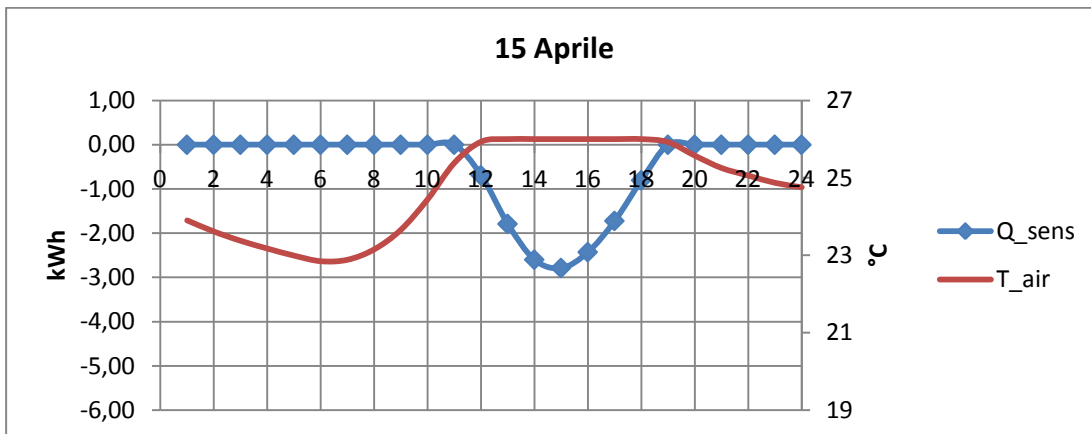
¹⁰ UNI-TS11300;

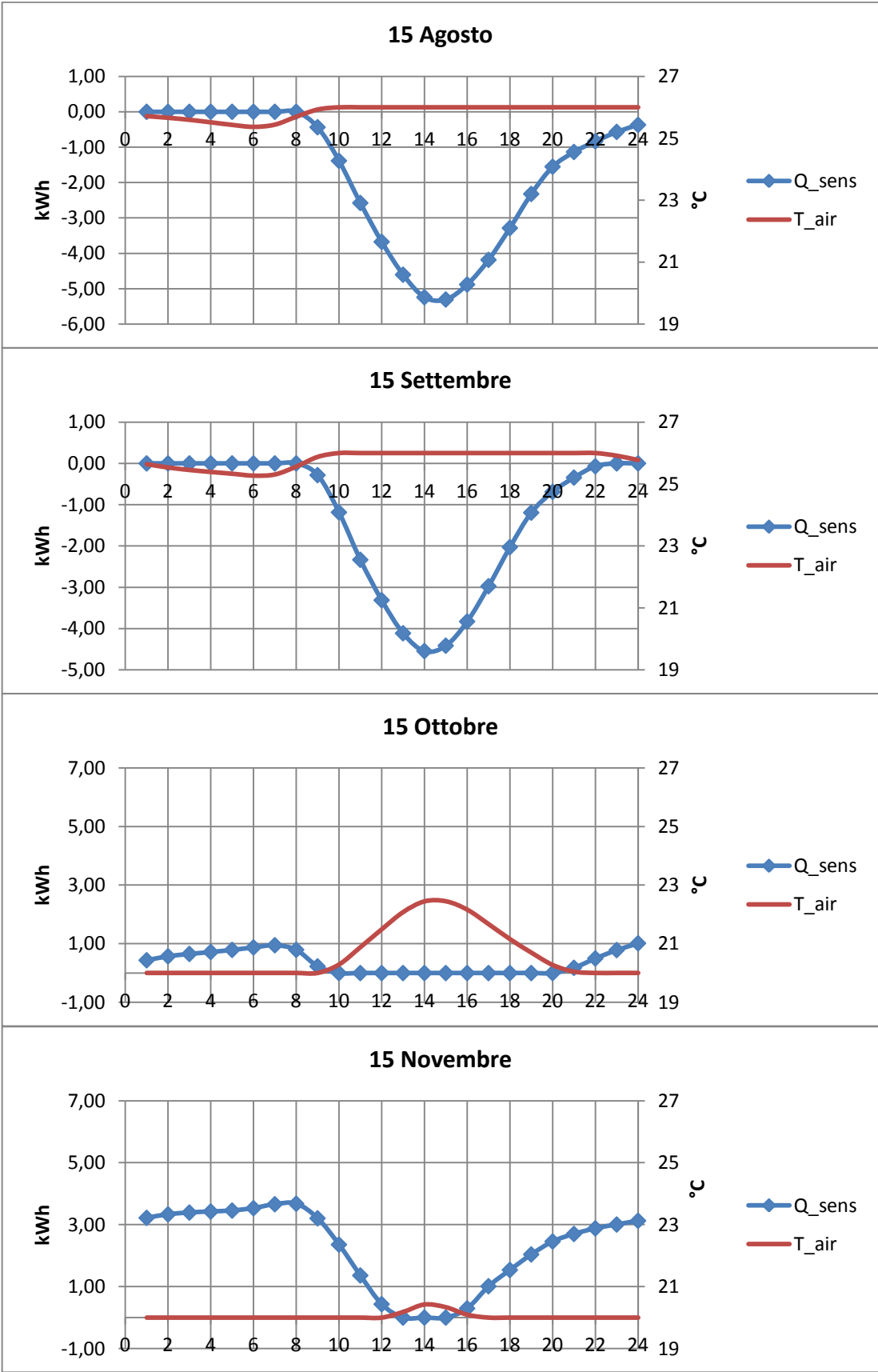
¹¹ vedi sopra;

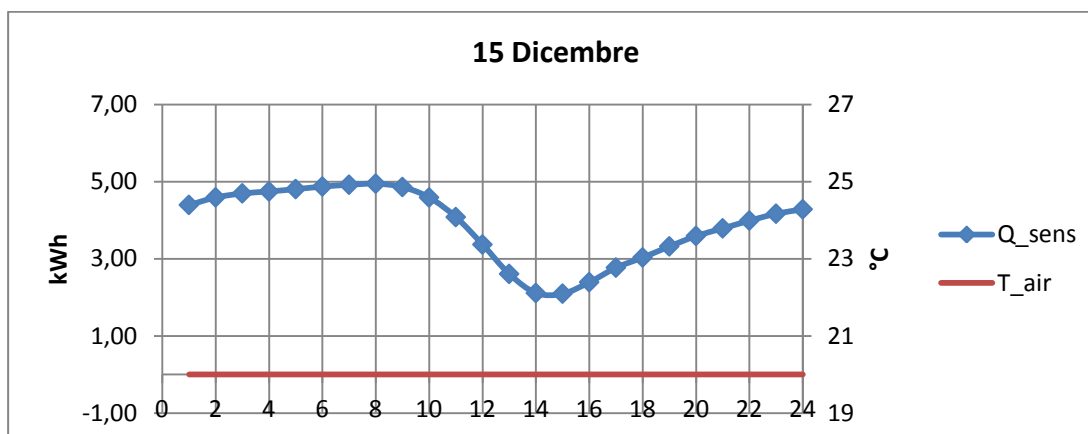
Inizialmente si sono elaborati i grafici del calore sensibile per valutare il fabbisogno energetico per il riscaldamento dell'edificio. Nei grafici compare anche l'andamento della temperatura interna dell'aria al fine di capire come il calore sensibile vari in relazione a questo parametro di progetto. I parametri di progetto sono stati impostati ad un valore di 20°C nel periodo 15 ottobre - 15 aprile¹² e 26°C nel restante periodo dell'anno. Si nota che al diminuire della temperatura esterna, per mantenere la temperatura interna entro l'intervallo di accettabilità, sia necessario aumentare l'energia fornita. Di seguito si riportano i dodici grafici mensili:



¹² Corrispondente al periodo di riscaldamento per la zona climatica E;







1.5 CARICHI ELETTRICI

Come accennato precedentemente, l'ottica alla base dello studio è quella di semplificare l'interfaccia utente-utility avendo un solo tipo di utenza energetica ovvero quella elettrica. Per ottenere questo target è chiaro che sia il riscaldamento che la cottura dei cibi debba avvenire tramite tecnologie ad energia elettrica: per il primo si è già accennato alla pompa di calore mentre per il secondo l'ovvia alternativa ai fornelli a gas sono i piani ad induzione elettromagnetica. Secondo uno studio¹³ i piani cottura ad induzione presentano rendimenti nettamente superiori della controparte a gas, hanno misure di sicurezza aggiuntive e la possibilità di modulare il calore fornito. I costi attuali dell'energia elettrica non li rendono ancora competitivi in Italia ma in un contesto mono utenza è da considerare anche il mancato esborso dovuto alla bolletta del gas. C'è da sottolineare il fatto che questa tecnologia implica una maggiore potenza installata rispetto ai classici 3 kW domestici (generalmente almeno 4,5 kW), cosa che non inficia la soluzione a pompa di calore ma non è in sinergia con una caldaia tradizionale.

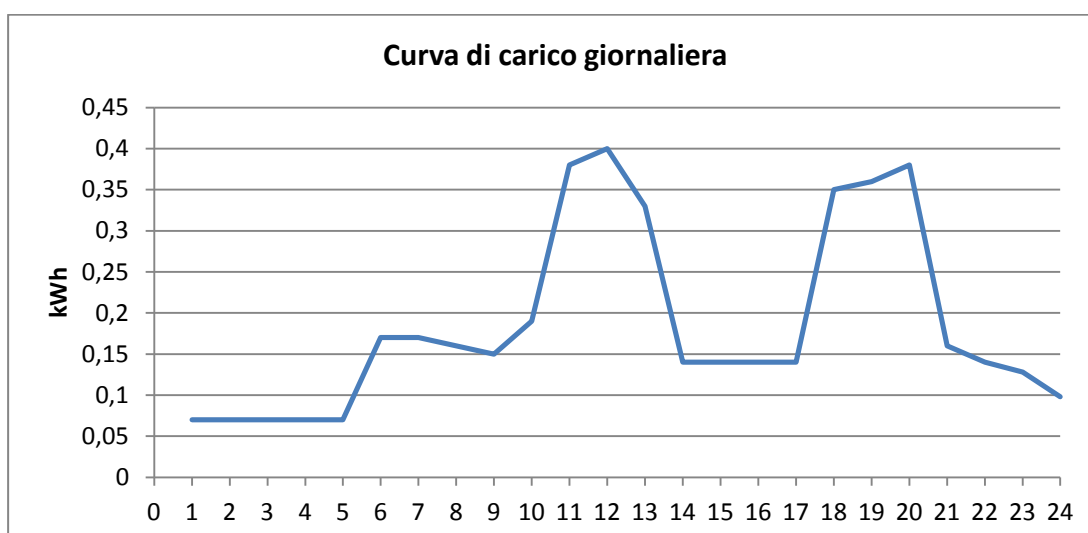


Figura 3, Curva di carico giornaliera del consumo elettrico di una abitazione (kWh)

¹³ "I piani cottura ad induzione: modellizzazione e controllo", Ing. Fabiano Chinazzo

I carichi elettrici di base dell'abitazione sono stati ricavati da uno studio effettuato dal Dipartimento di Energetica del Politecnico di Milano¹⁴, che ha svolto una campagna di misure su varie abitazioni nel 2004. Dall'analisi dei dati di questo studio è stato possibile ricavare una curva di carico di una giornata tipo, implementando anche il consumo stimato per i fornelli ad induzione. La curva di carico così ottenuta rappresenta una media dei consumi durante l'anno poiché lo studio ha evidenziato una certa variabilità stagionale dei carichi (illuminazione, lavastoviglie, lavatrice ec..).

Le misure sono state effettuate con uno step time di 10 minuti, è stato quindi necessario raggruppare e mediare sull'ora i consumi in modo da ottenere il grafico in Figura 3, rappresentativo dei consumi dei seguenti apparecchi:

- frigorifero;
- illuminazione;
- tecnologie (TV, videoregistratore, PC);
- piano cottura ad induzione.

¹⁴ Misure dei consumi di energia elettrica nel settore domestico, Politecnico di Milano, Dipartimento di energetica, 2004

2.0 ENERGIA DAL SOLE

L'energia solare è la fonte primaria di energia rinnovabile sulla terra, essa presenta molteplici vantaggi tra i quali la gratuità, l'ampia diffusione sulla superficie terrestre e l'inesauribilità. Tra i principali svantaggi si possono annoverare la variabilità aleatoria, la bassa densità energetica e lo sfasamento tra disponibilità della fonte e fabbisogni dell'utenza. Da sempre si è cercato di sfruttare tale potenziale al fine di ridurre il consumo di fonti energetiche non rinnovabili. L'energia derivante dal sole si manifesta sotto svariate forme ed in questo studio si è considerata la trasformazione in energia elettrica tramite il processo fotovoltaico.

Proprio a causa della asincronia tra disponibilità ed utilizzo è nata la volontà di voler analizzare con maggior dettaglio tale sinergia. Prima di entrare nel merito dell'energia fotovoltaica è opportuno richiamare alcuni concetti base.

2.1 RICHIAMI SULL'ENERGIA SOLARE

Tutte le forme di utilizzo diretto dell'energia solare hanno come presupposto la captazione delle radiazioni in arrivo dal sole. Risulta indispensabile individuare i flussi di energia incidenti su superfici diversamente inclinate ed orientate. I flussi in arrivo dipendono da vari fattori quali:

- i flussi disponibili fuori dell'atmosfera;
- le caratteristiche di assorbimento e dispersione dell'atmosfera;
- i parametri geometrici delle superfici captanti.

2.1.1 COSTANTE SOLARE

Si definisce costante solare \underline{G}_0 il flusso di energia incidente su una superficie unitaria ortogonale ai raggi solari e posta ai limiti dell'atmosfera alla distanza media¹⁵ tra sole e terra. Le stime¹⁶ più recenti indicano il valore : $\underline{G}_0 = 1.376 \text{W/m}^2$.

La radiazione solare incidente su una superficie orizzontale sulla terra, dipende da come le onde elettromagnetiche giungono su tale superficie ed in particolare:

- dall'attenuazione atmosferica;
- dalle variazioni locali dell'atmosfera (vapore acqueo, nubi);
- dalla latitudine;

¹⁵ $r=1+0.033\cos(360n/365)$, quadrato del rapporto tra la distanza media e la distanza nel giorno generico n;

¹⁶ WRC (World Radiation Center) di Davos in Svizzera;

- dalla stagione e dall'ora del giorno.

2.1.2 SPETTRO SOLARE

Il sole emette radiazioni con uno spettro simile a quello di un corpo nero a 5777 K ¹⁷. Questa gamma di lunghezze d'onda ha profili diversi a seconda della massa d'aria¹⁸ e delle condizioni climatiche (cielo sereno, cielo torbido). Va qui accennato il peso dei gas ad effetto serra poiché essi contribuiscono ad occludere determinate lunghezze d'onda impedendo così alla radiazione emessa dalla terra di uscire verso lo spazio causando un aumento della temperatura terrestre. A sua volta lo spettro solare è scomponibile nelle due componenti: diretta e diffusa come mostra la Figura 4:

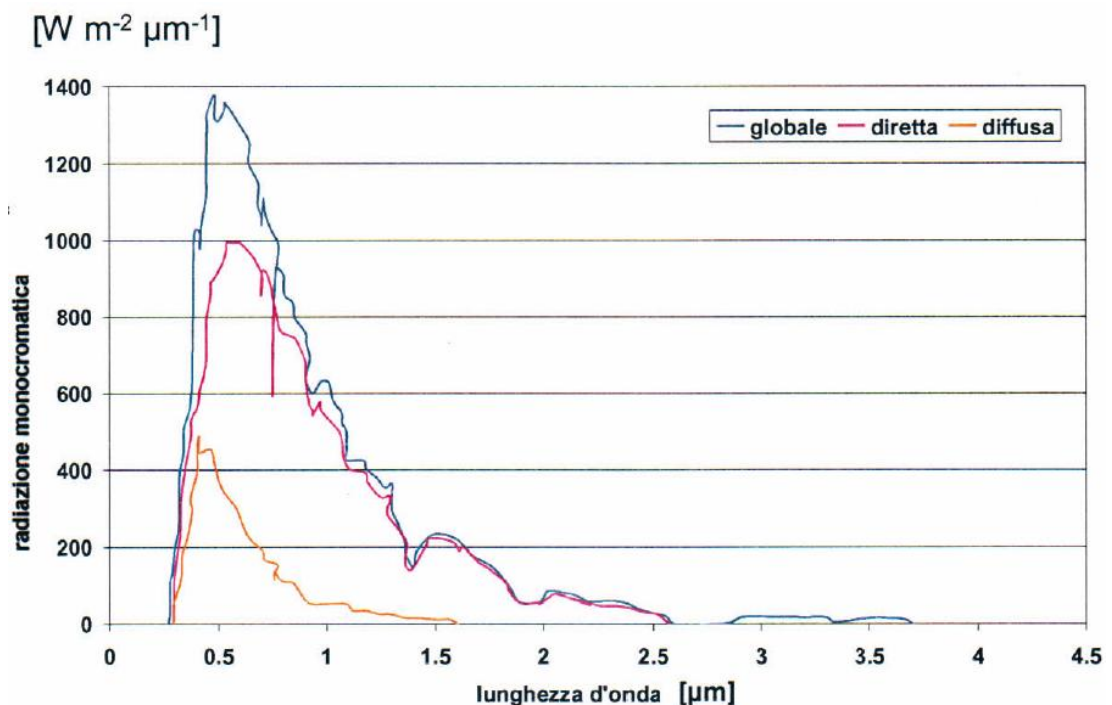


Figura 4, Spettro di radiazione solare in atmosfera limpida

2.1.3 TRAIETTORIA DEL SOLE

Le coordinate geografiche (latitudine e longitudine) esprimono la posizione della superficie captante sulla terra. Da ciò dipende il percorso che svolge il sole durante l'anno in una determinata località. Una volta fissata la posizione geografica la traiettoria del sole dipende dalle stagioni, essa è diversa per ogni giorno dell'anno ed è funzione della declinazione solare¹⁹.

¹⁷ WRC, vedi nota sopra;

¹⁸ AM: è la massa di atmosfera attraversata dall'irraggiamento diretto per raggiungere il suolo;

¹⁹ Angolo tra asse terra-sole e piano equatoriale;

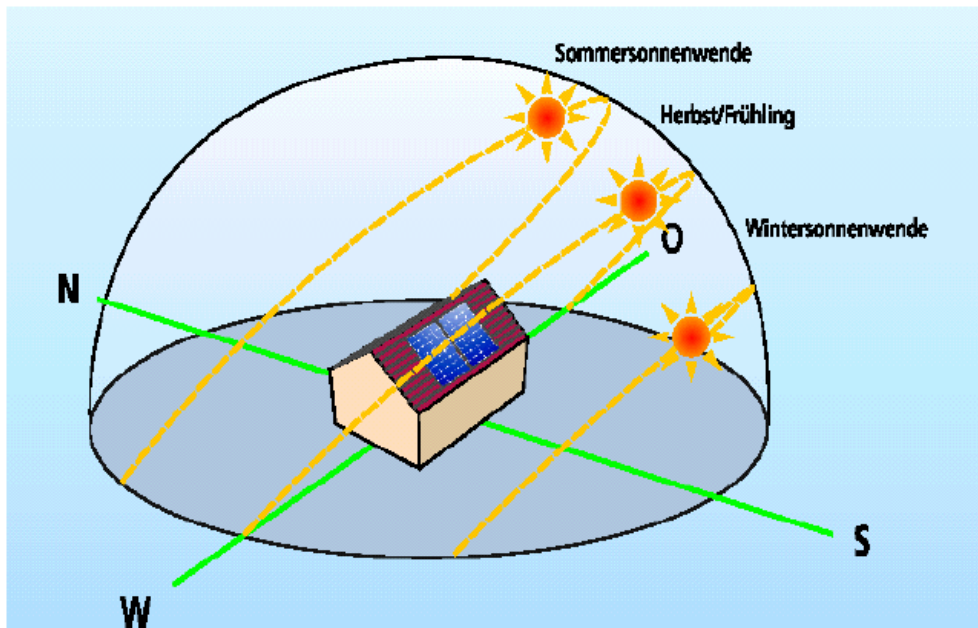


Figura 5, Traiettoria del sole

Infine, la radiazione incidente su una superficie dipende dai parametri geometrici della stessa, quali: Area, angolo di Tilt, Azimuth.

È possibile rappresentare su un piano la posizione del sole per ogni ora del giorno in una determinata località per ogni giorno dell'anno. Si ottengono in tal modo i diagrammi solari: essi sono utili per determinare il numero di ore in cui il sole è visibile, l'ora di alba e tramonto nelle varie stagioni nonché l'altezza solare. Quest'ultima informazione è importante dal punto di vista architettonico poiché permette la progettazione di coperture o balconi per ombreggiare per esempio le componenti vetrate durante il periodo estivo lasciandole in vista del sole nel periodo invernale.

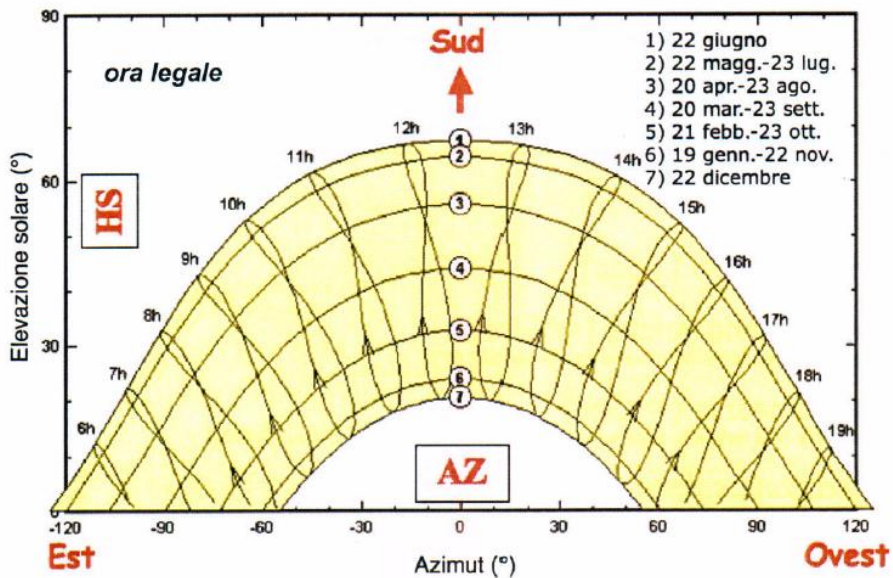


Figura 6, Diagramma solare

2.2 IMPIANTO FOTOVOLTAICO

La produzione di energia elettrica in Italia proviene per la quasi totalità da centrali termoelettriche che utilizzano combustibili fossili. La diffusione di sistemi a fonte rinnovabile è una direzione imprescindibile per uno sviluppo sostenibile. In quest'ottica è bene accennare alla maggiore problematica che questa strategia comporta. Storicamente il sistema elettrico era strutturato ad albero come in Figura 1:

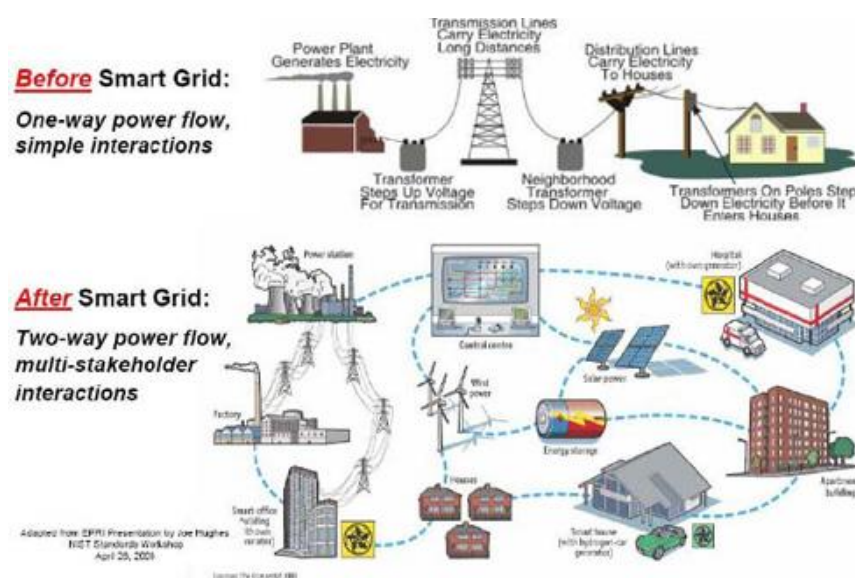


Figura 7, Schema sistema elettrico

la diffusione di piccoli impianti sul territorio ha cambiato radicalmente la struttura dei flussi di potenza elettrica in gioco. Mentre un tempo si aveva un'unica direzione preferenziale per la potenza, avendo introdotto nella rete magliata vari punti di immissione, ora si ha una situazione molto più complessa. Si è pertanto sviluppata la ricerca sulle Smart Grid, ovvero una rete di informazione e di distribuzione elettrica tale da essere gestita in maniera intelligente.

Il ricorso alla tecnologia fotovoltaica permette di conseguire un notevole risparmio energetico ed evitare un consumo di combustibili fossili. Un utile indicatore per definire tale risparmio è il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh]. Tale coefficiente individua le T.E.P.²⁰ necessarie per la realizzazione di 1 MWh di energia, ovvero le TEP risparmiate con l'adozione del fotovoltaico per la produzione di energia elettrica.

²⁰ Tonnellate Equivalenti di Petrolio, 1TEP=42GJ;

Risparmio di combustibile

Risparmio di combustibile in	TEP
Fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh]	0.187
TEP risparmiate in un anno	0.99
TEP risparmiate in 20 anni	18.23

Tabella 4, Fonte dati: Delibera EEN 3/08, art.2

Oltre al risparmio di fonti fossili, la tecnologia solare consente la riduzione di emissioni in atmosfera di sostanze inquinanti e di quelle che contribuiscono all'effetto serra. Tale risparmio in termini di emissioni sarà altresì enfatizzato con l'utilizzo della pompa di calore elettrica come verrà discusso in seguito. Nella tabella seguente si riportano le emissioni evitate durante l'esercizio di un impianto fotovoltaico:

Emissioni evitate in atmosfera

Emissioni evitate in atmosfera di	CO ₂	SO ₂	NO _x	Polveri
Emissioni specifiche in atmosfera [g/kWh]	470.0	0.341	0.389	0.014
Emissioni evitate in un anno [kg]	2 492.51	1.81	2.06	0.07
Emissioni evitate in 20 anni [kg]	45 809.59	33.24	37.91	1.36

Tabella 5, Fonte dati: Rapporto ambientale ENEL 2011

2.2.1 DESCRIZIONE IMPIANTO

Il dimensionamento energetico dell'impianto fotovoltaico connesso alla rete del distributore è stato effettuato considerando i seguenti fattori:

- disponibilità di spazi sui quali effettuare l'impianto fotovoltaico;
- disponibilità della fonte solare;
- fattori morfologici e ambientali (albedo, ombreggiamento).

2.2.1.1 Disponibilità di spazi

L'impianto è realizzato su copertura inclinata a tegole con inclinazione 17° e orientazione Sudest.

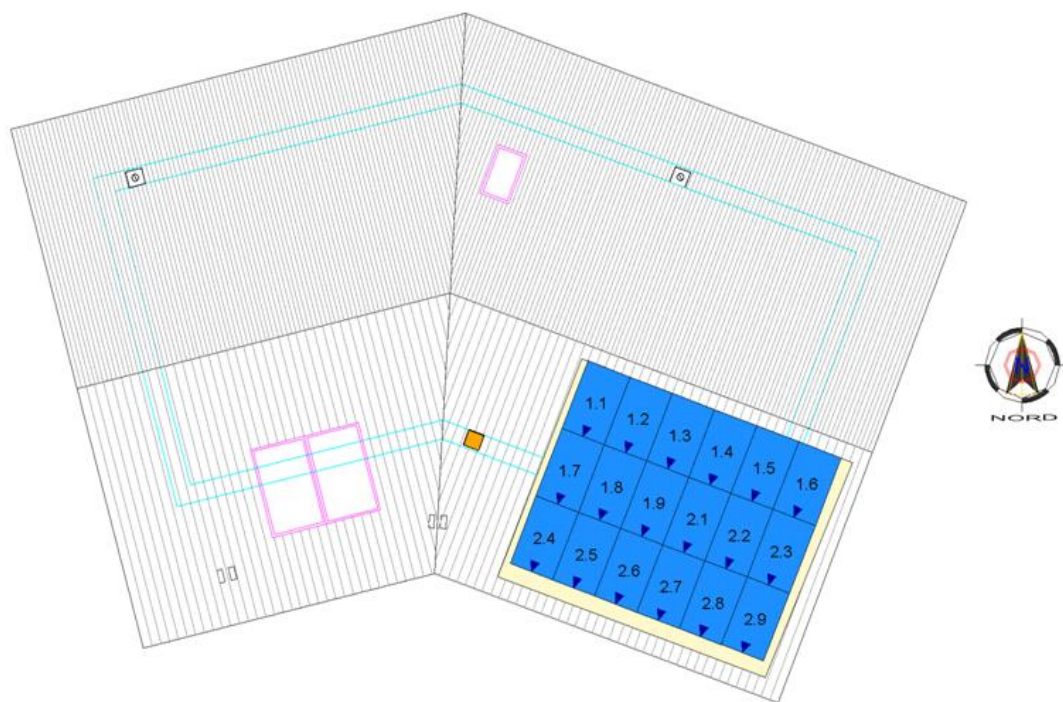


Figura 8, Disposizione moduli impianto fotovoltaico

2.2.1.2 Disponibilità della fonte solare

La disponibilità della fonte solare per il sito di installazione è stata valutata in accordo con la normativa UNI 10349²¹, la quale riporta i valori di Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale per i capoluoghi di provincia; per le località non comprese è possibile calcolare una irradiazione corretta con la seguente relazione:

$$\bar{H} = \bar{H}_{r1} + \frac{\bar{H}_{r2} - \bar{H}_{r1}}{\varphi_{r2} - \varphi_{r1}} (\varphi - \varphi_{r1})$$

\bar{H}_{r1} è l'irradiazione solare nella prima località di riferimento;

H_{r2} è l'irradiazione solare nella seconda località di riferimento;

φ_{r1} è la latitudine della prima località di riferimento;

φ_{r2} è la latitudine della seconda località di riferimento;

φ è la latitudine della località considerata.

La prima località di riferimento è Trento, avente latitudine 46°0686' N, longitudine 11°1228' E e altitudine 194m.s.l.m. e presenta i seguenti valori di irradiazione:

²¹ Normativa relativa ai dati climatici;

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [MJ/m²]

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
4.90	8.40	13.70	17.70	20.90	23.20	24.60	20.20	15.50	9.40	5.50	4.10

Tabella 6²², Irradiazione giornaliera media mensile, Trento

La seconda località di riferimento è Bolzano, avente latitudine 46°4989 N, longitudine 11°3542 E e altitudine 262m.s.l.m. e presenta i seguenti valori di irradiazione:

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [MJ/m²]

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
4.50	8.20	12.70	16.50	20.30	21.30	22.50	18.50	14.20	9.30	5.10	3.90

Tabella 7²³, Irradiazione media mensile, Bolzano

La località sede dell'intervento è Canezza nel comune di Pergine Valsugana (TN) avente latitudine 46°0614N, longitudine 11°2431E e altitudine 482m.s.l.m., i valori dell'irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale stimati sono pari a:

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [MJ/m²]

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
4.90	8.40	13.70	17.70	20.90	23.20	24.60	20.20	15.50	9.40	5.50	4.10

Tabella 8, Irradiazione giornaliera media mensile Pergine Valsugana

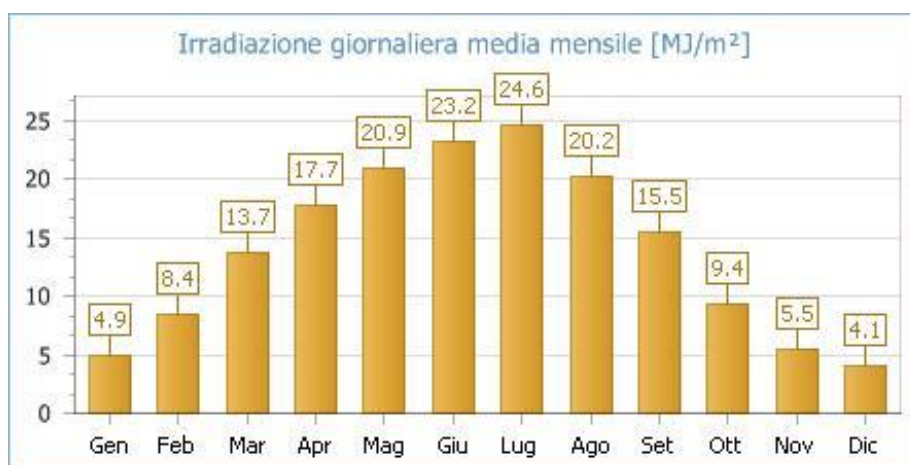


Figura 9, Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale

2.2.1.3 Fattori morfologici e ambientali

Gli effetti di schermatura da parte di volumi all'orizzonte, dovuti ad elementi naturali (rilievi, alberi) o artificiali, determinano la riduzione degli apporti solari. Il coefficiente di ombreggiamento, funzione della morfologia del luogo, indica l'utilizzazione della superficie captante. Si ricava dal diagramma

²² fonte dati: UNI 10349

²³ fonte dati: UNI 10349

solare composto dal tracciato del sole e dagli ombreggiamenti reali, rilevati mediante fotografia sul posto, pari a 0,9.

DIAGRAMMA SOLARE

PERGINE VALSUGANA (TN) - Lat. 46°.0614 N - Long. 11°.2431 E - Alt. 482 m

Coeff. di ombreggiamento (da diagramma) 0.90

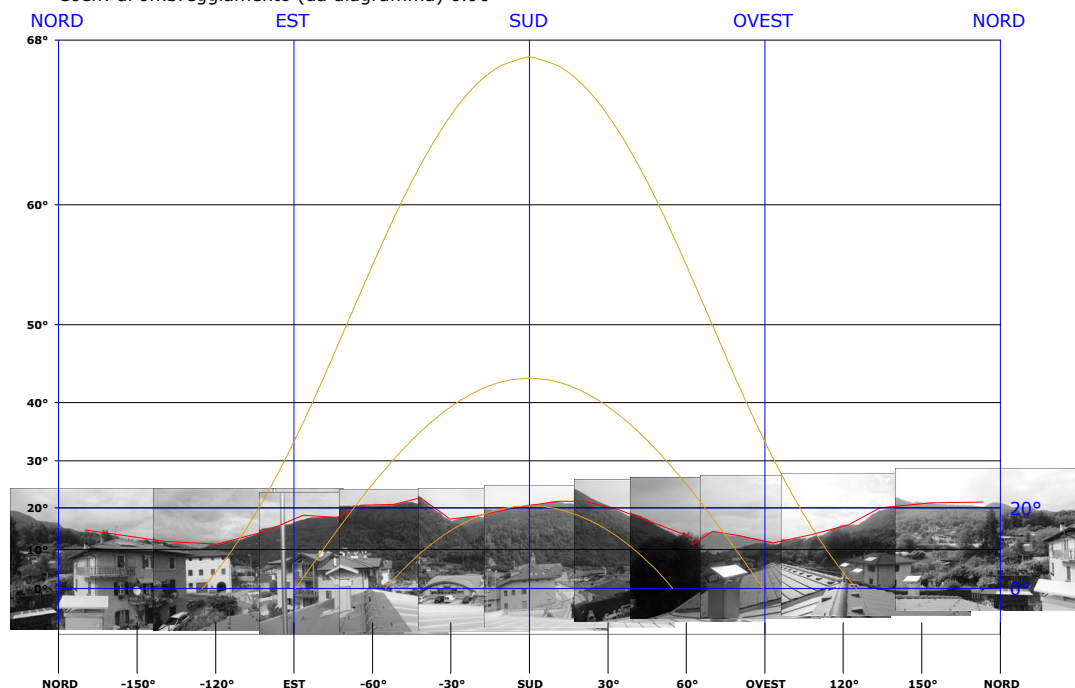


Figura 10, Diagramma solare

La frazione di radiazione che viene riflessa dal suolo è funzione dell'albedo del terreno, ovvero del suo coefficiente di riflessione. Tale coefficiente non è costante durante l'arco della giornata e varia con la natura della superficie riflettente, con l'altezza solare, con la copertura nuvolosa e con la presenza o meno di neve. Alcuni studi²⁴ hanno osservato la variabilità dell'albedo, ma generalmente, e secondo la norma UNI 8477, si considera un valore costante di 0,2.

Valori di albedo medio mensile

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

Tabella 9, Valori di albedo medio mensile

2.2.2 PROCEDURE DI CALCOLO

L'impianto fotovoltaico dell'abitazione è progettato cercando di massimizzare la captazione della radiazione solare annua disponibile. Il generatore solare è esposto alla luce in modo ottimale, scegliendo prioritariamente l'orientamento a sud ed evitando fenomeni di ombreggiamento. Per quanto riguarda l'inserimento architettonico va ricordato che, nel caso di applicazioni su coperture a falda, si

²⁴ Ineichen 1987, Thevenard 2006; in ambiente urbano, dove l'effetto delle ostruzioni vicine è importante, l'albedo media giornaliera assume valori di $0,15 \pm 0,02$. In presenza di neve non è invece possibile definire un valore caratteristico di albedo;

deve tener conto dell'orientazione ed inclinazione in modo da mantenere il piano dei moduli parallelo se non complanare con la falda stessa, in modo da non alterare la sagoma dell'edificio e ridurre l'azione meccanica del vento sui pannelli. In ogni caso è importante garantire la circolazione di aria nella parte posteriore dei moduli al fine di limitare la riduzione di rendimento dovuta ad una elevata temperatura di esercizio.

L'energia generata dipende:

- dal sito di installazione (Latitudine, Longitudine, temperatura, albedo);
- dall'esposizione dei moduli (angolo di Tilt, e Azimut);
- da ombreggiamenti ed insudiciamenti del collettore;
- dalle caratteristiche dei moduli (potenza nominale, coefficiente di temperatura, perdite per mismatch);
- dalle caratteristiche del BOS.

Il valore del BOS (Balance Of Sistem) può essere stimato direttamente oppure come complemento a uno del totale delle perdite, calcolate con la seguente formula:

$$\text{Totale perdite [\%]} = [1 - (1 - a - b) \times (1 - c - d) \times (1 - e) \times (1 - f)] + g$$

Per i seguenti valori:

- a) Perdite per riflessione;
- b) Perdite per ombreggiamento;
- c) Perdite per mismatching;
- d) Perdite per effetto della temperatura;
- e) Perdite nei circuiti in continua;
- f) Perdite negli inverter;
- g) Perdite nei circuiti in alternata.

Si sono verificati infine i limiti di tensione²⁵ in corrispondenza delle temperature massima e minima di lavoro, ovvero -10°C e 70°C.

2.2.3 DATI DELL'IMPIANTO

L'impianto è di tipo grid connected con allacciamento trifase in bassa tensione. Ha una potenza totale pari a 5,040 kW e una produzione annua di energia di 5303,21 kWh, derivante da 18 moduli occupanti

²⁵ MMPT (Tensione nel punto di massima potenza); Tensione massima, Tensione massima modulo, Corrente massima;

una superficie di 30,19m² ed è composto da 1 generatore. Si riporta di seguito la scheda tecnica dell'impianto:

Dati generali	
Committente	MANUELA BOLOGNANI
Indirizzo	via dei Piazzzi, loc, Canezza
CAP Comune (Provincia)	38057 PERGINE VALSUGANA (TN)
Latitudine	46°.0614 N
Longitudine	11°.2431 E
Altitudine	482 m
Irradiazione solare annua sul piano orizzontale	5 124.00 MJ/m ²
Coefficiente di ombreggiamento	0.90

Tabella 10, Dati generali impianto PV

Dati tecnici	
Superficie totale moduli	30.19 m ²
Numero totale moduli	18
Numero totale inverter	1
Energia totale annua	5 303.21 kWh
Potenza totale	5.040 kW
Potenza fase L1	1.680 kW
Potenza fase L2	1.680 kW
Potenza fase L3	1.680 kW
Energia per kW	1 052.22 kWh/kW
BOS	74.97 %

Tabella 11, Dati tecnici impianto PV

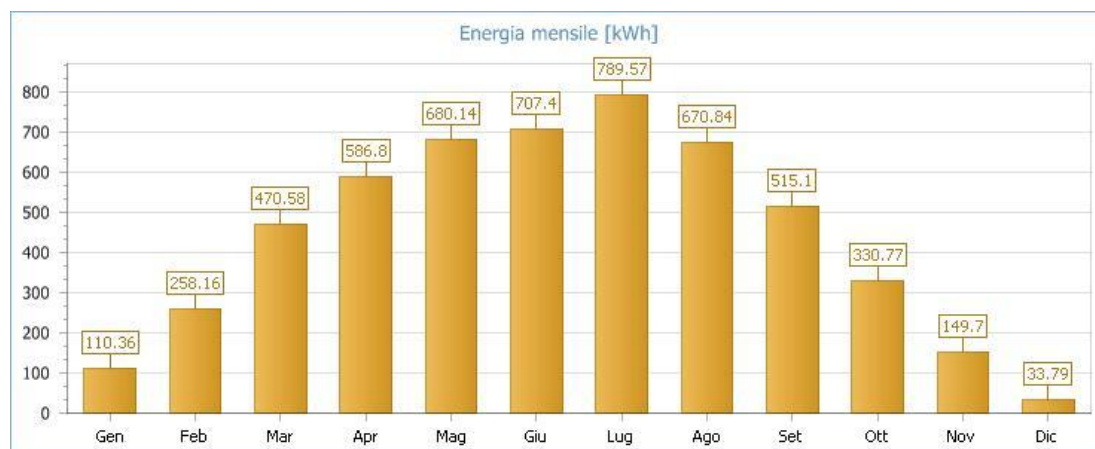


Figura 11, Energia prodotta mensilmente dall'impianto fotovoltaico

Scheda tecnica del generatore:

Dati generali	
Posizionamento dei moduli	Complanare alle superfici
Struttura di sostegno	Fissa
Inclinazione dei moduli (Tilt)	17°
Orientazione dei moduli (Azimut)	21°
Irradiazione solare annua sul piano dei moduli	1 403.88 kWh/m ²
Numero superfici disponibili	1
Estensione totale disponibile	34.33 m ²
Estensione totale utilizzata	34.33 m ²
Potenza totale	5.040 kW
Energia totale annua	5 303.21 kWh

Tabella 12, Dati generali impianto fotovoltaico

Tramite il software Solarius è stato possibile ricavare l'energia elettrica prodotta, su base oraria, durante una giornata media mensile. Tali valori sono stati poi implementati nel foglio di calcolo e sono alla base della valutazione oraria del fabbisogno energetico dell'edificio.

	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Gen	0	0	0	0	0	0	1,04	1,24	1,28	0	0	0	0	0	0	0
Feb	0	0	0	0	0	1,12	1,53	1,78	1,82	1,66	1,31	0	0	0	0	0
Mar	0	0	0	0	1,1	1,64	2,11	2,4	2,46	2,27	1,88	1,34	0	0	0	0
Apr	0	0	0	0,8	1,4	1,91	2,34	2,61	2,66	2,49	2,12	1,63	1,07	0,54	0	0
Mai	0	0	0,5	1	1,6	2,07	2,47	2,72	2,76	2,61	2,28	1,82	1,29	0,77	0	0
Giug	0	0	0,7	1,2	1,7	2,21	2,61	2,85	2,9	2,75	2,42	1,97	1,44	0,9	0	0
Lug	0	0	0,6	1,2	1,8	2,39	2,84	3,12	3,17	3,01	2,64	2,13	1,54	0,95	0	0
Ago	0	0	0	1	1,5	2,1	2,55	2,82	2,88	2,71	2,33	1,82	1,25	0,68	0	0
Set	0	0	0	0	1,2	1,78	2,24	2,53	2,59	2,4	2,01	1,49	0,91	0	0	0
Ott	0	0	0	0	0	1,21	1,61	1,86	1,91	1,74	1,4	0,94	0	0	0	0
Nov	0	0	0	0	0	0	1,11	1,32	1,35	1,21	0	0	0	0	0	0
Dic	0	0	0	0	0	0	0	1,09	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 13, Produzione energia elettrica giornaliera media mensile su base oraria [kWh]

L'impianto utilizzato in questa abitazione è pensato per un utilizzo congiunto con una pompa di calore e per questo è stato dimensionato a circa 5 kW di potenza. Nel confronto tra le varie tecnologie di generatori termici è stato mantenuto inalterato l'impianto fotovoltaico, nonostante nella soluzione tradizionale non sia necessaria tale potenza. Questo comporta un maggior costo di gestione (avendo un allacciamento trifase da 6kW) ma anche una maggiore energia prodotta, è altresì da considerare che in entrambe le configurazioni (pompa di calore e caldaia) si è optato per un uso delle piastre ad

induzione che implicano una potenza installata di almeno 4,5kW, rendendo lo scarto rispetto ai 6kW meno influente.

3.0 POMPE DI CALORE

La pompa di calore è un sistema tecnologico che permette di assorbire calore ad una certa temperatura per rigettarlo in un ambiente a temperatura maggiore. Il motore di tale fenomeno dipende dalla tipologia costruttiva della macchina, ma in genere si possono associare a fonti rinnovabili.

Le tipologie di pompe di calore sono le seguenti:

- *A compressione:*
 - *Elettriche*, in cui il compressore è azionato da un motore elettrico;
 - *A gas*, in cui il compressore è azionato da un motore a gas;
- *Ad assorbimento:* le pompe di calore ad assorbimento sfruttano la solubilità e l'elevata affinità tra due sostanze per realizzare un ciclo in cui l'energia introdotta è prevalentemente termica;
- *Ad adsorbimento:* il funzionamento di questi sistemi è basato sulla capacità di alcuni solidi porosi (zeoliti, gel di silice, ecc) di assorbire reversibilmente vapori non dannosi per l'ambiente.

3.1 PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Il principio di funzionamento di una pompa di calore a compressione è del tutto analogo a quello di un refrigeratore; cambia solo l'effetto utile. Nel refrigeratore è l'asporto di calore all'evaporatore, nella pompa di calore è la cessione di calore al condensatore.

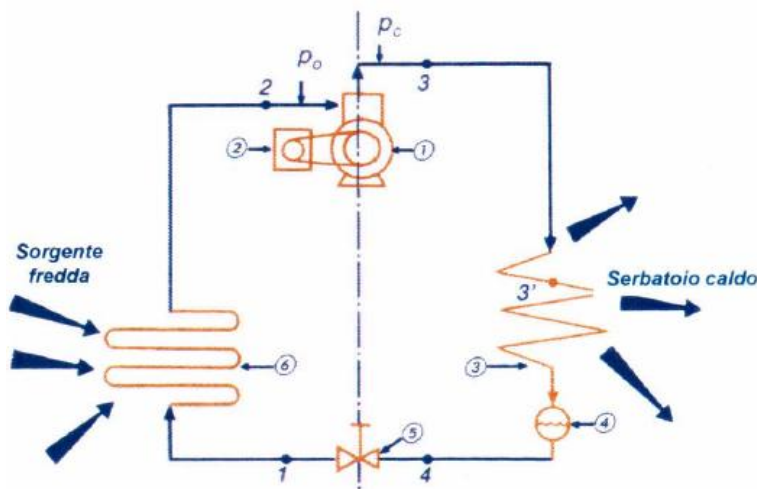


Figura 12, Schema di principio di una pompa di calore a compressione

Di seguito, si riporta il ciclo termodinamico di riferimento, composto da quattro trasformazioni che sono: evaporazione, compressione, condensazione e laminazione.

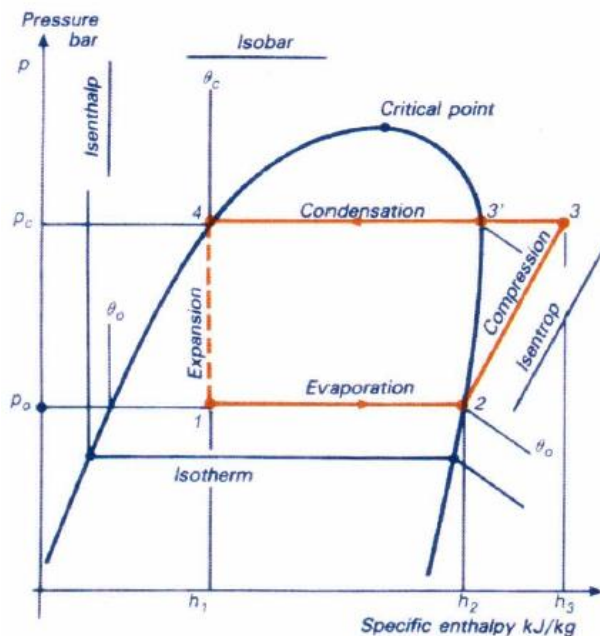


Figura 13, Ciclo termodinamico di una pompa di calore

La macchina funziona con un ciclo di Carnot inverso: riceve lavoro elettrico (P_e) per sottrarre la quantità di calore (Q_a) all'ambiente esterno e trasferendo la quantità ($Q_1 = P_e + Q_a$) all'ambiente interno da riscaldare. Il risultato che interessa è la quantità di calore ottenuta dalla sorgente a temperatura maggiore, il comportamento della macchina è qualificato dal coefficiente di effetto utile COP che nel caso di ciclo inverso di Carnot si esprime come:

$$COP = \frac{T_c}{T_c - T_f}$$

con T_c sorgente calda e T_f sorgente fredda ed esprime il rapporto tra la potenza scambiata al condensatore e la potenza elettrica al compressore.

Questa macchina si presta anche alla climatizzazione estiva poiché, come accennato precedentemente, il suo principio di funzionamento è quello di un refrigeratore. L'unica differenza rispetto al caso precedente è l'effetto utile che si vuole sfruttare. In modalità refrigeratore si utilizza il calore assorbito dall'evaporatore per raffreddare un ambiente, trasferendo tale calore ad una sorgente a temperatura maggiore tramite il condensatore. In questo caso si definisce l'energy efficiency ratio:

$$EER = \frac{T_f}{T_c - T_f}$$

con lo stesso significato dei simboli, e rappresenta il rapporto tra la potenza termica all'evaporatore e la potenza elettrica al compressore.

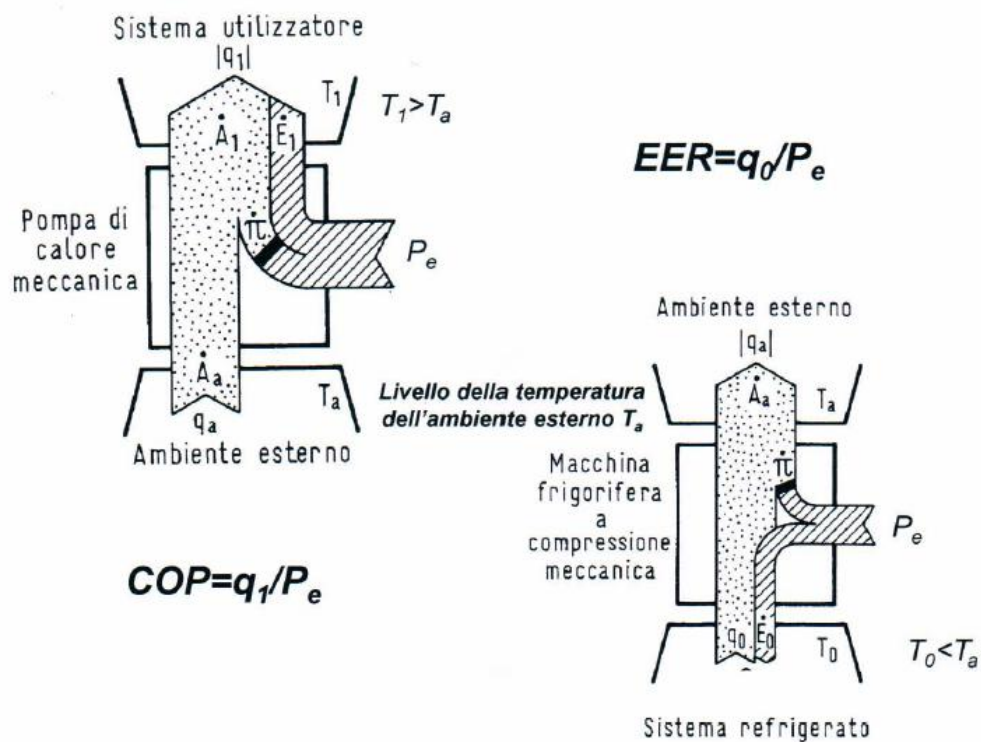


Figura 14, COP e EER di un ciclo inverso di carnot

Le prestazioni reali di una pompa di calore sono ovviamente minori di quelle raggiungibili con un ciclo di carnot. Confrontando l'andamento del COP in funzione della differenza di temperatura tra sorgente fredda e sorgente calda è possibile vedere la discrepanza tra il caso teorico ed i casi reali come mostrato in Figura 15:

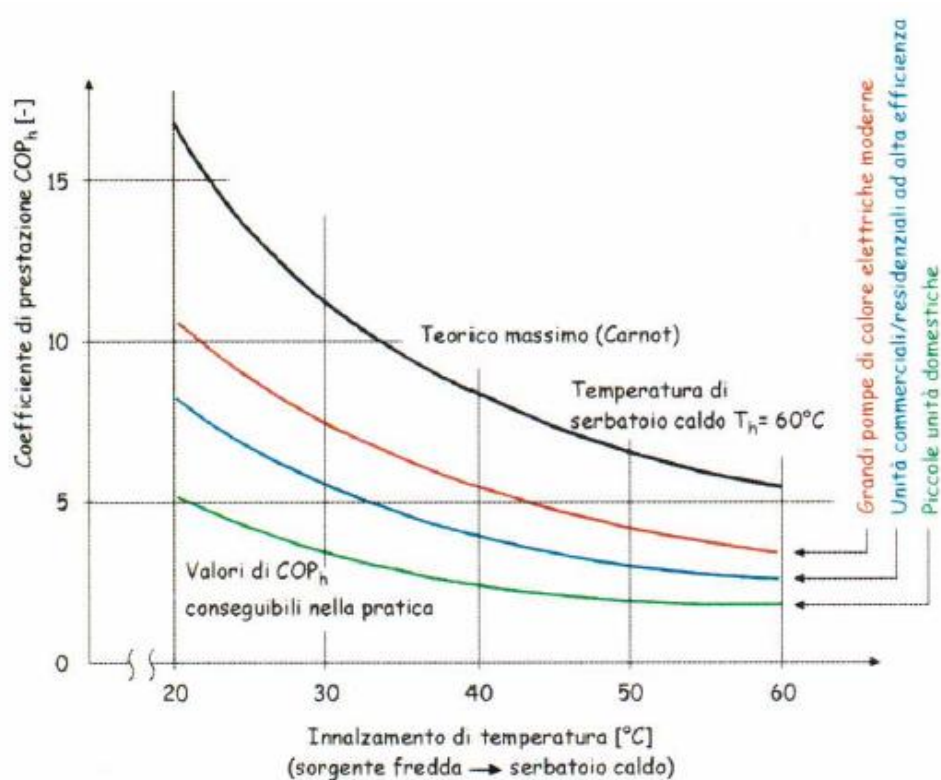


Figura 15, Confronto COP

3.2 PERCHÉ IL COP SI RIDUCE

Il coefficiente di prestazione di una pompa di calore è minore rispetto al caso ideale poiché intervengono vari fattori:

3.2.1 RENDIMENTO ISOENTROPICO DEL COMPRESSORE

Le prestazioni del compressore sono caratterizzate dal suo rendimento isoentropico, che è il rapporto tra il lavoro ideale di compressione (processo isoentropico) e quello reale:

$$\eta_{is} = \frac{h_{4'} - h_{3'}}{h_{4''} - h_{3'}}$$

Con (h_4-h_3) lavoro isoentropico e $(h_{4''}-h_3)$ lavoro reale.

3.2.2 DIFFERENZA DI TEMPERATURA

La trasmissione del calore da un sistema ad un altro può avvenire solamente se esiste una differenza di temperatura tra le due fonti e la potenza termica scambiata è proporzionale alla differenza di temperatura:

$$Q = KS\Delta T$$

con K coefficiente di trasmissione del calore, S superficie di scambio e ΔT differenza di temperatura. Nella pompa di calore la sorgente fredda dovrà trovarsi ad una temperatura superiore a quella dell'evaporatore perché possa cedere calore ad esso e la sorgente calda deve trovarsi a temperatura inferiore a quella del condensatore per ricevere calore. Si avrà quindi un maggior lavoro del compressore ed una minor quantità di calore sottratta alla sorgente fredda.

