

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PARMA

Corso di Dottorato di Ricerca in Ingegneria Industriale

XXIV Ciclo

FABBISOGNO E PRODUZIONE ENERGETICA
IN EDILIZIA: PREDIZIONE E DATI REALI

Coordinatore:

Chiar.mo Prof. Ing. Marco Spiga

Tutor:

Chiar.mo Prof. Ing. Marco Spiga

Tesi di Dottorato di:
Ing. Pamela Vocale

Sommario

INTRODUZIONE	4
CAPITOLO 1.....	6
LA PRESTAZIONE ENERGETICA DI UN EDIFICIO AD USO UFFICI	6
1.1. Premessa	6
1.2. Il fabbisogno energetico per il riscaldamento degli ambienti	7
1.3. Il fabbisogno energetico per il raffrescamento degli ambienti e per la deumidificazione dell'aria	12
1.4. Durata della stagione di riscaldamento e raffrescamento.....	15
1.5. Descrizione del sistema edificio – impianto.....	16
1.6. Risultati	20
1.7. Analisi dei consumi reali.....	30
1.7.1. Consumi di energia termica.....	30
1.7.2. Consumi di energia elettrica.....	32
1.8. Possibili interventi.....	33
1.9. Conclusioni.....	35
CAPITOLO 2.....	37
LO SCAMBIO TERMICO ATTRAVERSO IL TERRENO	37
2.1. Introduzione	37
2.2. Calcolo numerico.....	38
2.2.1. Modello geometrico	38
2.2.2. Condizioni al contorno.....	39
2.2.3. Risultati	41
2.3. EN ISO 13370	52
2.3.1. Calcolo della trasmittanza termica.....	52
2.3.2. Calcolo della trasmittanza lineica del ponte termico.....	54
2.3.3. Risultati	55
2.4. Confronto	55
2.5. Conclusioni.....	56
CAPITOLO 3.....	58
LA PRESTAZIONE ENERGETICA DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO GRID- CONNECTED.....	58

3.1.	Introduzione	58
3.2.	Descrizione dell'impianto.....	60
3.3.	Analisi sperimentale	63
3.3.1.	Descrizione del sistema di monitoraggio	63
3.3.2.	Dati sperimentali.....	65
3.4.	Simulazione numerica	69
3.4.1.	Modello impianto	69
3.4.2.	Risultati	72
3.5.	EN 15316-4-6.....	73
3.5.1.	Metodo di calcolo e risultati	73
3.6.	Confronto	73
3.7.	Conclusioni.....	75
CAPITOLO 4.....		76
LA PRESTAZIONE ENERGETICA DI UN IMPIANTO SOLARE TERMICO PER LA PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA		76
4.1.	Introduzione	76
4.2.	Descrizione dell'impianto.....	78
4.3.	Analisi sperimentale	85
4.3.1.	Descrizione del sistema di monitoraggio	85
4.3.2.	Dati sperimentali.....	93
4.4.	EN 15316-4-3.....	96
4.4.1.	Metodo di calcolo	96
4.4.2.	Risultati	100
4.5.	Simulazione numerica	103
4.6.	Confronto	107
4.7.	Conclusioni.....	108
CONCLUSIONI.....		109
RINGRAZIAMENTI		110
BIBLIOGRAFIA.....		111
ALLEGATO		113

INTRODUZIONE

La climatizzazione degli edifici è responsabile del 40% del consumo globale di energia nell'Unione Europea. Il settore è in espansione e ciò comporterà, quindi, un aumento dei consumi energetici. Pertanto, la riduzione dei consumi energetici e l'utilizzo di energia da fonti rinnovabili nel settore dell'edilizia costituiscono misure importanti, necessarie per ridurre la dipendenza energetica dell'Unione Europea e le emissioni di gas a effetto serra. Unitamente ad un maggior utilizzo di energia da fonti rinnovabili, le misure adottate per ridurre il consumo di energia nell'Unione consentirebbero a quest'ultima di conformarsi al protocollo di Kyoto allegato alla convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) e di rispettare sia l'impegno a lungo termine di mantenere l'aumento della temperatura globale al di sotto di 2 °C, sia l'impegno di ridurre entro il 2020 le emissioni globali di gas a effetto serra di almeno il 20% al di sotto dei livelli del 1990 e del 30% qualora venga raggiunto un accordo internazionale.