3.2.3 LAMINAZIONE

L'energia di pressione posseduta dal fluido nel condensatore è degradata da un processo irreversibile che è la laminazione. Tale processo riduce la pressione del fluido tramite l'introduzione di una perdita netta nel circuito senza ricavarne lavoro.

3.2.4 AUSILIARI

Per portare a contatto il fluido termovettore con evaporatore e condensatore si deve spendere lavoro. Ad esempio, in una pompa di calore ad aria esterna, ci sarà un ventilatore per far fluire l'aria nella batteria alettata dell'evaporatore, oppure, in una pompa di calore geotermica saranno necessarie delle pompe per far fluire l'acqua nelle sonde.

3.2.5 COMPRESSORE E MOTORE

L'efficienza dei motori elettrici che azionano le pompe ed il compressore non è unitaria. Inoltre si ha un rendimento volumetrico del compressore definito come il rapporto tra il volume aspirato V_a e volume generato V_g :

$$\eta_v = \frac{V_a}{V_g}$$

Per un basso rendimento volumetrico un dato compressore dovrà compiere più corse per comprimere un certo volume di gas, ne derivano maggiori perdite per attrito ed una maggiore dimensione della macchina per una data potenza.

3.3 ASPETTI NORMATIVI E RISPARMIO DI CO₂

3.3.1 NORMATIVA

Il DL. 3 marzo 2011, n°28²⁶ definisce gli strumenti, i meccanismi e gli incentivi necessari per il raggiungimento degli obiettivi fino al 2020 in materia di fonti rinnovabili, sul consumo finale lordo di energia. La quantità di energia aerotermica, geotermica o idrotermica catturata dalla pompa di calore da considerarsi rinnovabile agli scopi di questa Direttiva, E_{RES} , dovrà essere calcolata secondo questa formula:

$$E_{RES} = Q_{usable} \left(1 - \frac{1}{SPF} \right)$$

dove:

- Q_{usable} : è il calore totale stimato prodotto da pompe di calore;
- SPF: è il fattore di rendimento stagionale medio stimato per il tipo di pompe di calore;

Solo pompe di calore per le quali $SPF > 1,15(1/\eta)$ potranno essere considerate. (η : rendimento del sistema elettrico europeo).

L'allegato 3 (art.11, comma 1)²⁷ indica che: *gli impianti di produzione di energia termica devono essere progettati e realizzati in modo da garantire il contemporaneo rispetto della copertura, tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, del 50% dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria e delle seguenti percentuali della somma dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento. Le percentuali partono dal 20% fino al 50% a seconda del periodo di presentazione della richiesta del titolo edilizio.*

Per questo motivo l'utilizzo di una pompa di calore anche per la produzione di ACS risulta vantaggioso al fine di verificare la percentuale di copertura rinnovabile del fabbisogno termico. In assenza della pompa di calore, occorrerebbe installare dei pannelli solari termici, cosa di cui si è tenuto conto nella soluzione tradizionale con la caldaia. Inoltre l'energia termica fornita dalla pompa di calore geotermica conta per circa il 75% come rinnovabile, andando bene oltre le percentuali limite del decreto.

²⁶ Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.

²⁷ Obblighi per i nuovi edifici o gli edifici sottoposti a ristrutturazioni rilevanti;

3.3.2 RISPARMIO DI CO₂

Per produrre 1 kWh di energia termica si emette in atmosfera una quantità di CO₂ dipendente dalla fonte utilizzata, per le fonti fossili più comuni si hanno i seguenti valori: 0,36 kg(CO₂) per il carbone, 0,27 kg(CO₂) per il petrolio e 0,20 kg(CO₂) per il gas naturale.

Nella generazione di energia elettrica la quantità emessa di CO₂ dipende dal mix di fonti fossili utilizzate per produrre tale energia e dai rendimenti di produzione, trasmissione e distribuzione. La Figura 16 mostra l'emissione di CO₂ nel caso di alcuni combustibili:

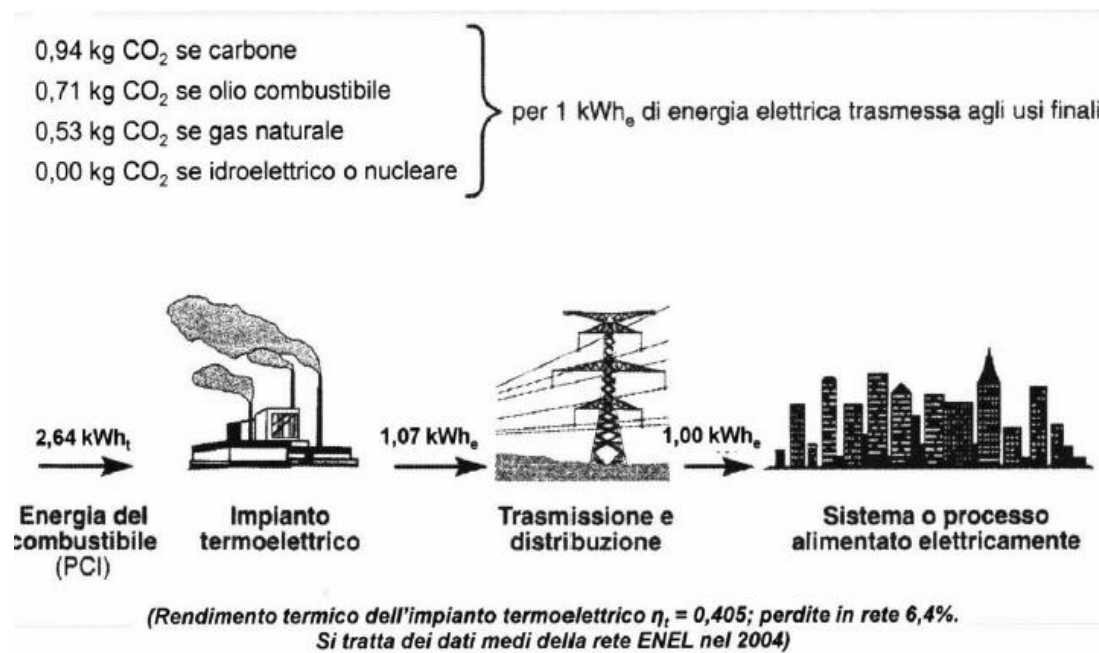
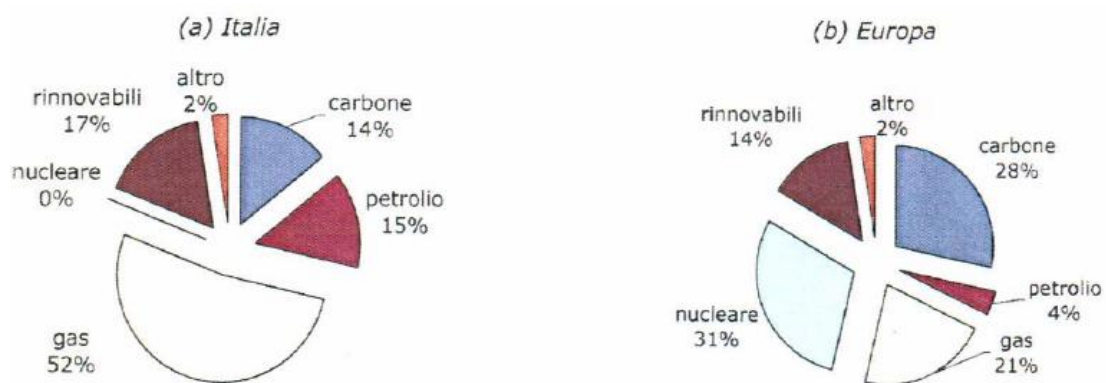


Figura 16, Emissione di CO₂ per produzione elettrica

Analizzando il mix delle fonti per la produzione di energia elettrica in Italia, si può desumere un coefficiente di emissione ponderato sulle percentuali di utilizzo dei vari combustibili fossili nelle centrali italiane come mostrato dalla seguente relazione:

$$\alpha_{CO_2} = 0,14 * 0,94 + 0,15 * 0,71 + 0,52 * 0,53 = 0,514 \frac{kg_{CO_2}}{kWh_e}$$



Fonte: elaborazione ENEA su dati CE (DG TREN)

Figura 17, confronto del mix delle fonti per la produzione di energia elettrica: Italia e media europea (2005)

È interessante fare un confronto tra la quantità di CO_2 emessa da 1 Stm^3 per riscaldare un'abitazione tramite due tecnologie differenti: la caldaia a condensazione e la pompa di calore. Ipotizzando un rendimento unitario per la caldaia a condensazione ed un potere calorifico inferiore (PCI) di $9,45 \text{ kWh}_t$ per il gas naturale si ha che a fronte di $9,45 \text{ kWh}_t$ all'abitazione si emettono $1,86 \text{ kg}(\text{CO}_2)$. Per la generazione elettrica, seguendo il ragionamento svolto precedentemente, si ha che a fronte della potenza termica di 1 Stm^3 di gas si ottengono all'utenza finale $3,58 \text{ kWh}_e$. È così possibile ricavare il COP minimo per cui vi sia equivalenza tra le emissioni nei due casi, ovvero.

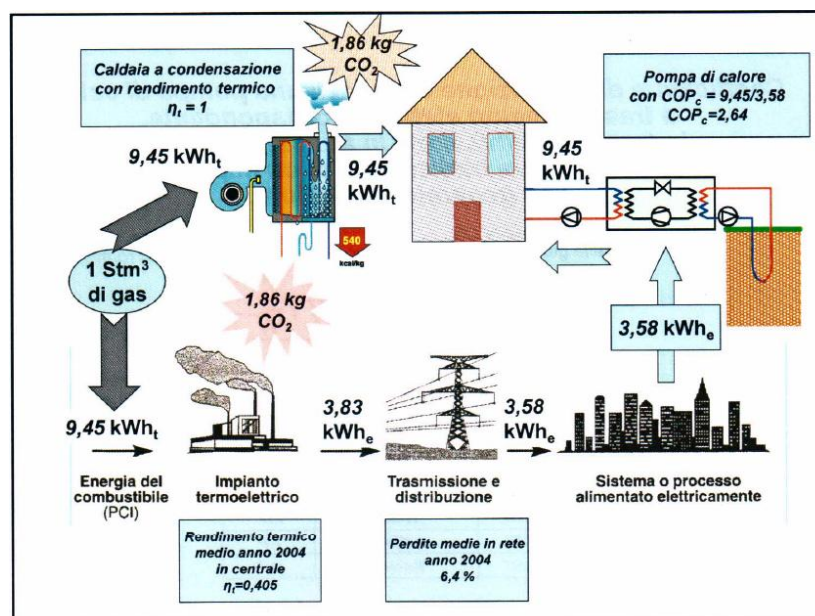


Figura 18, COP equivalente in termini di emissioni di CO_2

Il coefficiente di prestazione COP_h^* di una pompa di calore a trascinamento elettrico corrispondente, in termini di consumo di energia primaria, all'alternativa tradizionale di un impianto con generatore di calore:

$$COP_h^* = \frac{(1 + \pi_R) \cdot C_s \cdot \eta_t}{860}$$

con: π_R perdite di rete, C_s consumo specifico (kcal/kWh_e) e η_t rendimento del generatore di calore.

π_R	η_t	C_s	Riferimento	COP_h^*
0,064	1	1870	Delibera EEN 3/08 (0,187 10 ⁻³ tep/kWh _e)	2,31
0,064	1	1898	ENEL, T.E. a gas naturale, 2004	2,35
0,064	1	2125	ENEL, T.e. medio, 2004	2,63
0,064	1	2200	Riferimento statistiche energetiche	2,72
0,064	1	2400	MICA, circolare 219/F – AT o MT	2,97
0,064	1	2500	MICA, circolare 219/F – BT	3,09

Figura 19, COP corrispondenti in termini di energia primaria

Il coefficiente di prestazione COP_h^{**} di una pompa di calore a trascinamento elettrico corrispondente, in termini di emissioni in atmosfera di CO₂, all'alternativa tradizionale di un impianto con generatore di calore:

$$COP_h^* = \frac{\alpha_{CO_2} \cdot PCI \cdot \eta_t}{\beta_{CO_2}}$$




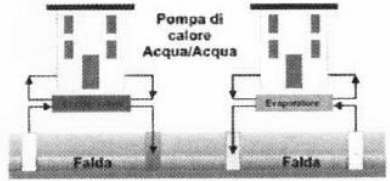

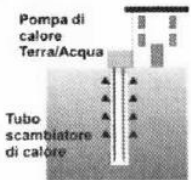
Con: α_{CO_2} intensità CO₂ nella generazione elettrica (kg_{CO2}/kWh_e), β_{CO_2} CO₂ nella combustione del combustibile (kg_{CO2}/kg o m³).

PCI	η_t	β_{CO_2}	α_{CO_2}	Riferimento	COP_h^{**}
9,45	1	1,86	0,406	Italia	2,06
9,45	1	1,86	0,527	Italia 2005	2,68
9,45	1	1,86	0,029	Francia	0,147
9,45	1	1,86	0,766	Cina	3,89
9,45	1	1,86	2,517	Botswana	12,79

Figura 20, COP corrispondenti in termini di emissioni di CO2

3.4 SORGENTI TERMICHE

Le pompe di calore possono essere suddivise anche a seconda della sorgente termica dalla quale attingono o rigettano calore. Esistono sostanzialmente tre tipologie di sorgenti termiche: aria, acqua e terreno. Le caratteristiche peculiari di queste sorgenti sono riassunte in Figura 21:

	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilità elevata. • Praticità d'uso. • Prestazioni energetiche variabili 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Prestazioni costanti e migliori rispetto alla sorgente aria. • Disponibilità variabile per tipo di fonte . • Necessità di opere di prelievo e scarico. • Vincoli normativi per prelievo e scarico. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Buone prestazioni energetiche. • Tecnologia poco diffusa. • Elevati costi di realizzazione opera nel terreno. • Disponibilità limitata per necessità di ampie superfici. 	

ANIMA - COAER
Libro Bianco

Figura 21, Sorgenti termiche per le pompe di calore

La crescente esigenza di un comfort estivo, oltre che invernale, ha portato ad una importante diffusione delle pompe di calore. Come si è visto, l'efficienza di queste macchine dipende fortemente dalla differenza di temperatura tra le due sorgenti termiche (interno ed esterno). Un grosso limite dell'aria come fonte di calore è che di inverno raggiunge temperature molto basse proprio quando è massima la richiesta di calore per il riscaldamento. Ciò porta ad una importante considerazione: è opportuno abbassare il più possibile la temperatura di esercizio dei terminali dell'impianto di riscaldamento in modo da ridurre la differenza di temperatura da ottenere con la macchina, ad esempio utilizzando pannelli radianti anziché radiatori. Durante il periodo estivo la temperatura del fluido termovettore sarà maggiore rispetto ad un normale condizionatore, rendendo necessario diminuire i picchi di potenza a favore di una maggiore inerzia termica dell'impianto.

Le pompe di calore ad acqua necessitano di attente e dedicate considerazioni ed autorizzazioni per lo sfruttamento delle suddette acque, pertanto ci si è concentrati sulle tecnologia GSHP²⁸ con sonde direttamente nel terreno e si è voluto effettuare un confronto anche con una pompa di calore ad aria.

3.5 ENERGIA GEOTERMICA

Per definizione l'energia geotermica è l'energia estraibile in forma di calore sotto la superficie della crosta terrestre (VDI 4640). La temperatura nel sottosuolo è funzione della profondità e, data l'elevata inerzia termica del terreno, già a pochi metri l'influenza delle fluttuazioni climatiche è molto affievolita.

²⁸ Ground Source Heat Pump;

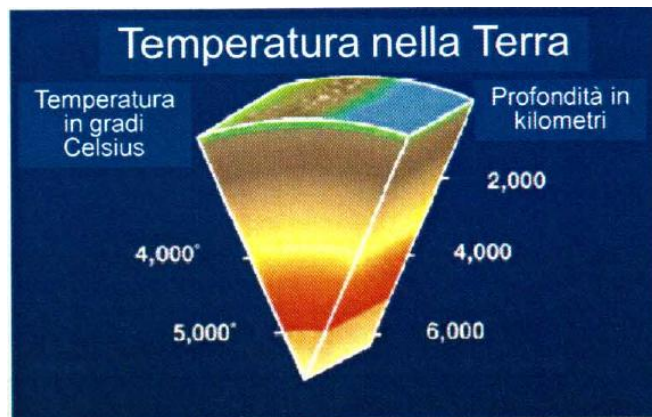


Figura 22, Graph from Geothermal Education Office, California

3.5.1 TEMPERATURA DEL TERRENO INDISTURBATO

L'ampiezza della variazione giornaliera di temperatura si riduce di un fattore dieci già a pochi centimetri di profondità, mentre quella della variazione stagionale si riduce dello stesso fattore a pochi metri. La temperatura nel terreno indisturbato, oscilla intorno ad un valore medio che è prossimo alla temperatura media annuale della località in esame.

Per conoscere l'andamento della temperatura nel terreno rispetto a quella esterna è possibile fare riferimento ad uno strato piano di materiale, considerato omogeneo per semplicità, con coordinata x positiva nel verso della profondità. Occorre pertanto risolvere l'equazione di Fourier:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \alpha \frac{\partial^2 t}{\partial x^2}$$

dove α è la diffusività termica del terreno.

Approssimando l'andamento reale della temperatura con una funzione sinusoidale si può esprimere la temperatura superficiale nel seguente modo:

$$t_s = t_0 + A \sin \omega \tau \quad \text{per } x = 0$$

dove A è l'ampiezza della variazione di temperatura superficiale con valore medio t_0 , periodo τ_0 e pulsazione ω .

Trascurando il transitorio, per un generico istante τ , si può esprimere la temperatura t ad una certa profondità x nel seguente modo:

$$t_s = t_0 + A e^{-\gamma x} \sin(\omega \tau - \gamma x)$$

I termini γ e $e^{-\gamma x}$ rappresentano rispettivamente la *costante di smorzamento* ed il *fattore di smorzamento*. La soluzione evidenzia che si mantiene ancora la forma sinusoidale ma presenta una ampiezza ridotta rispetto alla superficie, tale riduzione aumenta con la profondità.

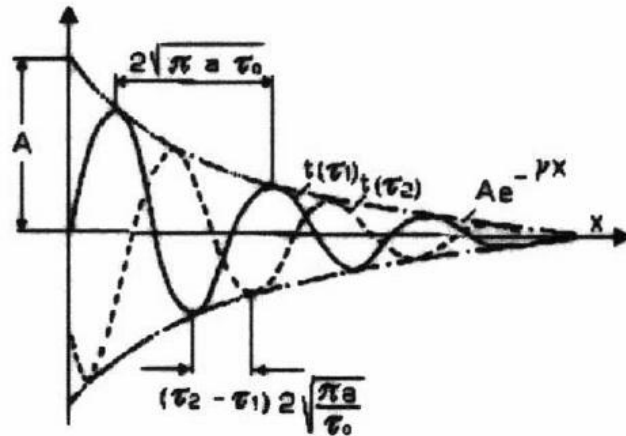


Figura 23, Andamento oscillatorio della temperatura nel terreno

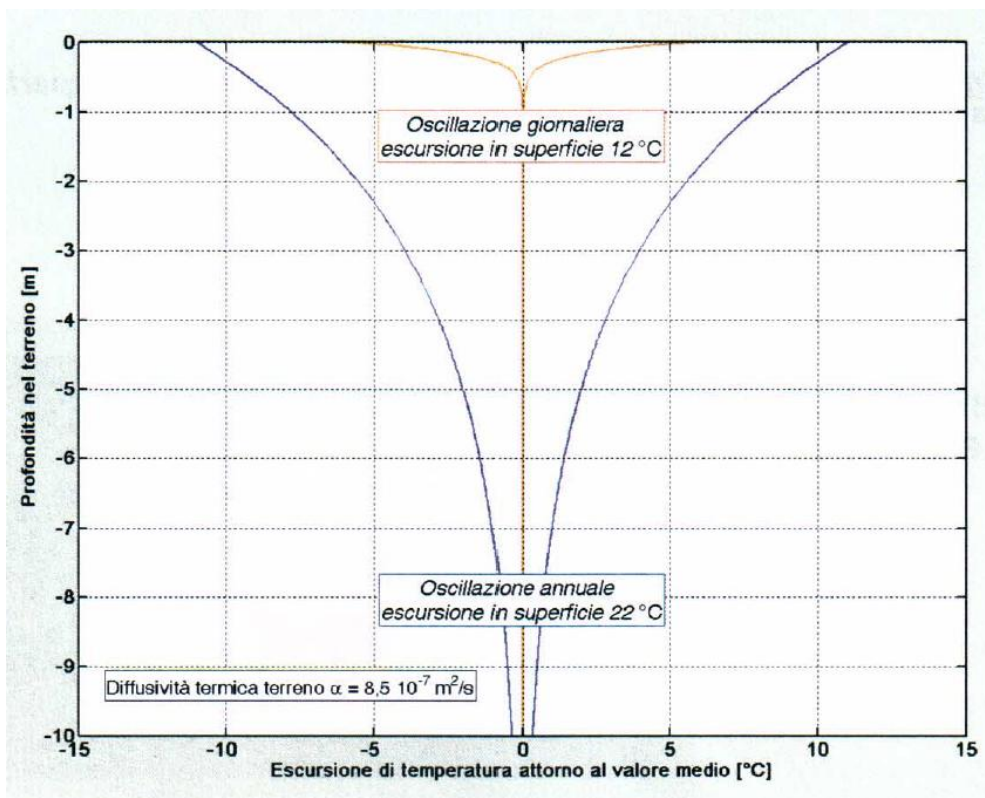


Figura 24, Oscillazioni giornaliera e stagionale

Nell'edificio in oggetto sono state installate delle sonde verticali grazie alla disponibilità di spazi. Dalla trattazione sopra esposta si deduce che l'oscillazione della temperatura sia trascurabile alle profondità raggiunte da tali sonde, che sono dell'ordine del centinaio di metri.

Inoltre alcuni studi sull'interazione delle pompe di calore geotermiche con il terreno²⁹ hanno dimostrato l'entità della deriva termica del terreno a causa di uno sfruttamento come sorgente. Grazie al software *LENGTH (Low ENthalpy Ground THERmal exchange)* sviluppato dal RSE³⁰ e dall'Università degli studi di Padova, che simula il gradiente di temperatura in un campo di sonde verticali lungo un certo periodo di tempo in presenza o meno di moti di falda, è stato valutato che in un periodo di 10 anni di utilizzo del terreno come sorgente fredda, il gradiente di temperatura risulta di soli pochi gradi centigradi. Se, come nel nostro caso, la macchina è una pompa di calore reversibile che d'estate rigetta il calore asportato durante l'inverno, tale gradiente viene ulteriormente ridotto.

Si è voluto valutare la variazione mensile di temperatura nel terreno al fine di individuare un eventuale deperimento della fonte (abbassamento di temperatura nei mesi invernali) con un conseguente aumento del COP. Analizzando la letteratura in merito³¹ e chiedendo chiarimenti agli autori, è stato possibile capire che non esiste un modello di calcolo su base mensile e che l'ampiezza dell'abbassamento di temperatura dovuta all'esercizio invernale è trascurabile ai fini della variazione del COP. Si è quindi abbandonata l'idea di implementare nello studio un modello che considerasse la variazione di temperatura nel terreno.

3.5.2 SONDE GEOTERMICHE

Un elemento fondamentale degli impianti a pompa di calore geotermica sono le sonde. Esse sono essenzialmente degli scambiatori che hanno il compito di scambiare calore tra il terreno e il fluido termovettore e possono essere di tipo orizzontale o verticale.

3.5.2.1 Sonde orizzontali

Sono di recente sviluppo e cercano di evitare temperature sotto lo zero a piccole profondità. A pochi metri di profondità, in genere 1,5 - 2m, si risente ancora della variazione stagionale di temperatura ma in modo molto attenuato rispetto all'aria esterna, il flusso termico sfruttato è per la maggior parte proveniente dalla superficie, direttamente od indirettamente dall'energia solare e dallo scambio termico con l'aria esterna, solo in minima parte dovuto al flusso di calore geotermico³². L'installazione deve essere effettuata su terreno libero, possibilmente soleggiato in modo che si favorisca lo scambio termico terreno - aria. I vari sistemi di sonde orizzontali si possono classificare a seconda della tipologia di installazione, principalmente tramite sbancamento o scavo in trincea. Non ci si soffermerà sui dettagli costruttivi di tali soluzioni ma la Figura 25 offre una pratica sintesi delle diverse tipologie:

²⁹ (Capozza, Antonio. RSE, 2012);

³⁰ Ricerca su Sistema Energetico, RSE s.p.a.;

³¹ vedi nota 26 cap 4;

³² A queste profondità pari a circa 0,1W/m²;

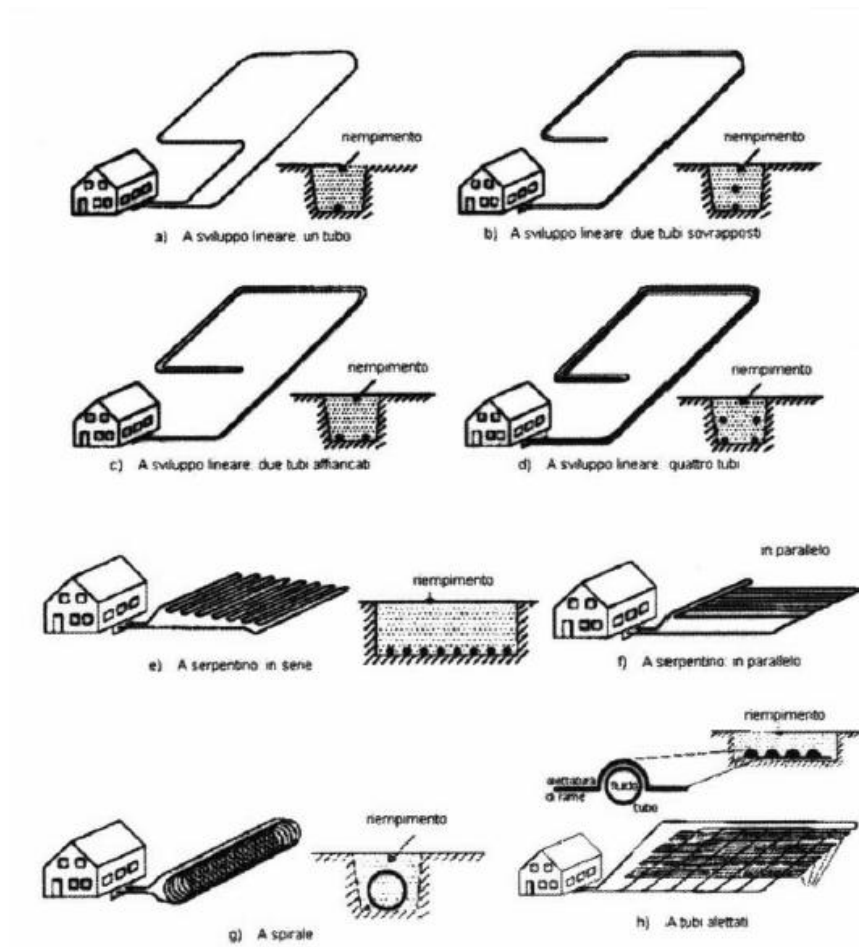


Figura 25, Tipologie di sonde orizzontali

3.5.2.2 Sonde verticali

Le sonde geotermiche verticali sono la tecnologia standard alla quale si fa riferimento per installazioni di pompe di calore geotermiche. Principale vantaggio di tale configurazione è l'elevata profondità raggiungibile che permette di sfruttare una sorgente termica a temperatura sostanzialmente inalterata e indipendente dalle variazioni climatiche. Rispetto alle sonde orizzontali presentano una minor superficie necessaria e minor lavoro di movimentazione terra, rendendo la soluzione impiantistica meno impattante.

Le tipologie principali di scambiatori (vedi Figura 27) sono due, la prima sono scambiatori ad U che a loro volta si suddividono in:

- *Singola U*: all'interno della perforazione si inseriscono un tubo di mandata ed uno di ritorno collegati sul fondo;
- *Doppia U*: identica alla precedente con la differenza che vengono inseriti quattro tubi collegati a due a due sul fondo;

- *Tripla U* e *Quadrupla U*: varianti delle precedenti versioni con rispettivamente sei o otto tubi.

L'altra tipologia sono i tubi coassiali che si suddividono in:

- *Tubi coassiali semplici*: il tubo di ritorno è interno a quello di mandata, che occupa tutta la sezione della perforazione;
- *Tubi coassiali complessi*: simile alla tipologia precedente ma con l'aggiunta di superfici alettate tra tubo interno ed esterno per migliorare lo scambio termico.

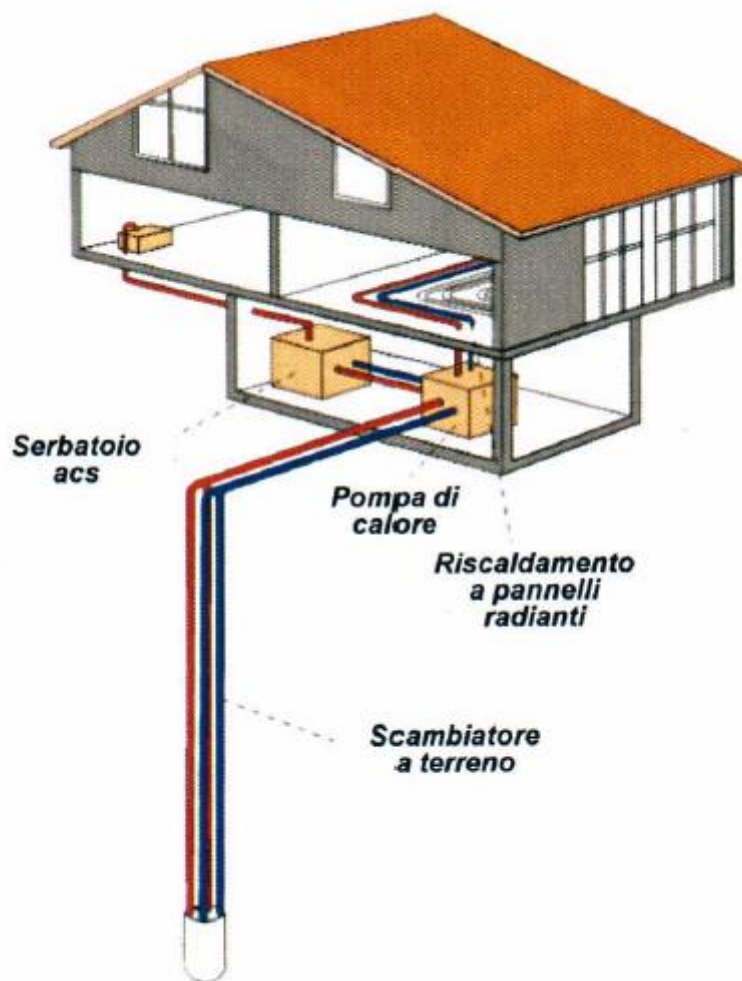


Figura 26, Sonda geotermica verticale singola

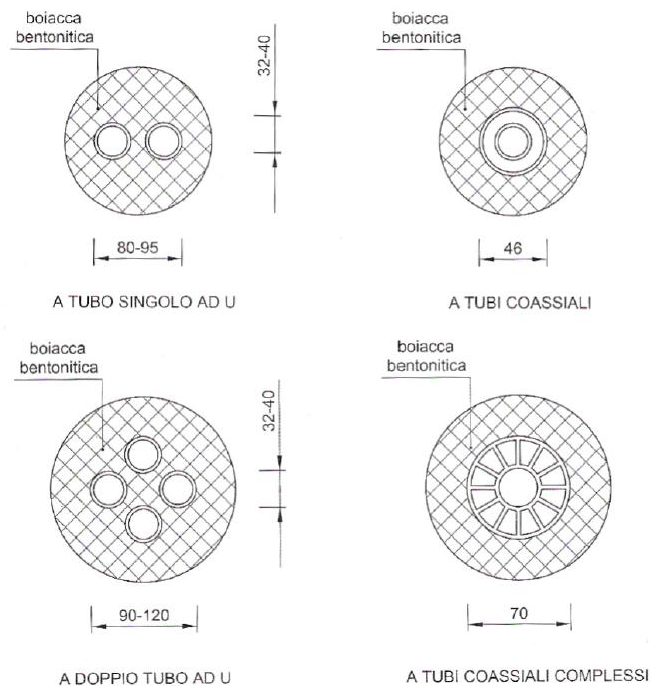


Figura 27, Tipologie di sonde verticali

Un contatto termico ottimale tra scambiatore e terreno è una condizione imprescindibile per il buon funzionamento degli scambiatori di calore verticali. La resistenza termica di uno scambiatore verticale dipende non soltanto dal materiale con cui è realizzato, ma anche dal materiale di riempimento.

La ricerca in questo campo è sempre attiva nel trovare il miglior compromesso per garantire gli standard ambientali pur mantenendo buone qualità di scambio termico. La lunghezza delle sonde è dimensionata tenendo conto del numero di sonde nella griglia, della quantità di calore da scambiare e delle caratteristiche termiche dei componenti in gioco.

3.6 CARATTERISTICHE DELLE POMPE DI CALORE

La pompa di calore installata nell'abitazione è una macchina ad acqua glicolica pensata per l'utilizzo con sonde geotermiche. Nel paragrafo seguente si riportano le caratteristiche della macchina installata e anche della pompa di calore aria-acqua che si è utilizzata per il confronto, nella Tabella 14 si elencano i dati principali di queste due pompe di calore. Si riportano poi le curve caratteristiche di ogni macchina e l'estrapolazione del COP in funzione della temperatura in ingresso del fluido termovettore.

Modello e denominazione commerciale ³³		WWP S 6 ID	WWP L 8 IK-2
Limiti di impiego			
Mandata acqua di riscaldamento	°C	Da 20 a 62 ±2	Da 18 a 60 ±2
Dati prestazionali / portata			
Flusso dell'acqua di riscaldamento/differenza di pressione interna			
max (EN14511)	m ³ /h / Pa	1.05/5300	1.4/21500
min	m ³ /h / Pa	0.55/1500	0.8/700
Resa termica / Coefficiente di prestazione		EN14511	
Con B-5/W45	kW/--	5.0/3.1	
A-7/W35			5.3/2.9
Con B0/W55	kW/--	5.5/2.8	
A2/W35			6.6/3.6
Con B0/W45	kW/--	5.8/3.6	
A7/W35			7.7/4.1
Con B0/W35	kW/--	6.1/4.7	
A10/W35			8.4/4.5
Allacciamento elettrico			
Potenza nominale B0/W35 / assorbimento max.	kW	1.3/2.6	
A7/W35	kW		1.88/3.5

Tabella 14, Caratteristiche tecniche pompa di calore

Dalle curve caratteristiche fornite dal costruttore è stato possibile ricavare la dipendenza del COP dalla temperatura in ingresso dell'acqua glicolica. La norma UNI-TS 11300-4³⁴ permette di approssimare le curve del costruttore con una linea di tendenza ad andamento lineare. Per la pompa di calore acqua-acqua a sonde geotermiche si ha il seguente andamento del COP a seconda della temperatura di mandata:

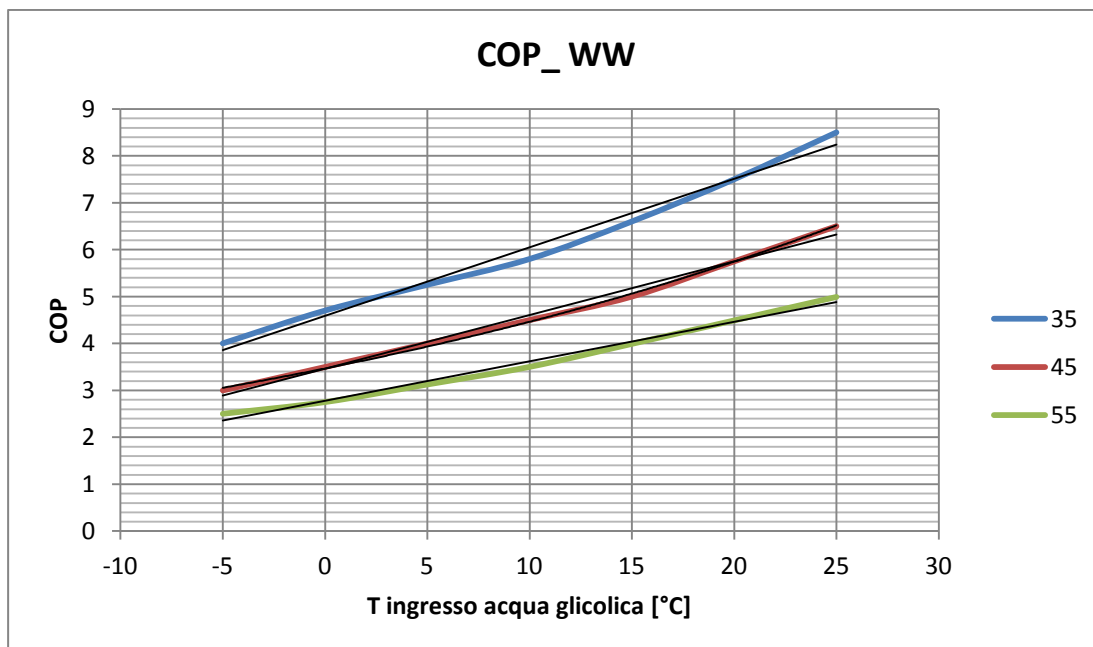


Figura 28, Curva caratteristica pompa di calore WW per tre temperatura di mandata (35,45,55 °C)

³³ Casa costruttrice Weishaupt, <http://www.weishaupt.it/>;

³⁴ Paragrafo 9.4.3.3;

Da cui si ricavano le seguenti funzioni:

$$COP_{WW35} = 0,1461 \cdot T + 4,5893 \quad \text{per } T_m = 35^\circ\text{C}$$

$$COP_{WW45} = 0,1143 \cdot T + 3,4643 \quad \text{per } T_m = 45^\circ\text{C}$$

$$COP_{WW55} = 0,0844 \cdot T + 2,7768 \quad \text{per } T_m = 55^\circ\text{C}$$

La curva caratteristica della pompa di calore aria-acqua è la seguente:

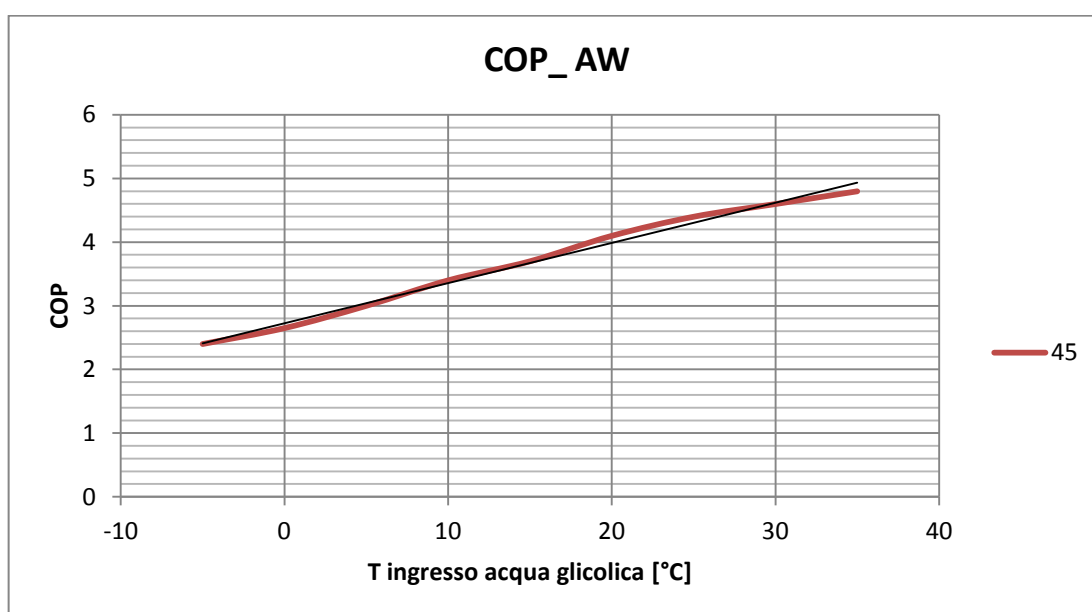


Figura 29, Curva caratteristica pompa di calore aria-acqua

Da cui si ricava la seguente correlazione:

$$COP_{AW45} = 0,0632 \cdot T + 2,7247 \quad \text{per } T_m = 45^\circ\text{C}$$

Per maggiori dettagli tecnici si rimanda ai cataloghi delle macchine³⁵, che presentano le curve di potenza, il campo di applicazione e il dettaglio dei collegamenti elettrici e di controllo. In questo studio si è omessa la logica reale di controllo, volendo andare ad ipotizzare il risparmio di energia nel caso di una determinata logica di gestione tra ACS e riscaldamento che verrà discussa in seguito.

³⁵ Scaricabili dal sito alla nota 30 del seguente capitolo;

4.0 ACQUA CALDA SANITARIA

La determinazione del fabbisogno di acqua calda sanitaria e la sua gestione meritano un capitolo di approfondimento. La normativa di riferimento è la ormai nota UNI-TS 11300-2, che definisce i metodi di calcolo di tale fabbisogno ed i relativi rendimenti.

4.1 QUADRO NORMATIVO

L'energia termica necessaria a riscaldare una quantità di acqua alla temperatura desiderata è:

$$Q_{h,W} = \sum_i \rho \times c \times V_W \times (\theta_{er} - \theta_O) \times G \quad [Wh]$$

dove:

ρ è la massa volumica dell'acqua [kg/m^3];

c è il calore specifico dell'acqua pari a 1,162 [$Wh/kg \text{ } ^\circ C$];

V_W è il volume dell'acqua richiesta durante il periodo di calcolo [m^3/G];

θ_{er} è la temperatura di erogazione [$^\circ C$];

θ_O è la temperatura di ingresso dell'acqua fredda sanitaria [$^\circ C$];

G è il numero dei giorni del periodo di calcolo [G].

Figura 30, Formula per la determinazione del fabbisogno di energia termica per ACS, fonte: UNI-TS 11300-2

Il volume di acqua richiesta, convenzionalmente riferiti ad una temperatura di erogazione di 40 $^\circ C$, è determinato secondo la seguente correlazione:

$$V_W = a \times N_u \quad [l/G]$$

Dove:

a è il fabbisogno giornaliero specifico [l/G];

N_u è il parametro che dipende dalla destinazione d'uso dell'edificio.

Per le abitazioni N_u è il valore della superficie utile S_u , 206 m^2 nel nostro caso, per il parametro a si fa riferimento al prospetto 12³⁶ della normativa secondo il quale, per la superficie utile dell'abitazione in oggetto, si ha un valore di 1,3 e la temperatura dell'acquedotto è 10 $^\circ C$.

Oltre al fabbisogno netto di energia termica bisogna considerare le perdite dei vari sottosistemi per l'acqua calda sanitaria, alcune delle quali sono recuperabili come calore utile. Le voci di perdita elencate dalla normativa sono le seguenti:

³⁶ Paragrafo 5.2.1.1;

- Perdite di erogazione;
- Perdita delle tubazioni di distribuzione dell'acqua calda sanitaria;
- Perdite di accumulo;
- Perdite del circuito primario;
- Perdite totali recuperate;
- Perdite di generazione.

4.1.1 PERDITE DI ACCUMULO

Gli impianti di acqua calda sanitaria si possono progettare a riscaldamento istantaneo o con accumulo termico. Il primo caso è scarsamente impiegato poiché comporta delle maggiori potenze installate al generatore di calore che deve fornire istantaneamente tutto il calore necessario a scaldare l'acqua. L'accumulo permette di ridurre la potenza impegnata distribuendo l'energia da fornire su un periodo di tempo più lungo.

Il serbatoio può essere interno od esterno al generatore di calore: nel primo caso le perdite sono comprese nelle perdite di generazione, nel secondo caso vanno calcolate a parte. Tali perdite si calcolano in base alle caratteristiche della superficie disperdente dell'accumulatore e alla differenza tra la temperatura media dell'accumulo e la temperatura dell'ambiente in cui è posizionato.

$$Q_{l,w,s} = \frac{S_s}{d_s} \times (\theta_s - \theta_a) \times t_s \times \lambda_s \quad [Wh]$$

dove:

- S_s è la superficie esterna dell'accumulo [m²];
- d_s è lo spessore dello strato isolante [m];
- λ_s è la conduttività termica dello strato isolante [W/mK];
- t_s è la durata del periodo considerato [h];
- θ_s è la temperatura media nell'accumulo [°C];
- θ_a è la temperatura ambiente del locale di installazione dell'accumulo [°C].

Nel caso in cui sia disponibile il valore della dispersione termica dell'apparecchio K_{boll} [W/K] dichiarato dal costruttore, le perdite si calcolano con la seguente formula:

$$Q_{l,w,s} = K_{boll} \times (\theta_s - \theta_a) \times t_s \quad [Wh]$$

4.2 CALCOLO DEL FABBISOGNO

Il fabbisogno di energia termica per l'acqua calda sanitaria è stato valutato utilizzando il software TerMus³⁷: tale strumento è conforme alle norme UNI/TS 11300 aggiornate al 2014. Il software permette di ricavare il fabbisogno compreso delle perdite e delle componenti recuperabili. Per l'abitazione in oggetto si ottiene un valore di **3026,33 kWh/anno** suddiviso mensilmente e giornalmente nel mese corrispettivo secondo la Tabella 15:

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Q_w kWh	257,03	232,16	257,03	248,74	257,03	248,74	257,03	257,03	248,74	257,03	248,74	257,03
kWh/d	8,29	8,29	8,29	8,29	8,29	8,29	8,29	8,29	8,29	8,29	8,29	8,29

Tabella 15, Profilo orario del prelievo di ACS

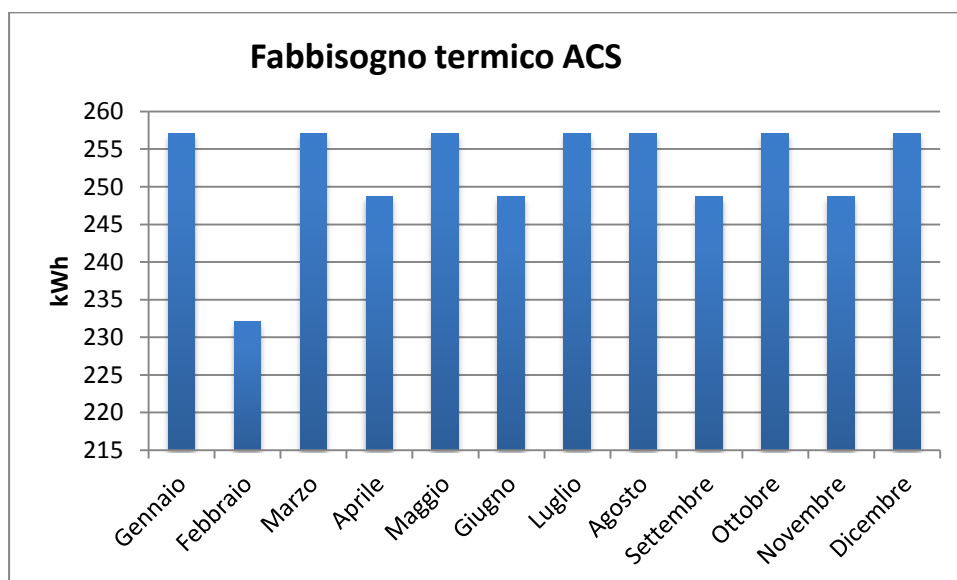


Figura 31, Fabbisogno termico mensile ACS

Dal calcolo del volume di acqua necessario si ottiene:

$$V_w = 1,3 \times 206 = 267,8 \text{ [l/G]}$$

per cui è stato scelto di installare un accumulo termico con le seguenti caratteristiche³⁸:

Marca	Weishaupt
Volume [l]	300
K _{boll} [W/K]	2,07

Tabella 16, Caratteristiche accumulo termico

³⁷ (Acca Software)

³⁸ Non si riportano il modello ed ulteriori caratteristiche poiché nel confronto sono stati utilizzati accumuli diversi a seconda della conformazione dell'impianto, i valori indicati in tabella sono costanti a tutte le soluzioni e sono gli unici che rientrano nel calcolo della dispersione;

Essendo l'analisi che si vuole svolgere su base oraria, occorre capire come è distribuita la domanda di ACS durante il giorno. L'energia calcolata con il metodo precedente non considera quando l'utente preleva l'acqua calda e di conseguenza quando è necessario ripristinare il livello termico dell'accumulo. La normativa EN 16147³⁹ permette di ipotizzare una curva di consumo giornaliero come mostrato in Figura 32:

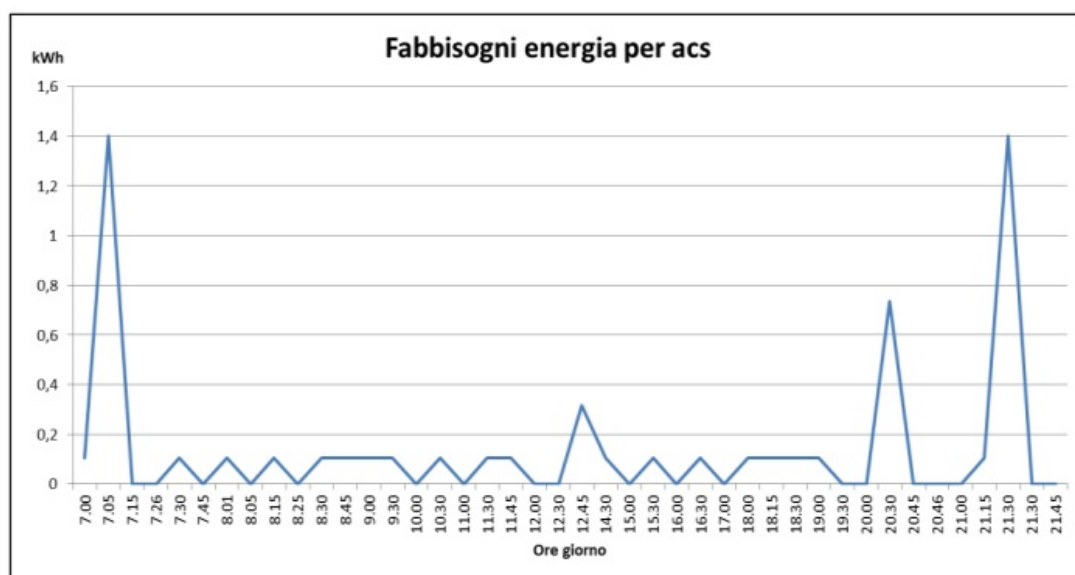


Figura 32, Richiesta giornaliera di acs per un'utenza di tipo residenziale (EN 16147)

Chiaramente è necessario raggruppare i consumi in fasce orarie al fine di far combaciare lo step temporale di analisi, da cui si ottiene il fabbisogno termico giornaliero per l'acqua calda sanitaria su base oraria espresso dalla Tabella 17, la cui somma fa **8,29 kWh/giorno**.

h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
kWh	0	0	0	0	0	0	1,8	0,4	0,2	0,2	0,2	0,8	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	1	1,8	0	0	0

Tabella 17, Curva di carico giornaliera del fabbisogno di acqua calda sanitaria

4.3 LOGICA DI ACCUMULO

L'impianto fotovoltaico produce energia elettrica che in parte viene consumata istantaneamente dall'utente ed in parte viene immessa in rete. Il surplus di energia che si rende disponibile viene di solito valorizzato con lo *scambio sul posto*, che verrà illustrato in seguito. Vi è la necessità di verificare la convenienza economica di sfruttare tale esubero di energia per produrre l'ACS, concentrando l'energia assorbita dalla pompa di calore durante le ore in cui tale energia è gratuita.

³⁹ UNI EN 16147:2011, relativa alle pompe di calore con compressore elettrico per la produzione di acs;

4.3.1 SCELTA DELLA TEMPERATURA DELL'ACCUMULO

Come si è detto la normativa prevede l'accumulo termico di acqua a 40 °C, per scaldare l'accumulo la pompa di calore funziona con una temperatura di mandata di 45 °C. Tra le ipotesi prese in considerazione per accumulare l'energia elettrica nella produzione di ACS la migliore è stata quella di aumentare la temperatura del serbatoio da 40 a 55°C quando l'energia elettrica proviene dall'esubero del fotovoltaico, facendo funzionare la pompa di calore con una temperatura di mandata di 60°C. In tal modo è possibile aumentare la quantità di calore immagazzinata nel serbatoio per poterla sfruttare in un secondo momento. Aumentando la temperatura, aumentano di conseguenza le perdite di accumulo, che saranno maggiori rispetto al normale esercizio dell'impianto, e diminuisce il COP⁴⁰ della macchina poiché aumenta la differenza di temperatura tra le due sorgenti. Il COP considerato per il calcolo dell'energia termica fornita a fronte di una unità di energia elettrica è: $COP_{acc} = 3,452$.

4.3.2 PROCEDIMENTO DI CALCOLO

La richiesta di acqua calda sanitaria si può vedere come richiesta di calore al serbatoio, un prelievo di acqua comporta la diminuzione della temperatura dell'accumulo. Una immissione di calore comporta viceversa un aumento di temperatura secondo la seguente relazione:

$$\Delta T = \frac{Q}{m \cdot cp} [^{\circ}C]$$

dove:

- Q è il calore prelevato o immesso nel serbatoio [kWh];
- m è la massa dell'accumulo [kg]
- cp è il calore specifico dell'acqua paria a 1,162 [Wh]

Dall'equazione di primo principio del serbatoio si ricavano i gradienti temperatura:

$$Q_{acc} = -Q_w - Q_d + Q_{immesso}$$

dove:

- Q_{acc} è il calore accumulato [kWh];
- Q_w è il calore asportato dovuto al prelievo di acqua [kWh];
- Q_d sono le perdite per dispersione [kWh];
- $Q_{immesso}$ è il calore immesso nell'accumulo per sopperire alle perdite e al prelievo [kWh];

Q_{acc} è sempre maggiore o uguale a zero, poiché come condizione si è posto che $T_{acc} \geq 40^{\circ}C$ se le dispersioni e i prelievi fanno diminuire la temperatura sotto il valore di soglia si immette calore per mantenere costante la temperatura e $Q_{acc} = 0$. Se invece ci si trova nella condizione di esubero del

⁴⁰ Coefficient Of Performance;

fotovoltaico la temperatura di set point diventa 55 °C e $Q_{impresso} > Q_w + Q_d$ fino al raggiungimento del nuovo stato di equilibrio.

La temperatura dell'accumulo nell'ora i -esima è determinata dalla seguente relazione:

$$T_i = T_{i-1} + \Delta T_{impresso} - \Delta T_d - \Delta T_w$$

in cui si è considerata come temperatura iniziale 40 °C per poi aggiornarla con la temperatura raggiunta alle 24 di quel giorno, ottenendo così per ogni giorno tipo un profilo di temperatura che consideri la memoria della temperatura del giorno precedente. Essendo l'iterazione svolta sui singoli giorni tipo, si hanno delle discontinuità nel passaggio tra i mesi.

Il calore immesso nel serbatoio segue una logica di controllo molto semplice. Qualora non ci fosse energia elettrica in esubero la pompa di calore preleverebbe energia dalla rete, funzionando con un COP di 4,61 e una temperatura di mandata di 45 °C con lo scopo di mantenere l'accumulo termico alla temperatura di 40 °C. In presenza di energia elettrica in esubero, la pompa di calore assorbe anche tale energia elettrica funzionando con un COP di 3,425 per immettere acqua a 55 °C. Si è posto il limite di utilizzo dell'energia elettrica in surplus per non oltrepassare la temperatura di soglia poiché la macchina non può scaldare acqua ad una temperatura maggiore, la restante è ceduta alla rete con lo scambio sul posto. Il Q_d è calcolato con l'equazione vista nel paragrafo 4.1.1 avendo il coefficiente K_{boll} dato dal costruttore. Si è diviso il calore immesso nelle due componenti di rete e da fotovoltaico⁴¹:

$$Q_{impresso} = Q_{pv} + Q_{rete}$$

Per ogni giorno medio mensile si è calcolato, a partire dal fabbisogno di ACS, il calore da fornire all'accumulo termico al fine di riuscire a sfruttare l'energia gratuita del fotovoltaico per risparmiare energia prelevata dalla rete. Dall'analisi oraria svolta ci si è ricavati una nuova curva di carico del fabbisogno per l'ACS, che è stata poi utilizzata nel calcolo orario dell'energia assorbita dalla pompa di calore come si vedrà in seguito.