Il Consiglio europeo del marzo 2007 ha sottolineato la necessità di aumentare l'efficienza energetica nell'Unione per conseguire l'obiettivo di ridurre del 20% il consumo energetico dell'Unione entro il 2020 e ha chiesto che venga data rapida e piena attuazione alle priorità definite nella comunicazione della Commissione intitolata "Piano d'azione per l'efficienza energetica: Concretizzare le potenzialità". Tale piano d'azione ha identificato le significative potenzialità di risparmio energetico efficaci in termini di costi nel settore dell'edilizia. Nella risoluzione del 31 gennaio 2008, il Parlamento europeo ha invitato a rafforzare le disposizioni della direttiva 2002/91/CE e in varie occasioni, da ultimo nella risoluzione del 3 febbraio 2009 sul secondo riesame strategico della politica energetica, ha chiesto di rendere vincolante l'obiettivo di migliorare l'efficienza energetica del 20% entro il 2020. Inoltre, la decisione n. 406/2009/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 aprile 2009, concernente gli sforzi degli Stati membri per ridurre le emissioni dei gas a effetto serra al fine di adempiere agli impegni della Comunità in materia di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra entro il 2020, fissa obiettivi nazionali vincolanti di riduzione delle emissioni di CO₂ per i quali l'efficienza energetica nel settore edilizio rivestirà importanza cruciale. La direttiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 23 aprile 2009, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, prevede la promozione dell'efficienza energetica nel quadro dell'obiettivo vincolante di fare in modo che l'energia da fonti rinnovabili copra il 20% del consumo energetico totale dell'Unione entro il 2020.

La nuova Direttiva EPBD (Energy Performance of Buildings Directive), la Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio n. 31 del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica

nell'edilizia, stabilisce che gli Stati provvedano affinché entro il 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione siano “edifici a energia quasi zero”, cioè ad altissima prestazione energetica. Il fabbisogno energetico degli edifici di nuova costruzione dovrà, pertanto, essere molto basso o quasi nullo e coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa quella prodotta in loco o nelle vicinanze. Gli edifici pubblici di nuova costruzione dovranno essere a energia quasi zero a partire dal 31 dicembre 2018. Gli Stati dovranno elaborare piani nazionali destinati ad aumentare il numero di “edifici a energia quasi zero”; entro il 31 dicembre 2012 e successivamente ogni tre anni, la Commissione pubblicherà una relazione sui progressi realizzati ed elaborerà un piano d'azione.

Tutti gli edifici costruiti dalla fine del 2020, informa in una nota il Parlamento UE, “dovranno possedere elevati standard di risparmio energetico e dovranno essere alimentati in larga misura con forme di energia rinnovabile. I progetti di costruzione degli edifici delle autorità pubbliche dovranno dare l'esempio partendo due anni prima. Una parte dei finanziamenti per queste innovazioni provverrà dal bilancio dell'Unione Europea”.

Gli Stati membri dovranno adeguare i loro building codes in modo tale da garantire che tutti gli edifici realizzati dalla fine del 2020 siano conformi ai più elevati standard di efficienza energetica. Inoltre, la spesa energetica degli immobili esistenti dovrà essere migliorata, ove possibile, in occasione dei lavori di ristrutturazione.

La nuova Direttiva prevede che gli Stati membri adottino misure atte a raggiungere requisiti di rendimento energetico a costi ottimali e secondo la metodologia comparativa. Il quadro metodologico comparativo consente agli Stati membri di determinare la prestazione energetica di edifici ed elementi edilizi e gli aspetti economici delle misure legate alla prestazione energetica, e di collegarli al fine di individuare il livello ottimale in funzione dei costi. La metodologia comparativa consente di prendere in considerazione modelli di consumo, condizioni climatiche esterne, costi di investimento, tipologia edilizia, costi di manutenzione e di funzionamento (compresi i costi ed il risparmio energetico), eventuali utili derivanti dalla produzione di energia e eventuali costi di smaltimento.

In questa cornice, questo lavoro di tesi intende approfondire alcuni aspetti peculiari del fabbisogno energetico degli edifici e della produzione energetica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili mediante l'ausilio di codici di calcolo e di indagini sperimentali. È analizzata la prestazione energetica di un edificio ad uso uffici, di un impianto solare fotovoltaico grid-connected e di un impianto solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria.

CAPITOLO 1

LA PRESTAZIONE ENERGETICA DI UN EDIFICIO AD USO UFFICI

1.1. Premessa

La prestazione energetica di un edificio è determinata sulla base della quantità di energia, reale o calcolata, consumata annualmente per soddisfare le varie esigenze legate ad un uso normale dell'edificio e corrisponde al fabbisogno energetico per il riscaldamento e il raffrescamento che consente di mantenere la temperatura desiderata dell'edificio e coprire il fabbisogno di acqua calda nel settore domestico.

Come prescritto dalla Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio n. 31 del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia, la prestazione energetica degli edifici dovrebbe essere calcolata in base ad una metodologia, che potrebbe essere differenziata a livello nazionale e regionale. Ciò comprende, oltre alle caratteristiche termiche, altri fattori che svolgono un ruolo di crescente importanza, come il tipo di impianto di riscaldamento e condizionamento, l'impiego di energia da fonti rinnovabili, gli elementi passivi di riscaldamento e rinfrescamento, i sistemi di ombreggiamento, la qualità dell'aria interna, un'adeguata illuminazione naturale e le caratteristiche architettoniche dell'edificio.

La nuova Direttiva Europea sostituisce la Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio n. 91 del 16 dicembre 2002 che sarà abrogata a partire dall'1 febbraio 2012. Quest'ultima Direttiva è stata recepita con il Decreto Legislativo n.192 del 19 agosto 2005 che stabilisce i criteri, le condizioni e le modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici al fine di favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili e la diversificazione energetica, contribuire a conseguire gli obiettivi nazionali di limitazione delle emissioni di gas a effetto serra posti dal protocollo di Kyoto, promuovere la competitività dei comparti più avanzati attraverso lo sviluppo tecnologico. Il Decreto disciplina in particolare: la metodologia per il calcolo delle prestazioni energetiche integrate; l'applicazione di requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche; i criteri generali per la certificazione energetica; le ispezioni periodiche degli impianti di climatizzazione; i criteri per garantire la qualificazione e l'indipendenza degli esperti incaricati della certificazione energetica e delle ispezioni degli impianti; la raccolta delle informazioni e delle esperienze, delle elaborazioni e degli studi necessari all'orientamento della politica energetica del settore; la promozione dell'uso razionale dell'energia anche attraverso l'informazione e la sensibilizzazione degli utenti finali; la formazione e l'aggiornamento degli operatori del settore. Il Decreto prevede la pubblicazione di uno o più Decreti del Presidente della Repubblica che definiscano:

a) i criteri generali, le metodologie di calcolo e i requisiti minimi finalizzati al contenimento dei consumi di energia. I decreti disciplinano la progettazione, l'installazione, l'esercizio, la manutenzione e l'ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva, per la preparazione dell'acqua calda sanitaria e, limitatamente al settore terziario, per l'illuminazione artificiale;

b) i criteri generali di prestazione energetica per l'edilizia sovvenzionata e convenzionata, nonché pubblica e privata, anche riguardo alla ristrutturazione; e sono indicate le metodologie di calcolo e i requisiti minimi;

c) i requisiti professionali e i criteri di accreditamento per assicurare la qualificazione e l'indipendenza degli esperti o degli organismi a cui affidare la certificazione energetica degli edifici e l'ispezione degli impianti di climatizzazione.