Moltiplicando ogni giorno medio mensile, per il numero di giorni del rispettivo mese, sommando l'energia prelevata dalla rete e quella utilizzata dal fotovoltaico, si ottiene il seguente grafico:

⁴¹ Qui inteso dall'energia elettrica prodotta dal fotovoltaico al netto dei consumi di base;

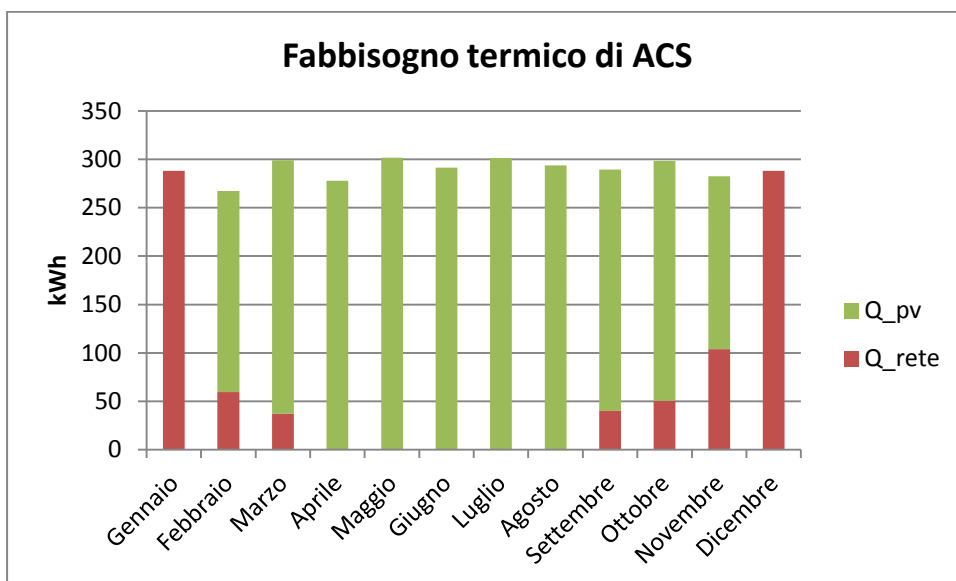


Figura 33, Fabbisogno termico ACS con logica di accumulo

Si nota innanzitutto che i valori mensili sono maggiori rispetto al grafico di Figura 31 per l'aumento del fattore di dispersione. A parte i mesi di gennaio e dicembre, in cui l'energia elettrica prodotta è tutta assorbita dai carichi di base, negli altri mesi la quota di energia derivante dal surplus è nettamente maggiore. Nei mesi estivi si riesce a produrre l'ACS solamente con l'energia gratuita, ottenendo una percentuale annua del 25 % di energia dalla rete e 75 % di energia dal fotovoltaico come indicato in Figura 34.

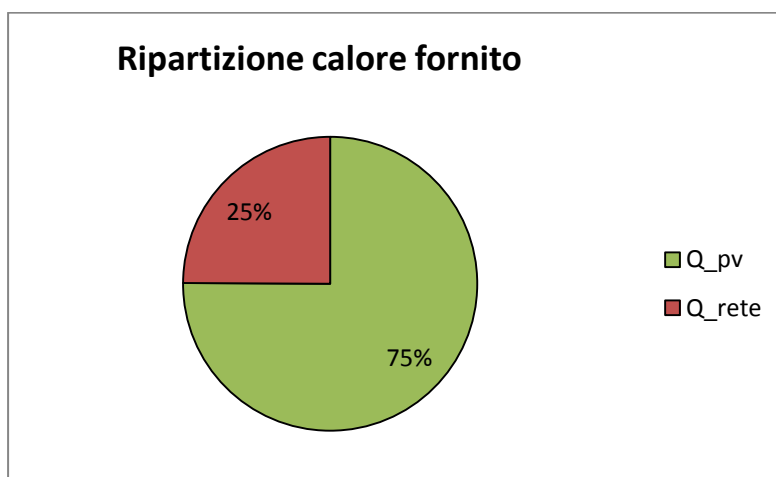
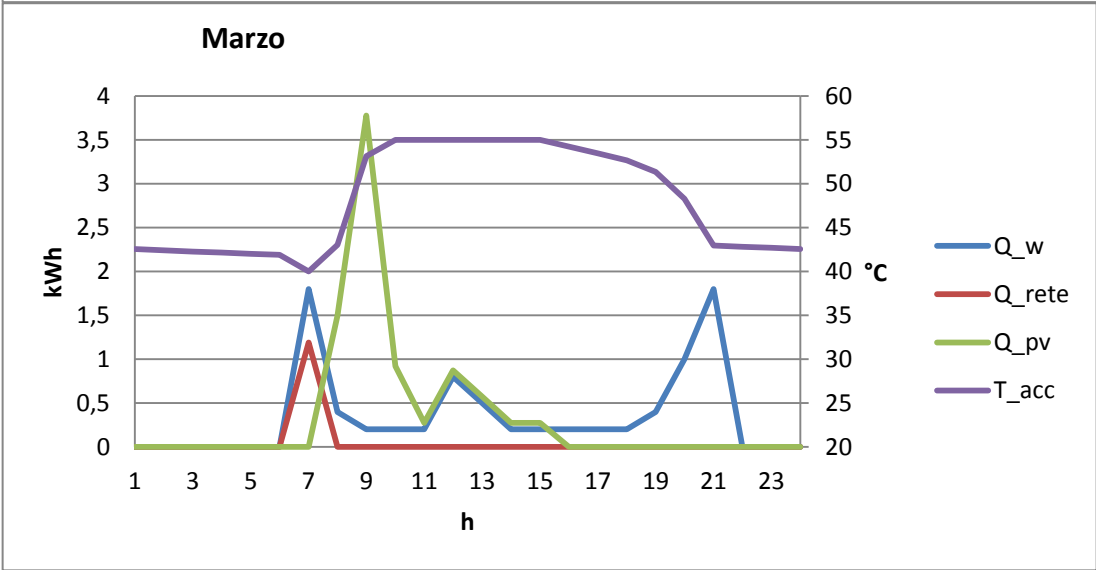
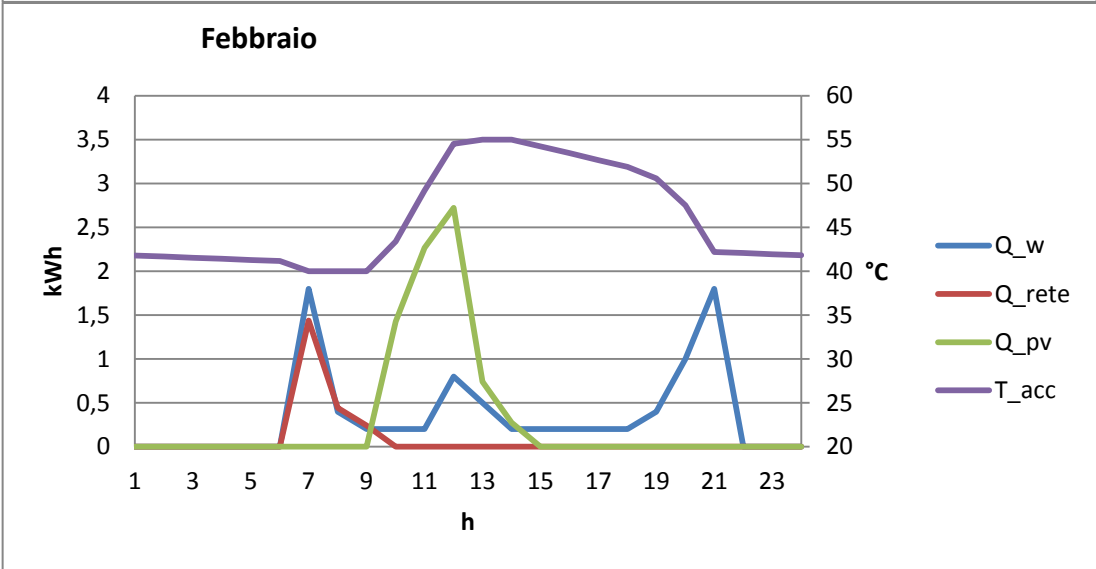
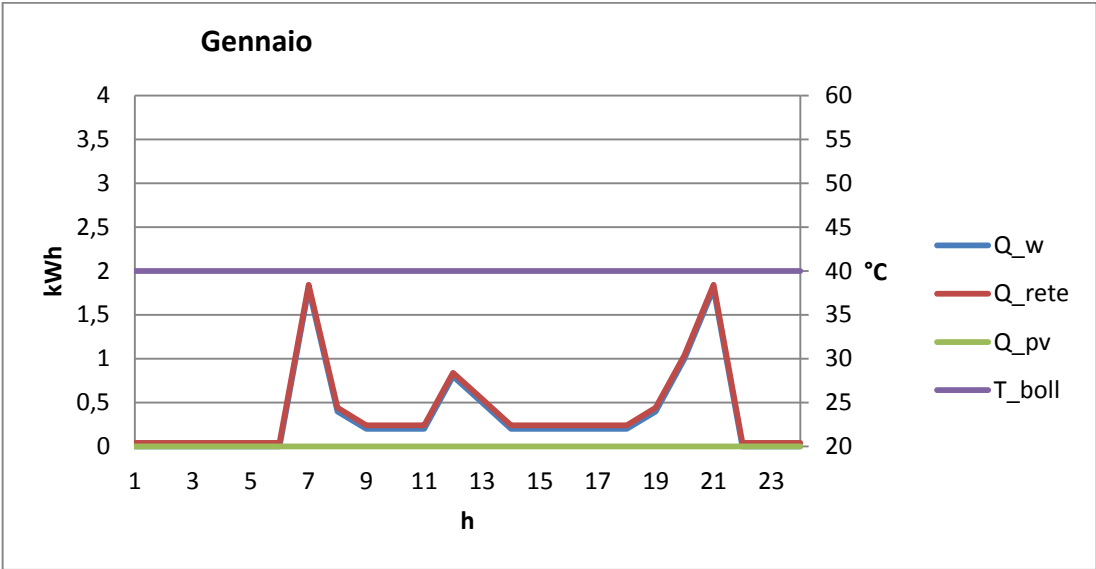
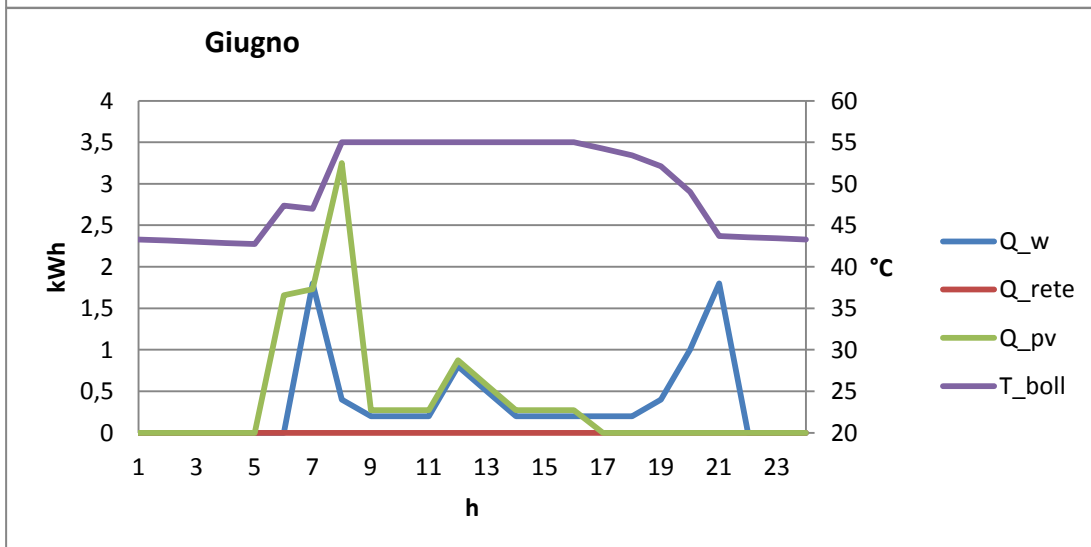
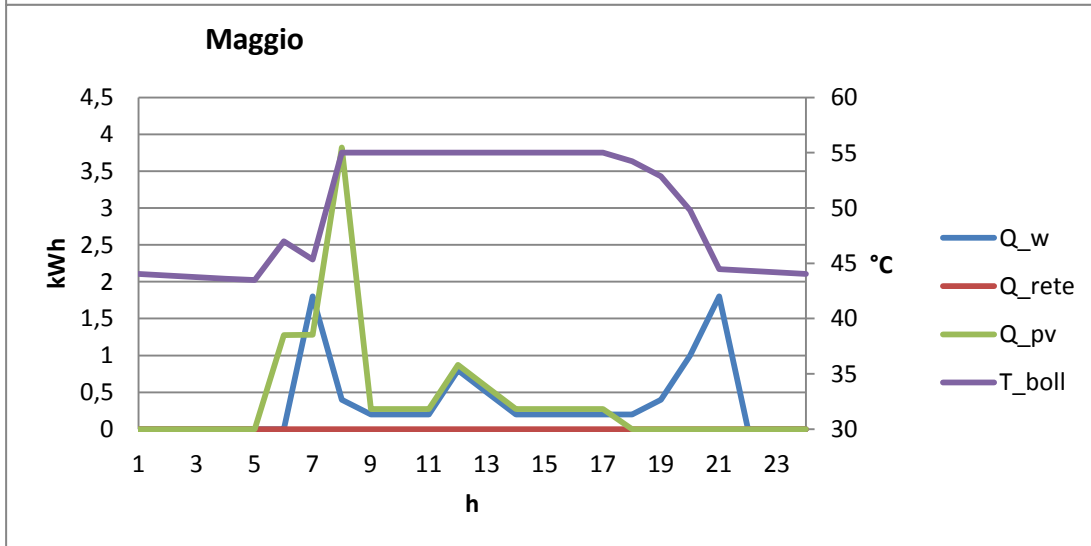
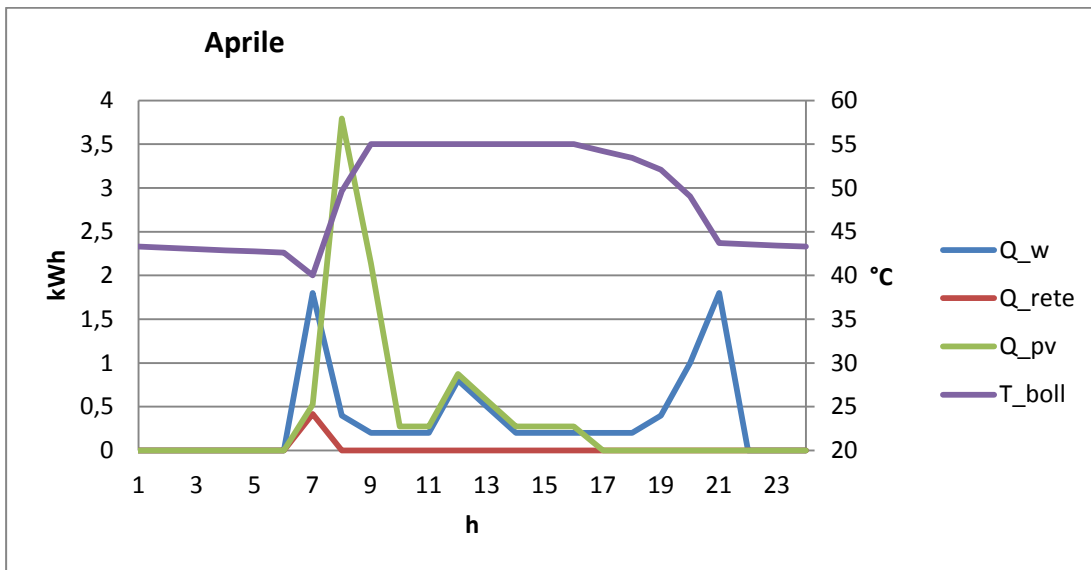


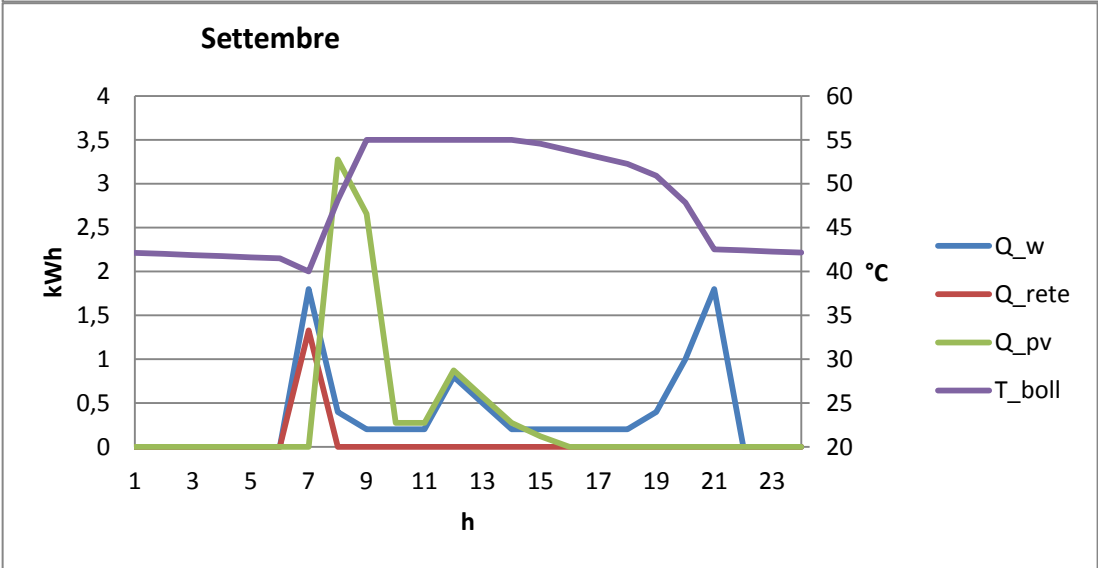
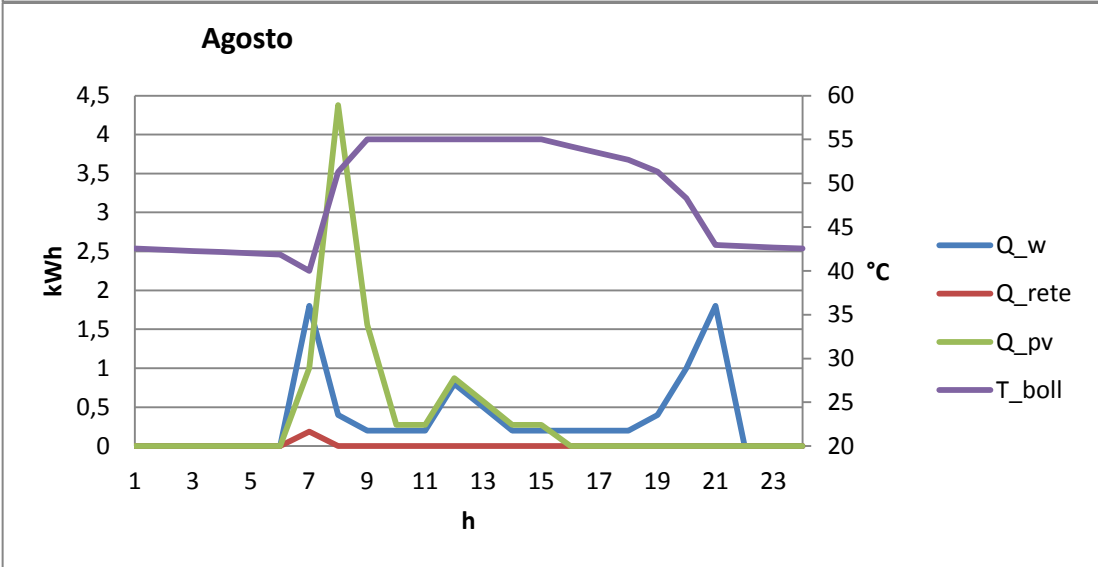
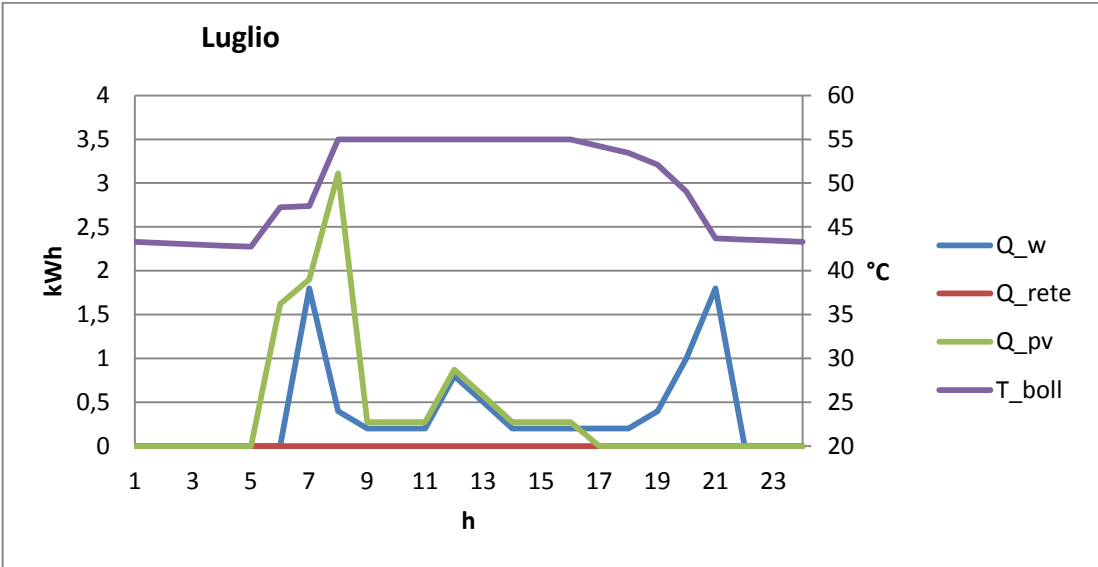
Figura 34, Ripartizione del calore fornito per l'ACS

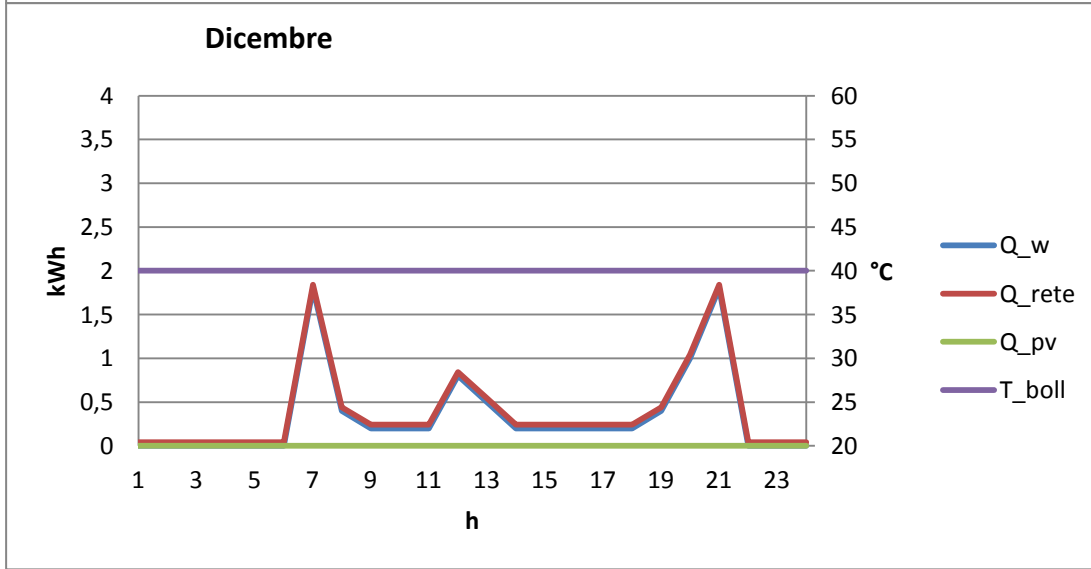
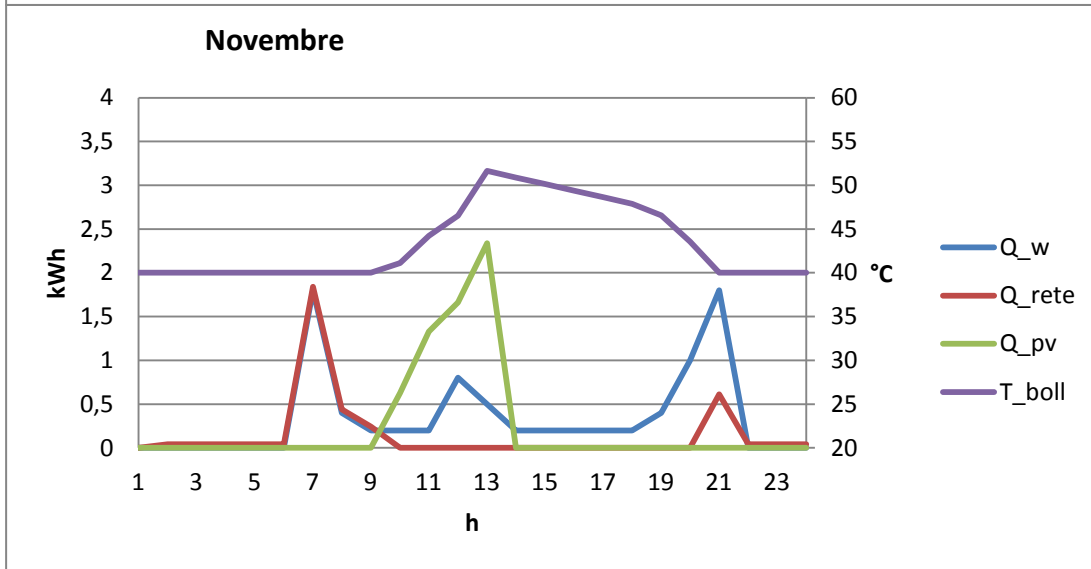
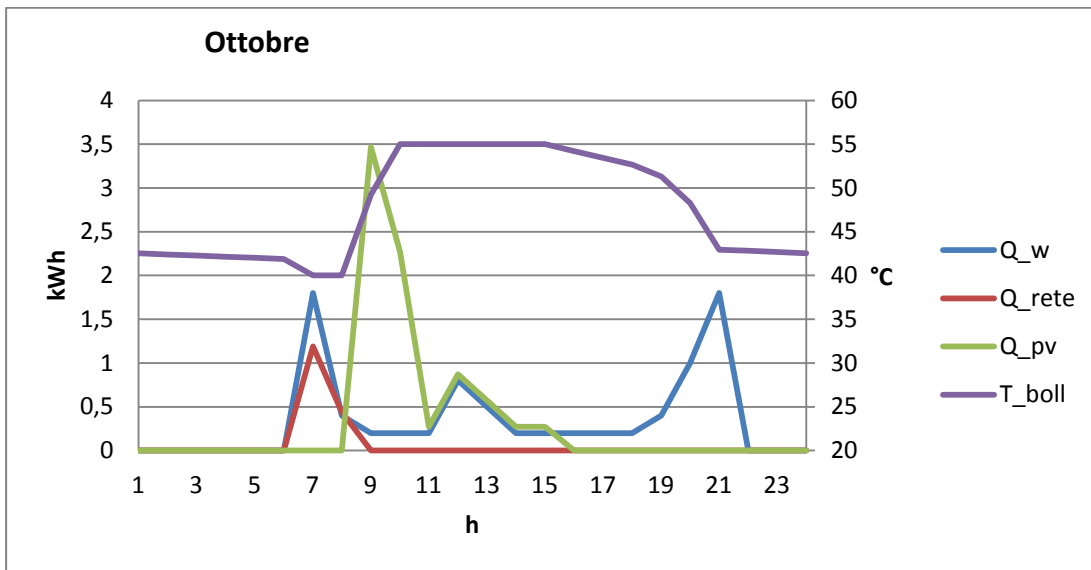
4.3.3 GRAFICI DEI GIORNI TIPO

Di seguito si riportano i grafici dei dodici giorni medi mensili con l'andamento della temperatura dell'accumulo e delle quote di calore immesso (Q_{pv} e Q_{rete}) e prelevato (Q_w).









La nuova curva di carico è ottenuta sommando la curva verde e la curva rossa, ovvero l'effettivo calore immesso nel serbatoio.

Andando invece ad analizzare la destinazione dell'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico si nota che, della quota in esubero rispetto al consumo elettrico dell'abitazione, utilizzando la logica di accumulo precedentemente descritta, si sfrutta solamente una minima parte di essa. Questo è dovuto principalmente alla dimensione dell'impianto che è di circa 5 kW di picco per i motivi esposti nel capitolo 2.2. L'energia che anche dopo il processo di ottimizzazione della produzione di acqua calda sanitaria risulta in surplus verrà venduta con la tariffazione dello scambio sul posto al GSE⁴².

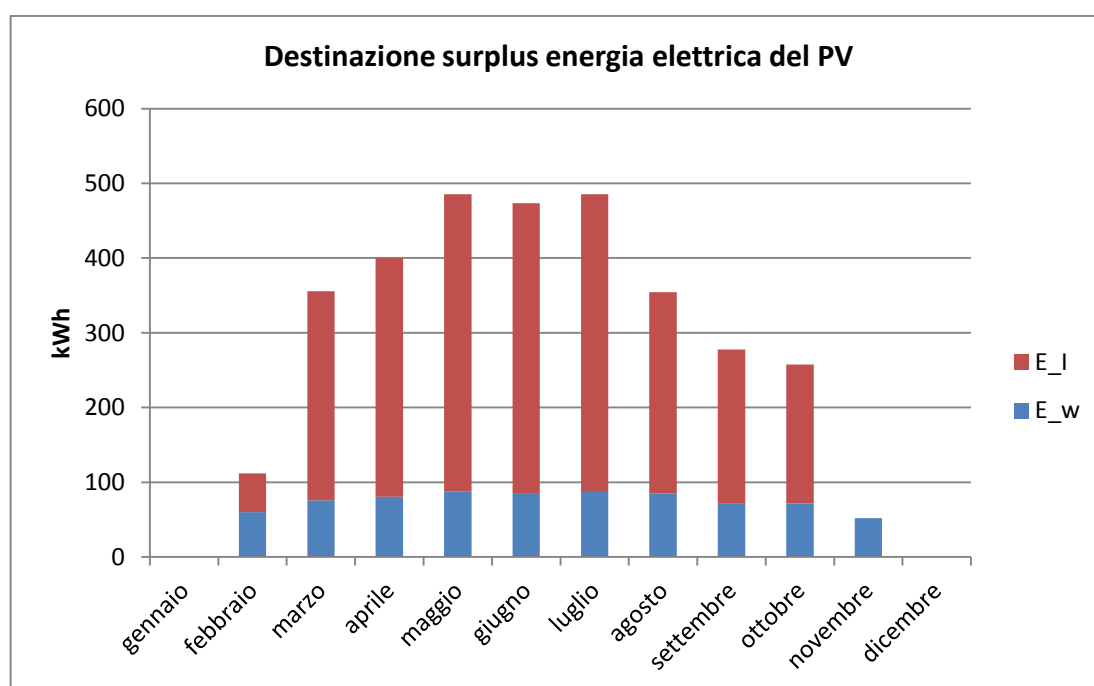


Figura 35, Destinazione surplus di energia elettrica del fotovoltaico

⁴² Gestore Servizi Energetici;

5.0 VALORE ECONOMICO DELL'ENERGIA

Si vuole ora analizzare l'offerta del mercato energetico per l'energia elettrica e per il gas, andando nel dettaglio dei costi ed individuando le migliori opzioni applicabili alle quattro simulazioni effettuate. Si riprende qui l'obiettivo di avere un unico interlocutore energetico. Quest'idea nasce dal risparmio economico che tale scelta comporta (specialmente per la quota fissa) e dalla semplificazione burocratica che, seppur non economicamente valutabile, si ritiene essere un valore aggiunto considerevole.

In Italia le tariffe per l'elettricità e per il gas sono regolamentate dall'Autorità per l'Energia Elettrica il Gas e il Sistema Idrico. Essa è un organismo indipendente istituito con la legge 14 novembre 1995, n. 481 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 regolamentazione e controllo⁴³. L'Autorità, tra i suoi compiti, ha quello di definire le tariffe e aggiornarle trimestralmente, per gli utenti del mercato di maggior tutela: a tal proposito si fa riferimento solamente alle offerte di quest'ultimo senza entrare nel merito delle possibili offerte del mercato libero.

5.1 ENERGIA ELETTRICA

Le proposte tariffarie dell'energia elettrica sono suddivise per livello di tensione, tipologia di utilizzo (domestico o non) e per potenza impegnata. Per i clienti finali domestici sono previste due tariffe (D2, D3) più una sperimentale introdotta dall'Autorità dal 1° luglio 2014⁴⁴ (D1), si analizzeranno nel dettaglio solamente le offerte D3 e D1 poiché la D2 è applicata ai contratti stipulati nelle abitazioni di residenza con impegno di potenza non superiore ai 3 kW e la potenza impegnata dell'abitazione è 6 kW.

5.1.1 TARIFFA D3

La tariffa D3 è rivolta agli utenti di bassa tensione per le abitazioni di residenza con impegno di potenza superiore ai 3 kW. Il corrispettivo per l'acquisto la vendita e il dispacciamento prevede, per la quota energia, l'opzione bioraria o mono oraria della componente PED, in questo studio si è scelto di applicare la tariffa mono oraria. Nella tabella seguente sono riportate le componenti di costo della tariffa:

⁴³ (AEEGSI);

⁴⁴ Delibera 8 maggio 2014, 205/2014/R/EEL, "Sperimentazione tariffaria su scala nazionale rivolta ai clienti domestici in bassa tensione che utilizzano pompe di calore elettriche come unico sistema di riscaldamento delle proprie abitazioni di residenza";

Corrispettivi per l'uso delle reti e il servizio di misura		Corrispettivi per acquisto, vendita, dispacciamento e sbilanciamento	
Quota fissa (componenti in €/cliente/anno)		Quota fissa (componenti in €/cliente/anno)	
r1, A, UC	20,112300	PCV	30,000000
		DISP _{gr}	-5,578300
Totale quota fissa	20,112300	Totale quota fissa	24,421700
Quota potenza (componenti in €/kW/anno)		Quota energia (componenti in €/kWh)	
r2, A, UC	16,410900	PCV	0,000000
		DISP _{gr}	
Totale quota potenza	16,410900	- da 0 a 1.800 kWh/anno	0,000000
Quota energia (componenti in €/kWh)		- da 1.801 a 2.640 kWh/anno	0,000000
r3, A, UC, MCT		- da 2.641 a 4.440 kWh/anno	0,000000
- da 0 a 1.800 kWh/anno	0,110332	- oltre 4.440 kWh/anno	0,000000
- da 1.801 a 2.640 kWh/anno	0,127462	PPE, UC1	0,000030
- da 2.641 a 4.440 kWh/anno	0,167282	PED	
- oltre 4.440 kWh/anno	0,209952	- monorario	0,073760
Energia reattiva (componenti in €/kVArh) [†]		- biorario P ₁	0,077920
Corrispettivi per energia reattiva compresi tra il 50% e il 75% dell'energia attiva (€/kVArh)	0,032300	- biorario P ₂₃	0,071650
Corrispettivi per energia reattiva eccedenti il 75% dell'energia attiva (€/kVArh)	0,042100		

[†] Solo per punti di prelievo con potenza disponibile superiore a 16,5 kW.

Con riferimento ai punti di prelievo dotati di misuratore atto a rilevare l'energia elettrica per fasce orarie, per l'energia reattiva prelevata nella fascia \bar{F} tali componenti tariffarie sono poste pari a zero.

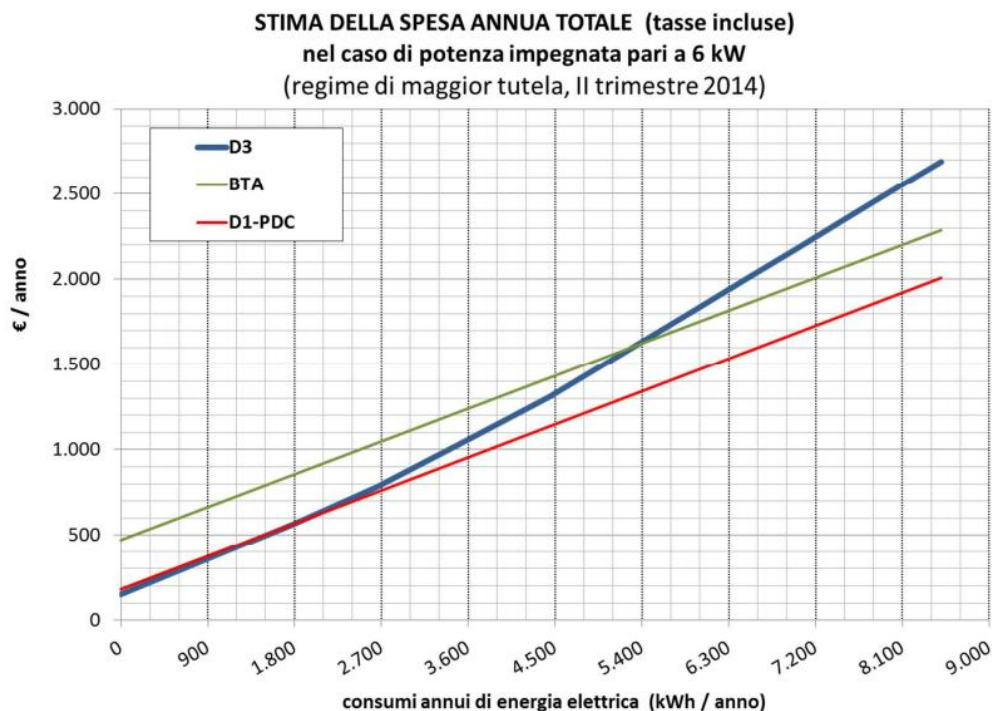
Figura 36, Condizioni economiche per il mercato di maggior tutela tariffa D3 (1° aprile 2015), Fonte TRENTA

La tariffa D3, così come la D2, presentano una componente per la quota energia dipendente dal consumo annuo che aumenta all'aumentare dell'energia prelevata. In un'ottica di risparmio, ciò porta alla considerazione che con tali condizioni economiche è conveniente ridurre i consumi elettrici, rendendo poco sostenibile utilizzare tecnologie come la pompa di calore. Quest'opzione è stata utilizzata per valutare il costo di esercizio nella configurazione con la caldaia a condensazione.

5.1.2 TARIFFA D1

La tariffa D1 è sperimentale e si applica ai clienti domestici che utilizzano pompe di calore elettriche per il riscaldamento. Prevede che il prezzo del kWh consumato sia costante, cioè indipendente dai consumi annuali. Si pone come tariffa per ridurre considerevolmente i costi di esercizio delle pompe di calore in virtù di un utilizzo più razionale delle risorse, di iniziative di efficienza energetica e di sviluppo delle fonti rinnovabili.

Ponendo a confronto il costo di esercizio di una utenza di 6 kW installati con alcune opzioni tariffarie si nota subito, con consumi elevati come quelli di una pompa di calore (circa 3800 kWh/anno), la convenienza della tariffa D1 come mostrato in Figura 37:



IPOTESI DI CALCOLO:

- per le tariffe D2 e D3 sono stati adottati i valori monorari e assunti consumi distribuiti in modo omogeneo nel corso dell'anno;
- per la tariffa BTA sono stati presi a riferimento i valori per la fascia F2 nel secondo mese del trimestre.

Figura 37, Confronto tra le tariffe D3, BTA e D1

Le tariffe utilizzate per il confronto sono la D3, la D1 e la BTA. Quest'ultima si riferisce ad altre utenze (non domestiche) in bassa tensione con potenza disponibile fino a 16,5 kW.

CLIENTI DOMESTICI							
- Servizi di vendita: energia (PE), dispacciamento (PD), commercializzazione vendita (PCV), componenti di perequazione (PPE) e di dispacciamento (DISPbt)							
- Servizi di rete: distribuzione trasporto e misura (τ_1 , τ_2 , τ_3)							
- Oneri: componenti A (A2, A3, A4, A5, Ae, As), UC (UC3, UC4, UC6, UC7) e MCT							
Fascia F1: dalle 8 alle 19 nei giorni dal lunedì al venerdì, escluse le festività nazionali							
Fascia F23: dalle 19 alle 8 nei giorni dal lunedì al venerdì e tutte le ore dei giorni di sabato, domenica e festività nazionali							
	Servizi di vendita			Servizi di rete	Oneri *	TOTALE	
	Monorario	Biorario				Monorario	Biorario
	fascia unica	fascia F1	fascia F23			fascia unica	fascia F1 fascia F23
Quota energia (€/kWh)	---	0,07795	0,07168	0,01730	0,076002	---	0,171252 0,164982
Quota fissa (€/anno)		24,4217		20,1123	27,85		72,3840
Quota potenza (€/kW/anno)				15,9964	0,4145		16,4109

Tabella 18, Condizioni economiche per la tariffa sperimentale D1⁴⁵, Fonte AEEGSI

La Tabella 18 mostra le condizioni economiche della tariffa sperimentale D1 al netto delle imposte, si nota che la tariffa è bioraria e non sono presenti scaglioni di consumo.

5.1.3 IMPOSTE

Le imposte sull'energia elettrica sono di due tipi: le accise e l'iva. La Tabella 19 mostra i vari parametri in gioco:

⁴⁵ Applicabili ai clienti del mercato di maggior tutela, valori dal 1° Aprile 2015 al netto delle imposte;

ACCISA - Imposta erariale		c€/kWh
USI DOMESTICI		
Forniture per abitazione di residenza anagrafica ("prima casa")		
• Forniture fino a 3 kW*		
- Consumi fino a 150 kWh/mese		0
- Consumi oltre 150 kWh/mese		2,27
• Forniture oltre 3 kW		
		2,27
Forniture per non residenti ("secondo case")		
		2,27
ILLUMINAZIONE PUBBLICA		
• Forniture con qualsiasi livello di consumo		
		1,25
ALTRI USI		
Forniture fino a 1.200.000 kWh/mese		
- Primi 200.000 kWh consumati nel mese		1,25
- Consumi oltre 200.000 kWh nel mese		0,75
Forniture oltre 1.200.000 kWh/mese		
- Primi 200.000 kWh consumati nel mese		1,25
- Consumi oltre 200.000 kWh nel mese		4820 € in misura fissa
IVA		Aliquota
USI DOMESTICI e assimilati - Servizi condominiali (edifici residenziali)		
		10%
ILLUMINAZIONE PUBBLICA		
		22%
ALTRI USI		
- Per uso di imprese estrattive, agricole e manifatturiere comprese le poligrafie, editoriali e simili, funzionamento degli impianti irrigui e di sollevamento e scolo delle acque da parte di Consorzi di bonifica e Consorzi di irrigazione		
		10%
- Altre attività		
		22%
* In caso di forniture con potenza impegnata fino a 1,5 kW: se si consuma fino a 150 kWh/mese, le imposte non vengono applicate. Se invece si consuma di più, i kWh esenti da imposte vengono gradualmente ridotti. In caso di forniture con potenza impegnata oltre 1,5 kW e fino a 3 kW: se si consuma fino a 220 kWh/mese le imposte non vengono applicate ai primi 150 kWh. Se si consuma di più, i kWh esenti da imposte vengono gradualmente ridotti.		

Tabella 19, Imposte sull'energia elettrica, Fonte AEEGSI 2015⁴⁶

Le accise sono funzione del consumo di energia e per forniture superiori ai 3 kW esse hanno un valore costante indipendentemente dal consumo annuo. L'IVA invece si applica al totale della bolletta elettrica ed è pari al 10%.

5.1.4 SCAMBIO SUL POSTO

Il servizio di *scambio sul posto* è una particolare modalità di valorizzazione dell'energia che permette di operare un saldo netto tra l'immissione in rete di energia elettrica prodotta da un impianto e i prelievi di energia elettrica dalle rete in caso di non contemporaneità tra produzione e consumo e nei casi in cui il punto di immissione e prelievo coincidano⁴⁷. Tale meccanismo permette al produttore di ottenere una compensazione tra il valore economico dell'energia elettrica immessa in rete e il valore economico teorico associato all'energia prelevata e consumata in un periodo differente.

⁴⁶ Dal 1/1/2012

⁴⁷ (Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas e il Sistema Idrico, 2007)

Con la Delibera 570/2012/R/efr l'Autorità incarica il GSE come unico soggetto con il compito di gestire la disciplina dello scambio sul posto e di erogare il contributo in conto scambio (CS). Tale contributo è valutato secondo le modalità espresse nel *Testo integrato dello scambio sul posto*⁴⁸ e declinate dal GSE nel documento "*Disciplina dello scambio sul posto, regole tecniche*"⁴⁹. L'impianto fotovoltaico in oggetto si colloca come impianto alimentato da fonti rinnovabili di potenza fino a 20 kW.

5.1.4.1 Corrispettivo unitario di scambio forfetario⁵⁰

Il corrispettivo unitario di scambio forfetario è composto di due termini:

- CU_{sf}^{reti} : il corrispettivo unitario di scambio relativo alle reti, pari alla somma delle componenti unitarie variabili delle tariffe di trasmissione, distribuzione e dispacciamento espresse in c€/kWh;
- CU_{sf}^{ogs} : il corrispettivo unitario di scambio relativo agli oneri generali di sistema espresso in c€/kWh.

$$CU_{sf} = CU_{sf}^{reti} + CU_{sf}^{ogs}$$

Per il 2014 il GSE ha fornito i seguenti valori medi annuali per il corrispettivo unitario di scambio forfetario:

Corrispettivi $CU_{sf,m}$ e CU_{sf} nel caso di utenze in bassa tensione e per le utenze in media, alta e altissima tensione che non sono nella titolarità di imprese a forte consumo di energia elettrica	Anno 2014		
	CU_{sf} [c€/kWh]	CU_{sf}^{reti} [c€/kWh]	CU_{sf}^{ogs} [c€/kWh]
Domestico D1	10,401	3,514	6,887
Domestico D2			
consumo ≤ 1.800 kWh/anno	5,694	2,242	3,452
1.800 kWh/anno < consumo ≤ 2.640 kWh/anno	11,097	5,939	5,158
2.640 kWh/anno < consumo ≤ 4.440 kWh/anno	17,375	9,921	7,454
consumo > 4.440 kWh/anno	21,642	14,188	7,454
Domestico D3			
consumo ≤ 1.800 kWh/anno	11,680	4,226	7,454
1.800 kWh/anno < consumo ≤ 2.640 kWh/anno	13,393	5,939	7,454
2.640 kWh/anno < consumo ≤ 4.440 kWh/anno	17,375	9,921	7,454
consumo > 4.440 kWh/anno	21,642	14,188	7,454

Tabella 20, Corrispettivi unitari di scambio forfetario anno 2014, Fonte GSE

Si specifica che nel caso di utenze domestiche con tariffa a scaglioni il CU_{sf} è convenzionalmente calcolato dal GSE come media dei corrispettivi unitari di scambio forfetari annuali per scaglioni di consumo ponderata sulla quantità di energia elettrica ricadente in ciascuno scaglione.

⁴⁸ Vedi nota sopra;

⁴⁹ (GSE, 2013);

⁵⁰ Paragrafo 3.1 del (GSE, 2013);

$$CU_{sf}(D) = \frac{\sum_{j=1}^n \text{scaglioni} [CU_{sf,scaglione(j)} \times E_{S,scaglione(j)}]}{E_S}$$

$$CU_{sf}(D) = \frac{(0,1168 \times 848,422) + (0,13393 \times 179,495) + (0,17375 \times 221,871)}{1383,15}$$

$$= 11,689 \text{ c€/kWh}$$

5.1.4.2 Modello di calcolo per la determinazione del contributo in conto scambio Cs

Il contributo in conto scambio è il valore in euro che il GSE eroga al produttore di energia elettrica per l'energia scambiata con la rete. Tale contributo è valutato secondo la seguente relazione⁵¹:

$$C_s = \min[O_E; C_{EI}] + CU_{sf} \times E_S$$

Dove:

- O_E è la parte energia convenzionale, in euro, dell'onere annualmente sostenuto per l'acquisto dell'energia elettrica prelevata calcolata come prodotto tra la quantità prelevata EPR e il Prezzo Unico Nazionale (PUN);
- C_{EI} è la valorizzazione, in euro, dell'energia elettrica annualmente prodotta e immessa in rete dall'impianto;
- E_S è l'energia annualmente scambiata con la rete espressa in kWh, $E_S = \min[E_{PR}; E_I]$.

Il GSE associa all'energia elettrica immessa un controvalore C_{EI} , espresso in euro, pari a:

$$C_{EI} = \sum_{m=1}^{12} [E_{I,m} \times P_{Z_{MGP,8,20,m}}]$$

Dove:

- $P_{Z_{MGP,8,20,m}}$ è il Prezzo medio aritmetico dei prezzi zonali orari delle sole ore di mercato comprese tra l'ottava e la ventesima ora determinato su base mensile, espresso in c€/kWh.

Il GSE, fornisce mensilmente i valori di tali prezzi zonali orari. Per il 2014 sono riassunti nella Tabella 21:

⁵¹ Il GSE individua molteplici relazioni basate sulla tipologia di tariffazione (scaglioni ecc..) e su diverse basi temporali (annua, mensile, oraria), sono tutte strutturalmente simili a questa relazione. Per maggiori dettagli si rimanda al capitolo 4 delle Regole tecniche per lo scambio sul posto;

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
€/kWh	0,05972	0,04973	0,0439	0,04713	0,043697	0,044803	0,04215	0,03943	0,05547	0,057903	0,052217	0,05816

Tabella 21, Prezzi zionali orari medi mensili, Fonte GSE

5.1.4.3 Valorizzazione delle eccedenze

Nel caso in cui nel generico anno i -esimo dovesse risultare che gli oneri per l'acquisto dell'energia elettrica $O_{E,i}$ fossero minori del controvalore dell'energia $C_{EI,i}$, la differenza $C_{r,i}$ determina un credito su base annua che, a seconda della scelta dell'USSP⁵², può essere corrisposto come liquidazione dell'energia elettrica in eccedenza oppure riportato come credito per gli anni successivi.

$$O_{E,i} < C_{EI,i}$$

$$C_{r,i} = [C_{EI,i} - O_{E,i}]$$

Nel caso in cui si optasse per la liquidazione delle eccedenze, il GSE sulla base di quanto disposto dall'articolo 6 comma 6.7 dell'Allegato A dalla Delibera 570/2012/R/efr, provvede a riconoscere all'USSP il seguente credito liquidabile:

$$C_{RL,j} = \max\{0; C_{EI,j} - O_{E,j}\}$$

5.2 GAS NATURALE

Le condizioni economiche per il gas naturale sono dettate dall'Autorità per l'Energia Elettrica il Gas e il Sistema Idrico. Anche in questo campo c'è il mercato libero e il mercato di maggior tutela cui si fa riferimento per le condizioni economiche prese in considerazione nelle simulazioni. Le quote del prezzo del gas sono diverse a seconda del tipo di utenza cui ci si riferisce, nel caso di utenze domestiche sono quelle indicate in Figura 38:

⁵² Utente dello Scambio Sul Posto;

	CLIENTI DOMESTICI		
	Servizi di vendita	Servizi di rete	TOTALE
Quota energia (€/Smc)			
Sm3/anno: da 0 a 120		0,053955	0,355485
da 121 a 480		0,152758	0,454288
da 481 a 1.560		0,131673	0,433203
da 1.561 a 5.000	0,301530	0,127509	0,429039
da 5.001 a 80.000		0,107988	0,409518
da 80.001 a 200.000		0,079446	0,380976
da 200.001 a 1 mln		0,054143	0,355673
oltre 1 mln		0,046601	0,348131
Quota fissa (€/anno)			
calibro contatore da G4 a G6		24,18	81,94
da G10 a G40	57,76	224,12	281,88
oltre G40		937,59	995,35

Figura 38, Condizioni economiche per i clienti del Servizio di tutela dal 1/4/2015, Fonte: TRENTA⁵³

L'Autorità fornisce, oltre ai coefficienti per il calcolo delle tariffe, anche il potere calorifico superiore convenzionale (coefficiente P) pari a $P = 0,03852 \text{ GJ/Smc}$, che serve per la trasposizione dei prezzi da €/GJ a €/Smc.

5.2.1 IMPOSTE

Le imposte sul gas naturale, similmente alle imposte sull'energia elettrica, sono divise in accise e IVA, con l'aggiunta di una addizionale regionale. L'Autorità fornisce i seguenti valori da applicare ai consumi di una utenza civile:

TRIBUTI	Usi civili			
	Fascia di consumo annuo			
	fino a 120 m ³	da 120 a 480 m ³	da 480 a 1.560 m ³	oltre 1.560 m ³
ACCISA				
Normale	4,40	17,50	17,00	18,60
Territori ex-Cassa del Mezzogiorno ^A	3,80	13,50	12,00	15,00
ADDIZIONALE REGIONALE^B				
Piemonte	2,20000	2,58000	2,58000	2,58000
Veneto	0,77470	2,32410	2,58230	3,09870
Liguria				
- zone climatiche C e D	2,20000	2,58000	2,58000	2,58000
- zona climatica E	1,55000	1,55000	1,55000	1,55000
- zona climatica F	1,03000	1,03000	1,03000	1,03000
Emilia Romagna	2,20000	3,09874	3,09874	3,09874
Toscana	2,20000	3,09874	3,09874	3,09874
Umbria	0,51650	0,51650	0,51650	0,51650
Marche	1,55000	1,81000	2,07000	2,58000
Lazio				
- territori ex Cassa del Mezzogiorno ^A	1,90000	3,09900	3,09900	3,09900
- altre zone	2,20000	3,09900	3,09900	3,09900
Abruzzo				
- zone climatiche E e F	1,03300	1,03300	1,03300	1,03300
- altre zone	1,90000	2,32410	2,58230	2,58230
Molise	1,90000	3,09870	3,09870	3,09870
Campania	1,90000	3,10000	3,10000	3,10000
Puglia	1,90000	3,09800	3,09800	3,09800
Basilicata	1,90000	2,58230	2,58230	2,58230
Calabria	0,51650	0,51650	0,51650	0,51650
ALiquota IVA (%)	10	10	22	22

Figura 39, Imposte gas naturale, Fonte AEEGSI 2014⁵⁴

⁵³ Valori al netto delle imposte;

A differenza dell'energia elettrica, l'aliquota dell'IVA dipende dagli scaglioni progressivi di consumo.
Per i primi 480 m³ consumati si applica il 10 %, per i restanti il 22%.

54 Le regioni a statuto speciale hanno posto l'addizionale regionale pari a 0; l'imposta non è più dovuta anche in Lombardia dal 2002 (L.R. 18/12/2001, n.27);

6.0 SIMULAZIONI A CONFRONTO

I parametri trasversali alle varie simulazioni sono stati esposti nei capitoli precedenti, essi costituiscono la base di partenza per l'analisi delle diverse configurazioni impiantistiche. Dal modello dell'edificio, esposto nel capitolo 1.0, si è ricavato il fabbisogno termico per riscaldamento e raffrescamento, nonché la curva di carico del consumo elettrico. Nel capitolo 4.0 si è individuato il fabbisogno di acqua calda sanitaria necessario all'abitazione e nel capitolo 2.0 la produzione di energia elettrica dell'impianto fotovoltaico installato sulla copertura. Tali parametri sono riassunti nella Tabella 22:

Fabbisogno termico per riscaldamento	[kWh/m ² anno]	39,2
Fabbisogno termico per raffrescamento	[kWh/m ² anno]	22,28
Fabbisogno termico per ACS	[kWh/anno]	3.026,33
Consumi elettrici di base ⁵⁵	[kWh _e /anno]	1.633,74
Produzione di energia elettrica dal PV ⁵⁶	[kWh _e /anno]	5.396,75
Potenza impegnata	[kW]	6

Tabella 22, Dati generali simulazioni

Essendo l'impostazione dell'analisi su base oraria⁵⁷ del giorno medio mensile i valori nella Tabella 22 hanno valenza indicativa dell'ordine di grandezza; nei calcoli si sono utilizzati infatti valori orari ottenuti dai profili giornalieri medi. Per tutti i casi analizzati si è considerato il medesimo impianto fotovoltaico ed è stato previsto lo scambio sul posto con il GSE. Le voci dei costi di investimento si riferiscono solamente ai componenti che differiscono caso per caso, mentre non compaiono i costi sostenuti in ogni simulazione.

Le principali grandezze analizzate sono le seguenti:

- Q_{SENS} : fabbisogno termico per il riscaldamento [kWh];
- Q_W : fabbisogno ACS [kWh];
- Q_{PdC} : calore da fornire con la pompa di calore, dato dalla somma di Q_{SENS} e Q_W ;
- E_{e_PV} : energia elettrica prodotta dal fotovoltaico [kWh];
- COP : Coefficiente di prestazione della pompa di calore;
- E_{e_PdC} : energia elettrica assorbita dalla PdC;
- E_e : energia elettrica assorbita dai carichi di base;
- E_{PR} : energia elettrica prelevata dalla rete;
- E_I : energia elettrica immessa in rete.

⁵⁵ Si intendono i consumi al netto dell'assorbimento della pompa di calore;

⁵⁶ PhotoVoltaic;

⁵⁷ Vedi paragrafo 1.2 a pagina 10;

Le tabelle dettagliate delle quattro simulazioni sono in Appendice B.

6.1 PRINCIPALI CORRELAZIONI

I profili di Q_{SENS} e Q_W sono stati elaborati con l'ausilio del *Simulation Studio* e dal calcolo del fabbisogno di acqua calda sanitaria secondo la normativa, ipotizzando un profilo di consumo come indicato nella Tabella 15 a pagina 50. Il calore da fornire con la pompa di calore è individuato secondo la seguente relazione:

$$Q_{PdC} = Q_W + Q_{SENS}$$

I dodici profili di E_{e_PV} sono quelli riportati nella Tabella 13 a pagina 28, ricavati dallo studio di producibilità dell'impianto fotovoltaico. L'energia elettrica assorbita dalla pompa di calore dipende dal COP di esercizio che a sua volta dipende dalle condizioni di funzionamento. Indipendentemente dalla tipologia di pompa di calore utilizzata, l'assorbimento si ricava con la seguente formula:

$$E_{e_PdC} = \frac{Ass|Q_{PdC}|}{COP}$$

tenendo conto che il COP utilizzato è differente se la macchina funziona in climatizzazione estiva oppure in climatizzazione invernale. Il calore sensibile è positivo, se in riscaldamento, e negativo se in raffrescamento. Nella formula si prende il valore assoluto poiché, indipendentemente che si sta scaldando o raffreddando l'ambiente, la macchina assorbe energia elettrica. Avendo il profilo del carico elettrico di base, l'energia prodotta dal fotovoltaico e l'energia assorbita dalla pompa di calore per far fronte alla domanda di riscaldamento/raffrescamento e di ACS; si è in grado di calcolare l'energia elettrica prelevata dalla rete e l'energia elettrica immessa. L'energia prelevata è pari a:

$$E_{PR} = se\{[E_{ass} > E_{e_PV}]; (E_{ass} - E_{e_PV}); 0\}$$

con $E_{ass} = E_e + E_{e_PdC}$ energia assorbita, se è maggiore di quella prodotta dal fotovoltaico allora l'energia prelevata dalla rete sarà la differenza tra questi valori altrimenti sarà nulla, poiché tutta l'energia di cui ha bisogno l'abitazione sarà fornita dall'impianto fotovoltaico. L'energia immessa in rete è calcolata con la seguente relazione:

$$E_I = se\{(E_{ass} < E_{e_PV}); (E_{e_PV} - E_{ass}); 0\}$$

Se l'energia assorbita è minore di quella prodotta allora l'energia immessa è il saldo netto tra le due, altrimenti è pari a zero, poiché tutta l'energia prodotta è auto consumata.

6.2 CASO 1: GWHP⁵⁸

Per soddisfare il fabbisogno termico dell'abitazione, il primo caso prevede l'utilizzo di una pompa di calore geotermica a sonde verticali. L'utilizzo di tale macchina consente di avere un COP indipendente dalle condizioni climatiche. Esso dipende dalla temperatura del terreno che, come illustrato nei capitoli precedenti, è pari alla temperatura media annuale di una determinata località. Nella Tabella 23 sono riportate le configurazioni generali della simulazione:

Macchina termica	Pompa di calore Geotermica a sonde verticali
Contratto fornitura elettrica	Tariffa D1
Contratto gas	NO
Scambio sul Posto	SI
Logica di accumulo ACS	NO
Temperatura mandata riscaldamento	45 °C
Temperatura di ingresso riscaldamento	10 °C
Temperatura mandata raffrescamento	7 °C
Temperatura ingresso raffrescamento	15 °C

Tabella 23, Dati generali CASO 1

La pompa di calore funziona con una temperatura di mandata di 45 °C poiché deve soddisfare anche il fabbisogno di ACS⁵⁹, la temperatura di ingresso dell'acqua glicolica è stata assunta di 10 °C a fronte di una temperatura indisturbata del terreno di 12,6 °C, questa differenza è dovuta alle esigenze di scambio termico tra sonde e terreno. Il COP della macchina durante l'esercizio invernale è 4,61. Se la macchina potesse funzionare con una temperatura di mandata di 35 °C funzionerebbe con un COP di 5,88 che avvalorare le migliori prestazioni di terminali di impianto a bassa temperatura. Per la climatizzazione estiva la macchina funziona tra 15 e 7 °C, con un EER = 6,8⁶⁰.

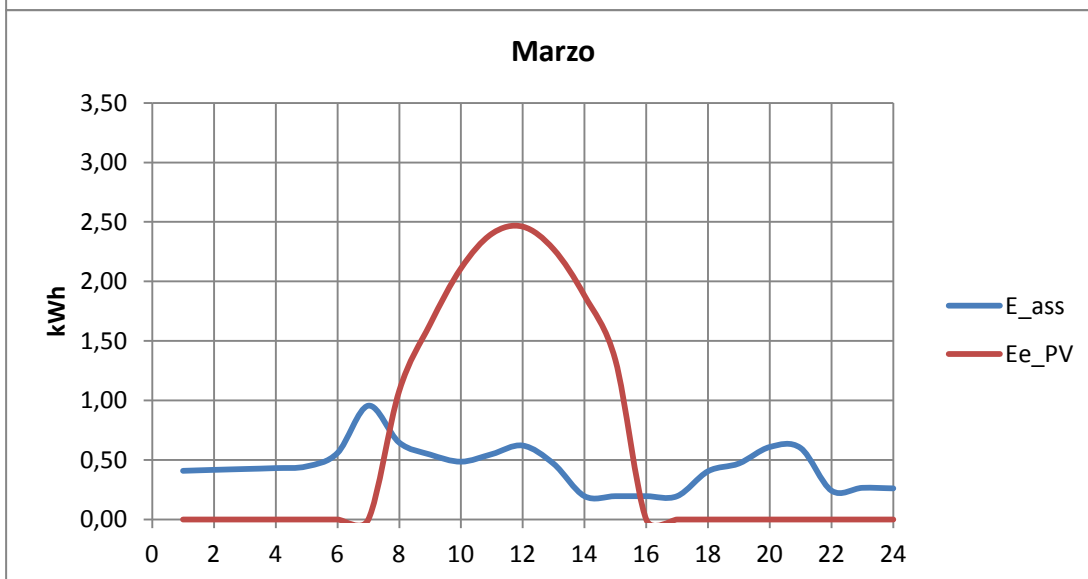
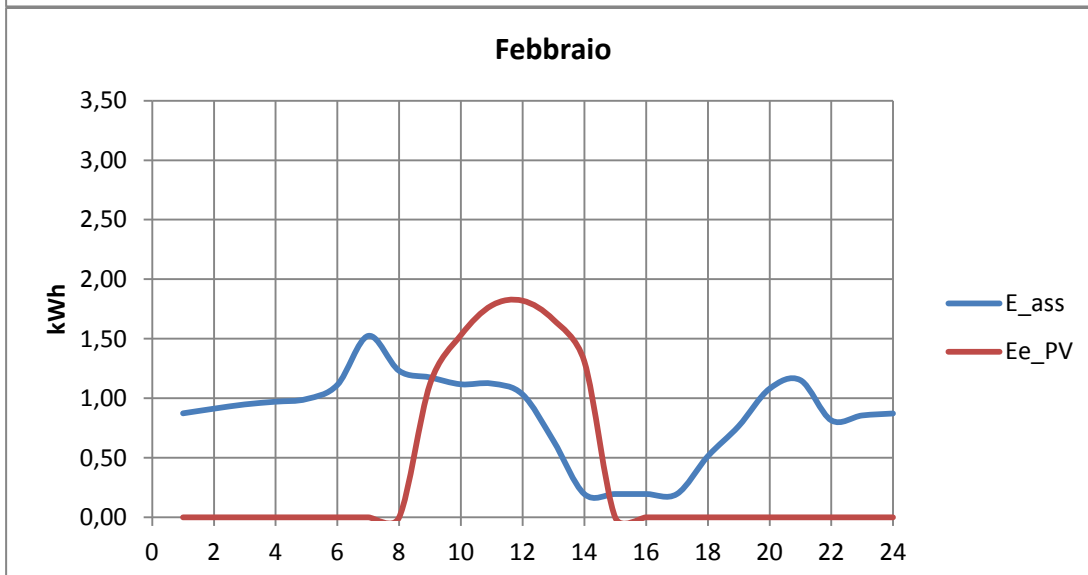
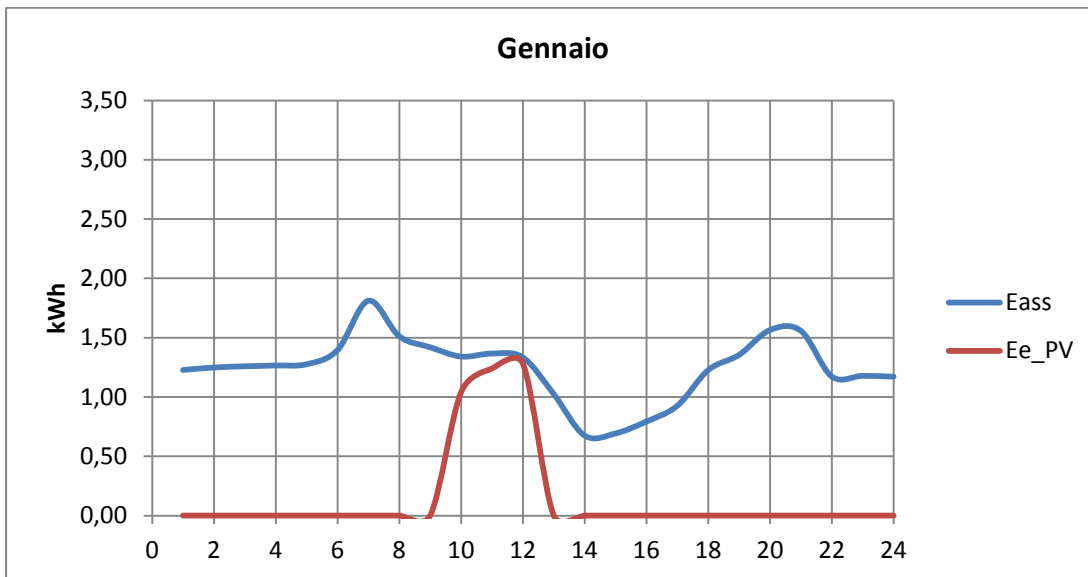
6.2.1 ELABORAZIONI

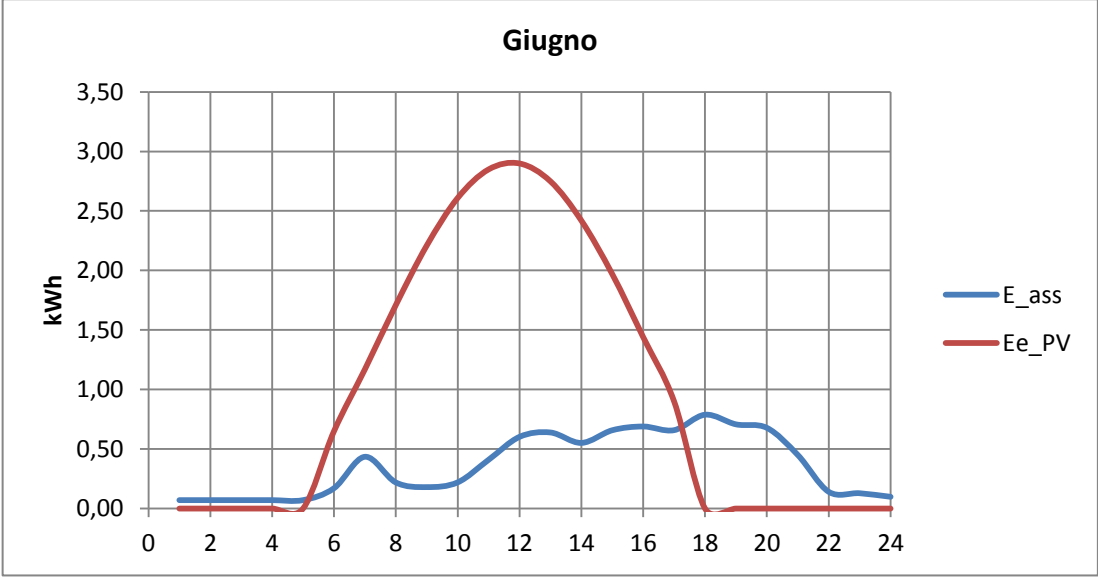
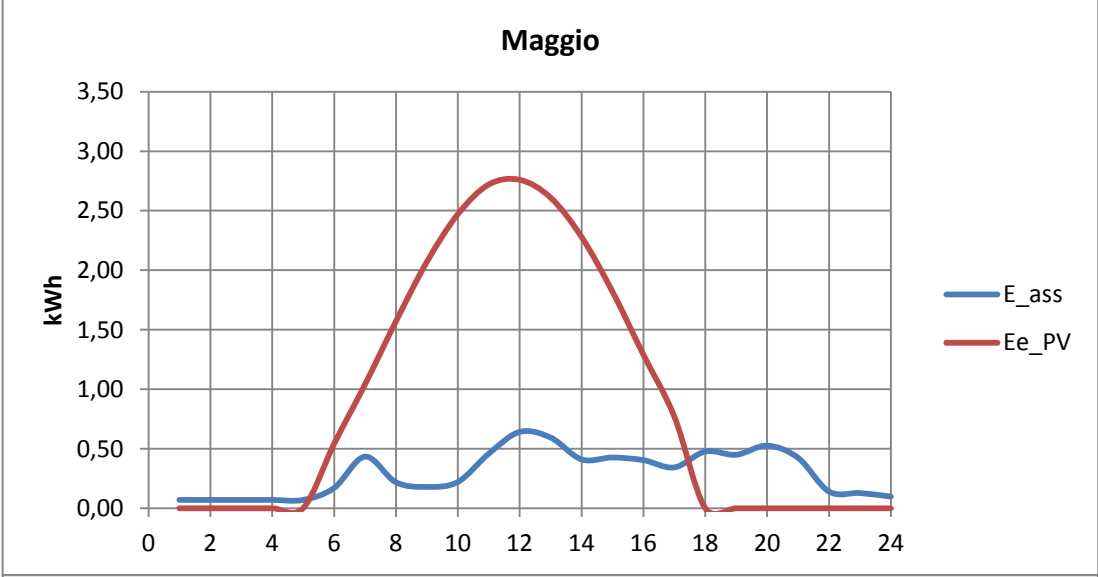
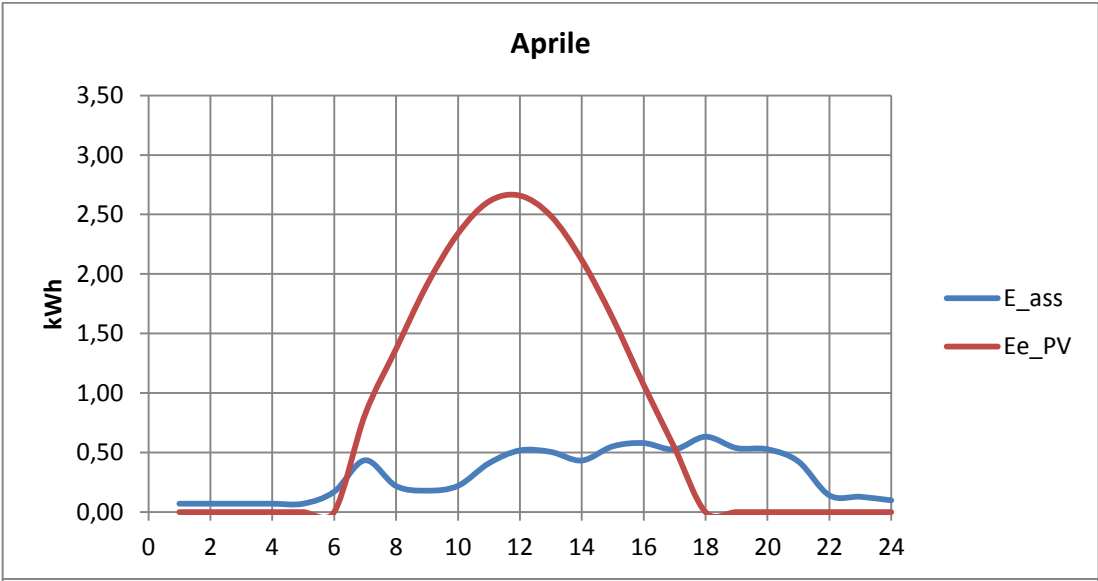
Dall'analisi dei dati orari del giorno tipo di ogni mese si è ricavato l'andamento giornaliero della curva di carico elettrica complessiva (curva blu) e l'andamento giornaliero dell'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico (curva rossa). L'area sottesa dalle curve rappresenta l'energia rispettivamente assorbita e prodotta dall'abitazione ed è immediato notare la contemporaneità tra consumo e produzione, la differenza tra le aree nelle ore in cui sono sovrapposte rappresenta l'energia immessa in rete.

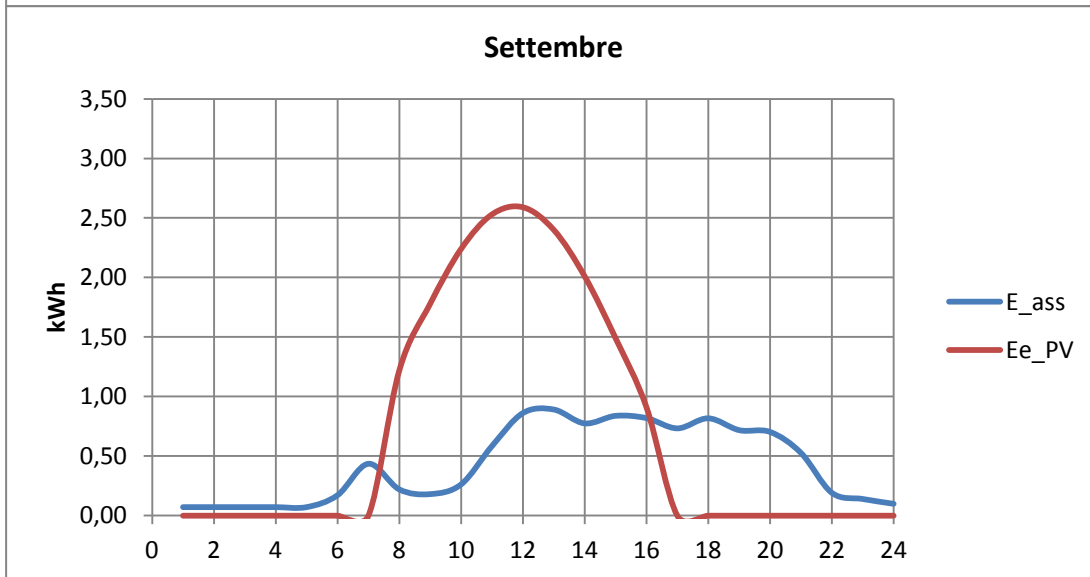
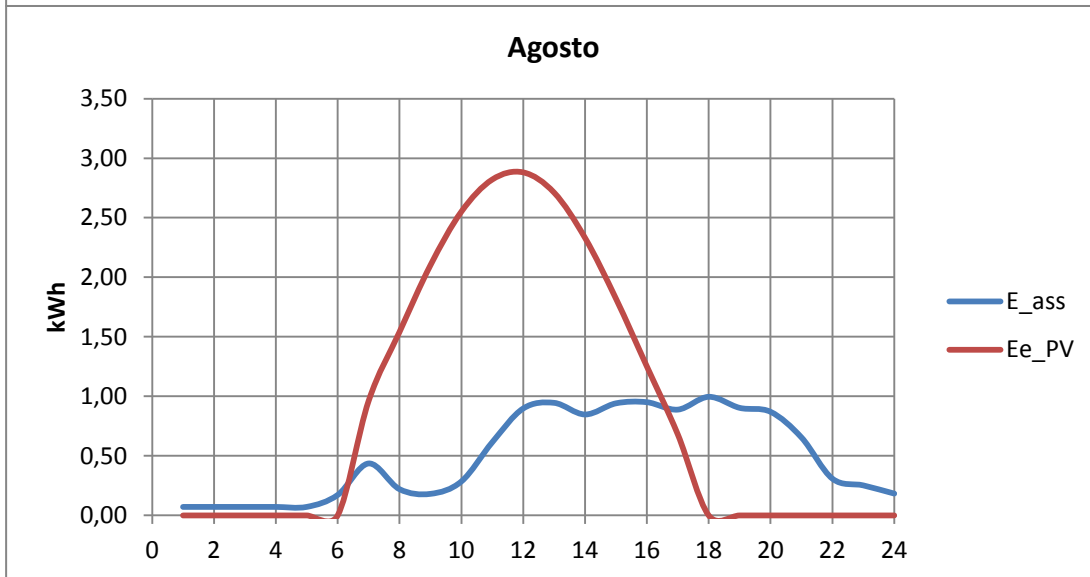
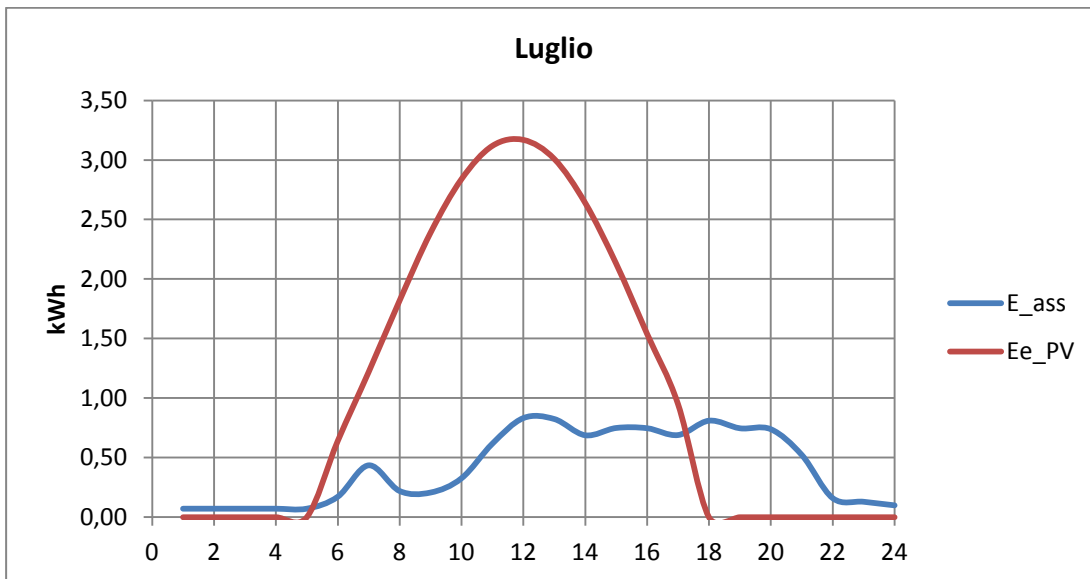
⁵⁸ GWHP: Ground Water Heat Pump;

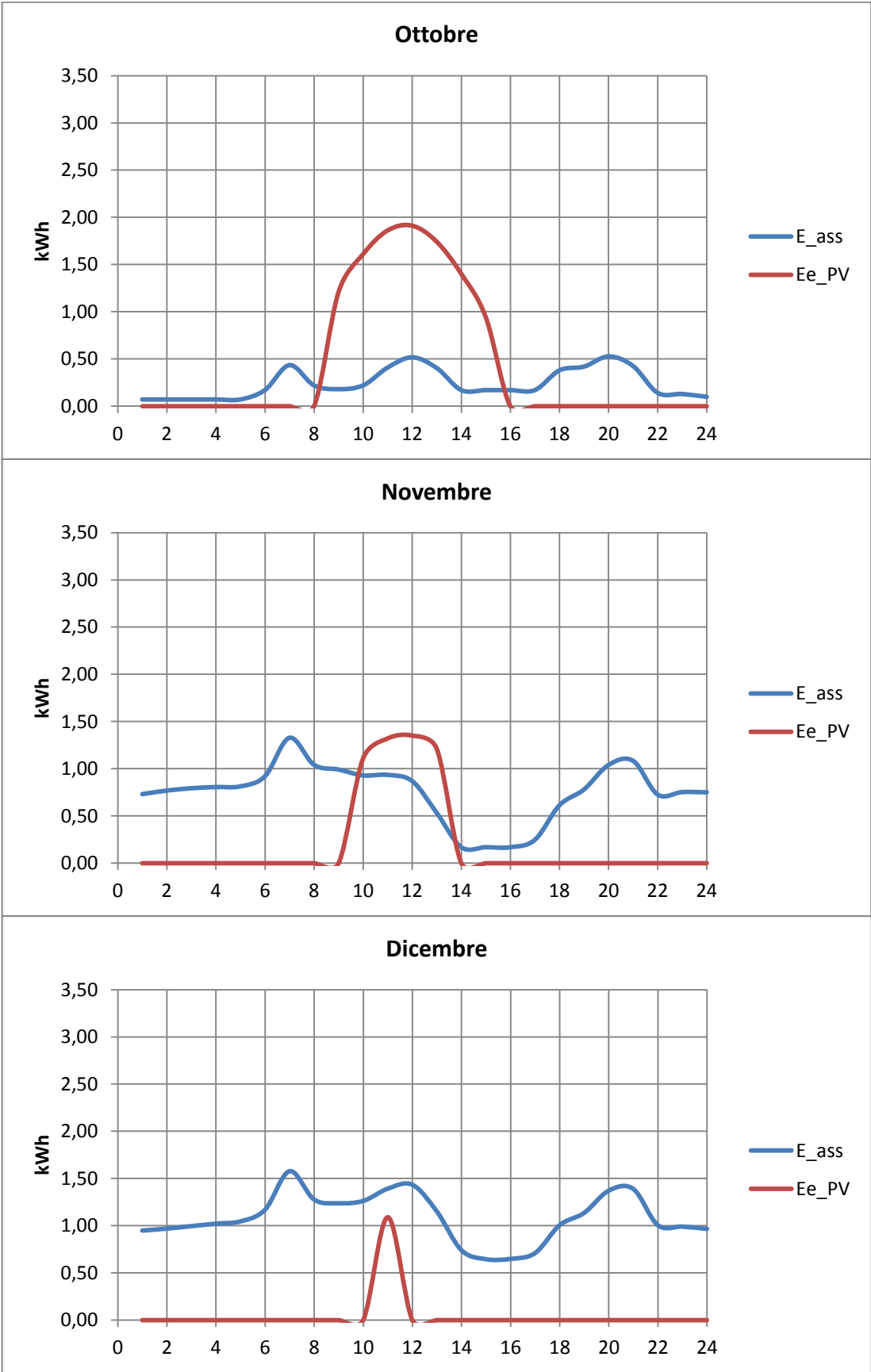
⁵⁹ Acqua Calda Sanitaria;

⁶⁰ Dato ricavato dalle curve del coefficiente di prestazione in condizioni di condizionamento estivo, (Weishaupt);









6.2.2 RISULTATI

Ottenuti i valori di energia prelevata ed immessa per ogni ora, è possibile applicare la tariffazione D1 suddivisa per le seguenti fasce orarie⁶¹:

- Fascia F1: dalle ore 8 alle 19 nei giorni dal lunedì al venerdì, escluse le festività nazionali;
- Fascia F23: dalle ore 19 alle 8 nei giorni dal lunedì al venerdì e tutte le ore del giorno di sabato, domenica e festività nazionali.

Per ogni mese l'onere per l'acquisto dell'energia si calcola come segue:

$$O_{e,j} = \left\{ \left[\left(\sum_{i=1}^{24} O_{e,lav,i} \right) \times (n_g - n_{gf}) \right] + \left[\left(\sum_{i=1}^{24} O_{e,fest,i} \right) \times n_{gf} \right] \right\} \quad [€]$$

Dove:

- $O_{e,j}$ è l'onere per l'acquisto dell'energia del mese j-esimo;
 n_g è il numero di giorni del mese j-esimo;
 n_f è il numero di giorni festivi del mese j-esimo;
 $O_{e,lav,i}$ è l'onere dell'ora i-esima dei giorni dal lunedì al venerdì del mese j-esimo;
 $O_{e,fest,i}$ è l'onere dell'ora i-esima dei giorni festivi del mese j-esimo;

Nella Tabella 24 sono riportati i valori mensili di energia immessa in rete E_I , energia prelevata E_{PR} , i coefficienti O_e e C_{ei} per il calcolo del conto scambio e le rispettive somme annuali:

Giorni			E_I	E_PR	Oe	Cei
ng	nf		kWh	kWh	€/mese	€/mese
31	10	gennaio	0,0	814,1	135,6	0,0
28	8	febbraio	112,4	424,9	70,5	5,5
31	9	marzo	362,4	209,5	34,7	15,9
30	10	aprile	449,5	90,2	15,0	21,1
31	11	maggio	540,3	80,4	13,3	23,6
30	9	giugno	544,4	100,1	16,7	24,3
31	8	luglio	588,04	110,0	18,3	24,7
31	10	agosto	454,2	151,4	25,2	17,9
30	8	settembre	352,3	146,2	24,4	19,5
31	9	ottobre	266,6	112,4	18,7	15,4
30	9	novembre	51,7	440,8	73,2	2,7
31	9	dicembre	0,0	775,6	129,5	0,0
TOT			3722,3	3456,3	575,7	171,1

Tabella 24, Riepilogo CASO 1

⁶¹ Come indicato dalla Tabella 18, Condizioni economiche per la tariffa sperimentale D1, Fonte AEEGSI a pag. 61;

L'onere orario è calcolato come prodotto tra $E_{PR,i}$ e la componente variabile applicata a quell'ora del giorno della tariffa in vigore. Per i dettagli del calcolo di C_{ei} ed $O_{e,i}$ si rimanda al paragrafo 5.1.4.2 a pagina 65.

Il grafico in Figura 40 mostra l'energia immessa e prelevata in ogni mese dell'anno:

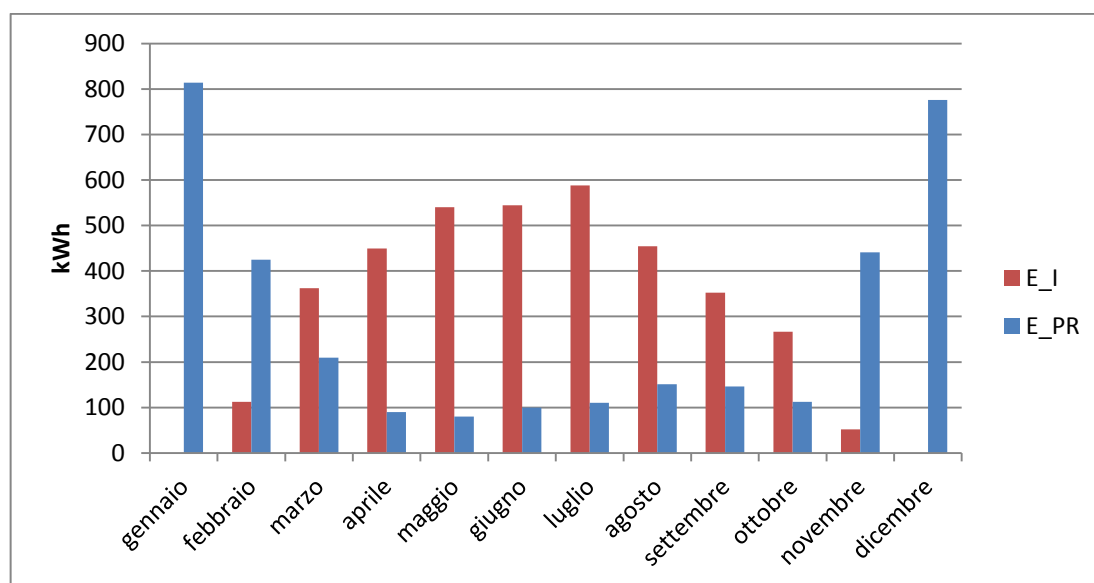


Figura 40, Energia immessa e prelevata nel CASO 1

6.2.2.1 Costi di gestione

I costi di gestione dell'impianto, sono calcolati dalla differenza tra le bollette che l'utente deve pagare e il contributo in conto scambio che riceve dal GSE a fronte dell'energia elettrica immessa. Nel caso 1 si ha solamente l'allacciamento elettrico e la bolletta, come esposto nel capitolo precedente, è data dalla somma di quota energia, quota potenza e quota fissa a cui si sommano le accise e l'IVA, come riassunto nella Tabella 25:

BOLLETTA ELETTRICA	€/anno
Quota energia	575,7
Quota potenza	98,4
Quota fissa	72,3
Accise	78,4
IVA	82,5
TOT	907,5

Tabella 25, Bolletta elettrica CASO 1

Il contributo in conto scambio C_S corrisposto dal GSE, calcolato con le modalità ed i coefficienti precedentemente esposti, è pari a:

$$C_s = \min[575,7; 171,1] + 0,10401 \times 3456,3 = 530,5 \text{ [€]}$$

Per cui i costi di gestione C_g per il caso 1, ammontano a:

$$C_g = 907,5 - 530,5 = \mathbf{376,9 \text{ [€]}}$$

6.2.2.2 Costi di investimento

I costi di investimento riguardano l'installazione della pompa di calore geotermica, del campo di sonde verticali, e dell'accumulo per l'acqua calda sanitaria. I costi riportati in Tabella 26⁶² sono comprensivi della messa in opera:

Pompa di calore geotermica	€8.837
Sonde verticali	€ 7.713
Accumulo ACS	€ 5.200
TOTALE	€ 21.750

Tabella 26, Costi di investimento CASO 1

L'elevato costo per l'accumulo termico è dovuto al fatto che è un serbatoio per il funzionamento con pompa di calore, non previsto nella macchina geotermica, che ha un costo di realizzazione maggiore rispetto a quelli tradizionali.

6.3 CASO 2: GWHP CON LOGICA DI ACCUMULO

Il secondo caso di studio, prevede sempre l'utilizzo di una pompa di calore geotermica a sonde verticali ma con l'implementazione di una logica di accumulo dell'energia elettrica prodotta in esubero. La Tabella 27, riporta la configurazione generale della simulazione:

Macchina termica	Pompa di calore Geotermica a sonde verticali
Contratto fornitura elettrica	Tariffa D1
Contratto gas	NO
Scambio sul Posto	SI
Logica di accumulo ACS	SI
Temperatura mandata riscaldamento	45 °C / 55 °C
Temperatura di ingresso riscaldamento	10 °C
Temperatura mandata raffrescamento	7 °C
Temperatura ingresso raffrescamento	15 °C

Tabella 27, Dati generali CASO 2

Per accumulare l'energia elettrica in esubero rispetto ai consumi dell'abitazione vi sono vari modi. Il più ovvio è il cambiamento delle abitudini domestiche per far sì che il consumo di energia sia contestuale alla disponibilità della stessa, utilizzando ad esempio gli elettrodomestici, concentrando le

⁶² Tali costi sono stati forniti come preventivo da un installatore;

docce ecc. durante le ore centrali della giornata. Oltre ad una soluzione comportamentale dal punto di vista tecnico tra le ipotesi vagliate si è scartata l'opzione di utilizzare batterie da ricaricare durante il giorno per poter utilizzare l'energia elettrica in un successivo momento. Si è invece sviluppata l'idea di sfruttare l'accumulo di ACS come serbatoio termico che operi da cuscinetto per i consumi di acqua calda, facendo funzionare la pompa di calore ad una temperatura di set point maggiore qualora fosse disponibile energia "gratuita" dal fotovoltaico. Per maggiori dettagli si rimanda al paragrafo 4.3 a pagina 51.

6.3.1 ELABORAZIONI

L'introduzione della logica di accumulo implica una modifica nel fabbisogno di acqua calda sanitaria che, a differenza degli altri casi, segue un profilo giornaliero diverso per ogni mese dell'anno. L'energia elettrica assorbita dalla pompa di calore è ricavata dalla somma dell'energia elettrica per fornire calore a 45 °C (riscaldamento e ACS a 40 °C) e l'energia necessaria per accumulare calore a 55 °C.

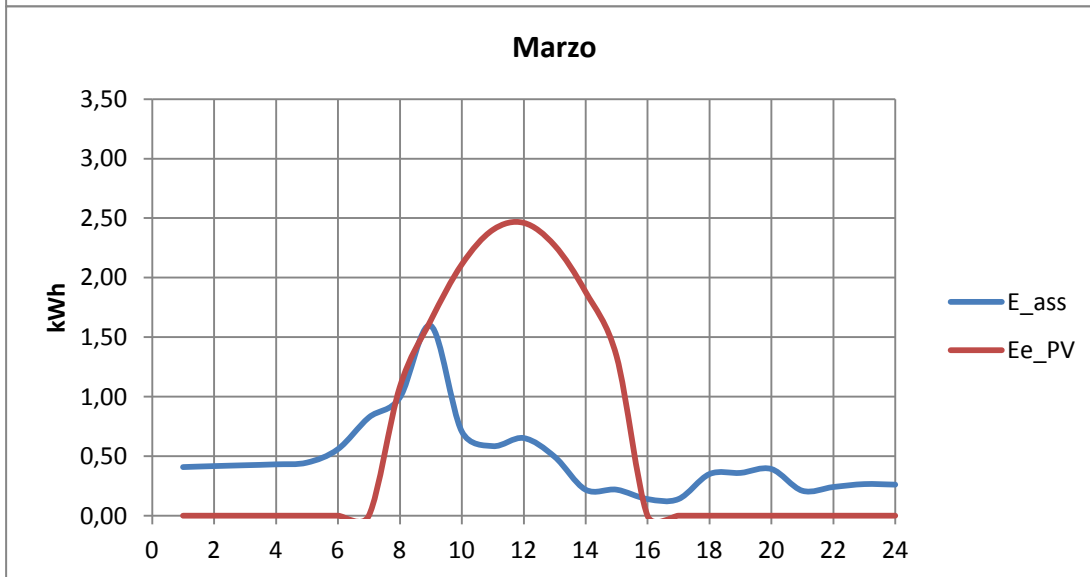
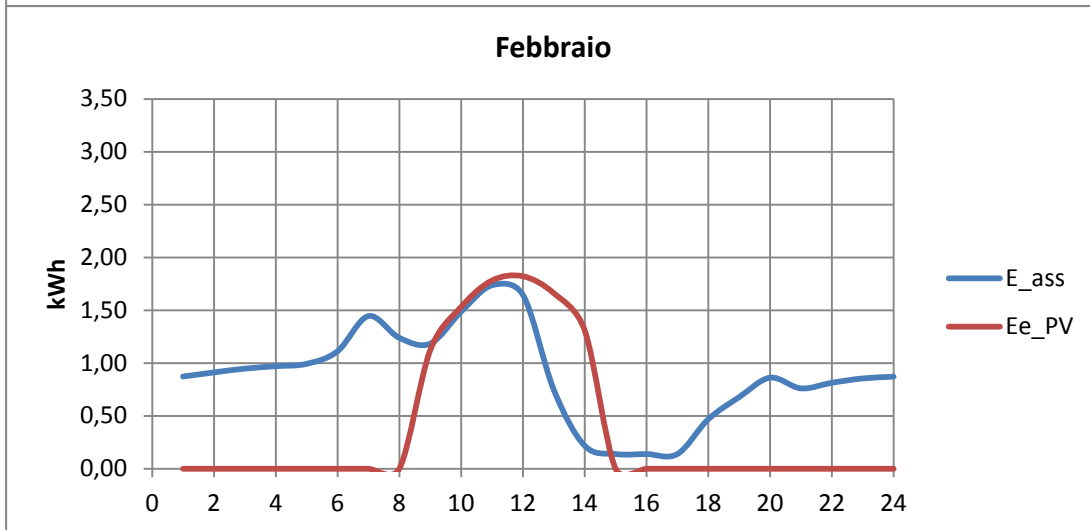
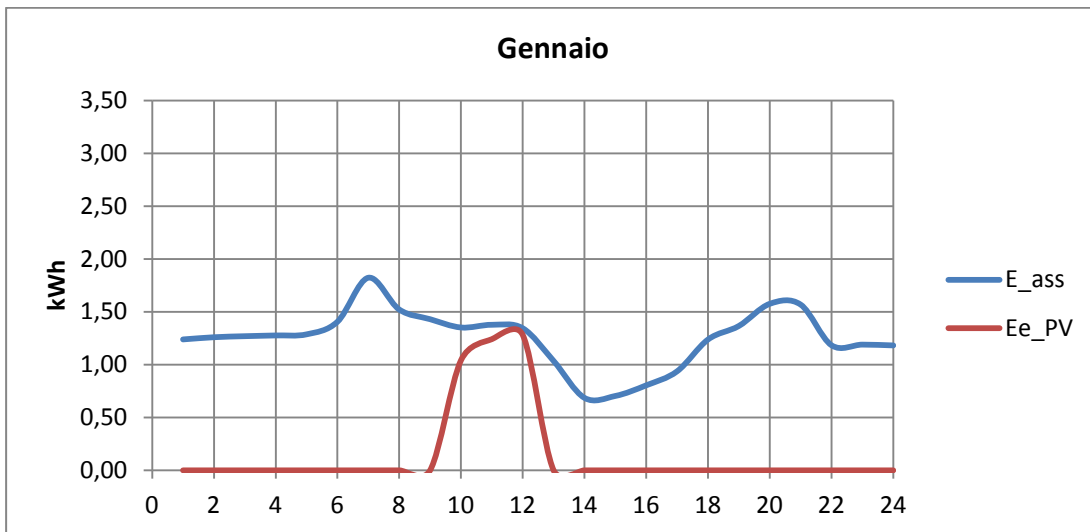
$$E_{e_PdC,i} = \frac{Q_{w,i} + Q_{SENS,i}}{COP_{45}} + se \left\{ (Q_{w,PV,i} > 0); \frac{Q_{w,PV,i}}{COP_{55}}; 0 \right\} \quad [kWh]$$

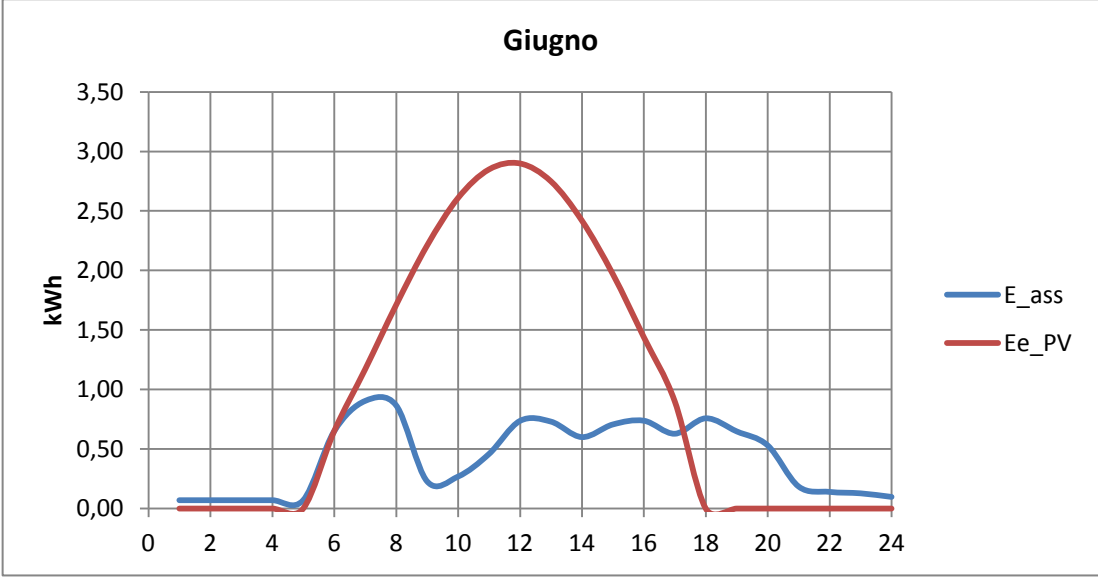
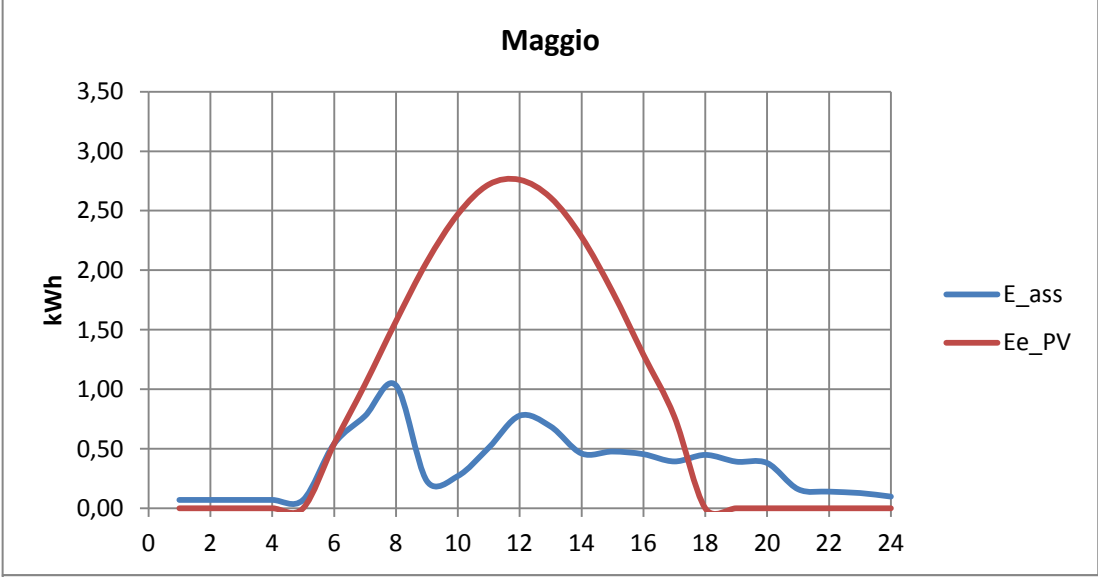
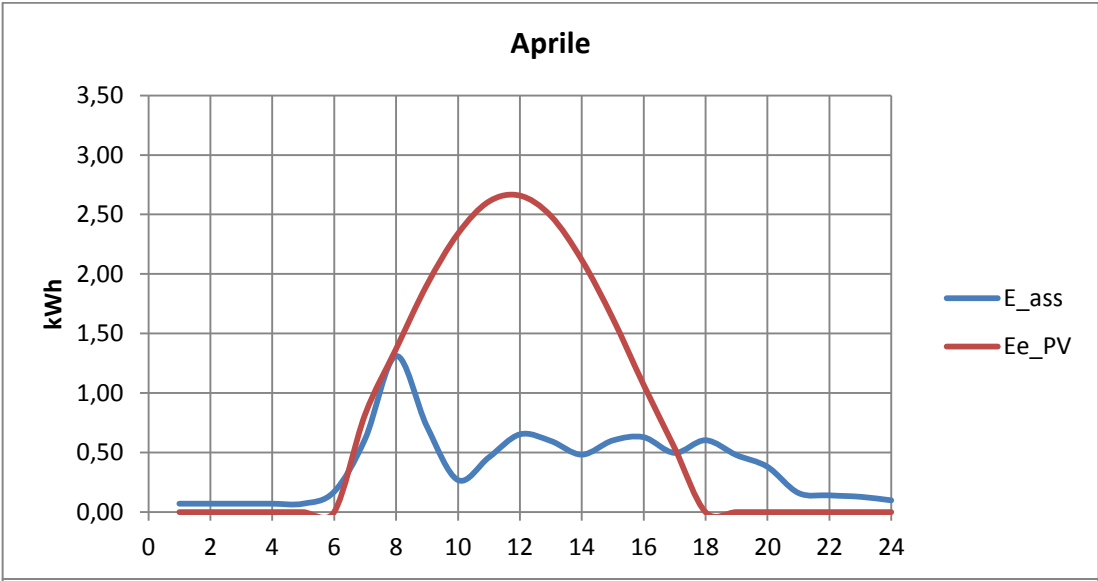
Dove:

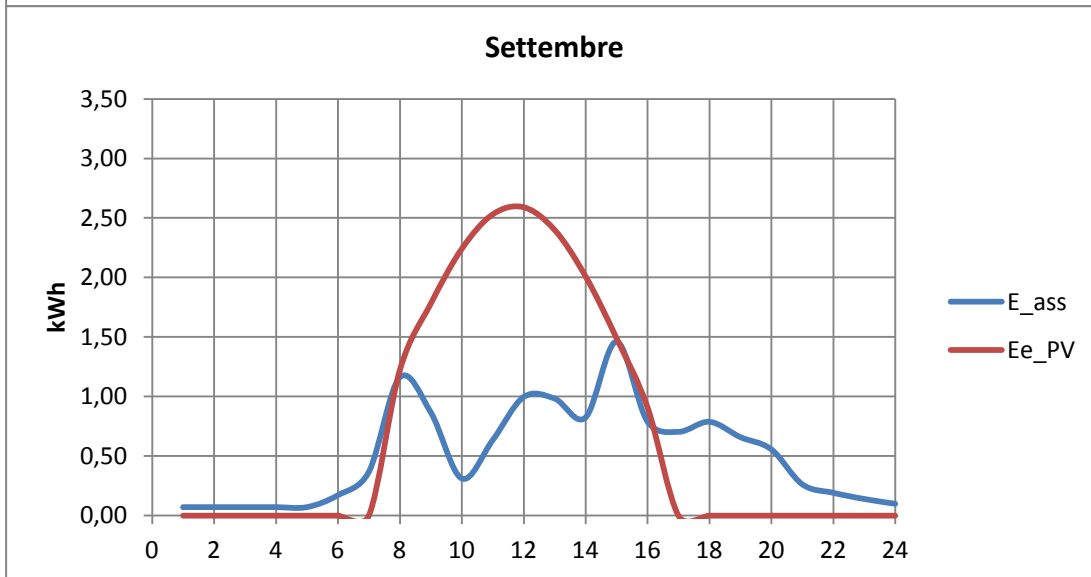
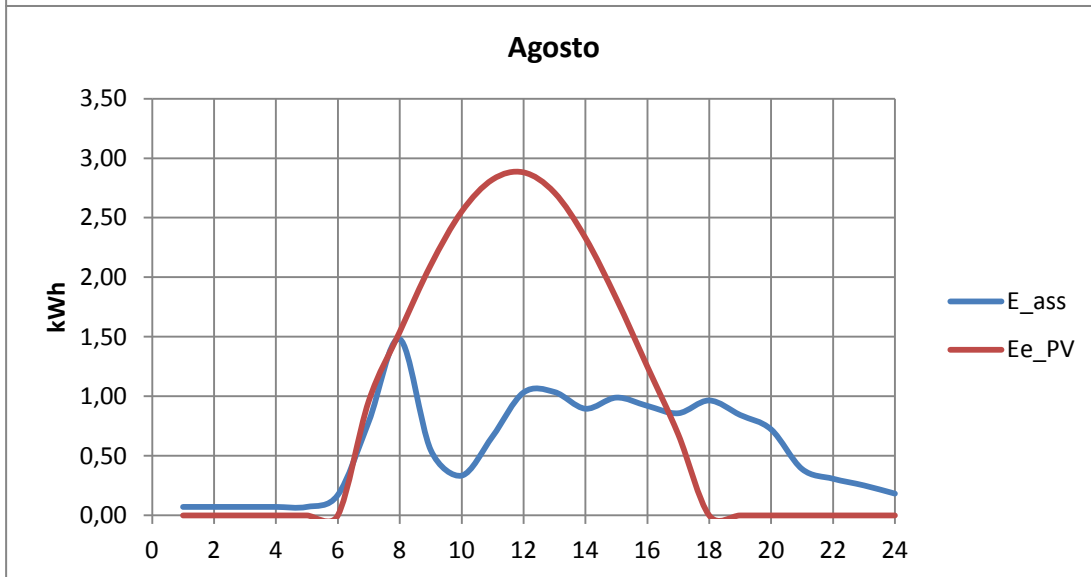
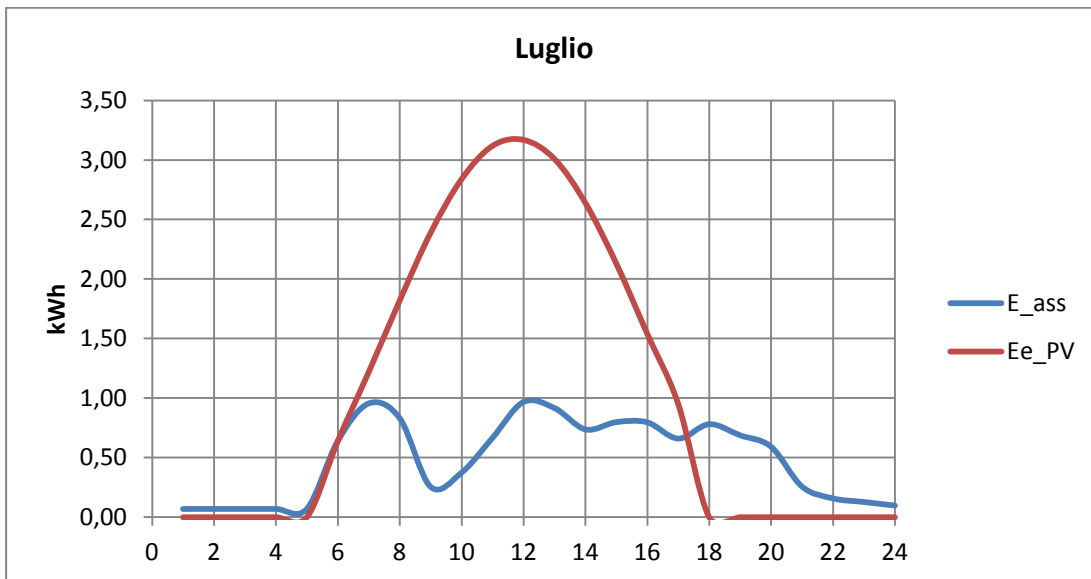
$E_{e_PdC,i}$	è l'energia elettrica assorbita dalla pompa di calore nell'ora i-esima [kWh];
$Q_{w,i}$	è il fabbisogno termico per l'ACS a 40 °C nell'ora i-esima [kWh];
$Q_{SENS,i}$	è il fabbisogno termico per il riscaldamento nell'ora i-esima [kWh];
COP_{45}	è il COP calcolato a 45 °C;
COP_{55}	è il COP calcolato a 55 °C;
$Q_{w,PV,i}$	è il fabbisogno termico per l'ACS a 55 °C nell'ora i-esima [kWh];

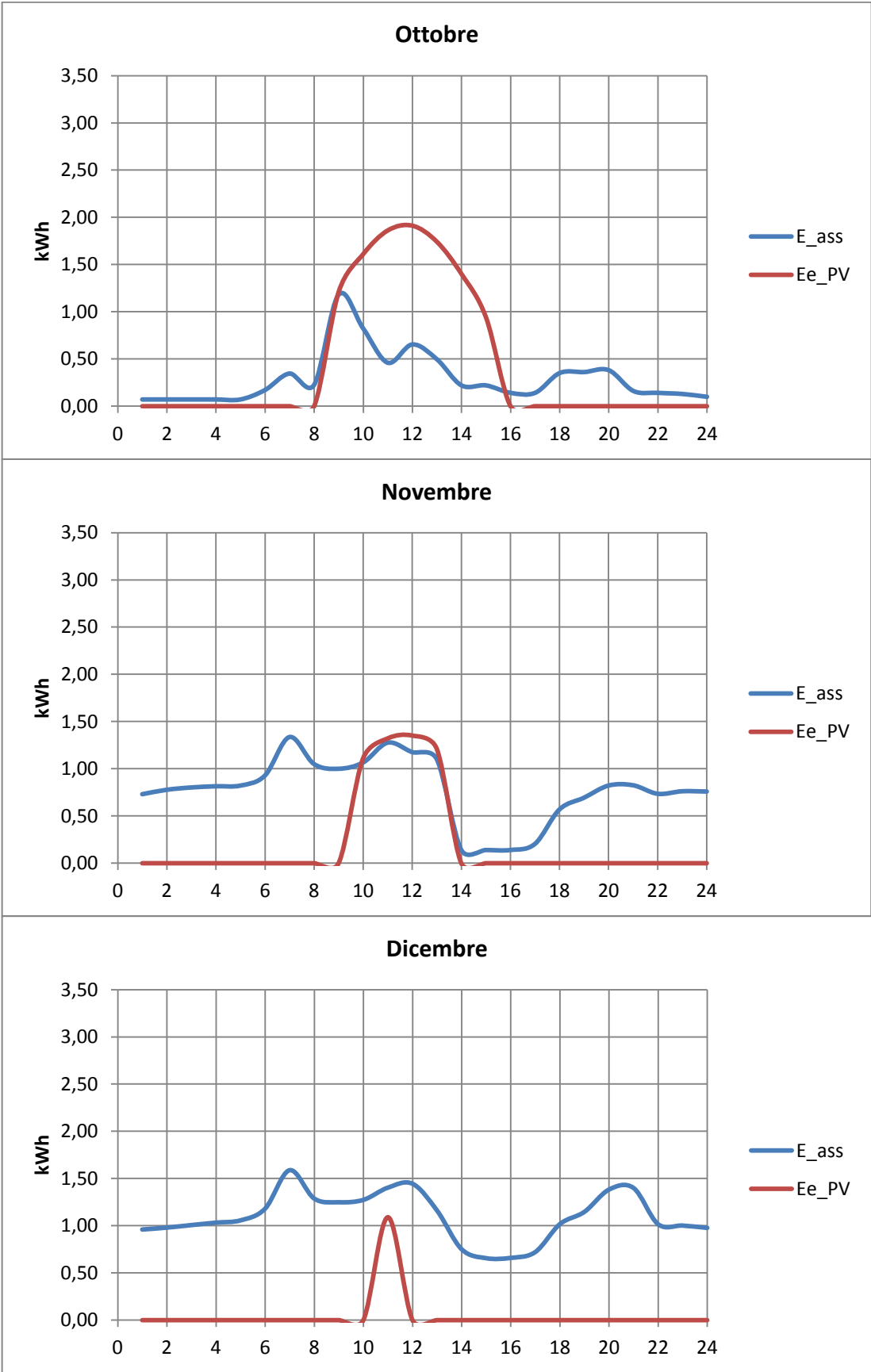
Per la climatizzazione estiva il calore per l'ACS è convertito con il COP a 45/55 °C a seconda del caso, mentre per il fabbisogno termico di raffrescamento si utilizza l'EER.