Il Decreto attuativo dei punti a) e b) è il Decreto del Presidente della Repubblica n. 59 del 2 aprile 2009, pubblicato sulla G.U. n. 132 del 10/6/2009, che definisce i criteri generali, le metodologie di calcolo e i requisiti minimi per la prestazione energetica degli edifici e degli impianti termici per la climatizzazione invernale e per la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari e adotta, come metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici, le norme tecniche nazionali della serie UNI/TS 11300 e loro successive modificazioni, definite nel contesto delle norme EN a supporto della Direttiva 2002/91/CE.

In questo capitolo è analizzata la prestazione energetica della sede provinciale della Confederazione Nazionale dell'Artigianato e della Piccola e Media Impresa di Reggio Emilia. Lo studio intende esaminare il fabbisogno energetico di un edificio ad uso uffici al fine determinarne gli elementi più rilevanti che lo contraddistinguono ed individuare possibili interventi di retrofit energetico, in un'ottica di riduzione e razionalizzazione dei consumi, in accordo con la normativa e le disposizioni legislative vigenti.

1.2. Il fabbisogno energetico per il riscaldamento degli ambienti

Il fabbisogno energetico per il riscaldamento degli ambienti, espresso in termini di energia primaria, considera l'energia necessaria per mantenere in ambiente la temperatura di set point (fabbisogno ideale di energia termica), le perdite di energia termica causate dai componenti dell'impianto di riscaldamento e il fabbisogno di energia elettrica per il funzionamento degli ausiliari dell'impianto stesso (pompe, ventilatori, ecc.).

Il fabbisogno ideale di energia termica per il riscaldamento degli ambienti dipende da diversi fattori che si possono raggruppare nelle seguenti categorie: parametri climatici della località considerata, caratteristiche geometriche dell'edificio considerato, caratteristiche termiche e

costruttive, caratteristiche correlate alla modalità di occupazione ed utilizzo dell'edificio stesso. Nella prima categoria rientrano dati quali la temperatura media mensile dell'aria esterna e l'irradiazione solare incidente mensilmente sulle superfici che delimitano l'involucro edilizio. Alla seconda categoria appartengono dati quali ad esempio il volume netto riscaldato, la superficie utile, l'orientamento dell'edificio, le superfici di tutti i componenti dell'involucro edilizio. Per quanto riguarda le caratteristiche termiche e costruttive, occorre conoscere il valore della trasmittanza termica di ogni componente disperdente, il valore della trasmittanza di energia solare totale di tutti i componenti trasparenti dell'involucro edilizio, le tipologie di ponti termici presenti, le capacità termiche areiche dei componenti della struttura dell'edificio, ecc. Infine, i dati relativi alla modalità di occupazione ed utilizzo dell'edificio comprendono ad esempio: la temperatura interna di regolazione per il riscaldamento, gli apporti interni, la tipologia e le caratteristiche della ventilazione e la durata del periodo di riscaldamento.

Definiti i dati di ingresso, il fabbisogno ideale di energia termica è ricavato dalla seguente espressione^[1]:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{gn} \quad (1.1)$$

dove $Q_{H,ht}$ [MJ] rappresenta lo scambio termico totale nel caso di riscaldamento (per trasmissione $Q_{H,tr}$ e per ventilazione $Q_{H,ve}$); $\eta_{H,gn}$ [-] è il fattore di utilizzazione degli apporti termici e Q_{gn} [MJ] indica gli apporti termici (apporti solari e apporti interni).

Lo scambio termico per trasmissione comprende due contributi, di cui uno rappresenta le dispersioni per trasmissione e l'altro il cosiddetto *extraflusso termico* dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste:

$$Q_{H,tr} = H_{tr} \cdot (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \cdot t + \sum_k (F_{r,k} \cdot \Phi_{r,mn,k}) \cdot t \quad (1.2)$$

dove H_{tr} [W/K] indica il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione che tiene conto delle dispersioni verso l'ambiente esterno (H_D), verso zone non riscaldate (H_U), verso il terreno (H_g) e verso zone riscaldate ad una temperatura differente da quella dell'edificio considerato (H_A); $\theta_{int,set,H}$ [°C] è la temperatura interna di regolazione per il riscaldamento; θ_e [°C] è la temperatura esterna media del mese considerato; $F_{r,k}$ [-] è il fattore di vista tra il componente edilizio k-esimo e la volta celeste; $\Phi_{r,mn,k}$ [W] indica la potenza termica scambiata per irraggiamento tra il componente edilizio k-esimo e la volta celeste, mediata nel tempo; t [Ms] è la durata del mese considerato.

Lo scambio termico per ventilazione dipende dalle caratteristiche geometriche dell'edificio riscaldato (nello specifico dal volume netto riscaldato) e dalle caratteristiche della ventilazione (naturale o controllata):

$$Q_{H,ve} = H_{ve} \cdot (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \cdot t \quad (1.3)$$

dove H_{ve} [W/K] indica il coefficiente globale di scambio termico per ventilazione.

Al fine di calcolare il bilancio energetico dell'involucro edilizio nel periodo di riscaldamento occorre determinare anche i contributi positivi per il bilancio stesso, ovvero gli apporti termici (apporti interni ed apporti solari).

Gli apporti termici interni sono dovuti alle sorgenti di energia termica presenti all'interno di uno spazio chiuso, ovvero agli occupanti, alle apparecchiature elettriche e all'illuminazione e sono calcolati dalla seguente espressione:

$$Q_{int} = \left\{ \sum_k \Phi_{int,mn,k} \right\} \cdot t + \left\{ \sum_l (1 - b_{tr,l}) \cdot \Phi_{int,mn,u,l} \right\} \cdot t \quad (1.4)$$

dove $\Phi_{int,mn}$ [W] indica la potenza termica prodotta dalla k-esima sorgente di calore interna, mediata nel tempo; $\Phi_{int,mn,u,l}$ [W] indica la potenza termica prodotta dalla l-esima sorgente di calore interna nell'ambiente non climatizzato adiacente u, mediata nel tempo; $b_{tr,l}$ [-] è il fattore di riduzione per l'ambiente non climatizzato avente la sorgente di calore interna l-esima.

I principali fattori che incidono sul calcolo degli apporti solari sono l'esposizione del componente considerato, l'eventuale presenza di ombreggiamenti e il colore nel caso di componente opaco o la trasmittanza solare nel caso di componente finestrato:

$$Q_{sol} = \left\{ \sum_k F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot I_{sol,k} \right\} \cdot t + \left\{ \sum_l (1 - b_{tr,l}) \cdot \Phi_{sol,mn,u,l} \right\} \cdot t \quad (1.5)$$

dove $F_{sh,ob,k}$ [-] è il fattore di riduzione per ombreggiatura relativo ad elementi esterni per l'area di captazione solare effettiva della superficie k-esima; $A_{sol,k}$ [m²] rappresenta l'area di captazione solare effettiva sulla superficie k-esima con dato orientamento e angolo di inclinazione sul piano orizzontale, nella zona o ambiente considerato; $I_{sol,k}$ [MJ/(m²·gg)] indica l'irradiazione solare media del mese considerato o della frazione di mese, sulla superficie k-esima, con dato orientamento e angolo d'inclinazione sul piano orizzontale; $b_{tr,l}$ [-] è il fattore di riduzione per l'ambiente non climatizzato avente la potenza termica l-esima di origine solare; $\Phi_{sol,mn,u,l}$ [W] indica la potenza termica l-esima di origine solare nell'ambiente non climatizzato adiacente u, mediata nel tempo.