I grafici seguenti rappresentano l'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico (curva rossa) e l'energia elettrica assorbita dall'abitazione (curva blu), valutate con le correlazioni di pagina 70:









6.3.2 RISULTATI

Come per il caso 1, si è calcolato l'ammontare degli oneri per l'acquisto dell'energia elettrica O_e e il controvalore dell'energia C_{ei} a partire dai corrispettivi mensili di energia immessa E_I e prelevata E_{PR} . I risultati ottenuti sono riassunti nella Tabella 28:

Giorni			E_I	E_PR	Oe	Cei
ng	nf		kWh	kWh	€/mese	€/mese
31	10	gennaio	0,0	814,1	135,5	0,0
28	8	febbraio	63,3	366,9	61,1	3,1
31	9	marzo	301,0	137,7	22,9	13,2
30	10	aprile	381,9	42,7	7,1	18,0
31	11	maggio	475,2	10,4	1,7	20,7
30	9	giugno	481,6	58,7	9,7	21,5
31	8	luglio	522,9	73,3	12,2	22,0
31	10	agosto	380,4	169,4	28,2	15,0
30	8	settembre	274,3	153,8	25,6	15,2
31	9	ottobre	205,3	64,8	10,8	11,8
30	9	novembre	11,0	391,4	65,1	0,5
31	9	dicembre	0,0	775,6	129,1	0,0
TOT			3097,4	3059,2	509,5	141,4

Tabella 28, Riepilogo CASO 2

Nei grafici precedenti si nota l'impatto che la logica di accumulo comporta nell'energia elettrica assorbita dall'impianto. Rispetto al caso 1, infatti, durante le ore di produzione del fotovoltaico si ha una maggiore aderenza tra la curva dei consumi e la curva di produzione e durante le ore serali un minor prelievo di energia dalla rete. Come esposto nel paragrafo 4.3, dati i limiti imposti alla temperatura raggiungibile, non è possibile sfruttare maggiormente l'energia prodotta che andrà venduta al GSE con lo scambio sul posto.

Il grafico in Figura 41, mostra l'energia immessa e prelevata in ogni mese dell'anno:

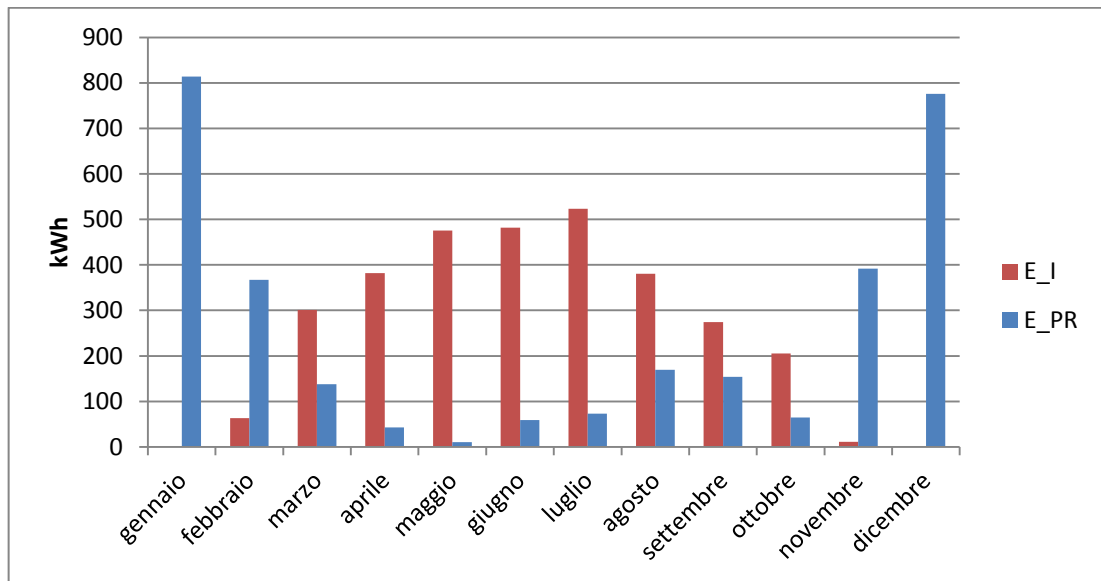


Figura 41, Energia immessa e prelevata nel CASO 2

6.3.2.1 Costi di gestione

L'unica bolletta che il consumatore dovrà pagare è quella elettrica, riportata in dettaglio nella Tabella 29:

BOLLETTA ELETTRICA	€/anno
Quota energia	509,5
Quota potenza	98,4
Quota fissa	72,3
Accise	69,4
IVA	74,9
TOT	824,8

Tabella 29, Bolletta elettrica CASO 2

Al costo annuale della bolletta elettrica si deve sottrarre il contributo in conto scambio erogato dal GSE:

$$C_{s,2} = \min[509,5; 141,4] + 0,10401 \times 3059,2 = 459,6 \text{ [€]}$$

I costi di gestione C_g per il caso 2 ammontano a:

$$C_{g,2} = 824,8 - 459,6 = 365,1 \text{ [€]}$$

L'accumulare energia elettrica ha ridotto le quote di energia prelevata dalla rete e di energia immessa, permettendo di ridurre la spesa per l'acquisto dell'energia ma anche riducendo l'introito dovuto dal

contributo in conto scambio poiché si è ridotto l' O_e . Il costo di gestione rispetto al caso 1, è leggermente minore con un risparmio netto di 11,782 € all'anno.

6.3.2.2 Costi di investimento

I costi di investimento riguardano l'installazione della pompa di calore geotermica, del campo di sonde verticali, e dell'accumulo per l'acqua calda sanitaria.

Pompa di calore geotermica	€8.837
Sonde verticali	€ 7.713
Accumulo ACS	€ 5.200
TOTALE	€ 21.750

Tabella 30, Costi di investimento CASO 1

Sono gli stessi costi del caso 1, poiché la logica di accumulo tramite il serbatoio termico, non implica alcuna componente aggiuntiva ma solamente una logica di controllo adeguata.

6.4 CASO 3: CALDAIA A CONDENSAZIONE

Il terzo caso analizzato prevede l'utilizzo di una caldaia a condensazione per soddisfare il fabbisogno termico di riscaldamento e di acqua calda sanitaria. La maggior parte delle abitazioni in Italia⁶³ ricorre a questa tipologia impiantistica per soddisfare il fabbisogno energetico. Questo caso si propone come "tradizionale" e vuole porre un punto di riferimento per le altre simulazioni. L'utilizzo di un combustibile fossile come fonte primaria di energia non rispetta i limiti di legge previsti dal DL. 3 marzo 2011, n°28⁶⁴. È necessario pertanto è necessario installare un impianto di pannelli solari termici, per far fronte con le energie rinnovabili ad almeno il 50 % del fabbisogno per l'acqua calda sanitaria e il 20 % del totale fabbisogno energetico. Per i motivi esposti nel paragrafo 1.3 a pagina 12 è prevista una macchina frigorifera (una pompa di calore aria acqua) per la climatizzazione estiva, al fine di ottenere gli stessi standard di comfort delle altre soluzioni.

Macchina termica	Caldaia a condensazione
Contratto fornitura elettrica	Tariffa D3 monoraria
Contratto gas	SI
Scambio sul Posto	SI
Logica di accumulo ACS	NO
Produzione ACS	Pannelli solari termici per il 50 %
Macchina frigorifera:	
Temperatura mandata raffrescamento	7 °C
Temperatura ingresso raffrescamento	$T_{\text{aria esterna}}$ °C

Tabella 31, Dati generali caso 3

⁶³ il 70 % delle famiglie italiane utilizza come fonte energetica il metano per riscaldamento e acqua calda sanitaria, Fonte (ISTAT, 2013) pagina 4;

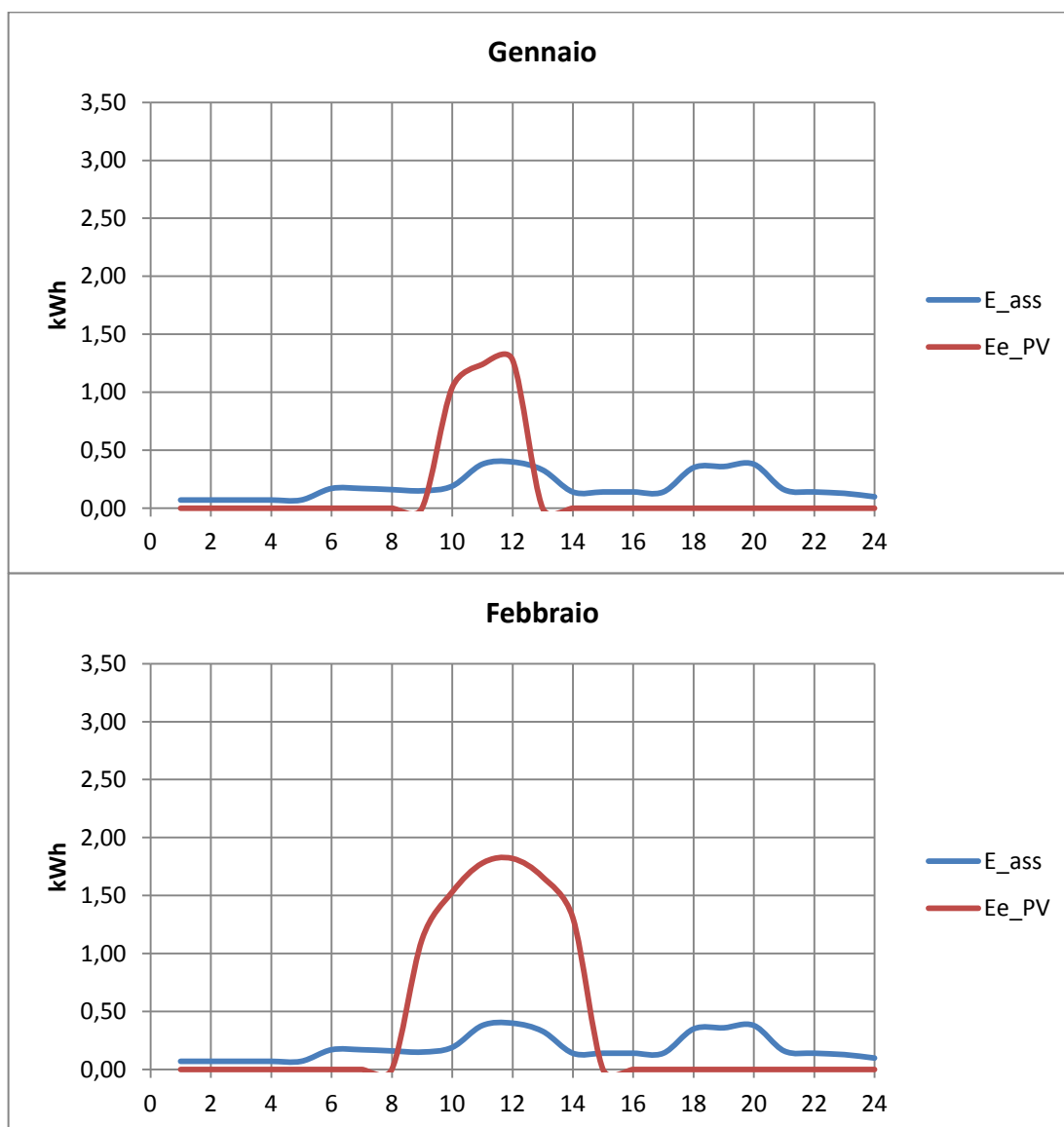
⁶⁴ vedi nota 26a pagina 35;

6.4.1 ELABORAZIONI

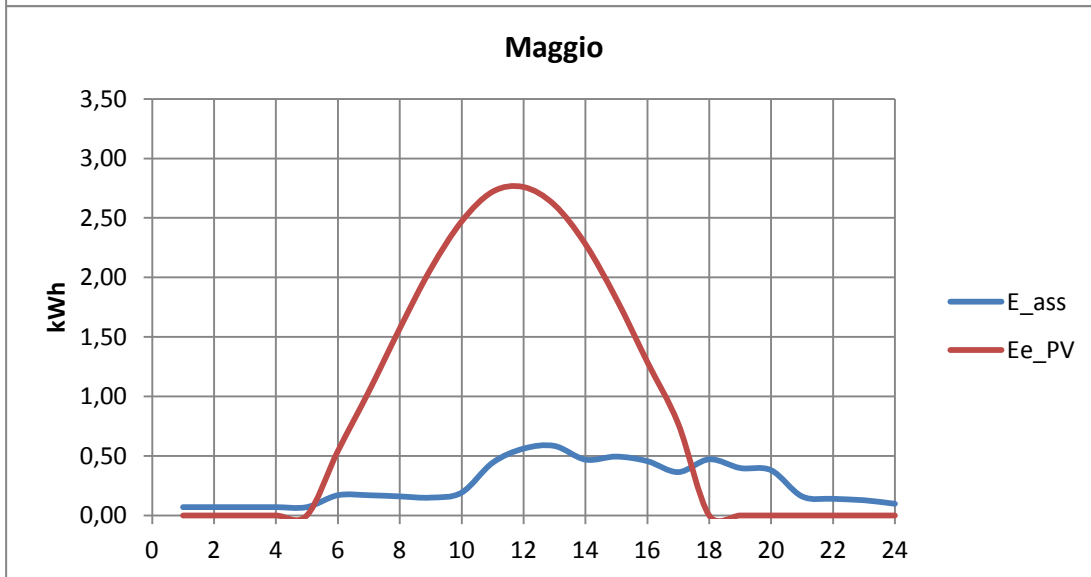
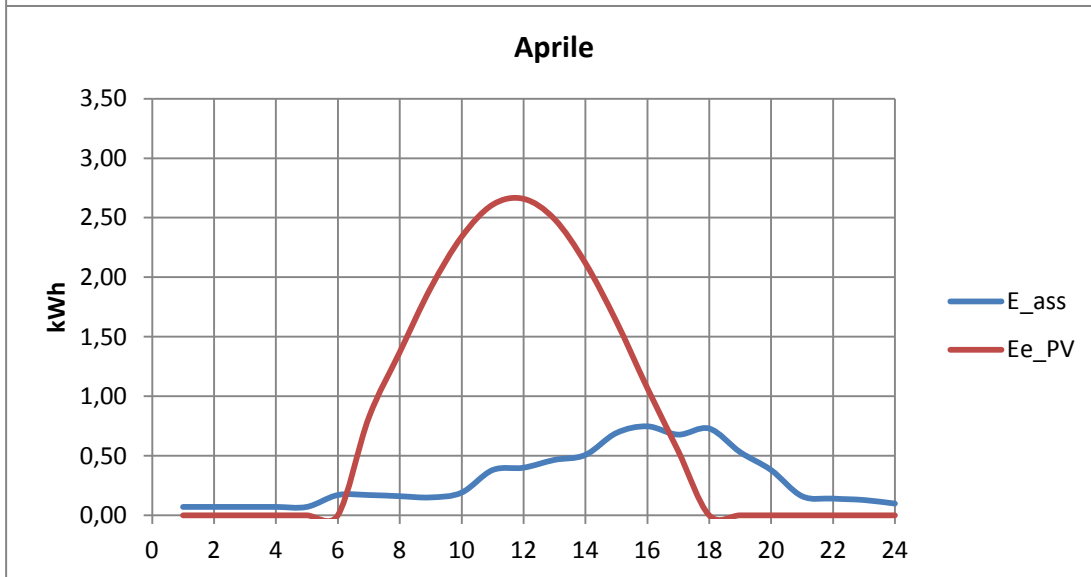
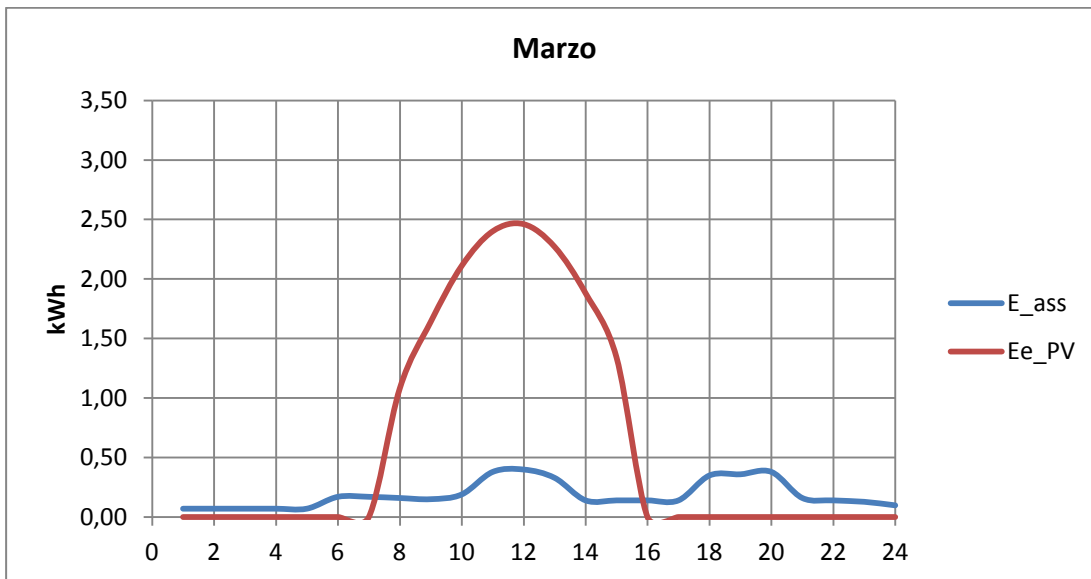
In modo analogo ai casi precedenti si è calcolata l'energia elettrica assorbita dall'abitazione. Il contributo per la climatizzazione estiva è stato ricavato dal rapporto tra il fabbisogno termico per il raffrescamento e l'EER della macchina calcolato come segue:

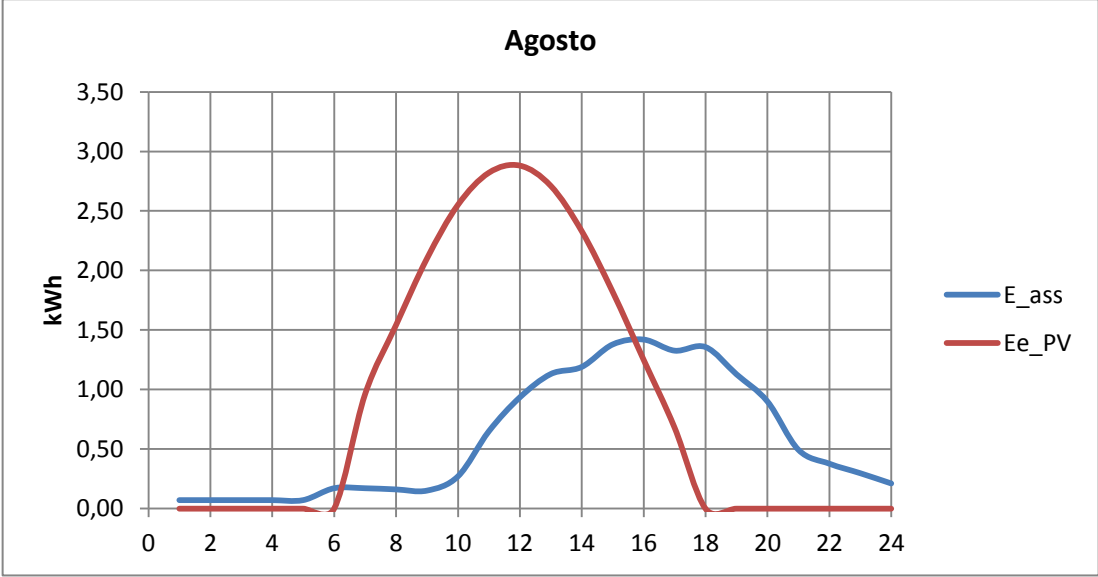
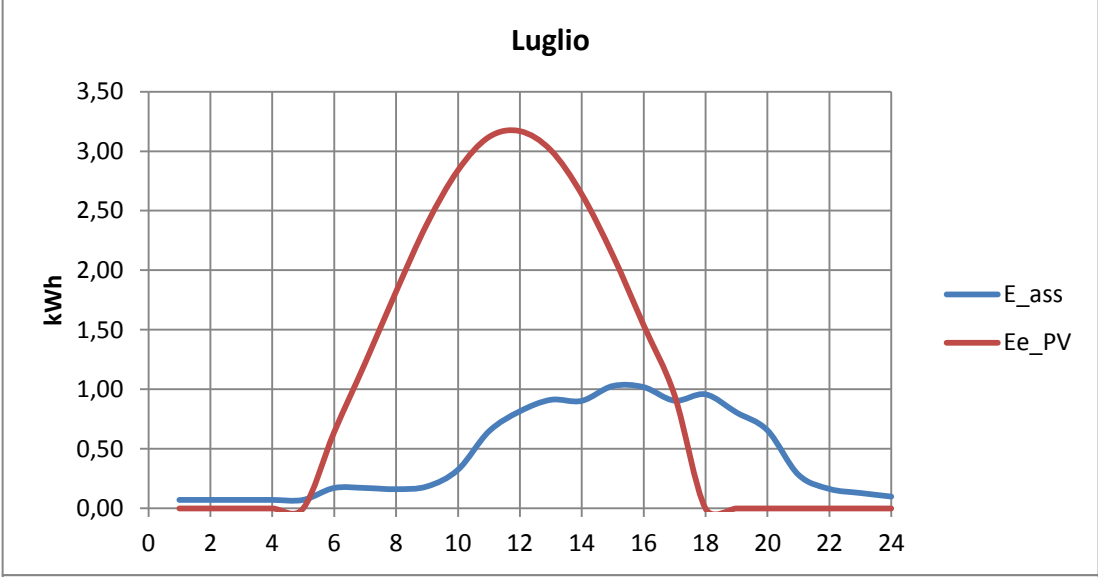
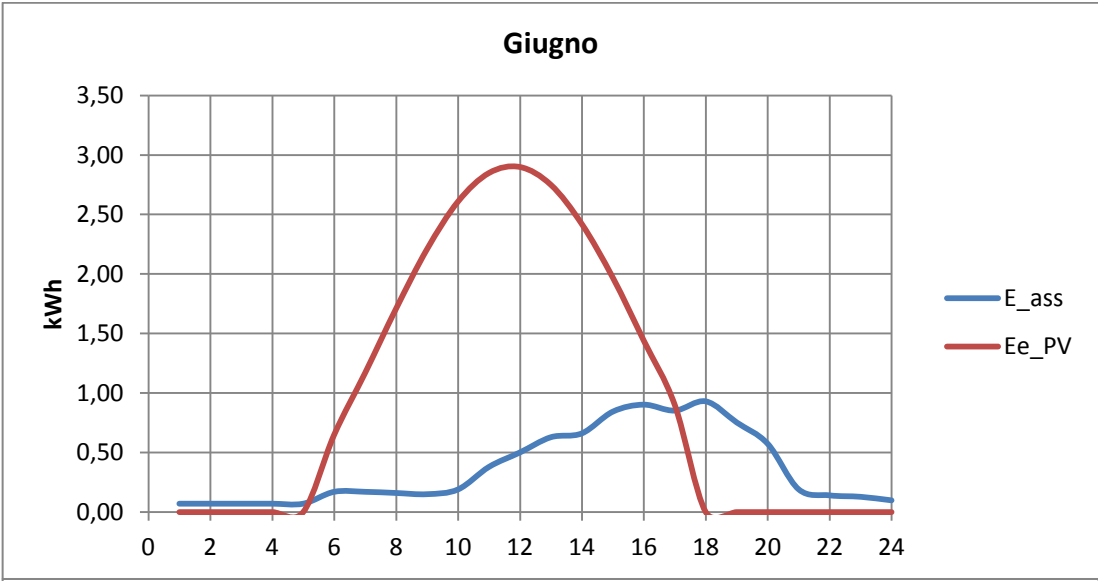
$$EER = -0,1233 \times T_{est} + 7,6139^{65}$$

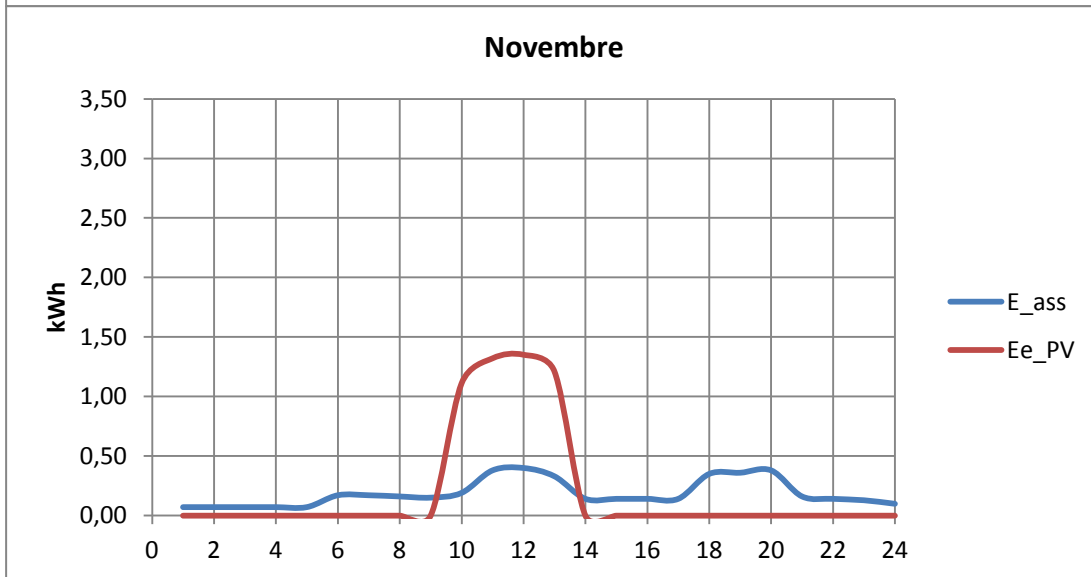
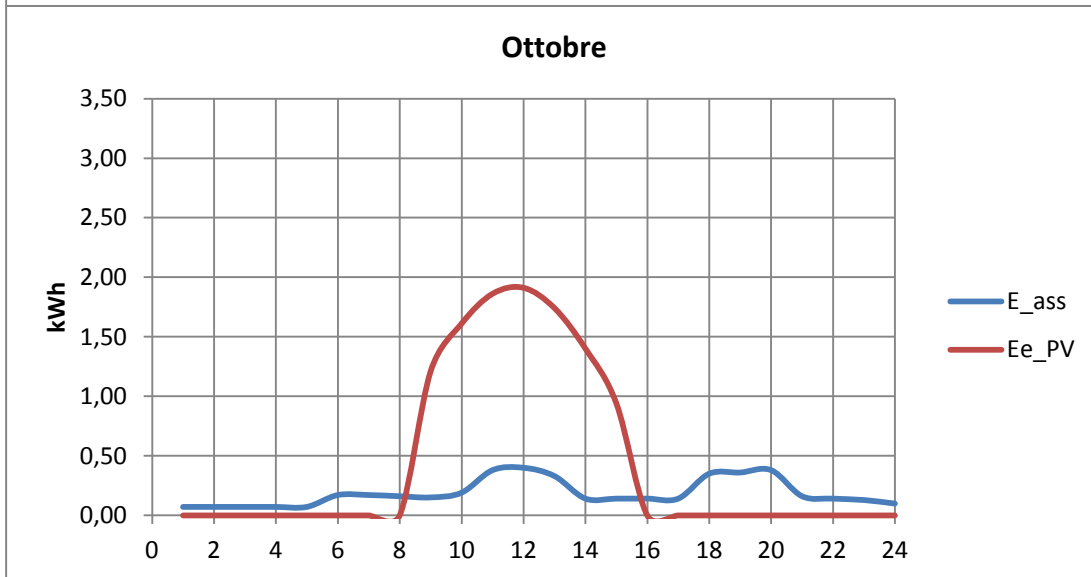
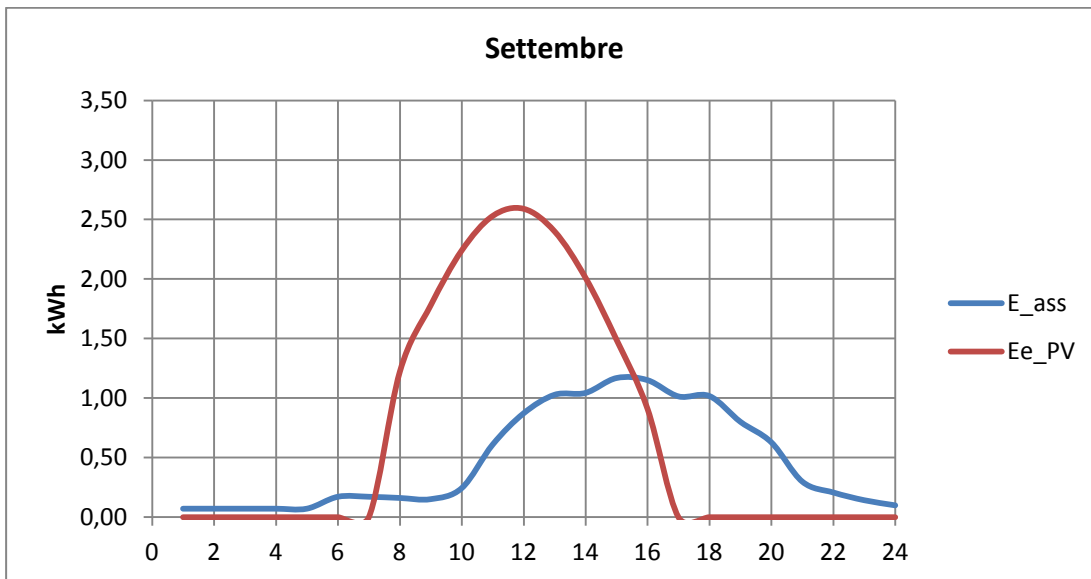
I grafici seguenti rappresentano l'energia elettrica assorbita dall'abitazione E_{ass} e l'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico E_{e_PV} , l'energia elettrica assorbita è minore rispetto ai casi precedenti poiché il riscaldamento è soddisfatto dalla caldaia.

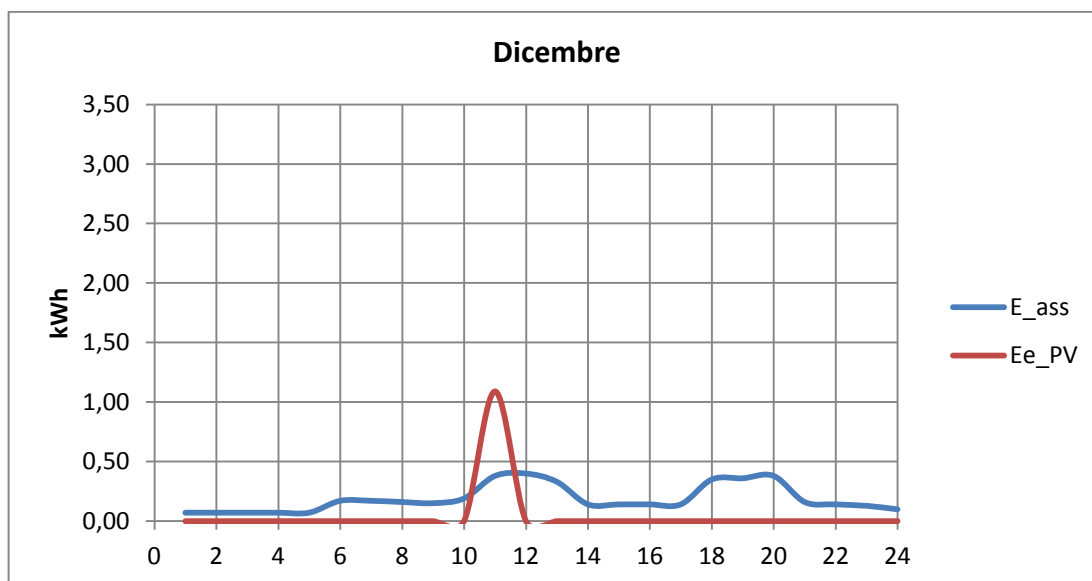


⁶⁵ Interpolazione lineare ricavata dalle curve caratteristiche della macchina in raffrescamento, (Weishaupt);









6.4.2 RISULTATI

Nella simulazione 3, ricorrono i costi sia per la spesa elettrica che per il gas naturale, si ha una maggiore energia elettrica immessa in rete ed un consumo elettrico molto ridotto come illustrato in Tabella 32 e nel grafico di Figura 42:

Giorni			Q	E_I	E_PR	O_e	Cei
ng	nf		kWh	kWh	kWh	€/mese	€/mese
31	10	gennaio	3362,7	80,2	108,6	20,0	4,7
28	8	febbraio	1826,7	213,6	80,8	14,8	10,6
31	9	marzo	594,2	411,9	80,1	14,7	18,1
30	10	aprile	-384,5	454,6	84,7	15,6	21,4
31	11	maggio	-296,9	549,4	65,9	12,1	24,0
30	9	giugno	-627,01	538,9	94,9	17,4	24,1
31	8	luglio	-918,1	565,6	106,5	19,6	23,8
31	10	agosto	-1301,4	424,0	189,0	45,5	16,7
30	8	settembre	-939,2	329,7	153,8	30,9	18,2
31	9	ottobre	0,0	277,1	85,1	15,6	16,0
30	9	novembre	1620,5	110,7	95,2	17,5	5,7
31	9	dicembre	2832,8	22,0	126,9	23,3	1,2
TOT				3978,1	1272,0	247,5	185,0

Tabella 32, Riepilogo CASO 3

I termini negativi del calore, indicano il fabbisogno per la climatizzazione estiva. Il totale della climatizzazione invernale, ottenuto dalla somma dei termini positivi, risulta leggermente diverso da quello ottenuto in Trnsys poiché è ricavato dalla moltiplicazione del fabbisogno dei giorni medi mensili per il numero di giorni e non dalla somma degli 8760 valori.

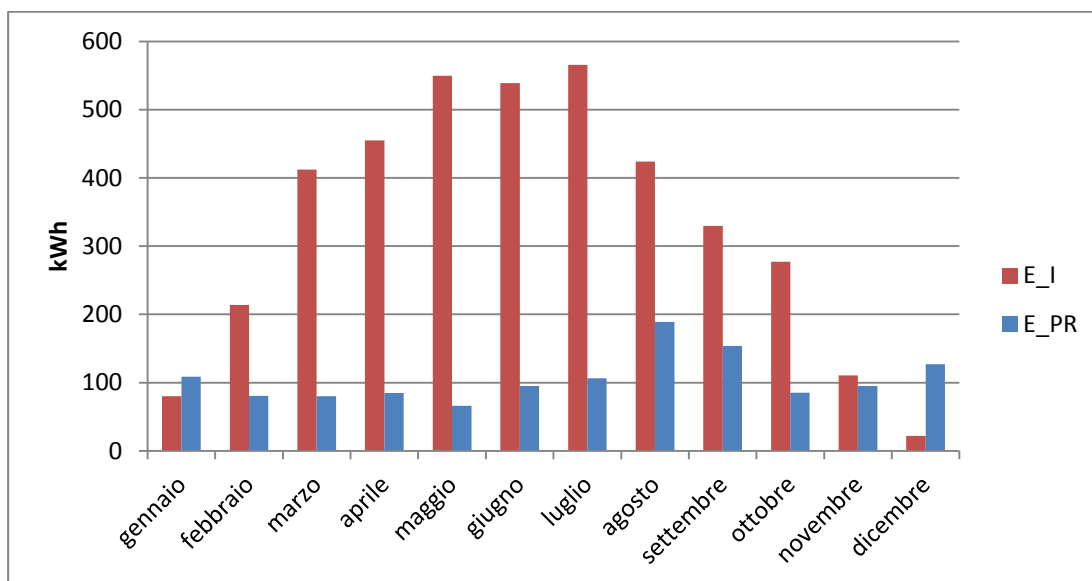


Figura 42, Energia immessa e prelevata nel CASO3

6.4.2.1 Costi di gestione

Per il calcolo della bolletta elettrica si è applicata la tariffa D3 monoraria come riportata nel paragrafo 5.1.1, ottenendo le voci di costo elencate nella Tabella 33:

BOLLETTA ELETTRICA	€/anno
Quota energia	247,5
Quota potenza	98,4
Quota fissa	44,5
Accise	28,87
IVA	41,9
TOT	461,3

Tabella 33, Bolletta elettrica CASO 3

Oltre alla bolletta elettrica, il consumatore ha l'utenza del gas naturale, per la quale è prevista una seconda bolletta con relative componenti fisse e variabili. Il volume di gas consumato è ricavato a partire dal calore da fornire con la caldaia, dato dalla somma del fabbisogno termico per riscaldamento Q_h e il 50 % del fabbisogno termico per l'ACS:

$$Q_{caldaia} = Q_h + 0,5 \cdot Q_w$$

Il rendimento globale medio stagionale dell'impianto, valutato secondo le indicazioni della UNI-TS 11300-2, è $\eta_g = 0,99$, valore attendibile per abitazioni di nuova costruzione con una caldaia a condensazione. Il potere calorifico inferiore del gas naturale, fattore che permette la conversione tra

energia e volume, è $PCI = 9,30^{66} kWh/Smc^{67}$ che induce un consumo annuo di $1276,249 Smc$. A fronte dei dati appena riportati e di quanto esposto nel paragrafo 5.2, la bolletta del gas naturale è la seguente:

BOLLETTA GAS	€/anno
Quota energia	562,9
Quota fissa	81,9
Accise	216,9
IVA	163,4
TOT	1025,3

Tabella 34, Bolletta del gas CASO 3

Il contributo in conto scambio erogato dal GSE ammonta a:

$$C_{s,3} = \min[247,5; 185,0] + 0,11509 \times 1272,05 = 331,4[€]$$

La minor energia prelevata dalla rete comporta un minor esborso per l'acquisto dell'energia e nonostante la maggior quota immessa in rete, essendo il C_s è calcolato sull'energia scambiata, il valore rimborsato è minore che negli altri casi in cui E_I ed E_{PR} si equivalgono.

I costi di gestione C_g per il caso 3 ammontano a:

$$C_{g,3} = 461,3 + 1025,3 - 331,4 = \mathbf{1155,2[€]}$$

Il minor consumo di energia elettrica comporta una bolletta inferiore di molto rispetto ai casi precedenti e il contributo in conto scambio porta ad annullare quasi del tutto le spese elettriche, ma la presenza del gas naturale implica in definitiva un maggior costo totale di gestione.

6.4.2.2 Costi di investimento

I costi di investimento, comprensivi della messa in opera, sono illustrati in Tabella 35. La prima voce comprende i costi per la caldaia, l'accumulo termico per l'acqua calda sanitaria e il camino secondo gli standard normativi. La seconda, il costo della macchina per il condizionamento estivo.

Caldaia a condensazione , accumulo, camino	€ 9.379
Condizionatore	€ 4.810
TOTALE	€ 14.189

Tabella 35, Costi di investimento CASO 3

⁶⁶ Fonte: (U.S. Department of energy);

⁶⁷ Smc, Standard metro cubo, unità di misura del volume dei combustibili gassosi;

6.5 CASO 4: AWHP⁶⁸

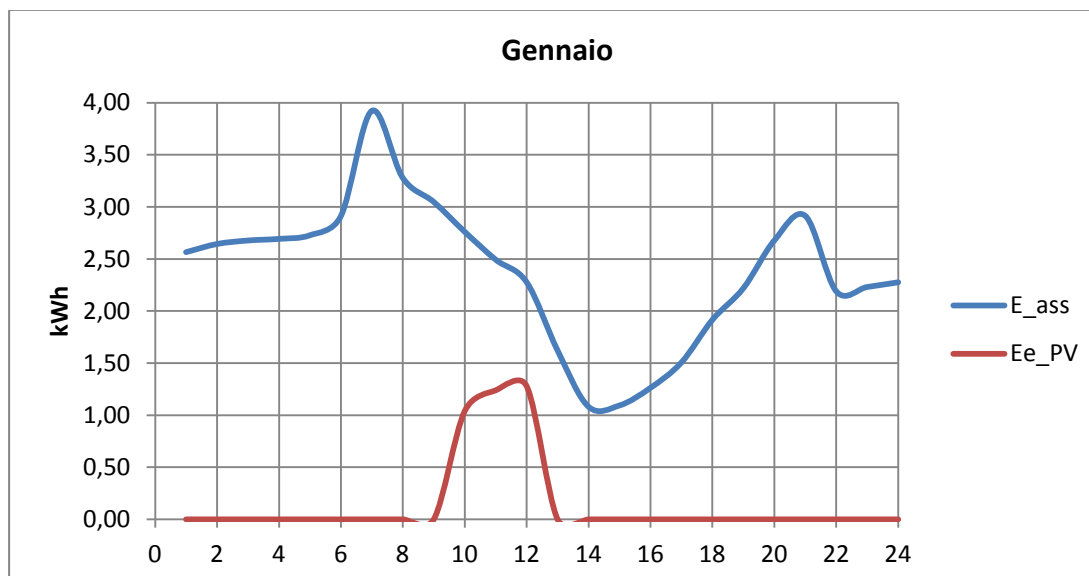
Nell'ultimo caso, si è voluto analizzare l'utilizzo di una pompa di calore aria-acqua. Questa macchina si pone come soluzione intermedia tra la pompa di calore geotermica e la caldaia tradizionale, ha prestazioni migliori rispetto alla caldaia in termini di energia primaria e costi di investimento minori della controparte geotermica. Il COP della macchina, e anche l'EER, dipende dalla temperatura esterna: il fluido termovettore scambia calore tra l'ambiente esterno e l'ambiente interno nel quale il riscaldamento/raffrescamento è effettuato da un circuito idronico. Di conseguenza l'energia elettrica assorbita risulterà maggiore rispetto al caso 1.

Macchina termica	Pompa di calore aria - acqua
Contratto fornitura elettrica	Tariffa D1
Contratto gas	NO
Scambio sul Posto	SI
Logica di accumulo ACS	NO
Temperatura mandata riscaldamento	45 °C
Temperatura di ingresso riscaldamento	T_{est}
Temperatura mandata raffrescamento	7 °C
Temperatura ingresso raffrescamento	T_{est}

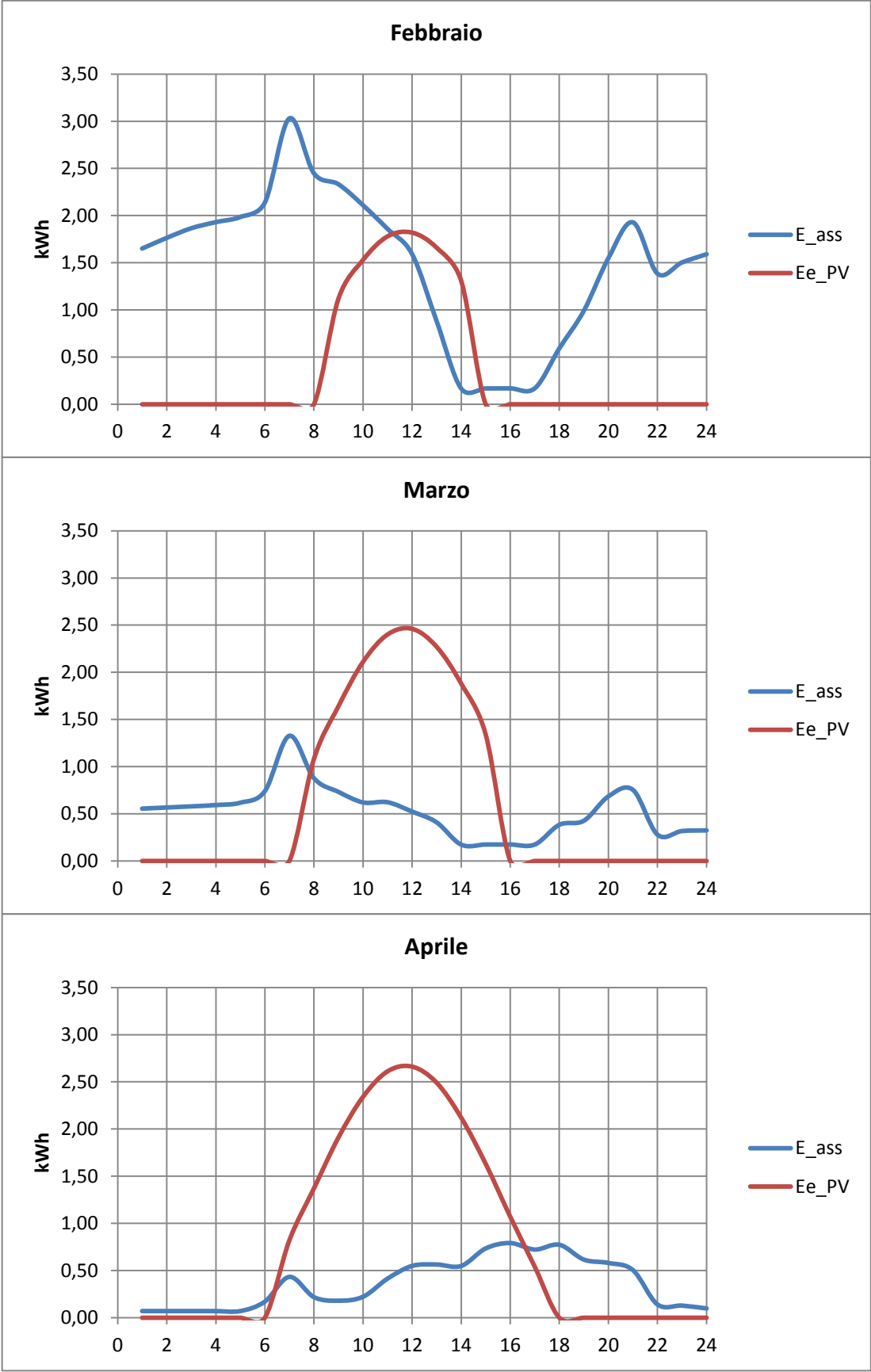
Tabella 36, Dati generali CASO 4

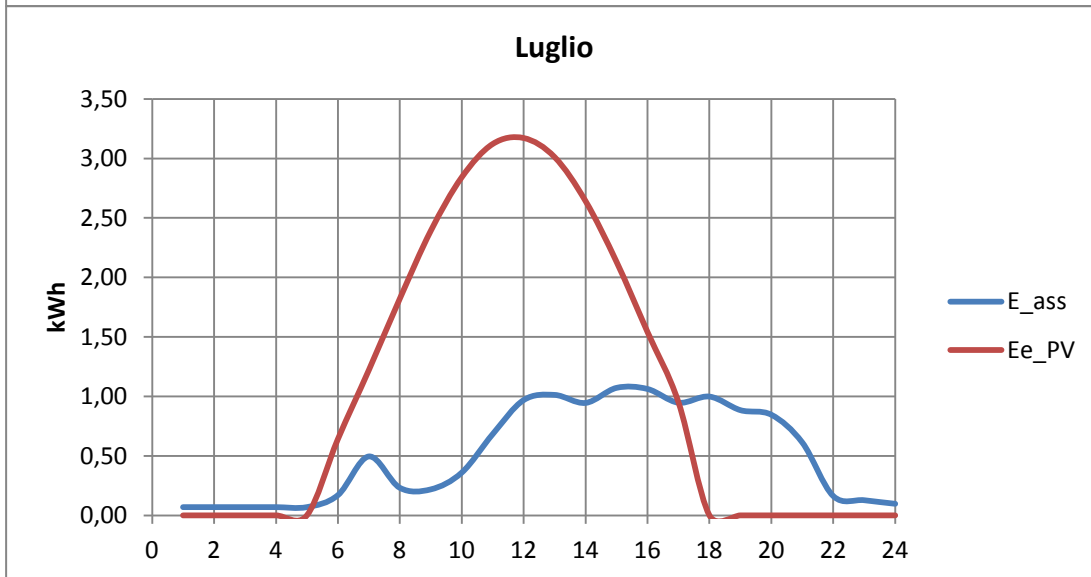
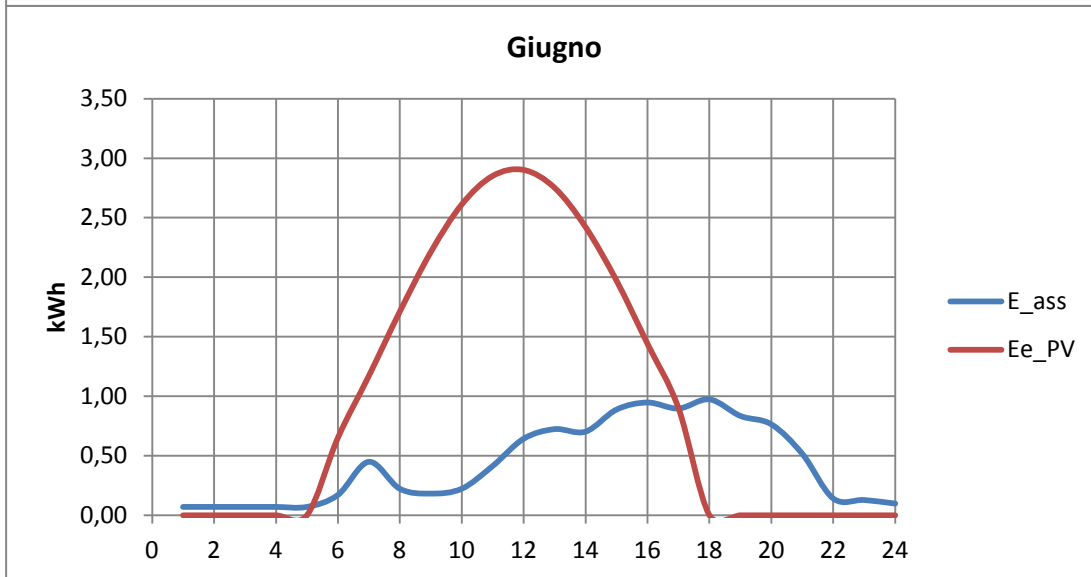
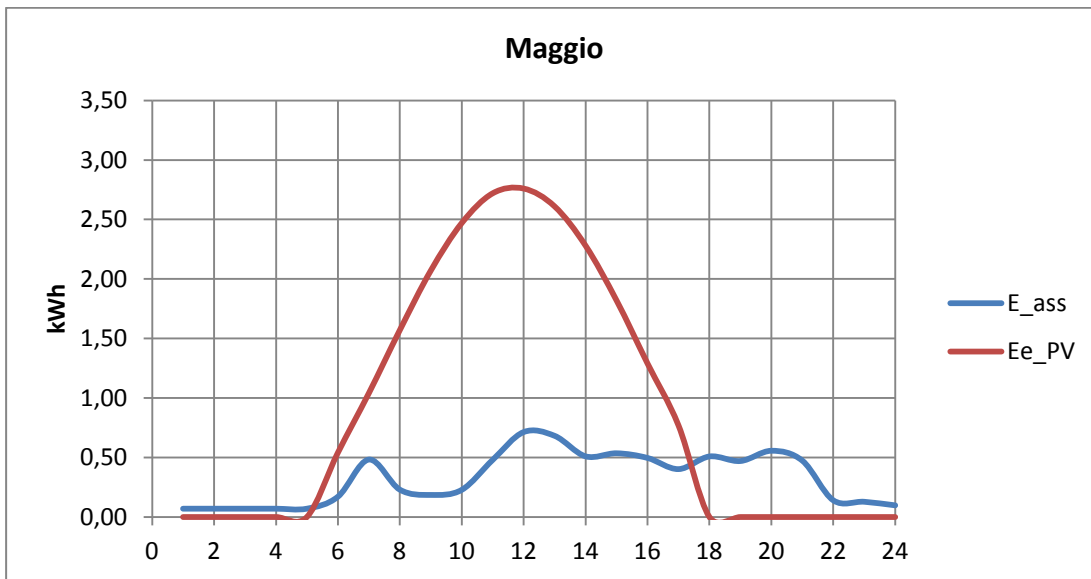
6.5.1 ELABORAZIONI

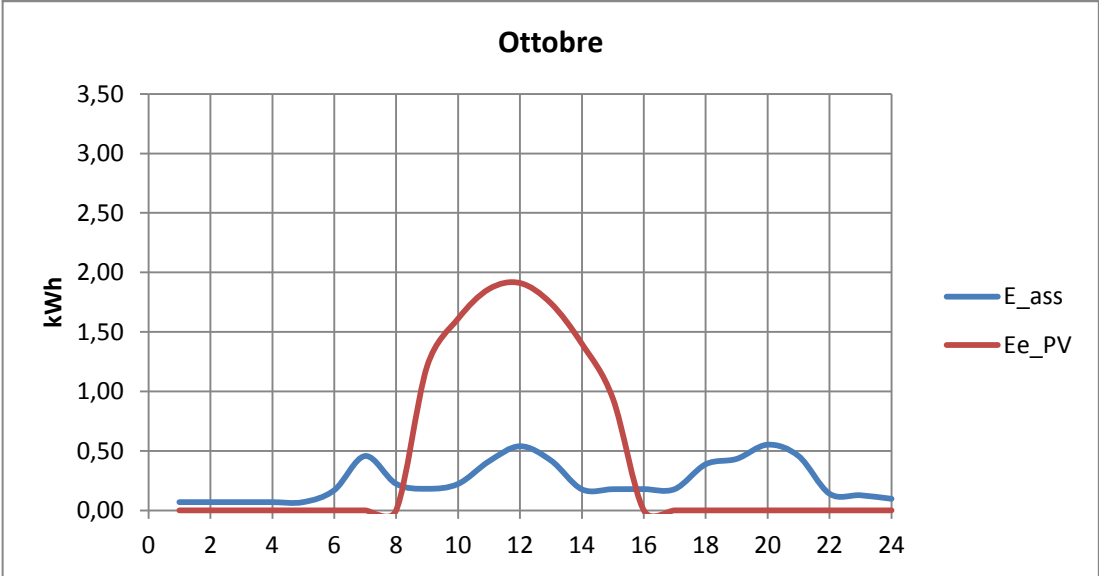
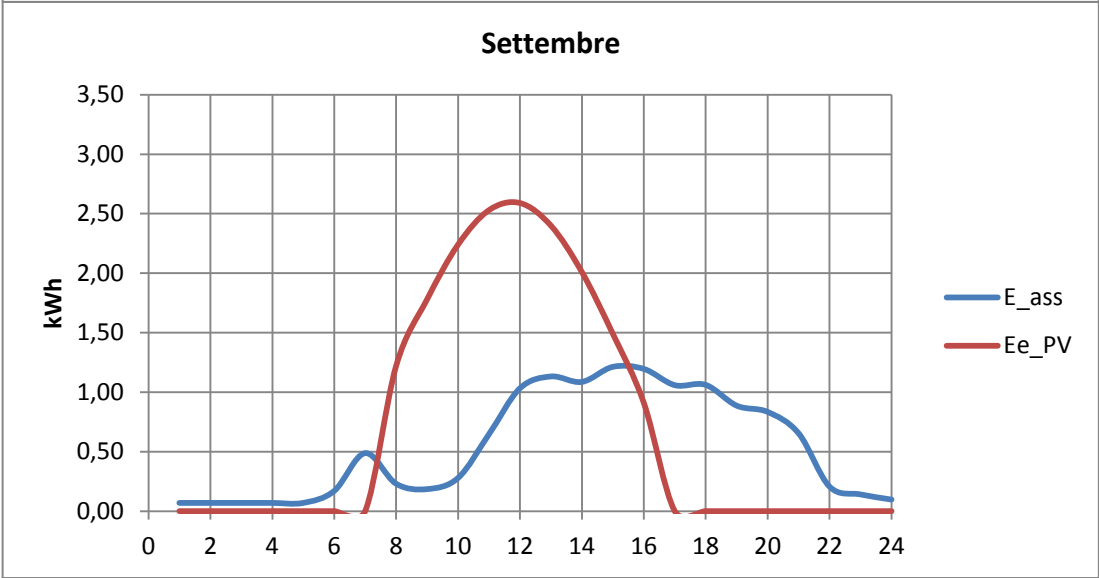
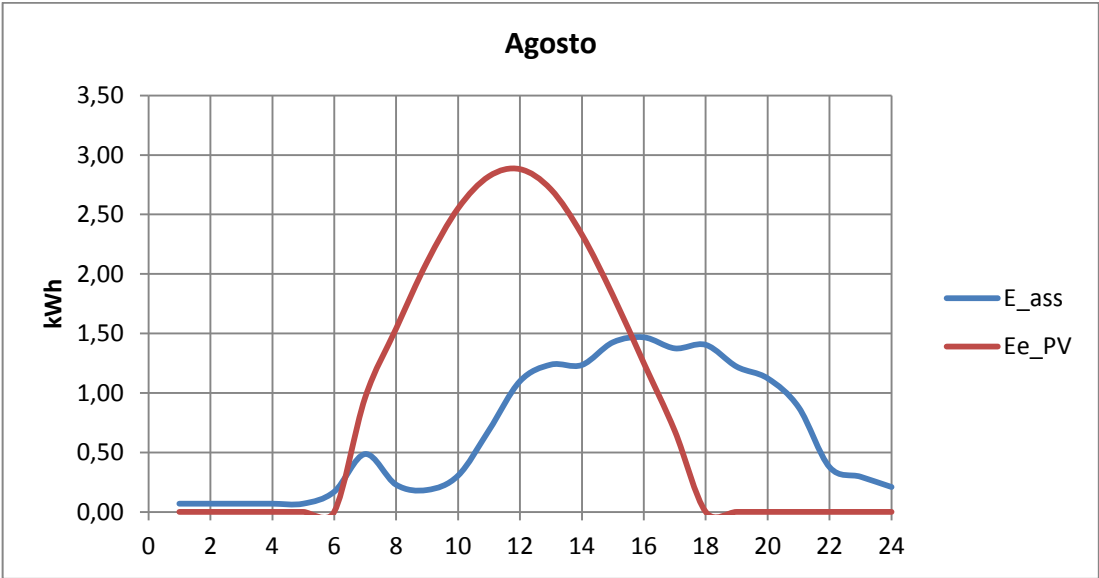
I calcoli svolti nell'analisi sono analoghi al caso 1, con la differenza del COP della macchina, per cui è stata considerata l'apposita curva caratteristica. I grafici seguenti riportano l'andamento dell'energia elettrica richiesta dall'abitazione e prodotta dall'impianto fotovoltaico:

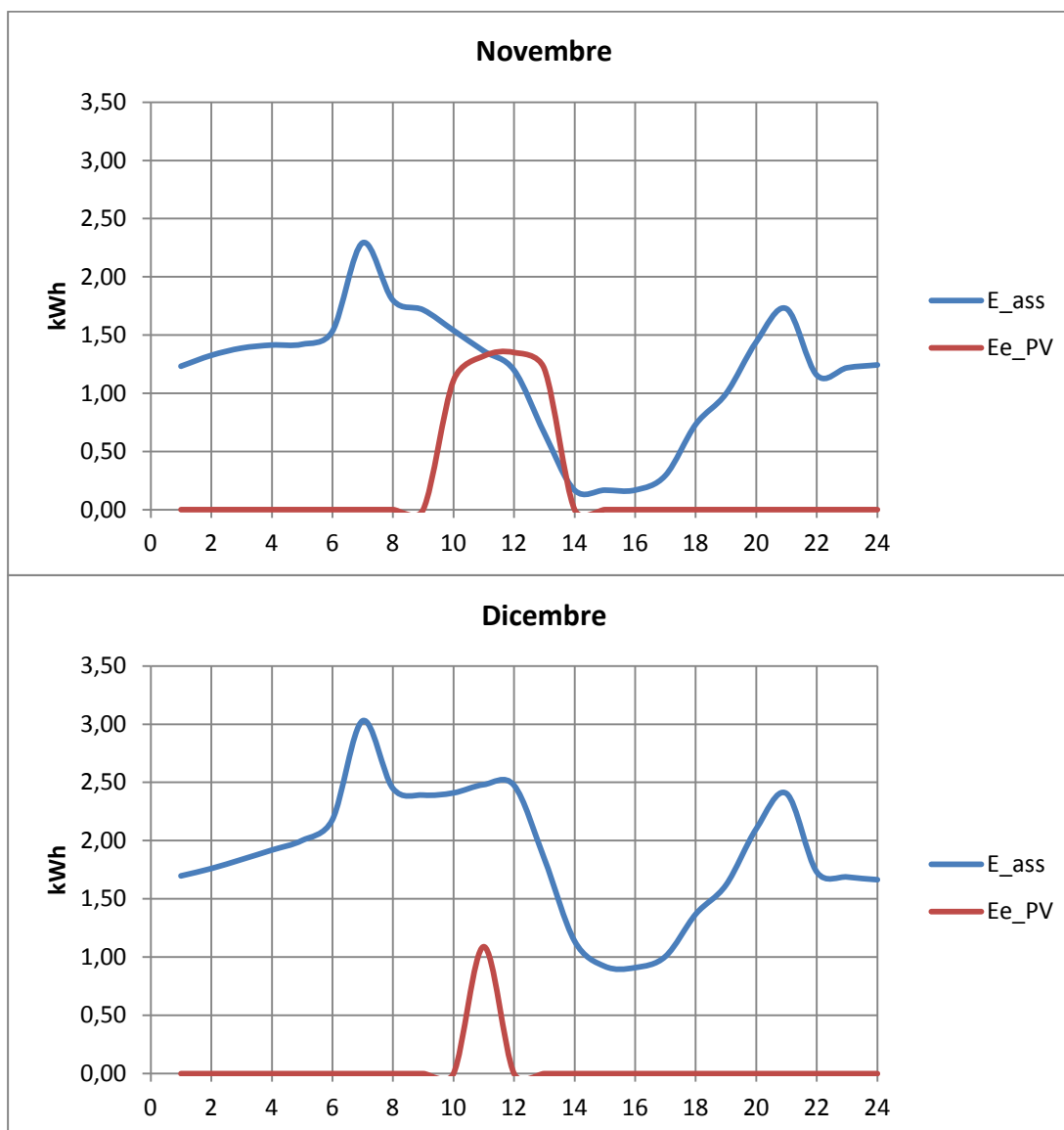


⁶⁸ Air Water Heat Pump, pompa di calore aria acqua;









6.5.2 RISULTATI

Come ci si aspettava l'analisi mensile dell'energia immessa e prelevata presenta uno sbilanciamento a favore dell'energia prelevata. L'aumento del fabbisogno elettrico dell'edificio porta ad un maggior onere per l'acquisto dell'energia sebbene vi sia contestualmente una quota maggiore di energia auto consumata e quindi una minor quota di energia elettrica immessa in rete. Per i mesi di gennaio e dicembre la totalità dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico è utilizzata dall'edificio. Nei mesi estivi l'assorbimento di energia elettrica è comunque modesto, come si evince dai grafici precedenti, a causa delle temperature esterne che non raggiungono mai valori molto elevati, consentendo di lavorare con EER molto prestanti. La Tabella 37 e il grafico in Figura 43 mostrano i risultati ottenuti dall'analisi:

Giorni			E_I	E_PR	Oe	Cei
ng	nf		kWh	kWh	€/mese	€/mese
31	10	gennaio	0,0	1656,3	276,0	0,0
28	8	febbraio	60,2	804,1	133,4	2,9
31	9	marzo	342,5	263,2	43,5	15,0
30	10	aprile	430,9	106,3	17,7	20,3
31	11	maggio	521,6	84,4	14,0	22,7
30	9	giugno	513,6	114,1	19,0	23,0
31	8	luglio	536,4	126,4	21,1	22,6
31	10	agosto	397,2	215,3	35,9	15,6
30	8	settembre	313,5	186,9	31,3	17,3
31	9	ottobre	264,5	116,6	19,4	15,3
30	9	novembre	21,0	717,3	119,2	1,1
31	9	dicembre	0,0	1361,9	227,434	0,0
TOT			3401,8	5753,0	958,4	156,2

Tabella 37, Riepilogo CASO 4

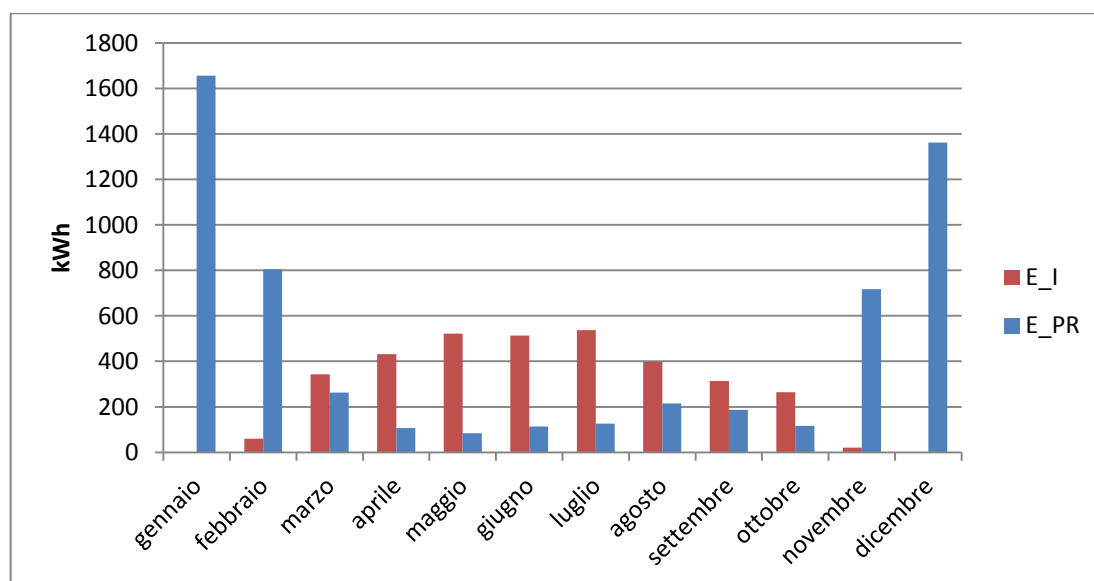


Figura 43, Energia immessa e prelevata nel CASO 4

6.5.2.1 Costi di gestione

La valutazione dei costi di gestione con la pompa di calore aria-acqua prevede il solo allacciamento alla rete elettrica con contatore trifase da 6 kW impegnati. La tariffa scelta è la D1, sperimentale per gli utenti con pompe di calore a compressione elettrica. In questo studio si è scartata l'opzione di confrontare diverse tariffe per gli utenti domestici con potenza impegnata maggiore di 3 kW per meglio concentrarsi sul confronto tra diverse tecnologie impiantistiche. La Tabella 38 riporta la bolletta elettrica:

BOLLETTA ELETTRICA		€/anno
Quota energia		958,4
Quota potenza	6	98,4
Quota fissa		72,4
Accise		130,6
IVA		125,9
TOT		1385,8

Tabella 38, Bolletta elettrica CASO 4

Al costo annuale della bolletta elettrica si deve sottrarre il contributo in conto scambio erogato dal GSE pari a:

$$C_{s,4} = \min[958,4; 156,2] + 0,10401 \times 3401,8 = 510,1 \text{ [€]}$$

I costi di gestione C_g per il caso 4 ammontano a:

$$C_{g,4} = 1385,8 - 510,1 = \mathbf{875,8 \text{ [€]}}$$

6.5.2.2 Costi di investimento

É presente una sola voce dei costi di investimento comprensiva della macchina aria-acqua e dell'accumulo termico da 300 litri per l'acqua calda sanitaria:

Pompa di calore aria-acqua con accumulo	€ 16.378
TOTALE	€ 16.378

Tabella 39, Costi di investimento CASO 4

6.6 RIEPILOGO SIMULAZIONI

Si riportano in sintesi i parametri importanti al fine del confronto tra le quattro simulazioni. Come detto precedentemente il caso 3 rappresenta il metro di confronto per la convenienza o meno delle altre soluzioni. Si sono valutati i costi di investimento, i costi di gestione, il risparmio annuale e l'investimento differenziale rispetto al caso di riferimento. Considerando che l'opzione tradizionale è rappresentata dalla caldaia a condensazione si vuole vedere il costo aggiuntivo da sostenere e il risparmio che si può conseguire in fase di esercizio con le altre tecnologie. I dati riportati in Tabella 40 e mostrati nei grafici di Figura 44 e Figura 45, mostrano che il ricorso alla tecnologia geotermica comporta un esborso iniziale di circa 7.500 € in più rispetto all'uso della caldaia a condensazione e un

risparmio annuo di circa 790 €. La pompa di calore aria-acqua implica un investimento minore ma costi di gestione di poco inferiori al caso di riferimento.

	Caldaia	GWHP_acc	GWHP	AWHP
Investimento	€ 14.189	21.750	21.750	16.378
Costi di gestione	€ 1.155,2	365,1	376,9	875,8
Risparmio di gestione	€	790,1	778,3	279,4
Investimento incrementale	€	7.561	7.561	2.189

Tabella 40, Riepilogo simulazioni

Come già esposto i costi di investimento tra le due soluzioni geotermiche sono gli stessi e i costi di gestione, e di conseguenza il risparmio di gestione, di poco differenti, tali da non giustificare gli sforzi per la gestione dell'accumulo termico dell'acqua calda sanitaria.

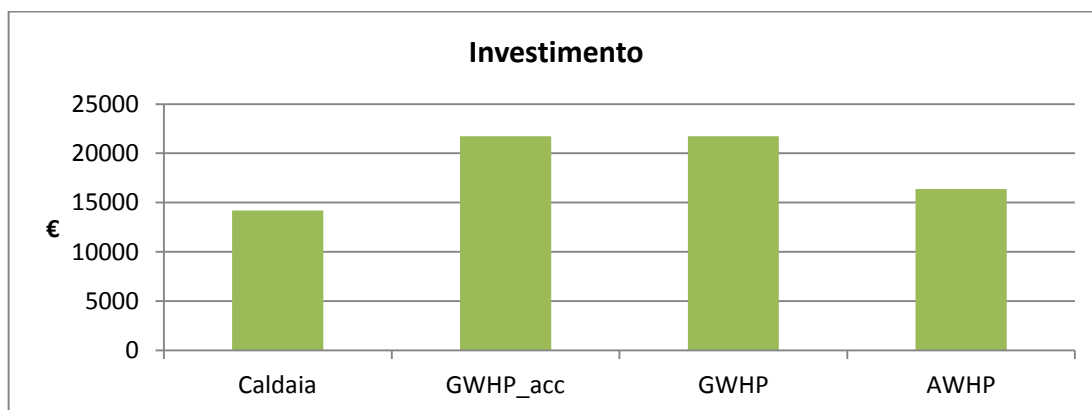


Figura 44, Costi di Investimento

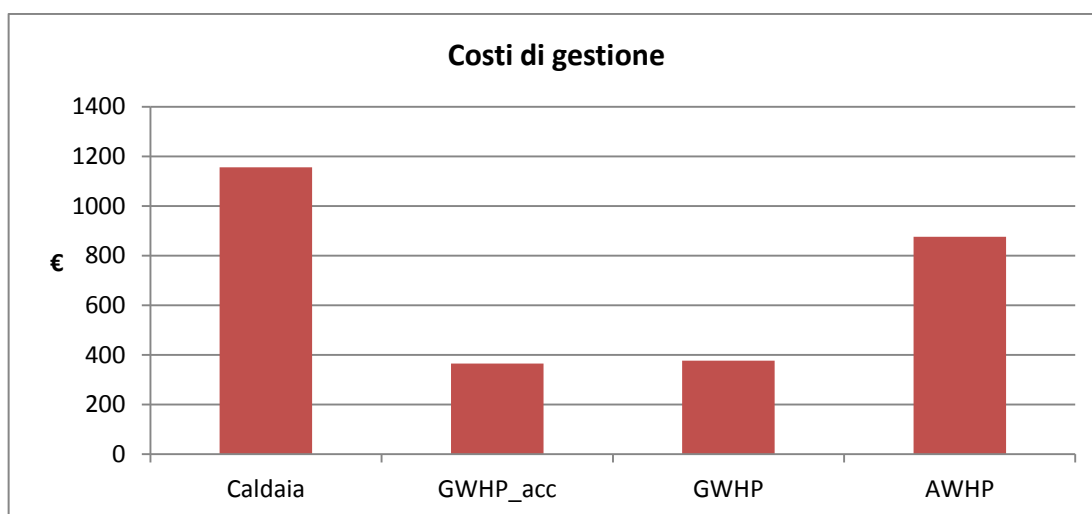


Figura 45, Costi di gestione

6.6.1 INDICI ECONOMICI

Gli indici economici utilizzati per valutare la convenienza tra le opzioni sono il tempo di ritorno dell'investimento PB⁶⁹ e il tasso interno di rendimento TIR come indicato in Tabella 41:

		GWHP_acc	GWHP	AWHP
PB	anni	9,570	9,715	7,833
TIR_10		0,8%	0,5%	4,7%
TIR_30		9,8%	9,6%	12,4%

Tabella 41, Indici economici

6.6.1.1 Tempo di Ritorno

Il periodo di recupero dell'investimento è definito come il tempo (in anni) che intercorre tra l'esborso iniziale e il recupero di tale somma tramite i flussi di cassa, che in questo caso sono il risparmio dovuto ai minori costi di gestione.

$$PB = \frac{\text{Investimento iniziale}}{\text{Risparmio costi di gestione}}$$

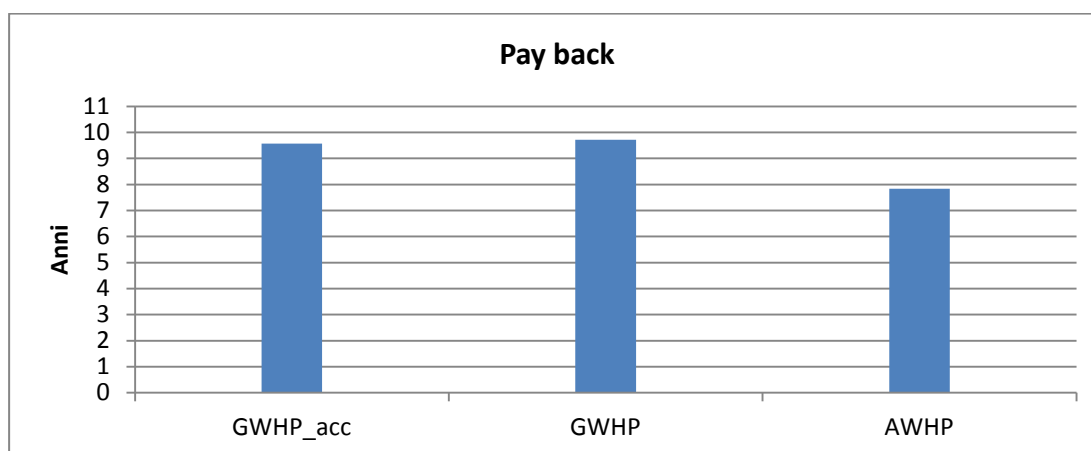


Figura 46, Pay Back

Il tempo di ritorno dell'investimento per la tecnologia geotermica è di circa 9/10 anni. Anche da questo parametro si nota la scarsa incidenza a livello economico della logica di accumulo. Il PB per la pompa di calore aria-acqua è minore ma ancora un valore elevato dovuto allo scarso risparmio sui costi di gestione, che non permettono il rientro dell'investimento in un breve periodo di tempo.

⁶⁹ Pay Back;

6.6.1.2 TIR

Il tasso interno di rendimento è il tasso di sconto che rende nullo il valore attuale netto dei flussi di cassa generati da un investimento. I flussi di cassa sono il risparmio dei costi di gestione e l'investimento è il costo aggiuntivo di una determinata tecnologia rispetto alla soluzione standard.

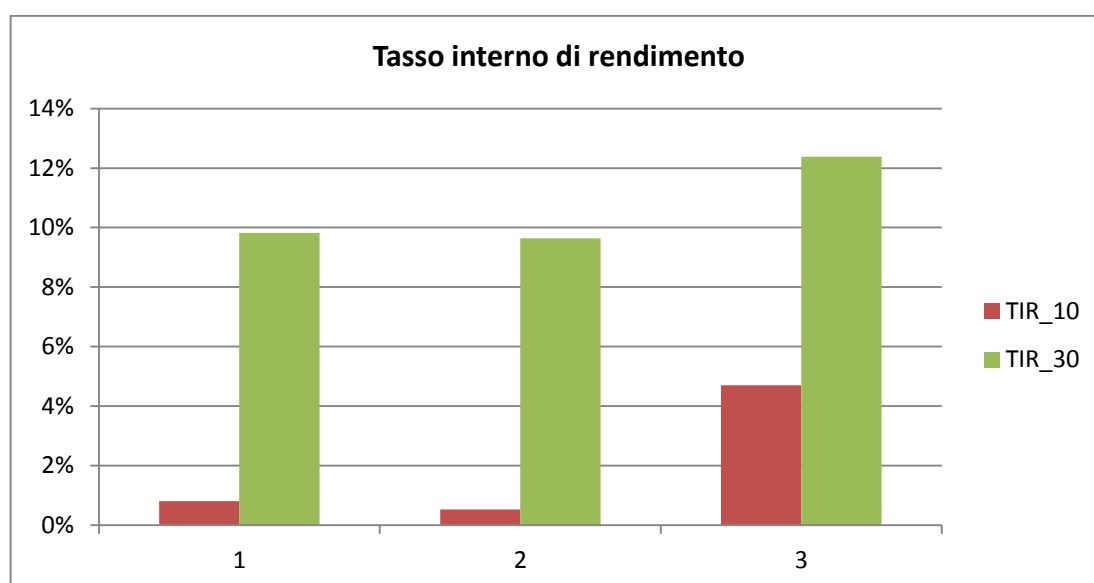


Figura 47, TIR

Il TIR è valutato su un certo periodo di tempo, impostando 10 o 30 anni si ha che in ogni caso il tasso che annulla il VAN è maggiore per la soluzione con la pompa di calore aria-acqua.

6.6.1.3 Altri parametri

È interessante capire quanto lo scambio sul posto remunera l'energia elettrica immessa in rete. Nel paragrafo 5.1.4 si è visto il modello di calcolo del contributo erogato dal GSE a fronte dell'energia immessa, il Cs dipende dal prezzo di mercato dell'energia (usato per calcolare il C_{ei}) e dal corrispettivo unitario di scambio forfettario moltiplicato per l'energia scambiata. Se si divide il contributo in conto scambio per la totale energia immessa in rete si ottiene la valorizzazione economica di ogni kWh immesso.

		GWHP	GWHP_acc	Caldaia	AWHP
E_PR	kWh	3456,39	3059,20	1272,05	5753,05
E_I	kWh	3722,39	3097,43	3978,20	3401,81
Es	kWh	3456,39	3059,20	1272,05	3401,81
CS	€	530,59	459,63	331,47	510,06
Remunerazione kWh immesso	€/kWh	0,142541	0,1483932	0,083324	0,149938

Tabella 42, Remunerazione kWh immesso

CONCLUSIONI

Prendendo in esame una nuova abitazione si sono studiate diverse configurazioni degli impianti di riscaldamento e condizionamento estivo avendo come dato comune l'impianto fotovoltaico di produzione dell'energia elettrica e si sono simulati consumi e costi sulla base delle tariffe disponibili sul mercato di maggior tutela.

Dall'analisi delle quattro configurazioni impiantistiche: caldaia a condensazione, pompa di calore geotermica, pompa di calore geotermica con logica di accumulo e pompa di calore aria-acqua, si evince che il caso tradizionale (caldaia a condensazione) presenta il minor costo di investimento ma il maggior onere di gestione. Per le soluzioni che impiegano la tecnologia delle pompe di calore quella aria-acqua presenta il miglior compromesso tra costo di investimento e costi di gestione avendo un tempo di ritorno dell'investimento di circa 8 anni rispetto ai circa 10 della pompa di calore geotermica.

La tecnologia geotermica offre ottimi risparmi sui costi di gestione, dovuti ad elevate prestazioni, ma costi iniziali ancora troppo elevati per essere competitivi. Analizzando i costi di investimento per tale tecnologia si nota, infatti, che l'accumulo termico per l'acqua calda sanitaria pesa per il 24 % del totale, quota tutt'altro che trascurabile, mentre le sonde e la macchina pesano rispettivamente il 35 % e 41 %.

La logica di accumulo dell'energia sulla produzione di acqua calda sanitaria ha rivelato interessanti risultati dal punto di vista energetico con il 76 % del totale fabbisogno annuo per l'ACS prodotto dall'energia in esubero dell'impianto fotovoltaico. Questo risultato non è altrettanto promettente dal punto di vista economico poiché la differenza tra l'adottare una logica di accumulo e non adottarla comporta un risparmio di soli 12 €/anno. Lo scarso impatto economico è dovuto allo "scambio sul posto" secondo i cui coefficienti, a parità di energia immessa e prelevata, il kWh ceduto viene remunerato poco meno del kWh assorbito dalla rete; si rende così l'autoconsumo di energia elettrica scarsamente interessante.

Considerata la struttura dello "scambio sul posto", che prevede un contributo proporzionale all'energia scambiata, si deduce quindi quanto sia importante, in fase preliminare, dimensionare gli impianti in modo tale che E_I ed E_{PR} si eguaglino piuttosto che puntare ad assorbire meno energia dalla rete. La logica di accumulo contribuisce a ridurre gli assorbimenti dalla rete ma al contempo riduce anche l'energia immessa, di fatto diminuendo l'onere per l'acquisto dell'energia ma anche il "contributo in conto scambio" liquidato dal GSE.

In conclusione viene evidenziato che le pompe di calore geotermiche rappresentano un'opzione valida come macchina termica per l'edificio, avendo una maggiore efficienza rispetto alla soluzione

tradizionale e alle pompe di calore aria-acqua sebbene presentino tempi di ritorno dell'investimento più lunghi.

Qualora dovessero cambiare le condizioni dettate dall'Autorità per lo scambio sul posto la logica di accumulo qui presentata si qualificerebbe come opzione valida anche per un risparmio economico; se inoltre diminuissero i costi di investimento per l'installazione di un impianto geotermico sicuramente rappresenterebbe la soluzione impiantistica preferibile.

Ringraziamenti

*A Dio, che veglia su di me
anche quando io non guardo a Lui;*

*Ai miei genitori, Renza e Diego,
a mia sorella Anna,
perché hanno sempre creduto in me
e sono una fantastica famiglia;*

*A Benedetta,
che sempre con maggior consapevolezza
è la metà buona di me;*

*A Diletta, Chiara, Stefano,
Mariachiara e Nicola,
amici fidati che hanno dato senso al tempo;*

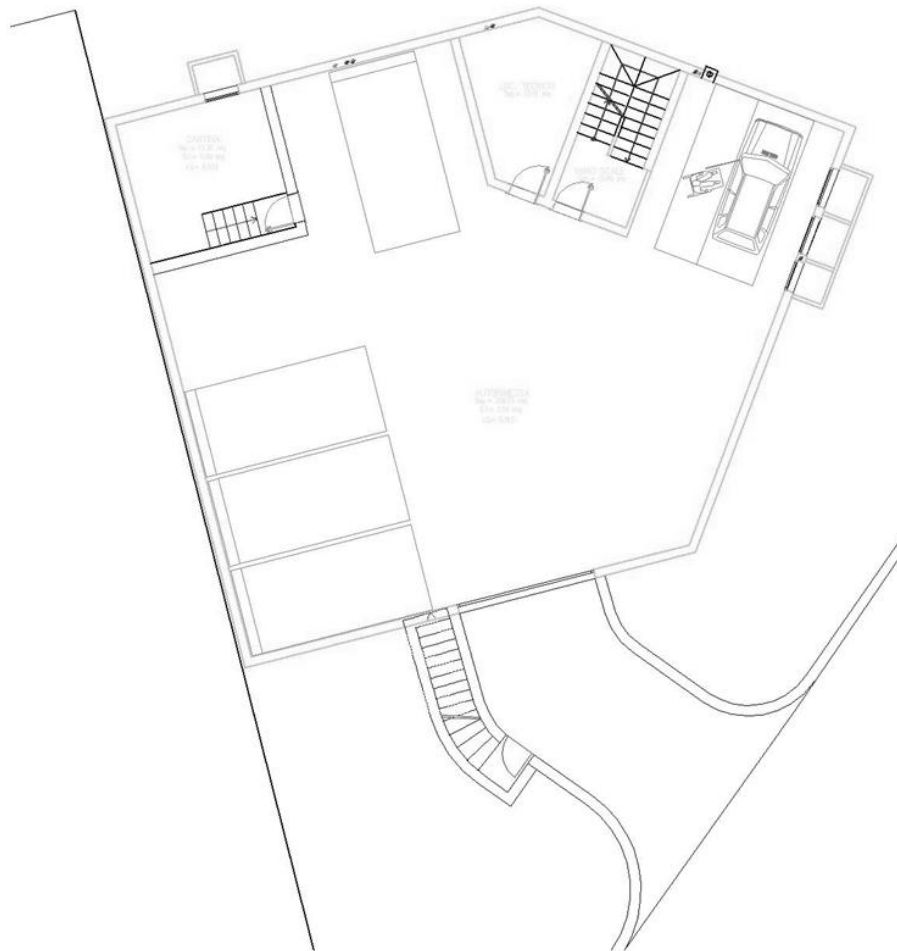
*Al mio amico don Walter
al suo consiglio e al suo aiuto;*

*A Ivano e Manuela
che mi hanno dato supporto e "patrocinato";*

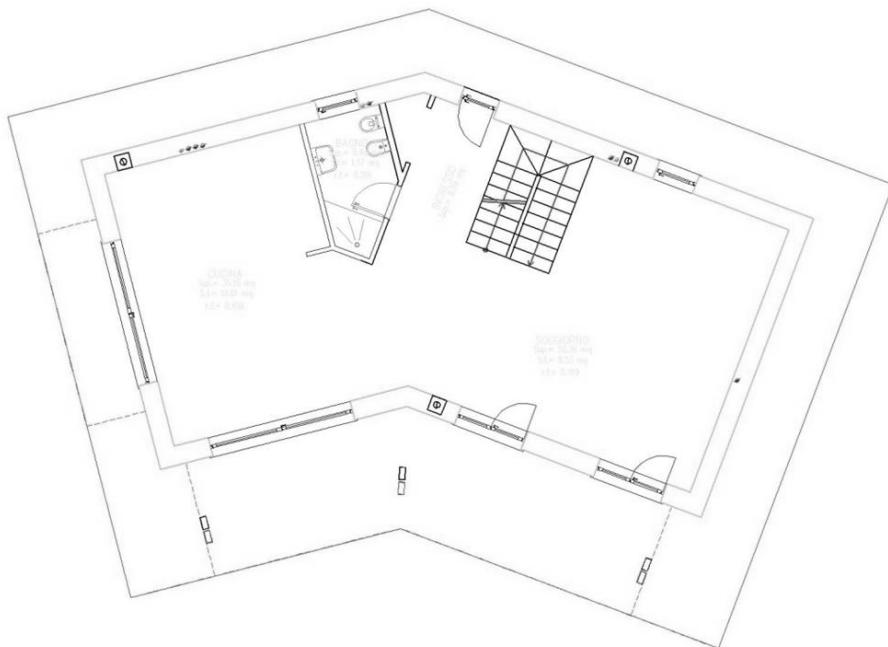
*A Ismaele,
piccola perla che mi ha insegnato un amore diverso e bellissimo.*

APPENDICE A: DISEGNI TECNICI ABITAZIONE

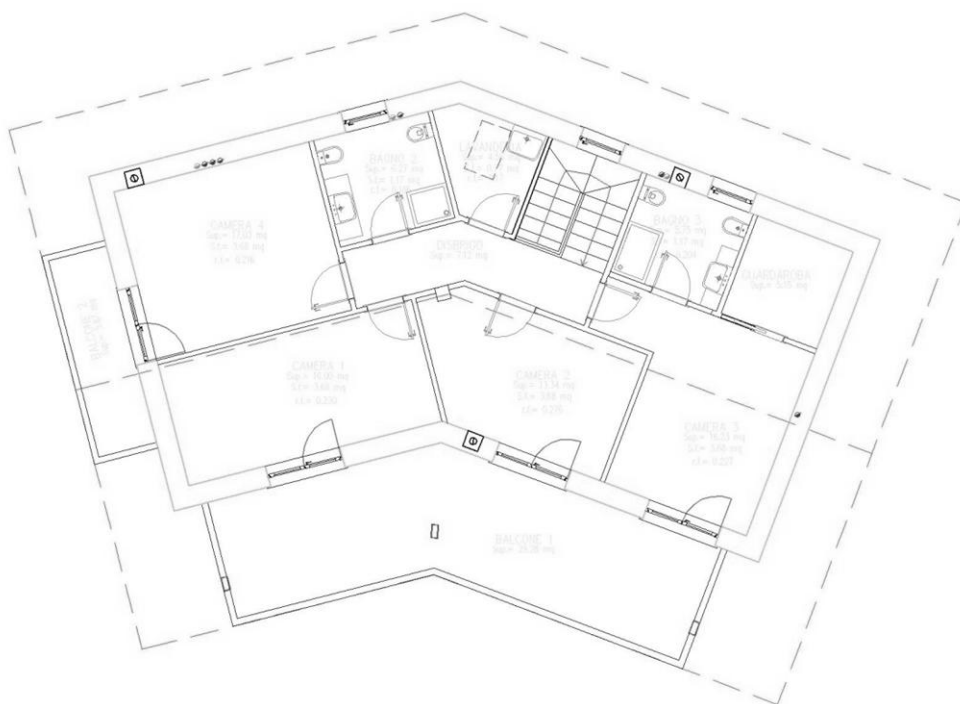
PIANTA PIANO INTERRATO:



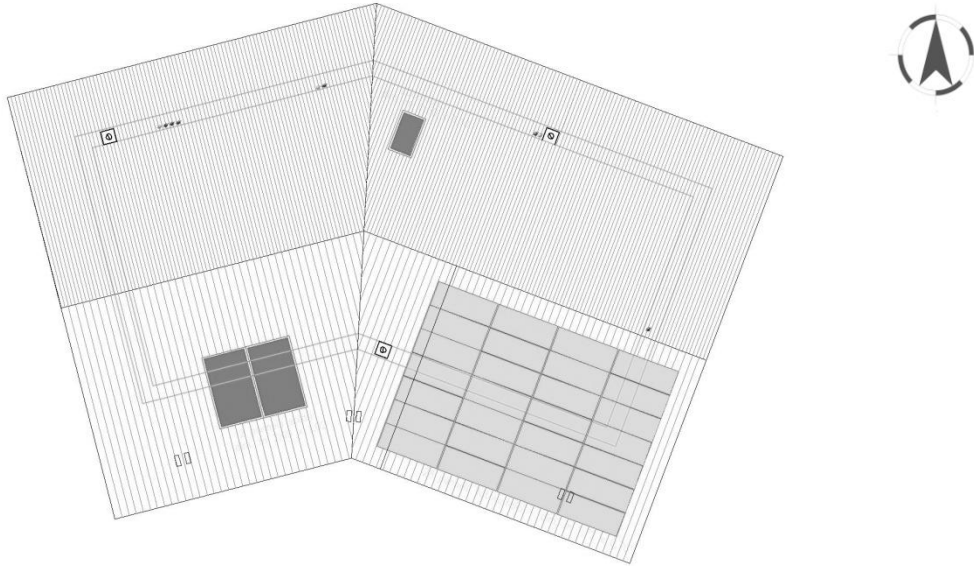
PIANTA PIANO TERRA:



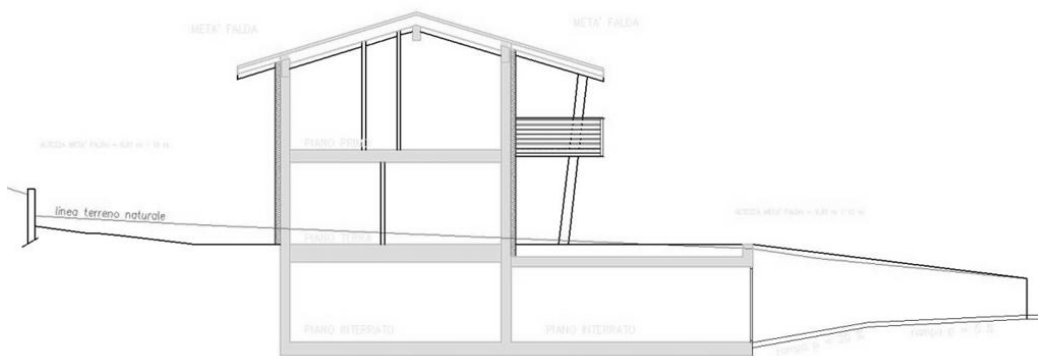
PIANTA PRIMO PIANO:



COPERTURA:



SEZIONE:



APPENDICE B: TABELLE SIMULAZIONI

CASO 1:

ore		TAIR_ZONA	T_DRY	Q_SENS	Q_W	Q_pdc	Ee_PV	COP	Ee_PdC	E_ass	Ee	E_I	E_PR
h		°C	°C	kWh	kWh	kWh	kWh		kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
1	gennaio	20,00	-9,25	5,341	0	5,341	0	4,61	1,159154	1,229154	0,07	0	-1,22915
2		20,00	-9,70	5,436	0	5,436	0	4,61	1,179761	1,249761	0,07	0	-1,24976
3		20,00	-9,85	5,482	0	5,482	0	4,61	1,189755	1,259755	0,07	0	-1,25975
4		20,00	-9,85	5,514	0	5,514	0	4,61	1,196812	1,266812	0,07	0	-1,26681
5		20,00	-10,00	5,562	0	5,562	0	4,61	1,207211	1,277211	0,07	0	-1,27721
6		20,00	-10,50	5,650	0	5,650	0	4,61	1,226217	1,396217	0,17	0	-1,39622
7		20,00	-11,20	5,768	1,8	7,568	0	4,61	1,642702	1,812702	0,17	0	-1,8127
8		20,00	-11,50	5,830	0,4	6,230	0	4,61	1,352257	1,512257	0,16	0	-1,51226
9		20,00	-11,15	5,653	0,2	5,853	0	4,61	1,270417	1,420417	0,15	0	-1,42042
10		20,00	-10,45	5,107	0,2	5,307	1,04	4,61	1,151967	1,341967	0,19	0	-0,30197
11		20,00	-9,05	4,349	0,2	4,549	1,24	4,61	0,987445	1,367445	0,38	0	-0,12745
12		20,00	-6,80	3,508	0,8	4,308	1,28	4,61	0,934961	1,334961	0,4	0	-0,05496
13		20,00	-3,85	2,704	0,5	3,204	0	4,61	0,695381	1,025381	0,33	0	-1,02538
14		20,00	-1,60	2,269	0,2	2,469	0	4,61	0,535873	0,675873	0,14	0	-0,67587
15		20,00	-0,75	2,354	0,2	2,554	0	4,61	0,554299	0,694299	0,14	0	-0,6943
16		20,00	-0,60	2,818	0,2	3,018	0	4,61	0,654953	0,794953	0,14	0	-0,79495
17		20,00	-1,10	3,429	0,2	3,629	0	4,61	0,787743	0,927743	0,14	0	-0,92774
18		20,00	-2,25	3,847	0,2	4,047	0	4,61	0,878291	1,228291	0,35	0	-1,22829
19		20,00	-4,05	4,192	0,4	4,592	0	4,61	0,996619	1,356619	0,36	0	-1,35662
20		20,00	-5,50	4,465	1	5,465	0	4,61	1,186088	1,566088	0,38	0	-1,56609
21		20,00	-6,10	4,642	1,8	6,442	0	4,61	1,398144	1,558144	0,16	0	-1,55814
22		20,00	-6,35	4,761	0	4,761	0	4,61	1,033361	1,173361	0,14	0	-1,17336
23		20,00	-6,65	4,847	0	4,847	0	4,61	1,052051	1,180051	0,128	0	-1,18005
24		20,00	-7,15	4,950	0	4,950	0	4,61	1,074485	1,172485	0,098	0	-1,17249
1	febbraio	20,00	-6,05	3,701	0	3,701	0	4,61	0,803191	0,873191	0,07	0	-0,87319
2		20,00	-6,85	3,880	0	3,880	0	4,61	0,842117	0,912117	0,07	0	-0,91212
3		20,00	-7,45	4,046	0	4,046	0	4,61	0,878112	0,948112	0,07	0	-0,94811
4		20,00	-7,80	4,151	0	4,151	0	4,61	0,900896	0,970896	0,07	0	-0,9709
5		20,00	-7,95	4,254	0	4,254	0	4,61	0,923321	0,993321	0,07	0	-0,99332
6		20,00	-8,20	4,340	0	4,340	0	4,61	0,941994	1,111994	0,17	0	-1,11199
7		20,00	-8,60	4,437	1,8	6,237	0	4,61	1,353701	1,523701	0,17	0	-1,5237
8		20,00	-9,00	4,531	0,4	4,931	0	4,61	1,070363	1,230363	0,16	0	-1,23036
9		20,00	-8,85	4,523	0,2	4,723	1,12	4,61	1,025108	1,175108	0,15	0	-0,05511
10		20,00	-7,90	4,071	0,2	4,271	1,53	4,61	0,927076	1,117076	0,19	0,412924	0
11		20,00	-6,45	3,225	0,2	3,425	1,78	4,61	0,743291	1,123291	0,38	0,656709	0

12		20,00	-4,45	2,111	0,8	2,911	1,82	4,61	0,631858	1,031858	0,4	0,788142	0
13		20,00	-1,85	0,937	0,5	1,437	1,66	4,61	0,311881	0,641881	0,33	1,018119	0
14		20,05	1,30	0,000	0,2	0,200	1,31	6,80	0,029412	0,169412	0,14	1,140588	0
15		20,41	3,85	0,000	0,2	0,200	0	6,80	0,029412	0,169412	0,14	0	-0,16941
16		20,59	5,25	0,000	0,2	0,200	0	6,80	0,029412	0,169412	0,14	0	-0,16941
17		20,33	6,10	0,000	0,2	0,200	0	6,80	0,029412	0,169412	0,14	0	-0,16941
18		20,10	5,70	0,549	0,2	0,749	0	4,61	0,162525	0,512525	0,35	0	-0,51252
19		20,00	3,70	1,468	0,4	1,868	0	4,61	0,405383	0,765383	0,36	0	-0,76538
20		20,00	0,50	2,223	1	3,223	0	4,61	0,699553	1,079553	0,38	0	-1,07955
21		20,00	-2,20	2,771	1,8	4,571	0	4,61	0,992046	1,152046	0,16	0	-1,15205
22		20,00	-3,60	3,107	0	3,107	0	4,61	0,674349	0,814349	0,14	0	-0,81435
23		20,00	-4,55	3,351	0	3,351	0	4,61	0,727383	0,855383	0,128	0	-0,85538
24		20,00	-5,30	3,566	0	3,566	0	4,61	0,77398	0,87198	0,098	0	-0,87198
1	marzo	20,00	7,90	1,561	0	1,561	0	4,61	0,338903	0,408903	0,07	0	-0,4089
2		20,00	7,85	1,599	0	1,599	0	4,61	0,347132	0,417132	0,07	0	-0,41713
3		20,00	7,70	1,632	0	1,632	0	4,61	0,354318	0,424318	0,07	0	-0,42432
4		20,00	7,40	1,668	0	1,668	0	4,61	0,36198	0,43198	0,07	0	-0,43198
5		20,00	7,00	1,733	0	1,733	0	4,61	0,376225	0,446225	0,07	0	-0,44622
6		20,00	6,70	1,792	0	1,792	0	4,61	0,388931	0,558931	0,17	0	-0,55893
7		20,00	6,50	1,829	1,8	3,629	0	4,61	0,787675	0,957675	0,17	0	-0,95768
8		20,00	6,35	1,844	0,4	2,244	1,08	4,61	0,487017	0,647017	0,16	0,432983	0
9		20,00	6,50	1,625	0,2	1,825	1,64	4,61	0,396149	0,546149	0,15	1,093851	0
10		20,00	7,05	1,164	0,2	1,364	2,11	4,61	0,296113	0,486113	0,19	1,623887	0
11		20,00	7,90	0,581	0,2	0,781	2,4	4,61	0,169522	0,549522	0,38	1,850478	0
12		20,03	9,05	0,000	0,8	0,800	2,46	6,80	0,117647	0,517647	0,4	1,942353	0
13		20,35	10,45	0,000	0,5	0,500	2,27	6,80	0,073529	0,403529	0,33	1,866471	0
14		20,77	12,10	0,000	0,2	0,200	1,88	6,80	0,029412	0,169412	0,14	1,710588	0
15		21,04	13,30	0,000	0,2	0,200	1,34	6,80	0,029412	0,169412	0,14	1,170588	0
16		21,12	13,65	0,000	0,2	0,200	0	6,80	0,029412	0,169412	0,14	0	-0,16941
17		20,98	13,50	0,000	0,2	0,200	0	6,80	0,029412	0,169412	0,14	0	-0,16941
18		20,73	13,10	0,000	0,2	0,200	0	6,80	0,029412	0,379412	0,35	0	-0,37941
19		20,40	12,55	0,000	0,4	0,400	0	6,80	0,058824	0,418824	0,36	0	-0,41882
20		20,12	11,75	0,058	1	1,058	0	4,61	0,22958	0,60958	0,38	0	-0,60958
21		20,00	11,00	0,230	1,8	2,030	0	4,61	0,4406	0,6006	0,16	0	-0,6006
22		20,00	10,45	0,467	0	0,467	0	4,61	0,10128	0,24128	0,14	0	-0,24128
23		20,00	10,00	0,635	0	0,635	0	4,61	0,137762	0,265762	0,128	0	-0,26576
24		20,00	9,65	0,752	0	0,752	0	4,61	0,163225	0,261225	0,098	0	-0,26123
1	aprile	24,19	13,80	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		23,90	11,20	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		23,62	9,10	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		23,38	7,90	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		23,18	7,10	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		23,00	6,55	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,17	0,17	0	-0,17

7		22,85	6,20	0,000	1,8	1,800	0,82	6,80	0,264706	0,434706	0,17	0,385294	0
8		22,89	6,15	0,000	0,4	0,400	1,37	6,80	0,058824	0,218824	0,16	1,151176	0
9		23,16	7,35	0,000	0,2	0,200	1,91	6,80	0,029412	0,179412	0,15	1,730588	0
10		23,66	10,30	0,000	0,2	0,200	2,34	6,80	0,029412	0,219412	0,19	2,120588	0
11		24,45	14,55	0,000	0,2	0,200	2,61	6,80	0,029412	0,409412	0,38	2,200588	0
12		25,39	18,25	0,000	0,8	0,800	2,66	6,80	0,117647	0,517647	0,4	2,142353	0
13		25,93	20,50	-0,690	0,5	1,190	2,49	6,80	0,175034	0,505034	0,33	1,984966	0
14		26,00	22,25	-1,790	0,2	1,990	2,12	6,80	0,292692	0,432692	0,14	1,687308	0
15		26,00	23,60	-2,598	0,2	2,798	1,63	6,80	0,411521	0,551521	0,14	1,078479	0
16		26,00	24,60	-2,786	0,2	2,986	1,07	6,80	0,439076	0,579076	0,14	0,490924	0
17		26,00	25,20	-2,427	0,2	2,627	0,54	6,80	0,386277	0,526277	0,14	0,013723	0
18		26,00	24,95	-1,722	0,2	1,922	0	6,80	0,282624	0,632624	0,35	0	-0,63262
19		26,00	23,60	-0,805	0,4	1,205	0	6,80	0,177153	0,537153	0,36	0	-0,53715
20		25,92	21,35	0,000	1	1,000	0	6,80	0,147059	0,527059	0,38	0	-0,52706
21		25,57	19,35	0,000	1,8	1,800	0	6,80	0,264706	0,424706	0,16	0	-0,42471
22		25,25	18,15	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,14	0,14	0	-0,14
23		25,06	17,20	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,128	0,128	0	-0,128
24		24,87	16,60	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,098	0,098	0	-0,098
1		25,75	16,50	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		25,68	16,45	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		25,59	16,30	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		25,50	15,85	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		25,40	15,30	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		25,31	14,95	0,000	0	0,000	0,54	6,80	0	0,17	0,17	0,37	0
7		25,31	15,00	0,000	1,8	1,800	1,04	6,80	0,264706	0,434706	0,17	0,605294	0
8		25,42	15,30	0,000	0,4	0,400	1,57	6,80	0,058824	0,218824	0,16	1,351176	0
9		25,60	15,85	0,000	0,2	0,200	2,07	6,80	0,029412	0,179412	0,15	1,890588	0
10		25,86	16,70	-0,010	0,2	0,210	2,47	6,80	0,030929	0,220929	0,19	2,249071	0
11		26,00	17,80	-0,340	0,2	0,540	2,72	6,80	0,079349	0,459349	0,38	2,260651	0
12		26,00	18,95	-0,852	0,8	1,652	2,76	6,80	0,242994	0,642994	0,4	2,117006	0
13		26,00	20,10	-1,306	0,5	1,806	2,61	6,80	0,265574	0,595574	0,33	2,014426	0
14		26,00	21,30	-1,643	0,2	1,843	2,28	6,80	0,270987	0,410987	0,14	1,869013	0
15		26,00	21,65	-1,754	0,2	1,954	1,82	6,80	0,287329	0,427329	0,14	1,392671	0
16		26,00	20,70	-1,602	0,2	1,802	1,29	6,80	0,265001	0,405001	0,14	0,884999	0
17		26,00	18,85	-1,187	0,2	1,387	0,77	6,80	0,203947	0,343947	0,14	0,426053	0
18		26,00	17,20	-0,670	0,2	0,870	0	6,80	0,127975	0,477975	0,35	0	-0,47798
19		26,00	16,35	-0,216	0,4	0,616	0	6,80	0,090595	0,450595	0,36	0	-0,4506
20		25,89	15,70	0,000	1	1,000	0	6,80	0,147059	0,527059	0,38	0	-0,52706
21		25,64	15,15	0,000	1,8	1,800	0	6,80	0,264706	0,424706	0,16	0	-0,42471
22		25,46	14,70	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,14	0,14	0	-0,14
23		25,33	14,35	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,128	0,128	0	-0,128
24		25,22	14,10	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,098	0,098	0	-0,098
1	giug no	24,75	11,15	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07

2		24,62	10,65	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		24,49	10,20	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		24,36	9,80	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		24,23	9,40	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		24,13	9,20	0,000	0	0,000	0,65	6,80	0	0,17	0,17	0,48	0
7		24,20	9,35	0,000	1,8	1,800	1,17	6,80	0,264706	0,434706	0,17	0,735294	0
8		24,41	9,75	0,000	0,4	0,400	1,71	6,80	0,058824	0,218824	0,16	1,491176	0
9		24,71	10,55	0,000	0,2	0,200	2,21	6,80	0,029412	0,179412	0,15	2,030588	0
10		25,14	11,85	0,000	0,2	0,200	2,61	6,80	0,029412	0,219412	0,19	2,390588	0
11		25,63	13,60	0,000	0,2	0,200	2,85	6,80	0,029412	0,409412	0,38	2,440588	0
12		25,94	15,80	-0,575	0,8	1,375	2,9	6,80	0,202246	0,602246	0,4	2,297754	0
13		26,00	18,40	-1,602	0,5	2,102	2,75	6,80	0,309066	0,639066	0,33	2,110934	0
14		26,00	21,40	-2,598	0,2	2,798	2,42	6,80	0,411453	0,551453	0,14	1,868547	0
15		26,00	23,55	-3,322	0,2	3,522	1,97	6,80	0,517891	0,657891	0,14	1,312109	0
16		26,00	24,20	-3,536	0,2	3,736	1,44	6,80	0,549423	0,689423	0,14	0,750577	0
17		26,00	23,95	-3,327	0,2	3,527	0,9	6,80	0,518652	0,658652	0,14	0,241348	0
18		26,00	22,95	-2,782	0,2	2,982	0	6,80	0,438549	0,788549	0,35	0	-0,78855
19		26,00	21,30	-1,964	0,4	2,364	0	6,80	0,347583	0,707583	0,36	0	-0,70758
20		26,00	18,90	-1,026	1	2,026	0	6,80	0,297965	0,677965	0,38	0	-0,67797
21		26,00	16,80	-0,170	1,8	1,970	0	6,80	0,289769	0,449769	0,16	0	-0,44977
22		25,78	15,55	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,14	0,14	0	-0,14
23		25,50	14,60	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,128	0,128	0	-0,128
24		25,30	13,55	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,098	0,098	0	-0,098
1	luglio	25,77	17,95	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		25,69	17,70	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		25,63	17,50	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		25,57	17,30	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		25,50	17,10	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		25,44	16,95	0,000	0	0,000	0,64	6,80	0	0,17	0,17	0,47	0
7		25,50	16,90	0,000	1,8	1,800	1,22	6,80	0,264706	0,434706	0,17	0,785294	0
8		25,71	16,95	0,000	0,4	0,400	1,82	6,80	0,058824	0,218824	0,16	1,601176	0
9		25,91	17,20	-0,179	0,2	0,379	2,39	6,80	0,055734	0,205734	0,15	2,184266	0
10		26,00	17,75	-0,720	0,2	0,920	2,84	6,80	0,135331	0,325331	0,19	2,514669	0
11		26,00	18,55	-1,413	0,2	1,613	3,12	6,80	0,237201	0,617201	0,38	2,502799	0
12		26,00	19,85	-2,139	0,8	2,939	3,17	6,80	0,432187	0,832187	0,4	2,337813	0
13		26,00	21,80	-2,861	0,5	3,361	3,01	6,80	0,494218	0,824218	0,33	2,185782	0
14		26,00	24,25	-3,523	0,2	3,723	2,64	6,80	0,54754	0,68754	0,14	1,95246	0
15		26,00	25,70	-3,941	0,2	4,141	2,13	6,80	0,608913	0,748913	0,14	1,381087	0
16		26,00	25,45	-3,927	0,2	4,127	1,54	6,80	0,606934	0,746934	0,14	0,793066	0
17		26,00	24,20	-3,536	0,2	3,736	0,95	6,80	0,549356	0,689356	0,14	0,260644	0
18		26,00	22,60	-2,929	0,2	3,129	0	6,80	0,460208	0,810208	0,35	0	-0,81021
19		26,00	21,10	-2,227	0,4	2,627	0	6,80	0,386344	0,746344	0,36	0	-0,74634
20		26,00	19,30	-1,436	1	2,436	0	6,80	0,358283	0,738283	0,38	0	-0,73828