Come già accennato, il fabbisogno ideale di energia termica rappresenta l'energia che deve essere fornita per mantenere in ambiente la temperatura prefissata, non considera, quindi, le perdite di energia termica causate dai componenti dell'impianto di riscaldamento che la specifica tecnica UN/TS 11300 definisce *sottosistemi* (terminali di erogazione del calore in ambiente, sistemi di

regolazione, tubazione di distribuzione del fluido termovettore, eventuali serbatoi di accumulo e sistemi di generazione del calore).

L'energia termica prodotta dal sistema di generazione viene fornita in ambiente attraverso i terminali di erogazione (radiatori, ventilconvettori, ecc.). L'efficienza che caratterizza lo scambio termico tra i terminali e l'ambiente interno, viene espressa dal rendimento di emissione. Il rendimento di emissione è il rapporto tra il fabbisogno energetico utile di riscaldamento degli ambienti con un sistema di emissione di riferimento in grado di fornire una temperatura interna perfettamente uniforme e uguale nei vari ambienti e il sistema di emissione reale nelle stesse condizioni di temperatura interna di riferimento e di temperatura esterna. Il rendimento di emissione considera, quindi, la distribuzione non omogenea della temperatura dell'aria all'interno del volume riscaldato ed il conseguente aumento delle dispersioni termiche. Tale rendimento dipende da diversi fattori, quali la tipologia di terminale di erogazione del calore, le modalità di installazione e le caratteristiche termiche e geometriche degli ambienti riscaldati. Le perdite di energia termica dovute al sottosistema di emissione sono calcolate dalla seguente espressione^[2]:

$$Q_{l,e} = Q_{h'} \cdot \frac{1 - \eta_e}{\eta_e} \quad (1.6)$$

dove $Q_{h'}$ [kWh] rappresenta il fabbisogno ideale netto di energia termica (al netto dell'energia termica recuperata dall'impianto di produzione di acqua calda sanitaria) e η_e indica il rendimento di emissione.

Il funzionamento dell'impianto di riscaldamento è gestito da un sistema di regolazione che risponde più o meno accuratamente e velocemente alla richiesta di energia generando oscillazioni di temperatura all'interno dell'ambiente. Il rendimento di distribuzione è, quindi, il rapporto tra il fabbisogno energetico utile di riscaldamento degli ambienti con una regolazione teorica perfetta e quello richiesto per il riscaldamento degli stessi ambienti con la regolazione reale. Il valore di questo rendimento dipende dalla qualità dei dispositivi di regolazione e dall'adeguatezza del sistema alle caratteristiche dell'impianto e dell'edificio. Le perdite di energia termica dovute al sottosistema di regolazione sono determinate dall'Equazione (1.7):

$$Q_{l,rg} = (Q_{h'} + Q_{l,e}) \cdot \frac{1 - \eta_{rg}}{\eta_{rg}} \quad (1.7)$$

dove η_{rg} [-] indica il rendimento di regolazione.

Il fluido termovettore viene trasferito ai terminali di erogazione del calore attraverso una rete di distribuzione che comporta, quindi, ulteriori perdite dipendentemente dalle caratteristiche della tubazione, dal locale di installazione della tubazione stessa e dalla temperatura del fluido

termovettore. Per il calcolo delle perdite di distribuzione, la parte 2 della specifica tecnica UNI/TS 11300 prevede due differenti modalità: il calcolo dettagliato (che sarà illustrato nel capitolo 4) e il calcolo semplificato. Nel secondo caso, le perdite per distribuzione sono ricavate a partire dal rendimento di distribuzione η_d [-] ricavato da prospetti riportati nella specifica stessa:

$$Q_{l,d} = (Q_{h'} + Q_{l,e} + Q_{l,rg} - Q_{aux,e,lrh}) \cdot \frac{1 - \eta_d}{\eta_d} \quad (1.8)$$

dove $Q_{aux,e,lrh}$ [kWh] rappresenta l'energia termica recuperata dall'energia elettrica del sottosistema di emissione.