21		26,00	17,60	-0,662	1,8	2,462	0	6,80	0,362	0,522	0,16	0	-0,522	
22		26,00	16,30	-0,125	0	0,125	0	6,80	0,018449	0,158449	0,14	0	-0,15845	
23		25,89	15,15	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,128	0,128	0	-0,128	
24		25,71	14,20	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,098	0,098	0	-0,098	
1	agosto	25,77	17,35	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07	
2		25,72	17,35	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07	
3		25,66	17,30	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07	
4		25,60	17,05	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07	
5		25,52	16,75	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07	
6		25,44	16,35	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,17	0,17	0	-0,17	
7		25,37	15,75	0,000	1,8	1,800	0,96	6,80	0,264706	0,434706	0,17	0,525294	0	
8		25,44	15,00	0,000	0,4	0,400	1,54	6,80	0,058824	0,218824	0,16	1,321176	0	
9		25,70	15,25	0,000	0,2	0,200	2,1	6,80	0,029412	0,179412	0,15	1,920588	0	
10		25,93	17,10	-0,436	0,2	0,636	2,55	6,80	0,093577	0,283577	0,19	2,266423	0	
11		26,00	19,95	-1,385	0,2	1,585	2,82	6,80	0,233076	0,613076	0,38	2,206924	0	
12		26,00	22,60	-2,577	0,8	3,377	2,88	6,80	0,496654	0,896654	0,4	1,983346	0	
13		26,00	24,50	-3,675	0,5	4,175	2,71	6,80	0,613978	0,943978	0,33	1,766022	0	
14		26,00	26,20	-4,603	0,2	4,803	2,33	6,80	0,706278	0,846278	0,14	1,483722	0	
15		26,00	27,45	-5,240	0,2	5,440	1,82	6,80	0,799956	0,939956	0,14	0,880044	0	
16		26,00	28,15	-5,304	0,2	5,504	1,25	6,80	0,809342	0,949342	0,14	0,300658	0	
17		26,00	28,40	-4,880	0,2	5,080	0,68	6,80	0,747115	0,887115	0,14	0	-0,20712	
18		26,00	28,05	-4,184	0,2	4,384	0	6,80	0,644702	0,994702	0,35	0	-0,9947	
19		26,00	27,05	-3,286	0,4	3,686	0	6,80	0,541996	0,901996	0,36	0	-0,902	
20		26,00	25,50	-2,322	1	3,322	0	6,80	0,488473	0,868473	0,38	0	-0,86847	
21		26,00	24,00	-1,552	1,8	3,352	0	6,80	0,492981	0,652981	0,16	0	-0,65298	
22		26,00	22,80	-1,135	0	1,135	0	6,80	0,166949	0,306949	0,14	0	-0,30695	
23		26,00	21,60	-0,833	0	0,833	0	6,80	0,122555	0,250555	0,128	0	-0,25056	
24		26,00	20,60	-0,569	0	0,569	0	6,80	0,083644	0,181644	0,098	0	-0,18164	
1	settembre	25,75	16,75	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07	
2		25,64	16,20	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07	
3		25,53	15,85	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07	
4		25,45	15,70	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07	
5		25,39	15,75	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07	
6		25,33	15,80	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,17	0,17	0	-0,17	
7		25,27	15,85	0,000	1,8	1,800	0	6,80	0,264706	0,434706	0,17	0	-0,43471	
8		25,31	15,95	0,000	0,4	0,400	1,22	6,80	0,058824	0,218824	0,16	1,001176	0	
9		25,56	16,55	0,000	0,2	0,200	1,78	6,80	0,029412	0,179412	0,15	1,600588	0	
10		25,88	17,90	-0,283	0,2	0,483	2,24	6,80	0,071101	0,261101	0,19	1,978899	0	
11		26,00	19,75	-1,185	0,2	1,385	2,53	6,80	0,203654	0,583654	0,38	1,946346	0	
12		26,00	21,60	-2,334	0,8	3,134	2,59	6,80	0,460868	0,860868	0,4	1,729132	0	
13		26,00	23,20	-3,312	0,5	3,812	2,4	6,80	0,560648	0,890648	0,33	1,509352	0	
14		26,00	24,80	-4,112	0,2	4,312	2,01	6,80	0,634158	0,774158	0,14	1,235842	0	
15		26,00	25,90	-4,543	0,2	4,743	1,49	6,80	0,697539	0,837539	0,14	0,652461	0	

16		26,00	26,30	-4,414	0,2	4,614	0,91	6,80	0,678492	0,818492	0,14	0,091508	0
17		26,00	26,20	-3,828	0,2	4,028	0	6,80	0,592293	0,732293	0,14	0	-0,73229
18		26,00	25,55	-2,974	0,2	3,174	0	6,80	0,466767	0,816767	0,35	0	-0,81677
19		26,00	24,35	-2,028	0,4	2,428	0	6,80	0,357019	0,717019	0,36	0	-0,71702
20		26,00	22,60	-1,192	1	2,192	0	6,80	0,322338	0,702338	0,38	0	-0,70234
21		26,00	20,90	-0,689	1,8	2,489	0	6,80	0,366076	0,526076	0,16	0	-0,52608
22		26,00	19,55	-0,343	0	0,343	0	6,80	0,050449	0,190449	0,14	0	-0,19045
23		26,00	18,25	-0,070	0	0,070	0	6,80	0,010271	0,138271	0,128	0	-0,13827
24		25,91	17,20	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,098	0,098	0	-0,098
1	ottobre	21,47	10,35	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		21,33	9,70	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		21,22	9,45	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		21,15	9,75	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		21,13	10,40	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		21,11	10,90	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,17	0,17	0	-0,17
7		21,06	11,10	0,000	1,8	1,800	0	6,80	0,264706	0,434706	0,17	0	-0,43471
8		21,02	11,20	0,000	0,4	0,400	0	6,80	0,058824	0,218824	0,16	0	-0,21882
9		21,15	11,60	0,000	0,2	0,200	1,21	6,80	0,029412	0,179412	0,15	1,030588	0
10		21,52	12,60	0,000	0,2	0,200	1,61	6,80	0,029412	0,219412	0,19	1,390588	0
11		22,09	14,00	0,000	0,2	0,200	1,86	6,80	0,029412	0,409412	0,38	1,450588	0
12		22,80	15,55	0,000	0,8	0,800	1,91	6,80	0,117647	0,517647	0,4	1,392353	0
13		23,51	17,15	0,000	0,5	0,500	1,74	6,80	0,073529	0,403529	0,33	1,336471	0
14		24,15	18,90	0,000	0,2	0,200	1,4	6,80	0,029412	0,169412	0,14	1,230588	0
15		24,57	20,20	0,000	0,2	0,200	0,94	6,80	0,029412	0,169412	0,14	0,770588	0
16		24,61	20,80	0,000	0,2	0,200	0	6,80	0,029412	0,169412	0,14	0	-0,16941
17		24,34	21,00	0,000	0,2	0,200	0	6,80	0,029412	0,169412	0,14	0	-0,16941
18		23,87	20,20	0,000	0,2	0,200	0	6,80	0,029412	0,379412	0,35	0	-0,37941
19		23,34	18,10	0,000	0,4	0,400	0	6,80	0,058824	0,418824	0,36	0	-0,41882
20		22,91	15,00	0,000	1	1,000	0	6,80	0,147059	0,527059	0,38	0	-0,52706
21		22,55	12,65	0,000	1,8	1,800	0	6,80	0,264706	0,424706	0,16	0	-0,42471
22		22,30	11,90	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,14	0,14	0	-0,14
23		22,16	11,85	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,128	0,128	0	-0,128
24		22,04	11,75	0,000	0	0,000	0	6,80	0	0,098	0,098	0	-0,098
1	novembre	20,00	-1,65	3,046	0	3,046	0	4,61	0,661169	0,731169	0,07	0	-0,73117
2		20,00	-2,55	3,220	0	3,220	0	4,61	0,698808	0,768808	0,07	0	-0,76881
3		20,00	-3,10	3,333	0	3,333	0	4,61	0,723398	0,793398	0,07	0	-0,7934
4		20,00	-3,20	3,391	0	3,391	0	4,61	0,736013	0,806013	0,07	0	-0,80601
5		20,00	-3,00	3,424	0	3,424	0	4,61	0,743222	0,813222	0,07	0	-0,81322
6		20,00	-2,95	3,455	0	3,455	0	4,61	0,74998	0,91998	0,17	0	-0,91998
7		20,00	-3,35	3,532	1,8	5,332	0	4,61	1,157246	1,327246	0,17	0	-1,32725
8		20,00	-3,90	3,660	0,4	4,060	0	4,61	0,881244	1,041244	0,16	0	-1,04124
9		20,00	-3,95	3,676	0,2	3,876	0	4,61	0,841258	0,991258	0,15	0	-0,99126
10		20,00	-3,20	3,205	0,2	3,405	1,11	4,61	0,739012	0,929012	0,19	0,180988	0

11		20,00	-1,95	2,357	0,2	2,557	1,32	4,61	0,554933	0,934933	0,38	0,385067	0
12		20,00	-0,30	1,360	0,8	2,160	1,35	4,61	0,468861	0,868861	0,4	0,481139	0
13		20,00	1,75	0,433	0,5	0,933	1,21	4,61	0,202493	0,532493	0,33	0,677507	0
14		20,18	4,20	0,000	0,2	0,200	0	6,80	0,029412	0,169412	0,14	0	-0,16941
15		20,42	6,10	0,000	0,2	0,200	0	6,80	0,029412	0,169412	0,14	0	-0,16941
16		20,33	7,05	0,000	0,2	0,200	0	6,80	0,029412	0,169412	0,14	0	-0,16941
17		20,09	7,45	0,297	0,2	0,497	0	4,61	0,107884	0,247884	0,14	0	-0,24788
18		20,00	6,85	1,012	0,2	1,212	0	4,61	0,263098	0,613098	0,35	0	-0,6131
19		20,00	5,00	1,537	0,4	1,937	0	4,61	0,420474	0,780474	0,36	0	-0,78047
20		20,00	2,15	2,039	1	3,039	0	4,61	0,659629	1,039629	0,38	0	-1,03963
21		20,00	-0,10	2,456	1,8	4,256	0	4,61	0,923799	1,083799	0,16	0	-1,0838
22		20,00	-1,00	2,701	0	2,701	0	4,61	0,586184	0,726184	0,14	0	-0,72618
23		20,00	-1,35	2,880	0	2,880	0	4,61	0,625056	0,753056	0,128	0	-0,75306
24		20,00	-1,60	3,005	0	3,005	0	4,61	0,652276	0,750276	0,098	0	-0,75028
1	dicembre	20,00	-3,70	4,054	0	4,054	0	4,61	0,879843	0,949843	0,07	0	-0,94984
2		20,00	-4,30	4,146	0	4,146	0	4,61	0,899936	0,969936	0,07	0	-0,96994
3		20,00	-4,90	4,269	0	4,269	0	4,61	0,926639	0,996639	0,07	0	-0,99664
4		20,00	-5,55	4,389	0	4,389	0	4,61	0,95265	1,02265	0,07	0	-1,02265
5		20,00	-6,25	4,500	0	4,500	0	4,61	0,976665	1,046665	0,07	0	-1,04667
6		20,00	-6,80	4,609	0	4,609	0	4,61	1,000442	1,170442	0,17	0	-1,17044
7		20,00	-7,20	4,688	1,8	6,488	0	4,61	1,408093	1,578093	0,17	0	-1,57809
8		20,00	-7,50	4,749	0,4	5,149	0	4,61	1,117519	1,277519	0,16	0	-1,27752
9		20,00	-7,70	4,815	0,2	5,015	0	4,61	1,088501	1,238501	0,15	0	-1,2385
10		20,00	-7,85	4,746	0,2	4,946	0	4,61	1,073518	1,263518	0,19	0	-1,26352
11		20,00	-7,95	4,468	0,2	4,668	1,09	4,61	1,013203	1,393203	0,38	0	-0,3032
12		20,00	-6,75	3,967	0,8	4,767	0	4,61	1,034694	1,434694	0,4	0	-1,43469
13		20,00	-3,60	3,282	0,5	3,782	0	4,61	0,820952	1,150952	0,33	0	-1,15095
14		20,00	0,85	2,571	0,2	2,771	0	4,61	0,60153	0,74153	0,14	0	-0,74153
15		20,00	4,15	2,132	0,2	2,332	0	4,61	0,506155	0,646155	0,14	0	-0,64615
16		20,00	5,10	2,147	0,2	2,347	0	4,61	0,50937	0,64937	0,14	0	-0,64937
17		20,00	4,95	2,431	0,2	2,631	0	4,61	0,57114	0,71114	0,14	0	-0,71114
18		20,00	3,85	2,826	0,2	3,026	0	4,61	0,656748	1,006748	0,35	0	-1,00675
19		20,00	1,85	3,180	0,4	3,580	0	4,61	0,77694	1,13694	0,36	0	-1,13694
20		20,00	-1,10	3,573	1	4,573	0	4,61	0,992598	1,372598	0,38	0	-1,3726
21		20,00	-3,15	3,866	1,8	5,666	0	4,61	1,229879	1,389879	0,16	0	-1,38988
22		20,00	-3,40	3,989	0	3,989	0	4,61	0,865789	1,005789	0,14	0	-1,00579
23		20,00	-2,75	3,979	0	3,979	0	4,61	0,863592	0,991592	0,128	0	-0,99159
24		20,00	-2,65	4,006	0	4,006	0	4,61	0,86951	0,96751	0,098	0	-0,96751

CASO 2:

ore		TAIR_ZONA	T_DR Y	Q_SEN S	Q_W	Q_w_pv	Q_pdc	Ee_P V	CO P	Ee_PdC	E_ass	Ee	E_I	E_PR
h		°C	°C	kW	kWh		kWh	kWh		kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
1	gennaio	20,00	-9,25	5,341	0,0414	0	5,382	0	4,61	1,168139	1,238139	0,07	0	-1,23814
2		20,00	-9,70	5,436	0,0414	0	5,477	0	4,61	1,188747	1,258747	0,07	0	-1,25875
3		20,00	-9,85	5,482	0,0414	0	5,523	0	4,61	1,19874	1,26874	0,07	0	-1,26874
4		20,00	-9,85	5,514	0,0414	0	5,555	0	4,61	1,205798	1,275798	0,07	0	-1,2758
5		20,00	-10,00	5,562	0,0414	0	5,603	0	4,61	1,216197	1,286197	0,07	0	-1,2862
6		20,00	-10,50	5,650	0,0414	0	5,691	0	4,61	1,235203	1,405203	0,17	0	-1,4052
7		20,00	-11,20	5,768	1,8414	0	7,610	0	4,61	1,651688	1,821688	0,17	0	-1,82169
8		20,00	-11,50	5,830	0,4414	0	6,272	0	4,61	1,361242	1,521242	0,16	0	-1,52124
9		20,00	-11,15	5,653	0,2414	0	5,895	0	4,61	1,279403	1,429403	0,15	0	-1,4294
10		20,00	-10,45	5,107	0,2414	0	5,349	1,04	4,61	1,160952	1,350952	0,19	0	-0,31095
11		20,00	-9,05	4,349	0,2414	0	4,591	1,24	4,61	0,996431	1,376431	0,38	0	-0,13643
12		20,00	-6,80	3,508	0,8414	0	4,349	1,28	4,61	0,943947	1,343947	0,4	0	-0,06395
13		20,00	-3,85	2,704	0,5414	0	3,245	0	4,61	0,704367	1,034367	0,33	0	-1,03437
14		20,00	-1,60	2,269	0,2414	0	2,510	0	4,61	0,544859	0,684859	0,14	0	-0,68486
15		20,00	-0,75	2,354	0,2414	0	2,595	0	4,61	0,563285	0,703285	0,14	0	-0,70328
16		20,00	-0,60	2,818	0,2414	0	3,059	0	4,61	0,663939	0,803939	0,14	0	-0,80394
17		20,00	-1,10	3,429	0,2414	0	3,671	0	4,61	0,796729	0,936729	0,14	0	-0,93673
18		20,00	-2,25	3,847	0,2414	0	4,088	0	4,61	0,887277	1,237277	0,35	0	-1,23728
19		20,00	-4,05	4,192	0,4414	0	4,633	0	4,61	1,005604	1,365604	0,36	0	-1,3656
20		20,00	-5,50	4,465	1,0414	0	5,506	0	4,61	1,195074	1,575074	0,38	0	-1,57507
21		20,00	-6,10	4,642	1,8414	0	6,483	0	4,61	1,40713	1,56713	0,16	0	-1,56713
22		20,00	-6,35	4,761	0,0414	0	4,802	0	4,61	1,042347	1,182347	0,14	0	-1,18235
23		20,00	-6,65	4,847	0,0414	0	4,889	0	4,61	1,061037	1,189037	0,128	0	-1,18904
24		20,00	-7,15	4,950	0,0414	0	4,992	0	4,61	1,083471	1,181471	0,098	0	-1,18147
1	febbraio	20,00	-6,05	3,701	0	0	3,701	0	4,61	0,803191	0,873191	0,07	0	-0,87319
2		20,00	-6,85	3,880	0	0	3,880	0	4,61	0,842117	0,912117	0,07	0	-0,91212
3		20,00	-7,45	4,046	0	0	4,046	0	4,61	0,878112	0,948112	0,07	0	-0,94811
4		20,00	-7,80	4,151	0	0	4,151	0	4,61	0,900896	0,970896	0,07	0	-0,9709
5		20,00	-7,95	4,254	0	0	4,254	0	4,61	0,923321	0,993321	0,07	0	-0,99332
6		20,00	-8,20	4,340	0	0	4,340	0	4,61	0,941994	1,111994	0,17	0	-1,11199
7		20,00	-8,60	4,437	1,4378	0	5,875	0	4,61	1,275086	1,445086	0,17	0	-1,44509
8		20,00	-9,00	4,531	0,4413936	0	4,973	0	4,61	1,079347	1,239347	0,16	0	-1,23935
9		20,00	-8,85	4,523	0,2413936	0	4,764	1,12	4,61	1,034093	1,184093	0,15	0	-0,06409
10		20,00	-7,90	4,071	0	1,4254132	4,071	1,53	4,61	1,296591	1,486591	0,19	0,043409	0
11		20,00	-6,45	3,225	0	2,2669594	3,225	1,78	4,61	1,356591	1,736591	0,38	0,043409	0
12		20,00	-4,45	2,111	0	2,7206673	2,111	1,82	4,61	1,246363	1,646363	0,4	0,173637	0

13		20,00	-1,85	0,937	0	0,742179	0,937	1,66	4,61	0,418357	0,748357	0,33	0,911643	0
14		20,05	1,30	0,000	0	0,27245	0,000	1,31	6,80	0,078925	0,218925	0,14	1,091075	0
15		20,41	3,85	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,14	0,14	0	-0,14
16		20,59	5,25	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,14	0,14	0	-0,14
17		20,33	6,10	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,14	0,14	0	-0,14
18		20,10	5,70	0,549	0	0	0,549	0	4,61	0,119115	0,469115	0,35	0	-0,46912
19		20,00	3,70	1,468	0	0	1,468	0	4,61	0,318564	0,678564	0,36	0	-0,67856
20		20,00	0,50	2,223	0	0	2,223	0	4,61	0,482507	0,862507	0,38	0	-0,86251
21		20,00	-2,20	2,771	0	0	2,771	0	4,61	0,601362	0,761362	0,16	0	-0,76136
22		20,00	-3,60	3,107	0	0	3,107	0	4,61	0,674349	0,814349	0,14	0	-0,81435
23		20,00	-4,55	3,351	0	0	3,351	0	4,61	0,727383	0,855383	0,128	0	-0,85538
24		20,00	-5,30	3,566	0	0	3,566	0	4,61	0,77398	0,87198	0,098	0	-0,87198
1	marzo	20,00	7,90	1,561	0	0	1,561	0	4,61	0,338903	0,408903	0,07	0	-0,4089
2		20,00	7,85	1,599	0	0	1,599	0	4,61	0,347132	0,417132	0,07	0	-0,41713
3		20,00	7,70	1,632	0	0	1,632	0	4,61	0,354318	0,424318	0,07	0	-0,42432
4		20,00	7,40	1,668	0	0	1,668	0	4,61	0,36198	0,43198	0,07	0	-0,43198
5		20,00	7,00	1,733	0	0	1,733	0	4,61	0,376225	0,446225	0,07	0	-0,44622
6		20,00	6,70	1,792	0	0	1,792	0	4,61	0,388931	0,558931	0,17	0	-0,55893
7		20,00	6,50	1,829	1,19	0	3,019	0	4,61	0,655276	0,825276	0,17	0	-0,82528
8		20,00	6,35	1,844	0	1,4946579	1,844	1,08	4,61	0,833181	0,993181	0,16	0,086819	0
9		20,00	6,50	1,625	0	3,7759739	1,625	1,64	4,61	1,446591	1,596591	0,15	0,043409	0
10		20,00	7,05	1,164	0	0,9192992	1,164	2,11	4,61	0,519012	0,709012	0,19	1,400988	0
11		20,00	7,90	0,581	0	0,27245	0,581	2,4	4,61	0,205037	0,585037	0,38	1,814963	0
12		20,03	9,05	0,000	0	0,87245	0,000	2,46	6,80	0,252738	0,652738	0,4	1,807262	0
13		20,35	10,45	0,000	0	0,57245	0,000	2,27	6,80	0,165831	0,495831	0,33	1,774169	0
14		20,77	12,10	0,000	0	0,27245	0,000	1,88	6,80	0,078925	0,218925	0,14	1,661075	0
15		21,04	13,30	0,000	0	0,27245	0,000	1,34	6,80	0,078925	0,218925	0,14	1,121075	0
16		21,12	13,65	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,14	0,14	0	-0,14
17		20,98	13,50	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,14	0,14	0	-0,14
18		20,73	13,10	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,35	0,35	0	-0,35
19		20,40	12,55	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,36	0,36	0	-0,36
20		20,12	11,75	0,058	0	0	0,058	0	4,61	0,012533	0,392533	0,38	0	-0,39253
21		20,00	11,00	0,230	0	0	0,230	0	4,61	0,049916	0,209916	0,16	0	-0,20992
22		20,00	10,45	0,467	0	0	0,467	0	4,61	0,10128	0,24128	0,14	0	-0,24128
23		20,00	10,00	0,635	0	0	0,635	0	4,61	0,137762	0,265762	0,128	0	-0,26576
24		20,00	9,65	0,752	0	0	0,752	0	4,61	0,163225	0,261225	0,098	0	-0,26123
1	aprile	24,19	13,80	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		23,90	11,20	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		23,62	9,10	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		23,38	7,90	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		23,18	7,10	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07

6		23,00	6,55	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,17	0,17	0	-0,17
7		22,85	6,20	0,000	-	1,330035	-	0,82	6,80	0,44290	0,61290	0,17	0,20709	0
8		22,89	6,15	0,000	0	3,973861	0,000	1,37	6,80	1,15117	1,31117	0,16	0,05882	0
9		23,16	7,35	0,000	0	1,961454	0,000	1,91	6,80	0,56820	0,71820	0,15	1,19179	0
10		23,66	10,30	0,000	0	0,27245	0,000	2,34	6,80	0,07892	0,26892	0,19	2,07107	0
11		24,45	14,55	0,000	0	0,27245	0,000	2,61	6,80	0,07892	0,45892	0,38	2,15107	0
12		25,39	18,25	0,000	0	0,87245	0,000	2,66	6,80	0,25273	0,65273	0,4	2,00726	0
13		25,93	20,50	-0,690	0	0,57245	0,690	2,49	6,80	0,26733	0,59733	0,33	1,89266	0
14		26,00	22,25	-1,790	0	0,27245	1,790	2,12	6,80	0,34220	0,48220	0,14	1,63779	0
15		26,00	23,60	-2,598	0	0,27245	2,598	1,63	6,80	0,46103	0,60103	0,14	1,02896	0
16		26,00	24,60	-2,786	0	0,27245	2,786	1,07	6,80	0,48859	0,62859	0,14	0,44141	0
17		26,00	25,20	-2,427	0	0	2,427	0,54	6,80	0,35686	0,49686	0,14	0,04313	0
18		26,00	24,95	-1,722	0	0	1,722	0	6,80	0,25321	0,60321	0,35	0	-
19		26,00	23,60	-0,805	0	0	0,805	0	6,80	0,11832	0,47832	0,36	0	-
20		25,92	21,35	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,38	0,38	0	-0,38
21		25,57	19,35	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,16	0,16	0	-0,16
22		25,25	18,15	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,14	0,14	0	-0,14
23		25,06	17,20	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,128	0,128	0	-0,128
24		24,87	16,60	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,098	0,098	0	-0,098
1	maggio	25,75	16,50	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		25,68	16,45	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		25,59	16,30	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		25,50	15,85	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		25,40	15,30	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		25,31	14,95	0,000	0	1,27724	0,000	0,54	6,80	0,37	0,54	0,17	0	0
7		25,31	15,00	0,000	0	2,089475	0,000	1,04	6,80	0,60529	0,77529	0,17	0,26470	0
8		25,42	15,30	0,000	0	3,015528	0,000	1,57	6,80	0,87356	1,03356	0,16	0,53644	0
9		25,60	15,85	0,000	0	0,27245	0,000	2,07	6,80	0,07892	0,22892	0,15	1,84107	0
10		25,86	16,70	-0,010	0	0,27245	0,010	2,47	6,80	0,08044	0,27044	0,19	2,19955	0
11		26,00	17,80	-0,340	0	0,27245	0,340	2,72	6,80	0,12886	0,50886	0,38	2,21113	0
12		26,00	18,95	-0,852	0	0,87245	0,852	2,76	6,80	0,37808	0,77808	0,4	1,98191	0
13		26,00	20,10	-1,306	0	0,57245	1,306	2,61	6,80	0,35787	0,68787	0,33	1,92212	0
14		26,00	21,30	-1,643	0	0,27245	1,643	2,28	6,80	0,3205	0,4605	0,14	1,8195	0
15		26,00	21,65	-1,754	0	0,27245	1,754	1,82	6,80	0,33684	0,47684	0,14	1,34315	0
16		26,00	20,70	-1,602	0	0,27245	1,602	1,29	6,80	0,31451	0,45451	0,14	0,83548	0
17		26,00	18,85	-1,187	0	0,27245	1,187	0,77	6,80	0,25346	0,39346	0,14	0,37653	0
18		26,00	17,20	-0,670	0	0	0,670	0	6,80	0,09856	0,44856	0,35	0	-
19		26,00	16,35	-0,216	0	0	0,216	0	6,80	0,03177	0,39177	0,36	0	-
20		25,89	15,70	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,38	0,38	0	-0,38
21		25,64	15,15	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,16	0,16	0	-0,16
22		25,46	14,70	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,14	0,14	0	-0,14

23		25,33	14,35	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,128	0,128	0	-0,128
24		25,22	14,10	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,098	0,098	0	-0,098
1	giugno	24,75	11,15	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		24,62	10,65	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		24,49	10,20	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		24,36	9,80	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		24,23	9,40	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		24,13	9,20	0,000	0	1,65696	0,000	0,65	6,80	0,48	0,65	0,17	0	0
7		24,20	9,35	0,000	0	2,5382353	0,000	1,17	6,80	0,735294	0,905294	0,17	0,264706	0
8		24,41	9,75	0,000	0	2,4451539	0,000	1,71	6,80	0,70833	0,86833	0,16	0,84167	0
9		24,71	10,55	0,000	0	0,27245	0,000	2,21	6,80	0,078925	0,228925	0,15	1,981075	0
10		25,14	11,85	0,000	0	0,27245	0,000	2,61	6,80	0,078925	0,268925	0,19	2,341075	0
11		25,63	13,60	0,000	0	0,27245	0,000	2,85	6,80	0,078925	0,458925	0,38	2,391075	0
12		25,94	15,80	-0,575	0	0,87245	0,575	2,9	6,80	0,337336	0,737336	0,4	2,162664	0
13		26,00	18,40	-1,602	0	0,57245	1,602	2,75	6,80	0,401368	0,731368	0,33	2,018632	0
14		26,00	21,40	-2,598	0	0,27245	2,598	2,42	6,80	0,460966	0,600966	0,14	1,819034	0
15		26,00	23,55	-3,322	0	0,27245	3,322	1,97	6,80	0,567405	0,707405	0,14	1,262595	0
16		26,00	24,20	-3,536	0	0,27245	3,536	1,44	6,80	0,598936	0,738936	0,14	0,701064	0
17		26,00	23,95	-3,327	0	0	3,327	0,9	6,80	0,48924	0,62924	0,14	0,27076	0
18		26,00	22,95	-2,782	0	0	2,782	0	6,80	0,409138	0,759138	0,35	0	-0,75914
19		26,00	21,30	-1,964	0	0	1,964	0	6,80	0,28876	0,64876	0,36	0	-0,64876
20		26,00	18,90	-1,026	0	0	1,026	0	6,80	0,150906	0,530906	0,38	0	-0,53091
21		26,00	16,80	-0,170	0	0	0,170	0	6,80	0,025063	0,185063	0,16	0	-0,18506
22		25,78	15,55	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,14	0,14	0	-0,14
23		25,50	14,60	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,128	0,128	0	-0,128
24		25,30	13,55	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,098	0,098	0	-0,098
1	luglio	25,77	17,95	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		25,69	17,70	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		25,63	17,50	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		25,57	17,30	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		25,50	17,10	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		25,44	16,95	0,000	0	1,62244	0,000	0,64	6,80	0,47	0,64	0,17	0	0
7		25,50	16,90	0,000	0	2,7108353	0,000	1,22	6,80	0,785294	0,955294	0,17	0,264706	0
8		25,71	16,95	0,000	0	2,3178583	0,000	1,82	6,80	0,671454	0,831454	0,16	0,988546	0
9		25,91	17,20	-0,179	0	0,27245	0,179	2,39	6,80	0,105247	0,255247	0,15	2,134753	0
10		26,00	17,75	-0,720	0	0,27245	0,720	2,84	6,80	0,184845	0,374845	0,19	2,465155	0
11		26,00	18,55	-1,413	0	0,27245	1,413	3,12	6,80	0,286714	0,666714	0,38	2,453286	0
12		26,00	19,85	-2,139	0	0,87245	2,139	3,17	6,80	0,567278	0,967278	0,4	2,202722	0
13		26,00	21,80	-2,861	0	0,57245	2,861	3,01	6,80	0,58652	0,91652	0,33	2,09348	0
14		26,00	24,25	-3,523	0	0,27245	3,523	2,64	6,80	0,597053	0,737053	0,14	1,902947	0
15		26,00	25,70	-3,941	0	0,27245	3,941	2,13	6,80	0,658426	0,798426	0,14	1,331574	0

16		26,00	25,45	-3,927	0	0,27245	3,927	1,54	6,80	0,656447	0,796447	0,14	0,743553	0
17		26,00	24,20	-3,536	0	0	3,536	0,95	6,80	0,519945	0,659945	0,14	0,290055	0
18		26,00	22,60	-2,929	0	0	2,929	0	6,80	0,430796	0,780796	0,35	0	-0,7808
19		26,00	21,10	-2,227	0	0	2,227	0	6,80	0,32752	0,68752	0,36	0	-0,68752
20		26,00	19,30	-1,436	0	0	1,436	0	6,80	0,211224	0,591224	0,38	0	-0,591224
21		26,00	17,60	-0,662	0	0	0,662	0	6,80	0,097294	0,257294	0,16	0	-0,257294
22		26,00	16,30	-0,125	0	0	0,125	0	6,80	0,018449	0,158449	0,14	0	-0,158449
23		25,89	15,15	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,128	0,128	0	-0,128
24		25,71	14,20	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,098	0,098	0	-0,098
1	agosto	25,77	17,35	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		25,72	17,35	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		25,66	17,30	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		25,60	17,05	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		25,52	16,75	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		25,44	16,35	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,17	0,17	0	-0,17
7		25,37	15,75	0,000	-0,623815	1,8133153	-0,624	0,96	6,80	0,617032	0,787032	0,17	0,172968	0
8		25,44	15,00	0,000	0	4,5607012	0,000	1,54	6,80	1,321176	1,481176	0,16	0,058824	0
9		25,70	15,25	0,000	0	1,3793294	0,000	2,1	6,80	0,399574	0,549574	0,15	1,550426	0
10		25,93	17,10	-0,436	0	0,27245	0,436	2,55	6,80	0,143091	0,333091	0,19	2,216909	0
11		26,00	19,95	-1,385	0	0,27245	1,385	2,82	6,80	0,28259	0,66259	0,38	2,15741	0
12		26,00	22,60	-2,577	0	0,87245	2,577	2,88	6,80	0,631745	1,031745	0,4	1,848255	0
13		26,00	24,50	-3,675	0	0,57245	3,675	2,71	6,80	0,70628	1,03628	0,33	1,67372	0
14		26,00	26,20	-4,603	0	0,27245	4,603	2,33	6,80	0,755791	0,895791	0,14	1,434209	0
15		26,00	27,45	-5,240	0	0,27245	5,240	1,82	6,80	0,849469	0,989469	0,14	0,830531	0
16		26,00	28,15	-5,304	0	0	5,304	1,25	6,80	0,779931	0,919931	0,14	0,330069	0
17		26,00	28,40	-4,880	0	0	4,880	0,68	6,80	0,717704	0,857704	0,14	0	-0,1777
18		26,00	28,05	-4,184	0	0	4,184	0	6,80	0,61529	0,96529	0,35	0	-0,96529
19		26,00	27,05	-3,286	0	0	3,286	0	6,80	0,483172	0,843172	0,36	0	-0,843172
20		26,00	25,50	-2,322	0	0	2,322	0	6,80	0,341414	0,721414	0,38	0	-0,721414
21		26,00	24,00	-1,552	0	0	1,552	0	6,80	0,228276	0,388276	0,16	0	-0,388276
22		26,00	22,80	-1,135	0	0	1,135	0	6,80	0,166949	0,306949	0,14	0	-0,306949
23		26,00	21,60	-0,833	0	0	0,833	0	6,80	0,122555	0,250555	0,128	0	-0,250555
24		26,00	20,60	-0,569	0	0	0,569	0	6,80	0,083644	0,181644	0,098	0	-0,181644
1	settembre	25,75	16,75	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		25,64	16,20	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		25,53	15,85	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		25,45	15,70	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		25,39	15,75	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		25,33	15,80	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,17	0,17	0	-0,17
7		25,27	15,85	0,000	1,329	0	1,329	0	6,80	0,195441	0,365441	0,17	0	-0,365441
8		25,31	15,95	0,000	0	3,4560612	0,000	1,22	6,80	1,001176	1,161176	0,16	0,058824	0

9		25,56	16,55	0,000	0	2,4759365	0,000	1,78	6,80	0,717247	0,867247	0,15	0,912753	0
10		25,88	17,90	-0,283	0	0,27245	0,283	2,24	6,80	0,120614	0,310614	0,19	1,929386	0
11		26,00	19,75	-1,185	0	0,27245	1,185	2,53	6,80	0,253167	0,633167	0,38	1,896833	0
12		26,00	21,60	-2,334	0	0,87245	2,334	2,59	6,80	0,595958	0,995958	0,4	1,594042	0
13		26,00	23,20	-3,312	0	0,57245	3,312	2,4	6,80	0,65295	0,98295	0,33	1,41705	0
14		26,00	24,80	-4,112	0	0,27245	4,112	2,01	6,80	0,683672	0,823672	0,14	1,186328	0
15		26,00	25,90	-4,543	0	2,2522957	4,543	1,49	6,80	1,320588	1,460588	0,14	0,029412	0
16		26,00	26,30	-4,414	0	0	4,414	0,91	6,80	0,64908	0,78908	0,14	0,12092	0
17		26,00	26,20	-3,828	0	0	3,828	0	6,80	0,562881	0,702881	0,14	0	-0,70288
18		26,00	25,55	-2,974	0	0	2,974	0	6,80	0,437355	0,787355	0,35	0	-0,78736
19		26,00	24,35	-2,028	0	0	2,028	0	6,80	0,298195	0,658195	0,36	0	-0,6582
20		26,00	22,60	-1,192	0	0	1,192	0	6,80	0,17528	0,55528	0,38	0	-0,55528
21		26,00	20,90	-0,689	0	0	0,689	0	6,80	0,101371	0,261371	0,16	0	-0,26137
22		26,00	19,55	-0,343	0	0	0,343	0	6,80	0,050449	0,190449	0,14	0	-0,19045
23		26,00	18,25	-0,070	0	0	0,070	0	6,80	0,010271	0,138271	0,128	0	-0,13827
24		25,91	17,20	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,0988	0,098	0	-0,098
1	ottobre	21,47	10,35	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		21,33	9,70	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		21,22	9,45	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		21,15	9,75	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		21,13	10,40	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		21,11	10,90	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,17	0,17	0	-0,17
7		21,06	11,10	0,000	1,189	0	1,189	0	6,80	0,174853	0,344853	0,17	0	-0,34485
8		21,02	11,20	0,000	0,4413953	0	0,441	0	6,80	0,064911	0,224911	0,16	0	-0,22491
9		21,15	11,60	0,000	0	3,5575906	0,000	1,21	6,80	1,030588	1,180588	0,15	0,029412	0
10		21,52	12,60	0,000	0	2,1781683	0,000	1,61	6,80	0,630987	0,820987	0,19	0,789013	0
11		22,09	14,00	0,000	0	0,27245	0,000	1,86	6,80	0,078925	0,458925	0,38	1,401075	0
12		22,80	15,55	0,000	0	0,87245	0,000	1,91	6,80	0,252738	0,652738	0,4	1,257262	0
13		23,51	17,15	0,000	0	0,57245	0,000	1,74	6,80	0,165831	0,495831	0,33	1,244169	0
14		24,15	18,90	0,000	0	0,27245	0,000	1,4	6,80	0,078925	0,218925	0,14	1,181075	0
15		24,57	20,20	0,000	0	0,27245	0,000	0,94	6,80	0,078925	0,218925	0,14	0,721075	0
16		24,61	20,80	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,14	0,14	0	-0,14
17		24,34	21,00	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,14	0,14	0	-0,14
18		23,87	20,20	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,35	0,35	0	-0,35
19		23,34	18,10	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,36	0,36	0	-0,36
20		22,91	15,00	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,38	0,38	0	-0,38
21		22,55	12,65	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,16	0,16	0	-0,16
22		22,30	11,90	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,14	0,14	0	-0,14
23		22,16	11,85	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,128	0,128	0	-0,128
24		22,04	11,75	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,0988	0,0988	0	-0,098
1	novembre	20,00	-1,65	3,046	0	0	3,046	0	4,61	0,661169	0,731169	0,07	0	-0,73117

2		20,00	-2,55	3,220	0,0414	0	3,261	0	4,61	0,707794	0,777794	0,07	0	-	0,77779
3		20,00	-3,10	3,333	0,0414	0	3,374	0	4,61	0,732383	0,802383	0,07	0	-	0,80238
4		20,00	-3,20	3,391	0,0414	0	3,432	0	4,61	0,744999	0,814999	0,07	0	-	0,815
5		20,00	-3,00	3,424	0,0414	0	3,466	0	4,61	0,752207	0,822207	0,07	0	-	0,82221
6		20,00	-2,95	3,455	0,0414	0	3,497	0	4,61	0,758966	0,928966	0,17	0	-	0,92897
7		20,00	-3,35	3,532	1,8414	0	5,373	0	4,61	1,166231	1,336231	0,17	0	-	1,33623
8		20,00	-3,90	3,660	0,4414	0	4,102	0	4,61	0,89023	1,05023	0,16	0	-	1,05023
9		20,00	-3,95	3,676	0,2414	0	3,917	0	4,61	0,850244	1,000244	0,15	0	-	1,00024
10		20,00	-3,20	3,205	0	0,6247699	3,205	1,11	4,61	0,876591	1,066591	0,19	0,043409	0	
11		20,00	-1,95	2,357	0	1,3292517	2,357	1,32	4,61	0,896591	1,276591	0,38	0,043409	0	
12		20,00	-0,30	1,360	0	1,6608922	1,360	1,35	4,61	0,776363	1,176363	0,4	0,173637	0	
13		20,00	1,75	0,433	0	2,3387552	0,433	1,21	4,61	0,771477	1,101477	0,33	0,108523	0	
14		20,18	4,20	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,14	0,14	0	-	0,14
15		20,42	6,10	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,14	0,14	0	-	0,14
16		20,33	7,05	0,000	0	0	0,000	0	6,80	0	0,14	0,14	0	-	0,14
17		20,09	7,45	0,297	0	0	0,297	0	4,61	0,064474	0,204474	0,14	0	-	0,20447
18		20,00	6,85	1,012	0	0	1,012	0	4,61	0,219689	0,569689	0,35	0	-	0,56969
19		20,00	5,00	1,537	0	0	1,537	0	4,61	0,333655	0,693655	0,36	0	-	0,69366
20		20,00	2,15	2,039	0	0	2,039	0	4,61	0,442582	0,822582	0,38	0	-	0,82258
21		20,00	-0,10	2,456	0,61	0	3,066	0	4,61	0,665513	0,825513	0,16	0	-	0,82551
22		20,00	-1,00	2,701	0,0414009	0	2,742	0	4,61	0,59517	0,73517	0,14	0	-	0,73517
23		20,00	-1,35	2,880	0,0414009	0	2,921	0	4,61	0,634042	0,762042	0,12	0	-	0,76204
24		20,00	-1,60	3,005	0,0414009	0	3,047	0	4,61	0,661262	0,759262	0,09	0	-	0,75926
1	dicembre	20,00	-3,70	4,054	0,0414	0	4,095	0	4,61	0,888828	0,958828	0,07	0	-	0,95883
2		20,00	-4,30	4,146	0,0414	0	4,188	0	4,61	0,908922	0,978922	0,07	0	-	0,97892
3		20,00	-4,90	4,269	0,0414	0	4,311	0	4,61	0,935625	1,005625	0,07	0	-	1,00562
4		20,00	-5,55	4,389	0,0414	0	4,431	0	4,61	0,961636	1,031636	0,07	0	-	1,03164
5		20,00	-6,25	4,500	0,0414	0	4,541	0	4,61	0,985651	1,055651	0,07	0	-	1,05565
6		20,00	-6,80	4,609	0,0414	0	4,651	0	4,61	1,009428	1,179428	0,17	0	-	1,17943
7		20,00	-7,20	4,688	1,8414	0	6,529	0	4,61	1,417079	1,587079	0,17	0	-	1,58708
8		20,00	-7,50	4,749	0,4414	0	5,190	0	4,61	1,126505	1,286505	0,16	0	-	1,2865
9		20,00	-7,70	4,815	0,2414	0	5,056	0	4,61	1,097487	1,247487	0,15	0	-	1,24749
10		20,00	-7,85	4,746	0,2414	0	4,987	0	4,61	1,082504	1,272504	0,19	0	-	1,2725
11		20,00	-7,95	4,468	0,2414	0	4,710	1,09	4,61	1,022189	1,402189	0,38	0	-	0,31219
12		20,00	-6,75	3,967	0,8414	0	4,809	0	4,61	1,04368	1,44368	0,4	0	-	1,44368
13		20,00	-3,60	3,282	0,5414	0	3,824	0	4,61	0,829938	1,159938	0,33	0	-	1,15994
14		20,00	0,85	2,571	0,2414	0	2,813	0	4,61	0,610516	0,750516	0,14	0	-	0,75052
15		20,00	4,15	2,132	0,2414	0	2,373	0	4,61	0,515141	0,655141	0,14	0	-	0,65514
16		20,00	5,10	2,147	0,2414	0	2,388	0	4,61	0,518356	0,658356	0,14	0	-	0,65836
17		20,00	4,95	2,431	0,2414	0	2,673	0	4,61	0,580126	0,720126	0,14	0	-	0,72013

18	20,00	3,85	2,826	0,2414	0	3,067	0	4,61	0,66573 4	1,01573 4	0,35	0	- 1,01573
19	20,00	1,85	3,180	0,4414	0	3,621	0	4,61	0,78592 6	1,14592 6	0,36	0	- 1,14593
20	20,00	-1,10	3,573	1,0414	0	4,615	0	4,61	1,00158 3	1,38158 3	0,38	0	- 1,38158
21	20,00	-3,15	3,866	1,8414	0	5,708	0	4,61	1,23886 5	1,39886 5	0,16	0	- 1,39886
22	20,00	-3,40	3,989	0,0414	0	4,030	0	4,61	0,87477 5	1,01477 5	0,14	0	- 1,01478
23	20,00	-2,75	3,979	0,0414	0	4,020	0	4,61	0,87257 8	1,00057 8	0,12	0	- 1,00058
24	20,00	-2,65	4,006	0,0414	0	4,047	0	4,61	0,87849 6	0,97649 6	0,09 8	0	- 0,9765

CASO 3:

ore		TAIR_ZONA	T_DRY	Q_SENS	Q_W	Q_pdc	Ee_PV	COP	Ee_PdC	E_ass	Ee	E_I	E_PR
h		°C	°C	kW	kWh	kWh	kWh		kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
1	gennaio	20,00	-9,25	5,341	0	5,341	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		20,00	-9,70	5,436	0	5,436	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		20,00	-9,85	5,482	0	5,482	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		20,00	-9,85	5,514	0	5,514	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		20,00	-10,00	5,562	0	5,562	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		20,00	-10,50	5,650	0	5,650	0	4,61	0	0,17	0,17	0	-0,17
7		20,00	-11,20	5,768	1,8	7,568	0	4,61	0	0,17	0,17	0	-0,17
8		20,00	-11,50	5,830	0,4	6,230	0	4,61	0	0,16	0,16	0	-0,16
9		20,00	-11,15	5,653	0,2	5,853	0	4,61	0	0,15	0,15	0	-0,15
10		20,00	-10,45	5,107	0,2	5,307	1,04	4,61	0	0,19	0,19	0,85	0
11		20,00	-9,05	4,349	0,2	4,549	1,24	4,61	0	0,38	0,38	0,86	0
12		20,00	-6,80	3,508	0,8	4,308	1,28	4,61	0	0,4	0,4	0,88	0
13		20,00	-3,85	2,704	0,5	3,204	0	4,61	0	0,33	0,33	0	-0,33
14		20,00	-1,60	2,269	0,2	2,469	0	4,61	0	0,14	0,14	0	-0,14
15		20,00	-0,75	2,354	0,2	2,554	0	4,61	0	0,14	0,14	0	-0,14
16		20,00	-0,60	2,818	0,2	3,018	0	4,61	0	0,14	0,14	0	-0,14
17		20,00	-1,10	3,429	0,2	3,629	0	4,61	0	0,14	0,14	0	-0,14
18		20,00	-2,25	3,847	0,2	4,047	0	4,61	0	0,35	0,35	0	-0,35
19		20,00	-4,05	4,192	0,4	4,592	0	4,61	0	0,36	0,36	0	-0,36
20		20,00	-5,50	4,465	1	5,465	0	4,61	0	0,38	0,38	0	-0,38
21		20,00	-6,10	4,642	1,8	6,442	0	4,61	0	0,16	0,16	0	-0,16
22		20,00	-6,35	4,761	0	4,761	0	4,61	0	0,14	0,14	0	-0,14
23		20,00	-6,65	4,847	0	4,847	0	4,61	0	0,128	0,128	0	-0,128
24		20,00	-7,15	4,950	0	4,950	0	4,61	0	0,098	0,098	0	-0,098
1	febbraio	20,00	-6,05	3,701	0	3,701	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		20,00	-6,85	3,880	0	3,880	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		20,00	-7,45	4,046	0	4,046	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		20,00	-7,80	4,151	0	4,151	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		20,00	-7,95	4,254	0	4,254	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		20,00	-8,20	4,340	0	4,340	0	4,61	0	0,17	0,17	0	-0,17
7		20,00	-8,60	4,437	1,8	6,237	0	4,61	0	0,17	0,17	0	-0,17
8		20,00	-9,00	4,531	0,4	4,931	0	4,61	0	0,16	0,16	0	-0,16
9		20,00	-8,85	4,523	0,2	4,723	1,12	4,61	0	0,15	0,15	0,97	0
10		20,00	-7,90	4,071	0,2	4,271	1,53	4,61	0	0,19	0,19	1,34	0
11		20,00	-6,45	3,225	0,2	3,425	1,78	4,61	0	0,38	0,38	1,4	0
12		20,00	-4,45	2,111	0,8	2,911	1,82	4,61	0	0,4	0,4	1,42	0
13		20,00	-1,85	0,937	0,5	1,437	1,66	4,61	0	0,33	0,33	1,33	0
14		20,05	1,30	0,000	0,2	0,200	1,31	7,45	0	0,14	0,14	1,17	0
15		20,41	3,85	0,000	0,2	0,200	0	7,14	0	0,14	0,14	0	-0,14

16		20,59	5,25	0,000	0,2	0,200	0	6,97	0	0,14	0,14	0	-0,14
17		20,33	6,10	0,000	0,2	0,200	0	6,86	0	0,14	0,14	0	-0,14
18		20,10	5,70	0,549	0,2	0,749	0	4,61	0	0,35	0,35	0	-0,35
19		20,00	3,70	1,468	0,4	1,868	0	4,61	0	0,36	0,36	0	-0,36
20		20,00	0,50	2,223	1	3,223	0	4,61	0	0,38	0,38	0	-0,38
21		20,00	-2,20	2,771	1,8	4,571	0	4,61	0	0,16	0,16	0	-0,16
22		20,00	-3,60	3,107	0	3,107	0	4,61	0	0,14	0,14	0	-0,14
23		20,00	-4,55	3,351	0	3,351	0	4,61	0	0,128	0,128	0	-0,128
24		20,00	-5,30	3,566	0	3,566	0	4,61	0	0,098	0,098	0	-0,098
1	marzo	20,00	7,90	1,561	0	1,561	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		20,00	7,85	1,599	0	1,599	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		20,00	7,70	1,632	0	1,632	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		20,00	7,40	1,668	0	1,668	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		20,00	7,00	1,733	0	1,733	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		20,00	6,70	1,792	0	1,792	0	4,61	0	0,17	0,17	0	-0,17
7		20,00	6,50	1,829	1,8	3,629	0	4,61	0	0,17	0,17	0	-0,17
8		20,00	6,35	1,844	0,4	2,244	1,08	4,61	0	0,16	0,16	0,92	0
9		20,00	6,50	1,625	0,2	1,825	1,64	4,61	0	0,15	0,15	1,49	0
10		20,00	7,05	1,164	0,2	1,364	2,11	4,61	0	0,19	0,19	1,92	0
11		20,00	7,90	0,581	0,2	0,781	2,4	4,61	0	0,38	0,38	2,02	0
12		20,03	9,05	0,000	0,8	0,800	2,46	6,50	0	0,4	0,4	2,06	0
13		20,35	10,45	0,000	0,5	0,500	2,27	6,33	0	0,33	0,33	1,94	0
14		20,77	12,10	0,000	0,2	0,200	1,88	6,12	0	0,14	0,14	1,74	0
15		21,04	13,30	0,000	0,2	0,200	1,34	5,97	0	0,14	0,14	1,2	0
16		21,12	13,65	0,000	0,2	0,200	0	5,93	0	0,14	0,14	0	-0,14
17		20,98	13,50	0,000	0,2	0,200	0	5,95	0	0,14	0,14	0	-0,14
18		20,73	13,10	0,000	0,2	0,200	0	6,00	0	0,35	0,35	0	-0,35
19		20,40	12,55	0,000	0,4	0,400	0	6,07	0	0,36	0,36	0	-0,36
20		20,12	11,75	0,058	1	1,058	0	4,61	0	0,38	0,38	0	-0,38
21		20,00	11,00	0,230	1,8	2,030	0	4,61	0	0,16	0,16	0	-0,16
22		20,00	10,45	0,467	0	0,467	0	4,61	0	0,14	0,14	0	-0,14
23		20,00	10,00	0,635	0	0,635	0	4,61	0	0,128	0,128	0	-0,128
24		20,00	9,65	0,752	0	0,752	0	4,61	0	0,098	0,098	0	-0,098
1	aprile	24,19	13,80	0,000	0	0,000	0	5,91	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		23,90	11,20	0,000	0	0,000	0	6,23	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		23,62	9,10	0,000	0	0,000	0	6,49	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		23,38	7,90	0,000	0	0,000	0	6,64	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		23,18	7,10	0,000	0	0,000	0	6,74	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		23,00	6,55	0,000	0	0,000	0	6,81	0	0,17	0,17	0	-0,17
7		22,85	6,20	0,000	1,8	1,800	0,82	6,85	0	0,17	0,17	0,65	0
8		22,89	6,15	0,000	0,4	0,400	1,37	6,86	0	0,16	0,16	1,21	0
9		23,16	7,35	0,000	0,2	0,200	1,91	6,71	0	0,15	0,15	1,76	0
10		23,66	10,30	0,000	0,2	0,200	2,34	6,34	0	0,19	0,19	2,15	0

11		24,45	14,55	0,000	0,2	0,200	2,61	5,82	0	0,38	0,38	2,23	0
12		25,39	18,25	0,000	0,8	0,800	2,66	5,36	0	0,4	0,4	2,26	0
13		25,93	20,50	-0,690	0,5	1,190	2,49	5,09	0,135705	0,465705	0,33	2,024295	0
14		26,00	22,25	-1,790	0,2	1,990	2,12	4,87	0,367583	0,507583	0,14	1,612417	0
15		26,00	23,60	-2,598	0,2	2,798	1,63	4,70	0,552366	0,692366	0,14	0,937634	0
16		26,00	24,60	-2,786	0,2	2,986	1,07	4,58	0,60814	0,74814	0,14	0,32186	0
17		26,00	25,20	-2,427	0,2	2,627	0,54	4,51	0,538456	0,678456	0,14	0	-0,13846
18		26,00	24,95	-1,722	0,2	1,922	0	4,54	0,379464	0,729464	0,35	0	-0,72946
19		26,00	23,60	-0,805	0,4	1,205	0	4,70	0,171053	0,531053	0,36	0	-0,53105
20		25,92	21,35	0,000	1	1,000	0	4,98	0	0,38	0,38	0	-0,38
21		25,57	19,35	0,000	1,8	1,800	0	5,23	0	0,16	0,16	0	-0,16
22		25,25	18,15	0,000	0	0,000	0	5,38	0	0,14	0,14	0	-0,14
23		25,06	17,20	0,000	0	0,000	0	5,49	0	0,128	0,128	0	-0,128
24		24,87	16,60	0,000	0	0,000	0	5,57	0	0,098	0,098	0	-0,098
1	maggio	25,75	16,50	0,000	0	0,000	0	5,58	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		25,68	16,45	0,000	0	0,000	0	5,59	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		25,59	16,30	0,000	0	0,000	0	5,60	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		25,50	15,85	0,000	0	0,000	0	5,66	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		25,40	15,30	0,000	0	0,000	0	5,73	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		25,31	14,95	0,000	0	0,000	0,54	5,77	0	0,17	0,17	0,37	0
7		25,31	15,00	0,000	1,8	1,800	1,04	5,76	0	0,17	0,17	0,87	0
8		25,42	15,30	0,000	0,4	0,400	1,57	5,73	0	0,16	0,16	1,41	0
9		25,60	15,85	0,000	0,2	0,200	2,07	5,66	0	0,15	0,15	1,92	0
10		25,86	16,70	-0,010	0,2	0,210	2,47	5,55	0,001858	0,191858	0,19	2,278142	0
11		26,00	17,80	-0,340	0,2	0,540	2,72	5,42	0,062662	0,442662	0,38	2,277338	0
12		26,00	18,95	-0,852	0,8	1,652	2,76	5,28	0,161512	0,561512	0,4	2,198488	0
13		26,00	20,10	-1,306	0,5	1,806	2,61	5,14	0,254285	0,584285	0,33	2,025715	0
14		26,00	21,30	-1,643	0,2	1,843	2,28	4,99	0,329358	0,469358	0,14	1,810642	0
15		26,00	21,65	-1,754	0,2	1,954	1,82	4,94	0,354708	0,494708	0,14	1,325292	0
16		26,00	20,70	-1,602	0,2	1,802	1,29	5,06	0,316503	0,456503	0,14	0,833497	0
17		26,00	18,85	-1,187	0,2	1,387	0,77	5,29	0,224368	0,364368	0,14	0,405632	0
18		26,00	17,20	-0,670	0,2	0,870	0	5,49	0,122012	0,472012	0,35	0	-0,47201
19		26,00	16,35	-0,216	0,4	0,616	0	5,60	0,038594	0,398594	0,36	0	-0,39859
20		25,89	15,70	0,000	1	1,000	0	5,68	0	0,38	0,38	0	-0,38
21		25,64	15,15	0,000	1,8	1,800	0	5,75	0	0,16	0,16	0	-0,16
22		25,46	14,70	0,000	0	0,000	0	5,80	0	0,14	0,14	0	-0,14
23		25,33	14,35	0,000	0	0,000	0	5,84	0	0,128	0,128	0	-0,128
24		25,22	14,10	0,000	0	0,000	0	5,88	0	0,098	0,098	0	-0,098
1	giugno	24,75	11,15	0,000	0	0,000	0	6,24	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		24,62	10,65	0,000	0	0,000	0	6,30	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		24,49	10,20	0,000	0	0,000	0	6,36	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		24,36	9,80	0,000	0	0,000	0	6,41	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		24,23	9,40	0,000	0	0,000	0	6,45	0	0,07	0,07	0	-0,07