A causa delle perdite dovute al sistema di generazione (caldaia, pompa di calore, ecc.), non tutta l'energia fornita dal combustibile viene trasferita al fluido termovettore. Il rendimento di generazione è, pertanto, il rapporto fra il calore utile prodotto dal generatore e l'energia fornita sotto forma di combustibile. Il valore di tale rendimento dipende dalle caratteristiche del generatore oltre che dalle modalità di inserimento del generatore nell'impianto. Anche per il calcolo delle perdite di energia termica dovute al sottosistema di generazione, la specifica tecnica fornisce diversi metodi, due analitici ed uno semplificato. In quest'ultimo caso le perdite sono calcolate dall'Equazione (1.9):

$$Q_{l,gn} = (Q_{h'} + Q_{l,e} + Q_{l,rg} - Q_{aux,e,lrh} + Q_{l,d}) \cdot \frac{1 - \eta_{gn}}{\eta_{gn}} \quad (1.9)$$

dove η_{gn} è il rendimento di generazione.

Il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento, al netto dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili o assimilabili, è dato, quindi, dalla seguente espressione:

$$Q_{p,H} = \sum Q_{H,c,i} \cdot f_{p,i} + Q_{H,aux} \cdot f_{p,el} \quad (1.10)$$

dove $Q_{H,c,i}$ [kWh] è il fabbisogno di energia per riscaldamento ottenuto da ciascun vettore energetico i (combustibili, energia elettrica, ecc.). Nel caso di combustibili fossili è dato dalla quantità utilizzata moltiplicata per il potere calorifico inferiore, nel caso di energia elettrica dalla quantità utilizzata; $f_{p,i}$ è il fattore di conversione in energia primaria del vettore energetico i ; $Q_{H,aux}$ [kWh] è il fabbisogno di energia elettrica per ausiliari degli impianti di riscaldamento (pompe e/o ventole) e $f_{p,el}$ [-] è il fattore di conversione in energia primaria dell'energia elettrica.

1.3. Il fabbisogno energetico per il raffrescamento degli ambienti e per la deumidificazione dell'aria

Anche nel caso di raffrescamento, il fabbisogno di energia termica dipende dai parametri climatici della località considerata, dalle caratteristiche geometriche dell'edificio considerato, dalle caratteristiche termiche e costruttive, dalle caratteristiche correlate alla modalità di occupazione ed utilizzo dell'edificio stesso e dalle caratteristiche dei vari componenti l'impianto di raffrescamento.

Il fabbisogno ideale di energia termica per il raffrescamento degli ambienti (al netto delle perdite di energia termica dovute all'impianto) è ricavato dalla seguente espressione:

$$Q_{C,nd} = Q_{gn} - \eta_{C,ls} \cdot Q_{C,ht} \quad (1.11)$$

dove $Q_{C,ht}$ [kWh] rappresenta lo scambio termico totale nel caso di raffrescamento (per trasmissione $Q_{C,tr}$ e per ventilazione $Q_{C,ve}$); $\eta_{C,ls}$ [-] è il fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche e Q_{gn} [kWh] indica gli apporti termici.

Lo scambio termico totale nel caso di raffrescamento è valutato utilizzando le Eq. (1.2) e (1.3) sostituendo la temperatura interna di regolazione per il riscaldamento $\theta_{int,set,H}$ [°C] con la temperatura interna di regolazione per il raffrescamento $\theta_{int,set,C}$ [°C]. Gli apporti termici sono calcolati con le Eq. (1.4) e (1.5).