6		24,13	9,20	0,000	0	0,000	0,65	6,48	0	0,17	0,17	0,48	0
7		24,20	9,35	0,000	1,8	1,800	1,17	6,46	0	0,17	0,17	1	0
8		24,41	9,75	0,000	0,4	0,400	1,71	6,41	0	0,16	0,16	1,55	0
9		24,71	10,55	0,000	0,2	0,200	2,21	6,31	0	0,15	0,15	2,06	0
10		25,14	11,85	0,000	0,2	0,200	2,61	6,15	0	0,19	0,19	2,42	0
11		25,63	13,60	0,000	0,2	0,200	2,85	5,94	0	0,38	0,38	2,47	0
12		25,94	15,80	-0,575	0,8	1,375	2,9	5,67	0,101534	0,501534	0,4	2,398466	0
13		26,00	18,40	-1,602	0,5	2,102	2,75	5,35	0,299644	0,629644	0,33	2,120356	0
14		26,00	21,40	-2,598	0,2	2,798	2,42	4,98	0,522157	0,662157	0,14	1,757843	0
15		26,00	23,55	-3,322	0,2	3,522	1,97	4,71	0,705208	0,845208	0,14	1,124792	0
16		26,00	24,20	-3,536	0,2	3,736	1,44	4,63	0,763725	0,903725	0,14	0,536275	0
17		26,00	23,95	-3,327	0,2	3,527	0,9	4,66	0,71378	0,85378	0,14	0,04622	0
18		26,00	22,95	-2,782	0,2	2,982	0	4,78	0,58153	0,93153	0,35	0	-0,93153
19		26,00	21,30	-1,964	0,4	2,364	0	4,99	0,393689	0,753689	0,36	0	-0,75369
20		26,00	18,90	-1,026	1	2,026	0	5,28	0,194219	0,574219	0,38	0	-0,57422
21		26,00	16,80	-0,170	1,8	1,970	0	5,54	0,03075	0,19075	0,16	0	-0,19075
22		25,78	15,55	0,000	0	0,000	0	5,70	0	0,14	0,14	0	-0,14
23		25,50	14,60	0,000	0	0,000	0	5,81	0	0,128	0,128	0	-0,128
24		25,30	13,55	0,000	0	0,000	0	5,94	0	0,098	0,098	0	-0,098
1	luglio	25,77	17,95	0,000	0	0,000	0	5,40	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		25,69	17,70	0,000	0	0,000	0	5,43	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		25,63	17,50	0,000	0	0,000	0	5,46	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		25,57	17,30	0,000	0	0,000	0	5,48	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		25,50	17,10	0,000	0	0,000	0	5,51	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		25,44	16,95	0,000	0	0,000	0,64	5,52	0	0,17	0,17	0,47	0
7		25,50	16,90	0,000	1,8	1,800	1,22	5,53	0	0,17	0,17	1,05	0
8		25,71	16,95	0,000	0,4	0,400	1,82	5,52	0	0,16	0,16	1,66	0
9		25,91	17,20	-0,179	0,2	0,379	2,39	5,49	0,032584	0,182584	0,15	2,207416	0
10		26,00	17,75	-0,720	0,2	0,920	2,84	5,43	0,132757	0,322757	0,19	2,517243	0
11		26,00	18,55	-1,413	0,2	1,613	3,12	5,33	0,265262	0,645262	0,38	2,474738	0
12		26,00	19,85	-2,139	0,8	2,939	3,17	5,17	0,413997	0,813997	0,4	2,356003	0
13		26,00	21,80	-2,861	0,5	3,361	3,01	4,93	0,580735	0,910735	0,33	2,099265	0
14		26,00	24,25	-3,523	0,2	3,723	2,64	4,62	0,761974	0,901974	0,14	1,738026	0
15		26,00	25,70	-3,941	0,2	4,141	2,13	4,45	0,886507	1,026507	0,14	1,103493	0
16		26,00	25,45	-3,927	0,2	4,127	1,54	4,48	0,877396	1,017396	0,14	0,522604	0
17		26,00	24,20	-3,536	0,2	3,736	0,95	4,63	0,763627	0,903627	0,14	0,046373	0
18		26,00	22,60	-2,929	0,2	3,129	0	4,83	0,60684	0,95684	0,35	0	-0,95684
19		26,00	21,10	-2,227	0,4	2,627	0	5,01	0,444337	0,804337	0,36	0	-0,80434
20		26,00	19,30	-1,436	1	2,436	0	5,23	0,274411	0,654411	0,38	0	-0,65441
21		26,00	17,60	-0,662	1,8	2,462	0	5,44	0,121532	0,281532	0,16	0	-0,28153
22		26,00	16,30	-0,125	0	0,125	0	5,60	0,022386	0,162386	0,14	0	-0,16239
23		25,89	15,15	0,000	0	0,000	0	5,75	0	0,128	0,128	0	-0,128
24		25,71	14,20	0,000	0	0,000	0	5,86	0	0,098	0,098	0	-0,098

1	agosto	25,77	17,35	0,000	0	0,000	0	5,47	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		25,72	17,35	0,000	0	0,000	0	5,47	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		25,66	17,30	0,000	0	0,000	0	5,48	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		25,60	17,05	0,000	0	0,000	0	5,51	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		25,52	16,75	0,000	0	0,000	0	5,55	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		25,44	16,35	0,000	0	0,000	0	5,60	0	0,17	0,17	0	-0,17
7		25,37	15,75	0,000	1,8	1,800	0,96	5,67	0	0,17	0,17	0,79	0
8		25,44	15,00	0,000	0,4	0,400	1,54	5,76	0	0,16	0,16	1,38	0
9		25,70	15,25	0,000	0,2	0,200	2,1	5,73	0	0,15	0,15	1,95	0
10		25,93	17,10	-0,436	0,2	0,636	2,55	5,51	0,079253	0,269253	0,19	2,280747	0
11		26,00	19,95	-1,385	0,2	1,585	2,82	5,15	0,268704	0,648704	0,38	2,171296	0
12		26,00	22,60	-2,577	0,8	3,377	2,88	4,83	0,533888	0,933888	0,4	1,946112	0
13		26,00	24,50	-3,675	0,5	4,175	2,71	4,59	0,800133	1,130133	0,33	1,579867	0
14		26,00	26,20	-4,603	0,2	4,803	2,33	4,38	1,050017	1,190017	0,14	1,139983	0
15		26,00	27,45	-5,240	0,2	5,440	1,82	4,23	1,2389	1,3789	0,14	0,4411	0
16		26,00	28,15	-5,304	0,2	5,504	1,25	4,14	1,280116	1,420116	0,14	0	-0,17012
17		26,00	28,40	-4,880	0,2	5,080	0,68	4,11	1,186812	1,326812	0,14	0	-0,64681
18		26,00	28,05	-4,184	0,2	4,384	0	4,16	1,006891	1,356891	0,35	0	-1,35689
19		26,00	27,05	-3,286	0,4	3,686	0	4,28	0,767902	1,127902	0,36	0	-1,1279
20		26,00	25,50	-2,322	1	3,322	0	4,47	0,519407	0,899407	0,38	0	-0,89941
21		26,00	24,00	-1,552	1,8	3,352	0	4,65	0,333485	0,493485	0,16	0	-0,49349
22		26,00	22,80	-1,135	0	1,135	0	4,80	0,23638	0,37638	0,14	0	-0,37638
23		26,00	21,60	-0,833	0	0,833	0	4,95	0,168338	0,296338	0,128	0	-0,29634
24		26,00	20,60	-0,569	0	0,569	0	5,07	0,112098	0,210098	0,098	0	-0,2101
1	settembre	25,75	16,75	0,000	0	0,000	0	5,55	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		25,64	16,20	0,000	0	0,000	0	5,62	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		25,53	15,85	0,000	0	0,000	0	5,66	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		25,45	15,70	0,000	0	0,000	0	5,68	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		25,39	15,75	0,000	0	0,000	0	5,67	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		25,33	15,80	0,000	0	0,000	0	5,67	0	0,17	0,17	0	-0,17
7		25,27	15,85	0,000	1,8	1,800	0	5,66	0	0,17	0,17	0	-0,17
8		25,31	15,95	0,000	0,4	0,400	1,22	5,65	0	0,16	0,16	1,06	0
9		25,56	16,55	0,000	0,2	0,200	1,78	5,57	0	0,15	0,15	1,63	0
10		25,88	17,90	-0,283	0,2	0,483	2,24	5,41	0,052431	0,242431	0,19	1,997569	0
11		26,00	19,75	-1,185	0,2	1,385	2,53	5,18	0,228791	0,608791	0,38	1,921209	0
12		26,00	21,60	-2,334	0,8	3,134	2,59	4,95	0,471436	0,871436	0,4	1,718564	0
13		26,00	23,20	-3,312	0,5	3,812	2,4	4,75	0,696859	1,026859	0,33	1,373141	0
14		26,00	24,80	-4,112	0,2	4,312	2,01	4,56	0,902595	1,042595	0,14	0,967405	0
15		26,00	25,90	-4,543	0,2	4,743	1,49	4,42	1,027788	1,167788	0,14	0,322212	0
16		26,00	26,30	-4,414	0,2	4,614	0,91	4,37	1,009754	1,149754	0,14	0	-0,23975
17		26,00	26,20	-3,828	0,2	4,028	0	4,38	0,873193	1,013193	0,14	0	-1,01319
18		26,00	25,55	-2,974	0,2	3,174	0	4,46	0,666284	1,016284	0,35	0	-1,01628
19		26,00	24,35	-2,028	0,4	2,428	0	4,61	0,439707	0,799707	0,36	0	-0,79971

20		26,00	22,60	-1,192	1	2,192	0	4,83	0,246907	0,626907	0,38	0	-0,62691
21		26,00	20,90	-0,689	1,8	2,489	0	5,04	0,136853	0,296853	0,16	0	-0,29685
22		26,00	19,55	-0,343	0	0,343	0	5,20	0,065929	0,205929	0,14	0	-0,20593
23		26,00	18,25	-0,070	0	0,070	0	5,36	0,013022	0,141022	0,128	0	-0,14102
24		25,91	17,20	0,000	0	0,000	0	5,49	0	0,098	0,098	0	-0,098
1	ottobre	21,47	10,35	0,000	0	0,000	0	6,34	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		21,33	9,70	0,000	0	0,000	0	6,42	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		21,22	9,45	0,000	0	0,000	0	6,45	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		21,15	9,75	0,000	0	0,000	0	6,41	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		21,13	10,40	0,000	0	0,000	0	6,33	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		21,11	10,90	0,000	0	0,000	0	6,27	0	0,17	0,17	0	-0,17
7		21,06	11,10	0,000	1,8	1,800	0	6,25	0	0,17	0,17	0	-0,17
8		21,02	11,20	0,000	0,4	0,400	0	6,23	0	0,16	0,16	0	-0,16
9		21,15	11,60	0,000	0,2	0,200	1,21	6,18	0	0,15	0,15	1,06	0
10		21,52	12,60	0,000	0,2	0,200	1,61	6,06	0	0,19	0,19	1,42	0
11		22,09	14,00	0,000	0,2	0,200	1,86	5,89	0	0,38	0,38	1,48	0
12		22,80	15,55	0,000	0,8	0,800	1,91	5,70	0	0,4	0,4	1,51	0
13		23,51	17,15	0,000	0,5	0,500	1,74	5,50	0	0,33	0,33	1,41	0
14		24,15	18,90	0,000	0,2	0,200	1,4	5,28	0	0,14	0,14	1,26	0
15		24,57	20,20	0,000	0,2	0,200	0,94	5,12	0	0,14	0,14	0,8	0
16		24,61	20,80	0,000	0,2	0,200	0	5,05	0	0,14	0,14	0	-0,14
17		24,34	21,00	0,000	0,2	0,200	0	5,02	0	0,14	0,14	0	-0,14
18		23,87	20,20	0,000	0,2	0,200	0	5,12	0	0,35	0,35	0	-0,35
19		23,34	18,10	0,000	0,4	0,400	0	5,38	0	0,36	0,36	0	-0,36
20		22,91	15,00	0,000	1	1,000	0	5,76	0	0,38	0,38	0	-0,38
21		22,55	12,65	0,000	1,8	1,800	0	6,05	0	0,16	0,16	0	-0,16
22		22,30	11,90	0,000	0	0,000	0	6,15	0	0,14	0,14	0	-0,14
23		22,16	11,85	0,000	0	0,000	0	6,15	0	0,128	0,128	0	-0,128
24		22,04	11,75	0,000	0	0,000	0	6,17	0	0,098	0,098	0	-0,098
1	novembre	20,00	-1,65	3,046	0	3,046	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		20,00	-2,55	3,220	0	3,220	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		20,00	-3,10	3,333	0	3,333	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		20,00	-3,20	3,391	0	3,391	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		20,00	-3,00	3,424	0	3,424	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		20,00	-2,95	3,455	0	3,455	0	4,61	0	0,17	0,17	0	-0,17
7		20,00	-3,35	3,532	1,8	5,332	0	4,61	0	0,17	0,17	0	-0,17
8		20,00	-3,90	3,660	0,4	4,060	0	4,61	0	0,16	0,16	0	-0,16
9		20,00	-3,95	3,676	0,2	3,876	0	4,61	0	0,15	0,15	0	-0,15
10		20,00	-3,20	3,205	0,2	3,405	1,11	4,61	0	0,19	0,19	0,92	0
11		20,00	-1,95	2,357	0,2	2,557	1,32	4,61	0	0,38	0,38	0,94	0
12		20,00	-0,30	1,360	0,8	2,160	1,35	4,61	0	0,4	0,4	0,95	0
13		20,00	1,75	0,433	0,5	0,933	1,21	4,61	0	0,33	0,33	0,88	0
14		20,18	4,20	0,000	0,2	0,200	0	7,10	0	0,14	0,14	0	-0,14

15		20,42	6,10	0,000	0,2	0,200	0	6,86	0	0,14	0,14	0	-0,14
16		20,33	7,05	0,000	0,2	0,200	0	6,74	0	0,14	0,14	0	-0,14
17		20,09	7,45	0,297	0,2	0,497	0	4,61	0	0,14	0,14	0	-0,14
18		20,00	6,85	1,012	0,2	1,212	0	4,61	0	0,35	0,35	0	-0,35
19		20,00	5,00	1,537	0,4	1,937	0	4,61	0	0,36	0,36	0	-0,36
20		20,00	2,15	2,039	1	3,039	0	4,61	0	0,38	0,38	0	-0,38
21		20,00	-0,10	2,456	1,8	4,256	0	4,61	0	0,16	0,16	0	-0,16
22		20,00	-1,00	2,701	0	2,701	0	4,61	0	0,14	0,14	0	-0,14
23		20,00	-1,35	2,880	0	2,880	0	4,61	0	0,128	0,128	0	-0,128
24		20,00	-1,60	3,005	0	3,005	0	4,61	0	0,098	0,098	0	-0,098
1	dicembre	20,00	-3,70	4,054	0	4,054	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		20,00	-4,30	4,146	0	4,146	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		20,00	-4,90	4,269	0	4,269	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		20,00	-5,55	4,389	0	4,389	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		20,00	-6,25	4,500	0	4,500	0	4,61	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		20,00	-6,80	4,609	0	4,609	0	4,61	0	0,17	0,17	0	-0,17
7		20,00	-7,20	4,688	1,8	6,488	0	4,61	0	0,17	0,17	0	-0,17
8		20,00	-7,50	4,749	0,4	5,149	0	4,61	0	0,16	0,16	0	-0,16
9		20,00	-7,70	4,815	0,2	5,015	0	4,61	0	0,15	0,15	0	-0,15
10		20,00	-7,85	4,746	0,2	4,946	0	4,61	0	0,19	0,19	0	-0,19
11		20,00	-7,95	4,468	0,2	4,668	1,09	4,61	0	0,38	0,38	0,71	0
12		20,00	-6,75	3,967	0,8	4,767	0	4,61	0	0,4	0,4	0	-0,4
13		20,00	-3,60	3,282	0,5	3,782	0	4,61	0	0,33	0,33	0	-0,33
14		20,00	0,85	2,571	0,2	2,771	0	4,61	0	0,14	0,14	0	-0,14
15		20,00	4,15	2,132	0,2	2,332	0	4,61	0	0,14	0,14	0	-0,14
16		20,00	5,10	2,147	0,2	2,347	0	4,61	0	0,14	0,14	0	-0,14
17		20,00	4,95	2,431	0,2	2,631	0	4,61	0	0,14	0,14	0	-0,14
18		20,00	3,85	2,826	0,2	3,026	0	4,61	0	0,35	0,35	0	-0,35
19		20,00	1,85	3,180	0,4	3,580	0	4,61	0	0,36	0,36	0	-0,36
20		20,00	-1,10	3,573	1	4,573	0	4,61	0	0,38	0,38	0	-0,38
21		20,00	-3,15	3,866	1,8	5,666	0	4,61	0	0,16	0,16	0	-0,16
22		20,00	-3,40	3,989	0	3,989	0	4,61	0	0,14	0,14	0	-0,14
23		20,00	-2,75	3,979	0	3,979	0	4,61	0	0,128	0,128	0	-0,128
24		20,00	-2,65	4,006	0	4,006	0	4,61	0	0,098	0,098	0	-0,098

CASO 4:

ore		TAIR_ZONA	T_DRY	Q_SENS	Q_W	Q_pdc	Ee_PV	COP	Ee_PdC	E_ass	Ee	E_I	E_PR
h		°C	°C	kW	kWh	kWh	kWh		kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
1	gennaio	20,00	-9,25	5,341	0	5,341	0	2,14	2,495476	2,565476	0,07	0	-2,56548
2		20,00	-9,70	5,436	0	5,436	0	2,11	2,574047	2,644047	0,07	0	-2,64405
3		20,00	-9,85	5,482	0	5,482	0	2,10	2,607558	2,677558	0,07	0	-2,67756
4		20,00	-9,85	5,514	0	5,514	0	2,10	2,623026	2,693026	0,07	0	-2,69303
5		20,00	-10,00	5,562	0	5,562	0	2,09	2,657803	2,727803	0,07	0	-2,7278
6		20,00	-10,50	5,650	0	5,650	0	2,06	2,741037	2,911037	0,17	0	-2,91104
7		20,00	-11,20	5,768	1,8	7,568	0	2,02	3,752577	3,922577	0,17	0	-3,92258
8		20,00	-11,50	5,830	0,4	6,230	0	2,00	3,1184	3,2784	0,16	0	-3,2784
9		20,00	-11,15	5,653	0,2	5,853	0	2,02	2,897592	3,047592	0,15	0	-3,04759
10		20,00	-10,45	5,107	0,2	5,307	1,04	2,06	2,571118	2,761118	0,19	0	-1,72112
11		20,00	-9,05	4,349	0,2	4,549	1,24	2,15	2,113333	2,493333	0,38	0	-1,25333
12		20,00	-6,80	3,508	0,8	4,308	1,28	2,29	1,877019	2,277019	0,4	0	-0,99702
13		20,00	-3,85	2,704	0,5	3,204	0	2,48	1,291149	1,621149	0,33	0	-1,62115
14		20,00	-1,60	2,269	0,2	2,469	0	2,62	0,941053	1,081053	0,14	0	-1,08105
15		20,00	-0,75	2,354	0,2	2,554	0	2,68	0,95388	1,09388	0,14	0	-1,09388
16		20,00	-0,60	2,818	0,2	3,018	0	2,69	1,123116	1,263116	0,14	0	-1,26312
17		20,00	-1,10	3,429	0,2	3,629	0	2,66	1,366901	1,506901	0,14	0	-1,5069
18		20,00	-2,25	3,847	0,2	4,047	0	2,58	1,566913	1,916913	0,35	0	-1,91691
19		20,00	-4,05	4,192	0,4	4,592	0	2,47	1,859945	2,219945	0,36	0	-2,21995
20		20,00	-5,50	4,465	1	5,465	0	2,38	2,298878	2,678878	0,38	0	-2,67888
21		20,00	-6,10	4,642	1,8	6,442	0	2,34	2,753816	2,913816	0,16	0	-2,91382
22		20,00	-6,35	4,761	0	4,761	0	2,32	2,049171	2,189171	0,14	0	-2,18917
23		20,00	-6,65	4,847	0	4,847	0	2,30	2,1034	2,2314	0,128	0	-2,2314
24		20,00	-7,15	4,950	0	4,950	0	2,27	2,178121	2,276121	0,098	0	-2,27612
1	febbraio	20,00	-6,05	3,701	0	3,701	0	2,34	1,579848	1,649848	0,07	0	-1,64985
2		20,00	-6,85	3,880	0	3,880	0	2,29	1,692956	1,762956	0,07	0	-1,76296
3		20,00	-7,45	4,046	0	4,046	0	2,25	1,79502	1,86502	0,07	0	-1,86502
4		20,00	-7,80	4,151	0	4,151	0	2,23	1,859848	1,929848	0,07	0	-1,92985
5		20,00	-7,95	4,254	0	4,254	0	2,22	1,914275	1,984275	0,07	0	-1,98428
6		20,00	-8,20	4,340	0	4,340	0	2,21	1,966974	2,136974	0,17	0	-2,13697
7		20,00	-8,60	4,437	1,8	6,237	0	2,18	2,859418	3,029418	0,17	0	-3,02942
8		20,00	-9,00	4,531	0,4	4,931	0	2,16	2,287436	2,447436	0,16	0	-2,44744
9		20,00	-8,85	4,523	0,2	4,723	1,12	2,17	2,181133	2,331133	0,15	0	-1,21113
10		20,00	-7,90	4,071	0,2	4,271	1,53	2,23	1,919331	2,109331	0,19	0	-0,57933
11		20,00	-6,45	3,225	0,2	3,425	1,78	2,32	1,477978	1,857978	0,38	0	-0,07798
12		20,00	-4,45	2,111	0,8	2,911	1,82	2,44	1,191408	1,591408	0,4	0,228592	0
13		20,00	-1,85	0,937	0,5	1,437	1,66	2,61	0,551016	0,881016	0,33	0,778984	0
14		20,05	1,30	0,000	0,2	0,200	1,31	7,45	0,026833	0,166833	0,14	1,143167	0
15		20,41	3,85	0,000	0,2	0,200	0	7,14	0,028014	0,168014	0,14	0	-0,16801

16		20,59	5,25	0,000	0,2	0,200	0	6,97	0,028709	0,168709	0,14	0	-0,16871
17		20,33	6,10	0,000	0,2	0,200	0	6,86	0,029147	0,169147	0,14	0	-0,16915
18		20,10	5,70	0,549	0,2	0,749	0	3,08	0,242728	0,592728	0,35	0	-0,59273
19		20,00	3,70	1,468	0,4	1,868	0	2,96	0,631298	0,991298	0,36	0	-0,9913
20		20,00	0,50	2,223	1	3,223	0	2,76	1,16934	1,54934	0,38	0	-1,54934
21		20,00	-2,20	2,771	1,8	4,571	0	2,59	1,767693	1,927693	0,16	0	-1,92769
22		20,00	-3,60	3,107	0	3,107	0	2,50	1,244175	1,384175	0,14	0	-1,38417
23		20,00	-4,55	3,351	0	3,351	0	2,44	1,375084	1,503084	0,128	0	-1,50308
24		20,00	-5,30	3,566	0	3,566	0	2,39	1,492196	1,590196	0,098	0	-1,5902
1	marzo	20,00	7,90	1,561	0	1,561	0	3,22	0,484316	0,554316	0,07	0	-0,55432
2		20,00	7,85	1,599	0	1,599	0	3,22	0,496563	0,566563	0,07	0	-0,56656
3		20,00	7,70	1,632	0	1,632	0	3,21	0,508339	0,578339	0,07	0	-0,57834
4		20,00	7,40	1,668	0	1,668	0	3,19	0,522416	0,592416	0,07	0	-0,59242
5		20,00	7,00	1,733	0	1,733	0	3,17	0,547309	0,617309	0,07	0	-0,61731
6		20,00	6,70	1,792	0	1,792	0	3,15	0,569201	0,739201	0,17	0	-0,7392
7		20,00	6,50	1,829	1,8	3,629	0	3,14	1,157409	1,327409	0,17	0	-1,32741
8		20,00	6,35	1,844	0,4	2,244	1,08	3,13	0,717792	0,877792	0,16	0,202208	0
9		20,00	6,50	1,625	0,2	1,825	1,64	3,14	0,582101	0,732101	0,15	0,907899	0
10		20,00	7,05	1,164	0,2	1,364	2,11	3,17	0,430337	0,620337	0,19	1,489663	0
11		20,00	7,90	0,581	0,2	0,781	2,4	3,22	0,242259	0,622259	0,38	1,777741	0
12		20,03	9,05	0,000	0,8	0,800	2,46	6,50	0,123114	0,523114	0,4	1,936886	0
13		20,35	10,45	0,000	0,5	0,500	2,27	6,33	0,079046	0,409046	0,33	1,860954	0
14		20,77	12,10	0,000	0,2	0,200	1,88	6,12	0,032669	0,172669	0,14	1,707331	0
15		21,04	13,30	0,000	0,2	0,200	1,34	5,97	0,033478	0,173478	0,14	1,166522	0
16		21,12	13,65	0,000	0,2	0,200	0	5,93	0,033722	0,173722	0,14	0	-0,17372
17		20,98	13,50	0,000	0,2	0,200	0	5,95	0,033617	0,173617	0,14	0	-0,17362
18		20,73	13,10	0,000	0,2	0,200	0	6,00	0,033341	0,383341	0,35	0	-0,38334
19		20,40	12,55	0,000	0,4	0,400	0	6,07	0,065936	0,425936	0,36	0	-0,42594
20		20,12	11,75	0,058	1	1,058	0	3,47	0,305062	0,685062	0,38	0	-0,68506
21		20,00	11,00	0,230	1,8	2,030	0	3,42	0,593578	0,753578	0,16	0	-0,75358
22		20,00	10,45	0,467	0	0,467	0	3,39	0,137845	0,277845	0,14	0	-0,27785
23		20,00	10,00	0,635	0	0,635	0	3,36	0,189087	0,317087	0,128	0	-0,31709
24		20,00	9,65	0,752	0	0,752	0	3,33	0,225524	0,323524	0,098	0	-0,32352
1	aprile	24,19	13,80	0,000	0	0,000	0	5,91	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		23,90	11,20	0,000	0	0,000	0	6,23	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		23,62	9,10	0,000	0	0,000	0	6,49	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		23,38	7,90	0,000	0	0,000	0	6,64	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		23,18	7,10	0,000	0	0,000	0	6,74	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		23,00	6,55	0,000	0	0,000	0	6,81	0	0,17	0,17	0	-0,17
7		22,85	6,20	0,000	1,8	1,800	0,82	6,85	0,262795	0,432795	0,17	0,387205	0
8		22,89	6,15	0,000	0,4	0,400	1,37	6,86	0,058346	0,218346	0,16	1,151654	0
9		23,16	7,35	0,000	0,2	0,200	1,91	6,71	0,029817	0,179817	0,15	1,730183	0
10		23,66	10,30	0,000	0,2	0,200	2,34	6,34	0,031526	0,221526	0,19	2,118474	0

11		24,45	14,55	0,000	0,2	0,200	2,61	5,82	0,034365	0,414365	0,38	2,195635	0
12		25,39	18,25	0,000	0,8	0,800	2,66	5,36	0,149151	0,549151	0,4	2,110849	0
13		25,93	20,50	-0,690	0,5	1,190	2,49	5,09	0,234009	0,564009	0,33	1,925991	0
14		26,00	22,25	-1,790	0,2	1,990	2,12	4,87	0,408646	0,548646	0,14	1,571354	0
15		26,00	23,60	-2,598	0,2	2,798	1,63	4,70	0,594883	0,734883	0,14	0,895117	0
16		26,00	24,60	-2,786	0,2	2,986	1,07	4,58	0,651801	0,791801	0,14	0,278199	0
17		26,00	25,20	-2,427	0,2	2,627	0,54	4,51	0,582834	0,722834	0,14	0	-0,18283
18		26,00	24,95	-1,722	0,2	1,922	0	4,54	0,42354	0,77354	0,35	0	-0,77354
19		26,00	23,60	-0,805	0,4	1,205	0	4,70	0,256087	0,616087	0,36	0	-0,61609
20		25,92	21,35	0,000	1	1,000	0	4,98	0,200745	0,580745	0,38	0	-0,58074
21		25,57	19,35	0,000	1,8	1,800	0	5,23	0,344297	0,504297	0,16	0	-0,5043
22		25,25	18,15	0,000	0	0,000	0	5,38	0	0,14	0,14	0	-0,14
23		25,06	17,20	0,000	0	0,000	0	5,49	0	0,128	0,128	0	-0,128
24		24,87	16,60	0,000	0	0,000	0	5,57	0	0,098	0,098	0	-0,098
1		25,75	16,50	0,000	0	0,000	0	5,58	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		25,68	16,45	0,000	0	0,000	0	5,59	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		25,59	16,30	0,000	0	0,000	0	5,60	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		25,50	15,85	0,000	0	0,000	0	5,66	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		25,40	15,30	0,000	0	0,000	0	5,73	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		25,31	14,95	0,000	0	0,000	0,54	5,77	0	0,17	0,17	0,37	0
7		25,31	15,00	0,000	1,8	1,800	1,04	5,76	0,312261	0,482261	0,17	0,557739	0
8		25,42	15,30	0,000	0,4	0,400	1,57	5,73	0,06984	0,22984	0,16	1,34016	0
9		25,60	15,85	0,000	0,2	0,200	2,07	5,66	0,035338	0,185338	0,15	1,884662	0
10		25,86	16,70	-0,010	0,2	0,210	2,47	5,55	0,037863	0,227863	0,19	2,242137	0
11		26,00	17,80	-0,340	0,2	0,540	2,72	5,42	0,099568	0,479568	0,38	2,240432	0
12		26,00	18,95	-0,852	0,8	1,652	2,76	5,28	0,313103	0,713103	0,4	2,046897	0
13		26,00	20,10	-1,306	0,5	1,806	2,61	5,14	0,351645	0,681645	0,33	1,928355	0
14		26,00	21,30	-1,643	0,2	1,843	2,28	4,99	0,369457	0,509457	0,14	1,770543	0
15		26,00	21,65	-1,754	0,2	1,954	1,82	4,94	0,395158	0,535158	0,14	1,284842	0
16		26,00	20,70	-1,602	0,2	1,802	1,29	5,06	0,356016	0,496016	0,14	0,793984	0
17		26,00	18,85	-1,187	0,2	1,387	0,77	5,29	0,262178	0,402178	0,14	0,367822	0
18		26,00	17,20	-0,670	0,2	0,870	0	5,49	0,158421	0,508421	0,35	0	-0,50842
19		26,00	16,35	-0,216	0,4	0,616	0	5,60	0,110049	0,470049	0,36	0	-0,47005
20		25,89	15,70	0,000	1	1,000	0	5,68	0,176116	0,556116	0,38	0	-0,55612
21		25,64	15,15	0,000	1,8	1,800	0	5,75	0,313267	0,473267	0,16	0	-0,47327
22		25,46	14,70	0,000	0	0,000	0	5,80	0	0,14	0,14	0	-0,14
23		25,33	14,35	0,000	0	0,000	0	5,84	0	0,128	0,128	0	-0,128
24		25,22	14,10	0,000	0	0,000	0	5,88	0	0,098	0,098	0	-0,098
1		24,75	11,15	0,000	0	0,000	0	6,24	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		24,62	10,65	0,000	0	0,000	0	6,30	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		24,49	10,20	0,000	0	0,000	0	6,36	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		24,36	9,80	0,000	0	0,000	0	6,41	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		24,23	9,40	0,000	0	0,000	0	6,45	0	0,07	0,07	0	-0,07

6		24,13	9,20	0,000	0	0,000	0,65	6,48	0	0,17	0,17	0,48	0
7		24,20	9,35	0,000	1,8	1,800	1,17	6,46	0,278593	0,448593	0,17	0,721407	0
8		24,41	9,75	0,000	0,4	0,400	1,71	6,41	0,062386	0,222386	0,16	1,487614	0
9		24,71	10,55	0,000	0,2	0,200	2,21	6,31	0,03168	0,18168	0,15	2,02832	0
10		25,14	11,85	0,000	0,2	0,200	2,61	6,15	0,032506	0,222506	0,19	2,387494	0
11		25,63	13,60	0,000	0,2	0,200	2,85	5,94	0,033687	0,413687	0,38	2,436313	0
12		25,94	15,80	-0,575	0,8	1,375	2,9	5,67	0,242733	0,642733	0,4	2,257267	0
13		26,00	18,40	-1,602	0,5	2,102	2,75	5,35	0,393186	0,723186	0,33	2,026814	0
14		26,00	21,40	-2,598	0,2	2,798	2,42	4,98	0,562356	0,702356	0,14	1,717644	0
15		26,00	23,55	-3,322	0,2	3,522	1,97	4,71	0,747669	0,887669	0,14	1,082331	0
16		26,00	24,20	-3,536	0,2	3,736	1,44	4,63	0,806921	0,946921	0,14	0,493079	0
17		26,00	23,95	-3,327	0,2	3,527	0,9	4,66	0,75669	0,89669	0,14	0,00331	0
18		26,00	22,95	-2,782	0,2	2,982	0	4,78	0,623335	0,973335	0,35	0	-0,97333
19		26,00	21,30	-1,964	0,4	2,364	0	4,99	0,473888	0,833888	0,36	0	-0,83389
20		26,00	18,90	-1,026	1	2,026	0	5,28	0,383487	0,763487	0,38	0	-0,76349
21		26,00	16,80	-0,170	1,8	1,970	0	5,54	0,355516	0,515516	0,16	0	-0,51552
22		25,78	15,55	0,000	0	0,000	0	5,70	0	0,14	0,14	0	-0,14
23		25,50	14,60	0,000	0	0,000	0	5,81	0	0,128	0,128	0	-0,128
24		25,30	13,55	0,000	0	0,000	0	5,94	0	0,098	0,098	0	-0,098
1	luglio	25,77	17,95	0,000	0	0,000	0	5,40	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		25,69	17,70	0,000	0	0,000	0	5,43	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		25,63	17,50	0,000	0	0,000	0	5,46	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		25,57	17,30	0,000	0	0,000	0	5,48	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		25,50	17,10	0,000	0	0,000	0	5,51	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		25,44	16,95	0,000	0	0,000	0,64	5,52	0	0,17	0,17	0,47	0
7		25,50	16,90	0,000	1,8	1,800	1,22	5,53	0,32549	0,49549	0,17	0,72451	0
8		25,71	16,95	0,000	0,4	0,400	1,82	5,52	0,072412	0,232412	0,16	1,587588	0
9		25,91	17,20	-0,179	0,2	0,379	2,39	5,49	0,068993	0,218993	0,15	2,171007	0
10		26,00	17,75	-0,720	0,2	0,920	2,84	5,43	0,169621	0,359621	0,19	2,480379	0
11		26,00	18,55	-1,413	0,2	1,613	3,12	5,33	0,302808	0,682808	0,38	2,437192	0
12		26,00	19,85	-2,139	0,8	2,939	3,17	5,17	0,568844	0,968844	0,4	2,201156	0
13		26,00	21,80	-2,861	0,5	3,361	3,01	4,93	0,682238	1,012238	0,33	1,997762	0
14		26,00	24,25	-3,523	0,2	3,723	2,64	4,62	0,805227	0,945227	0,14	1,694773	0
15		26,00	25,70	-3,941	0,2	4,141	2,13	4,45	0,931501	1,071501	0,14	1,058499	0
16		26,00	25,45	-3,927	0,2	4,127	1,54	4,48	0,92208	1,06208	0,14	0,47792	0
17		26,00	24,20	-3,536	0,2	3,736	0,95	4,63	0,806823	0,946823	0,14	0,003177	0
18		26,00	22,60	-2,929	0,2	3,129	0	4,83	0,648271	0,998271	0,35	0	-0,99827
19		26,00	21,10	-2,227	0,4	2,627	0	5,01	0,524141	0,884141	0,36	0	-0,88414
20		26,00	19,30	-1,436	1	2,436	0	5,23	0,465462	0,845462	0,38	0	-0,84546
21		26,00	17,60	-0,662	1,8	2,462	0	5,44	0,452182	0,612182	0,16	0	-0,61218
22		26,00	16,30	-0,125	0	0,125	0	5,60	0,022386	0,162386	0,14	0	-0,16239
23		25,89	15,15	0,000	0	0,000	0	5,75	0	0,128	0,128	0	-0,128
24		25,71	14,20	0,000	0	0,000	0	5,86	0	0,098	0,098	0	-0,098

1	agosto	25,77	17,35	0,000	0	0,000	0	5,47	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		25,72	17,35	0,000	0	0,000	0	5,47	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		25,66	17,30	0,000	0	0,000	0	5,48	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		25,60	17,05	0,000	0	0,000	0	5,51	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		25,52	16,75	0,000	0	0,000	0	5,55	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		25,44	16,35	0,000	0	0,000	0	5,60	0	0,17	0,17	0	-0,17
7		25,37	15,75	0,000	1,8	1,800	0,96	5,67	0,317353	0,487353	0,17	0,472647	0
8		25,44	15,00	0,000	0,4	0,400	1,54	5,76	0,069391	0,229391	0,16	1,310609	0
9		25,70	15,25	0,000	0,2	0,200	2,1	5,73	0,034882	0,184882	0,15	1,915118	0
10		25,93	17,10	-0,436	0,2	0,636	2,55	5,51	0,11558	0,30558	0,19	2,24442	0
11		26,00	19,95	-1,385	0,2	1,585	2,82	5,15	0,307508	0,687508	0,38	2,132492	0
12		26,00	22,60	-2,577	0,8	3,377	2,88	4,83	0,699612	1,099612	0,4	1,780388	0
13		26,00	24,50	-3,675	0,5	4,175	2,71	4,59	0,908993	1,238993	0,33	1,471007	0
14		26,00	26,20	-4,603	0,2	4,803	2,33	4,38	1,095643	1,235643	0,14	1,094357	0
15		26,00	27,45	-5,240	0,2	5,440	1,82	4,23	1,286189	1,426189	0,14	0,393811	0
16		26,00	28,15	-5,304	0,2	5,504	1,25	4,14	1,32839	1,46839	0,14	0	-0,21839
17		26,00	28,40	-4,880	0,2	5,080	0,68	4,11	1,235448	1,375448	0,14	0	-0,69545
18		26,00	28,05	-4,184	0,2	4,384	0	4,16	1,055022	1,405022	0,35	0	-1,40502
19		26,00	27,05	-3,286	0,4	3,686	0	4,28	0,86139	1,22139	0,36	0	-1,22139
20		26,00	25,50	-2,322	1	3,322	0	4,47	0,743133	1,123133	0,38	0	-1,12313
21		26,00	24,00	-1,552	1,8	3,352	0	4,65	0,720191	0,880191	0,16	0	-0,88019
22		26,00	22,80	-1,135	0	1,135	0	4,80	0,23638	0,37638	0,14	0	-0,37638
23		26,00	21,60	-0,833	0	0,833	0	4,95	0,168338	0,296338	0,128	0	-0,29634
24		26,00	20,60	-0,569	0	0,569	0	5,07	0,112098	0,210098	0,098	0	-0,2101
1	settembre	25,75	16,75	0,000	0	0,000	0	5,55	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		25,64	16,20	0,000	0	0,000	0	5,62	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		25,53	15,85	0,000	0	0,000	0	5,66	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		25,45	15,70	0,000	0	0,000	0	5,68	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		25,39	15,75	0,000	0	0,000	0	5,67	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		25,33	15,80	0,000	0	0,000	0	5,67	0	0,17	0,17	0	-0,17
7		25,27	15,85	0,000	1,8	1,800	0	5,66	0,318044	0,488044	0,17	0	-0,48804
8		25,31	15,95	0,000	0,4	0,400	1,22	5,65	0,070831	0,230831	0,16	0,989169	0
9		25,56	16,55	0,000	0,2	0,200	1,78	5,57	0,035885	0,185885	0,15	1,594115	0
10		25,88	17,90	-0,283	0,2	0,483	2,24	5,41	0,089421	0,279421	0,19	1,960579	0
11		26,00	19,75	-1,185	0,2	1,385	2,53	5,18	0,26741	0,64741	0,38	1,88259	0
12		26,00	21,60	-2,334	0,8	3,134	2,59	4,95	0,633032	1,033032	0,4	1,556968	0
13		26,00	23,20	-3,312	0,5	3,812	2,4	4,75	0,802049	1,132049	0,33	1,267951	0
14		26,00	24,80	-4,112	0,2	4,312	2,01	4,56	0,946492	1,086492	0,14	0,923508	0
15		26,00	25,90	-4,543	0,2	4,743	1,49	4,42	1,073032	1,213032	0,14	0,276968	0
16		26,00	26,30	-4,414	0,2	4,614	0,91	4,37	1,055509	1,195509	0,14	0	-0,28551
17		26,00	26,20	-3,828	0,2	4,028	0	4,38	0,918819	1,058819	0,14	0	-1,05882
18		26,00	25,55	-2,974	0,2	3,174	0	4,46	0,711091	1,061091	0,35	0	-1,06109
19		26,00	24,35	-2,028	0,4	2,428	0	4,61	0,526446	0,886446	0,36	0	-0,88645

20		26,00	22,60	-1,192	1	2,192	0	4,83	0,454062	0,834062	0,38	0	-0,83406
21		26,00	20,90	-0,689	1,8	2,489	0	5,04	0,494214	0,654214	0,16	0	-0,65421
22		26,00	19,55	-0,343	0	0,343	0	5,20	0,065929	0,205929	0,14	0	-0,20593
23		26,00	18,25	-0,070	0	0,070	0	5,36	0,013022	0,141022	0,128	0	-0,14102
24		25,91	17,20	0,000	0	0,000	0	5,49	0	0,098	0,098	0	-0,098
1	octobre	21,47	10,35	0,000	0	0,000	0	6,34	0	0,07	0,07	0	-0,07
2		21,33	9,70	0,000	0	0,000	0	6,42	0	0,07	0,07	0	-0,07
3		21,22	9,45	0,000	0	0,000	0	6,45	0	0,07	0,07	0	-0,07
4		21,15	9,75	0,000	0	0,000	0	6,41	0	0,07	0,07	0	-0,07
5		21,13	10,40	0,000	0	0,000	0	6,33	0	0,07	0,07	0	-0,07
6		21,11	10,90	0,000	0	0,000	0	6,27	0	0,17	0,17	0	-0,17
7		21,06	11,10	0,000	1,8	1,800	0	6,25	0,288218	0,458218	0,17	0	-0,45822
8		21,02	11,20	0,000	0,4	0,400	0	6,23	0,064175	0,224175	0,16	0	-0,22418
9		21,15	11,60	0,000	0,2	0,200	1,21	6,18	0,032344	0,182344	0,15	1,027656	0
10		21,52	12,60	0,000	0,2	0,200	1,61	6,06	0,033002	0,223002	0,19	1,386998	0
11		22,09	14,00	0,000	0,2	0,200	1,86	5,89	0,033969	0,413969	0,38	1,446031	0
12		22,80	15,55	0,000	0,8	0,800	1,91	5,70	0,140435	0,540435	0,4	1,369565	0
13		23,51	17,15	0,000	0,5	0,500	1,74	5,50	0,090921	0,420921	0,33	1,319079	0
14		24,15	18,90	0,000	0,2	0,200	1,4	5,28	0,037853	0,177853	0,14	1,222147	0
15		24,57	20,20	0,000	0,2	0,200	0,94	5,12	0,039038	0,179038	0,14	0,760962	0
16		24,61	20,80	0,000	0,2	0,200	0	5,05	0,03961	0,17961	0,14	0	-0,17961
17		24,34	21,00	0,000	0,2	0,200	0	5,02	0,039804	0,179804	0,14	0	-0,1798
18		23,87	20,20	0,000	0,2	0,200	0	5,12	0,039038	0,389038	0,35	0	-0,38904
19		23,34	18,10	0,000	0,4	0,400	0	5,38	0,074319	0,434319	0,36	0	-0,43432
20		22,91	15,00	0,000	1	1,000	0	5,76	0,173479	0,553479	0,38	0	-0,55348
21		22,55	12,65	0,000	1,8	1,800	0	6,05	0,297316	0,457316	0,16	0	-0,45732
22		22,30	11,90	0,000	0	0,000	0	6,15	0	0,14	0,14	0	-0,14
23		22,16	11,85	0,000	0	0,000	0	6,15	0	0,128	0,128	0	-0,128
24		22,04	11,75	0,000	0	0,000	0	6,17	0	0,098	0,098	0	-0,098
1	novembre	20,00	-1,65	3,046	0	3,046	0	2,62	1,162487	1,232487	0,07	0	-1,23249
2		20,00	-2,55	3,220	0	3,220	0	2,56	1,255927	1,325927	0,07	0	-1,32593
3		20,00	-3,10	3,333	0	3,333	0	2,53	1,317991	1,387991	0,07	0	-1,38799
4		20,00	-3,20	3,391	0	3,391	0	2,52	1,344335	1,414335	0,07	0	-1,41434
5		20,00	-3,00	3,424	0	3,424	0	2,54	1,350734	1,420734	0,07	0	-1,42073
6		20,00	-2,95	3,455	0	3,455	0	2,54	1,361319	1,531319	0,17	0	-1,53132
7		20,00	-3,35	3,532	1,8	5,332	0	2,51	2,121695	2,291695	0,17	0	-2,2917
8		20,00	-3,90	3,660	0,4	4,060	0	2,48	1,638335	1,798335	0,16	0	-1,79834
9		20,00	-3,95	3,676	0,2	3,876	0	2,48	1,565993	1,715993	0,15	0	-1,71599
10		20,00	-3,20	3,205	0,2	3,405	1,11	2,52	1,349814	1,539814	0,19	0	-0,42981
11		20,00	-1,95	2,357	0,2	2,557	1,32	2,60	0,982811	1,362811	0,38	0	-0,04281
12		20,00	-0,30	1,360	0,8	2,160	1,35	2,71	0,79837	1,19837	0,4	0,15163	0
13		20,00	1,75	0,433	0,5	0,933	1,21	2,84	0,329046	0,659046	0,33	0,550954	0
14		20,18	4,20	0,000	0,2	0,200	0	7,10	0,028185	0,168185	0,14	0	-0,16818

15		20,42	6,10	0,000	0,2	0,200	0	6,86	0,029147	0,169147	0,14	0	-0,16915
16		20,33	7,05	0,000	0,2	0,200	0	6,74	0,029653	0,169653	0,14	0	-0,16965
17		20,09	7,45	0,297	0,2	0,497	0	3,20	0,155545	0,295545	0,14	0	-0,29555
18		20,00	6,85	1,012	0,2	1,212	0	3,16	0,383888	0,733888	0,35	0	-0,73389
19		20,00	5,00	1,537	0,4	1,937	0	3,04	0,637107	0,997107	0,36	0	-0,99711
20		20,00	2,15	2,039	1	3,039	0	2,86	1,06241	1,44241	0,38	0	-1,44241
21		20,00	-0,10	2,456	1,8	4,256	0	2,72	1,565718	1,725718	0,16	0	-1,72572
22		20,00	-1,00	2,701	0	2,701	0	2,66	1,014738	1,154738	0,14	0	-1,15474
23		20,00	-1,35	2,880	0	2,880	0	2,64	1,091097	1,219097	0,128	0	-1,2191
24		20,00	-1,60	3,005	0	3,005	0	2,62	1,14547	1,24347	0,098	0	-1,24347
1	dicembre	20,00	-3,70	4,054	0	4,054	0	2,49	1,62743	1,69743	0,07	0	-1,69743
2		20,00	-4,30	4,146	0	4,146	0	2,45	1,690329	1,760329	0,07	0	-1,76033
3		20,00	-4,90	4,269	0	4,269	0	2,42	1,767813	1,837813	0,07	0	-1,83781
4		20,00	-5,55	4,389	0	4,389	0	2,37	1,848886	1,918886	0,07	0	-1,91889
5		20,00	-6,25	4,500	0	4,500	0	2,33	1,931489	2,001489	0,07	0	-2,00149
6		20,00	-6,80	4,609	0	4,609	0	2,29	2,008478	2,178478	0,17	0	-2,17848
7		20,00	-7,20	4,688	1,8	6,488	0	2,27	2,858361	3,028361	0,17	0	-3,02836
8		20,00	-7,50	4,749	0,4	5,149	0	2,25	2,28762	2,44762	0,16	0	-2,44762
9		20,00	-7,70	4,815	0,2	5,015	0	2,24	2,240802	2,390802	0,15	0	-2,3908
10		20,00	-7,85	4,746	0,2	4,946	0	2,23	2,219359	2,409359	0,19	0	-2,40936
11		20,00	-7,95	4,468	0,2	4,668	1,09	2,22	2,100623	2,480623	0,38	0	-1,39062
12		20,00	-6,75	3,967	0,8	4,767	0	2,30	2,074386	2,474386	0,4	0	-2,47439
13		20,00	-3,60	3,282	0,5	3,782	0	2,50	1,514657	1,844657	0,33	0	-1,84466
14		20,00	0,85	2,571	0,2	2,771	0	2,78	0,997484	1,137484	0,14	0	-1,13748
15		20,00	4,15	2,132	0,2	2,332	0	2,99	0,780724	0,920724	0,14	0	-0,92072
16		20,00	5,10	2,147	0,2	2,347	0	3,05	0,770201	0,910201	0,14	0	-0,9102
17		20,00	4,95	2,431	0,2	2,631	0	3,04	0,866298	1,006298	0,14	0	-1,0063
18		20,00	3,85	2,826	0,2	3,026	0	2,97	1,019479	1,369479	0,35	0	-1,36948
19		20,00	1,85	3,180	0,4	3,580	0	2,84	1,259703	1,619703	0,36	0	-1,6197
20		20,00	-1,10	3,573	1	4,573	0	2,66	1,722367	2,102367	0,38	0	-2,10237
21		20,00	-3,15	3,866	1,8	5,666	0	2,53	2,243576	2,403576	0,16	0	-2,40358
22		20,00	-3,40	3,989	0	3,989	0	2,51	1,589337	1,729337	0,14	0	-1,72934
23		20,00	-2,75	3,979	0	3,979	0	2,55	1,559775	1,687775	0,128	0	-1,68777
24		20,00	-2,65	4,006	0	4,006	0	2,56	1,566581	1,664581	0,098	0	-1,66458

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1, Schermata di TRNSYS Building	8
Figura 2, Finestra collegamento tra Type, Simulation Studio	10
Figura 3, Curva di carico giornaliera del consumo elettrico di una abitazione (kWh)	16
Figura 4, Spettro di radiazione solare in atmosfera limpida	19
Figura 5, Traiettoria del sole	20
Figura 6, Diagramma solare	20
Figura 7, Schema sistema elettrico	21
Figura 8, Disposizione moduli impianto fotovoltaico	23
Figura 9, Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale	24
Figura 10, Diagramma solare	25
Figura 11, Energia prodotta mensilmente dall'impianto fotovoltaico	27
Figura 12, Schema di principio di una pompa di calore a compressione	30
Figura 13, Ciclo termodinamico di una pompa di calore	31
Figura 14, COP e EER di un ciclo inverso di carnot	32
Figura 15, Confronto COP	33
Figura 16, Emissione di CO ₂ per produzione elettrica	36
Figura 17, confronto del mix delle fonti per la produzione di energia elettrica: Italia e media europea (2005)	37
Figura 18, COP equivalente in termini di emissioni di CO ₂	37
Figura 19, COP corrispondenti in termini di energia primaria	38
Figura 20, COP corrispondenti in termini di emissioni di CO ₂	38
Figura 21, Sorgenti termiche per le pompe di calore	39

Figura 22, Graph from Geothermal Education Office, California	40
Figura 23, Andamento oscillatorio della temperatura nel terreno	41
Figura 24, Oscillazioni giornaliera e stagionale	41
Figura 25, Tipologie di sonde orizzontali	43
Figura 26, Sonda geotermica verticale singola	44
Figura 27, Tipologie di sonde verticali	45
Figura 28, Curva caratteristica pompa di calore WW per tre temperatura di mandata (35,45,55 °C)...	46
Figura 29, Curva caratteristica pompa di calore aria-acqua	47
Figura 30, Formula per la determinazione del fabbisogno di energia termica per ACS, fonte: UNI-TS 11300-2	48
Figura 31, Fabbisogno termico mensile ACS	50
Figura 32, Richiesta giornaliera di acs per un'utenza di tipo residenziale (EN 16147).....	51
Figura 33, Fabbisogno termico ACS con logica di accumulo	54
Figura 34, Ripartizione del calore fornito per l'ACS.....	54
Figura 35, Destinazione surplus di energia elettrica del fotovoltaico	59
Figura 36, Condizioni economiche per il mercato di maggior tutela tariffa D3 (1°aprile 2015), Fonte TRENDA.....	61
Figura 37, Confronto tra le tariffe D3, BTA e D1	62
Figura 38, Condizioni economiche per i clienti del Servizio di tutela dal 1/4/2015, Fonte: TRENDA.	67
Figura 39, Imposte gas naturale, Fonte AEEGSI 2014	67
Figura 40, Energia immessa e prelevata nel CASO 1	77
Figura 41, Energia immessa e prelevata nel CASO 2	85
Figura 42, Energia immessa e prelevata nel CASO3	92
Figura 43, Energia immessa e prelevata nel CASO 4	99

Figura 44, Costi di Investimento	101
Figura 45, Costi di gestione.....	101
Figura 46, Pay Back	102
Figura 47, TIR.....	103

BIBLIOGRAFIA

Acca Software. (s.d.). *Software certificazione energetica*. Tratto da TerMus, prestazioni energetiche e Certificazione: <http://www.acca.it/software-certificazione-energetica-ape-termus>

AEEGSI. (s.d.). *Autorità per l'energia elettrica ed il gas e il sistema idrico*. Tratto da http://www.autorita.energia.it/it/che_cosa/presentazione.htm

Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas e il Sistema Idrico. (2007, Luglio 31). Atto n.31/07. *Testo Integrato dello Scambio sul Posto* .

Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas e il Sistema Idrico. (s.d.). *Sperimentazione tariffaria pompe di calore*. Tratto da Sito dell'AEEG: <http://www.autorita.energia.it/it//pompedicalore.htm>

bimSystem. (s.d.). *Heating Value*. Tratto da The engeneering toolbox: http://www.engineeringtoolbox.com/gross-net-heating-value-d_824.html

Bonacina, C., Cavallini, A., & Mattarolo, L. (1992). *Trasmissione del calore*. Padova: Cleup Editore.

Capozza, Antonio. RSE. (2012). *Studi modellistici e sperimentali sull'interazione tra pompe di calore geotermiche e il terreno*. RSE 12000316.

Cascone, Y., Corrado, V., Serra, V., & Toma, C. (2010). *Calcolo dell'ombreggiamento sull'involucro dell'edificio*. Torino: ENEA, Ministero dello sviluppo economico, Dipartimento di Energetica del politecnico di Torino.

Cavallini, A., & Mattarolo, L. (1992). *Termodinamica Applicata*. Padova: Cleup Editore.

CENED. (2011). *Manuale CENED*, ACS. Milano.

GSE. (2013). *Disciplina dello Scambio sul Posto*. GSE.

Higeco S.r.l. *Analisi dell'andamento del COP di un impianto geotermico*. Giustinia (BL).

ISTAT. (2013). *I consumi energetici delle famiglie*. ISTAT.

Risi, A. d. (2009). *Energy and Economic Evaluation, Sviluppo di un tool per la stima dei consumi energetici di impianti termici*. Report RSE 2009.

TRENTA. (s.d.). *Tariffe del servizio di maggior tutela*. Tratto da Sito web società Trenta SpA:
<https://www.trenta.it/content/tariffe-del-servizio-maggior-tutela>

U.S. Department of energy . (s.d.). *Greenhouse Gases, Regulated Emission, and Energy Use in Transportation Model*. Tratto da GREET.

UNI-TS 11300. (2012). *UNI-TS 11300*.

Weishaupt. (s.d.). *Sorgente termica aria*. Tratto da Sito web società Weishaupt:
<http://www.weishaupt.it/produkte/waermepumpen/waermequelle-luft>

Weishaupt. (s.d.). *Sorgente termica sottosuolo*. Tratto da Sito web società Weishaupt:
<http://www.weishaupt.it/produkte/waermepumpen/waermequelle-erde>