Qualora sia presente un'unità di trattamento dell'aria, nel calcolo dello scambio termico totale $Q_{C,ht}$ si considera solo il contributo delle dispersioni per trasmissione; il contributo della ventilazione è calcolato separatamente inserendo un ulteriore contributo al bilancio energetico dovuto appunto ai trattamenti dell'aria. Il contributo mensile della deumidificazione dell'aria è determinato mediante una correlazione sperimentale in funzione dell'entalpia dell'aria esterna^[3]:

$$Q_{v,k} = Q_{v,m,h} \cdot q \cdot t \cdot G \quad (1.12)$$

dove $Q_{v,m,h}$ [kJ/kg] è il fabbisogno specifico orario medio mensile per trattamento dell'aria; q [kg/s] è la portata dell'aria di ventilazione; t indica il numero di ore di accensione giornaliera e G il numero dei giorni di funzionamento. Il fabbisogno specifico orario medio per trattamento dell'aria dipende dalle ore di accensione giornaliera dell'impianto e dall'entalpia specifica dell'aria esterna. Considerando un'attivazione giornaliera dell'impianto di 10 ore (dalle 8 alle 17) $Q_{v,m,h}$ è ricavato dalla seguente espressione:

$$Q_{v,m,h} = 1,5338 \cdot H - 63,519 \quad (1.13)$$

dove H [kJ/kg] è l'entalpia specifica dell'aria esterna nel mese considerato, calcolata dall'Equazione (1.14):

$$H = \theta_e + x \cdot (2501 + 1,9 \cdot \theta_e) \quad (1.14)$$

dove $x [-]$ è il titolo della miscela di cui è composta l'aria esterna.

Il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione estiva, è dato, quindi, dalla seguente espressione:

$$Q_{C,P} = \frac{Q_{Cr} + Q_v}{\eta_{mm}} + Q_{aux} \cdot f_{p,el} \quad (1.15)$$

dove Q_{Cr} [kWh] rappresenta il fabbisogno effettivo per raffrescamento; Q_v [kWh] indica il fabbisogno per i trattamenti dell'aria; η_{mm} è il coefficiente di prestazione medio mensile del sistema di produzione dell'energia frigorifera; Q_{aux} [kWh] rappresenta il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari dell'impianto e $f_{p,el} [-]$ è il fattore di conversione da energia elettrica in energia primaria.

Il fabbisogno effettivo per raffrescamento considera il fabbisogno ideale di energia termica, le perdite dei componenti dell'impianto (terminali di erogazione, sistemi di regolazione, tubazione di distribuzione, eventuali serbatoi di accumulo) e l'eventuale energia termica recuperata dal recuperatore di calore. Il fabbisogno effettivo mensile è ricavato dalla seguente espressione:

$$Q_{Cr} = Q_{C,nd} + Q_{l,e} + Q_{l,rg} + Q_{l,d} + Q_{l,d,s} - Q_{rr} \quad (1.16)$$

dove $Q_{C,nd}$ [kWh] è il fabbisogno ideale per il raffrescamento; $Q_{l,e}$ [kWh] rappresenta le perdite di emissione; $Q_{l,rg}$ [kWh] indica le perdite di regolazione; $Q_{l,d}$ [kWh] denota le perdite di distribuzione; $Q_{l,d,s}$ [kWh] designa le perdite di accumulo, se del caso; Q_{rr} [kWh] indica l'energia termica recuperata.

Le perdite di emissione sono calcolate dalla seguente espressione:

$$Q_{l,e} = Q_{C,nd} \cdot \frac{1 - \eta_e}{\eta_e} \quad (1.17)$$

Le perdite di regolazione sono calcolate dall'Equazione (1.18):

$$Q_{l,rg} = (Q_{C,nd} + Q_{l,e}) \cdot \frac{1 - \eta_{rg}}{\eta_{rg}} \quad (1.18)$$

Le perdite di distribuzione dei sistemi di climatizzazione estiva riguardano sia la le canalizzazioni dell'aria sia la tubazione dell'acqua refrigerata. Le perdite complessive di distribuzione sono date, quindi, dalla somma delle perdite di tutti i circuiti di distribuzione d'aria e di acqua:

$$Q_{l,d} = \sum Q_{l,da} + Q_{l,dw} \quad (1.19)$$

dove $Q_{l,da}$ [kWh] e $Q_{l,dw}$ [kWh] indicano le perdite di distribuzione rispettivamente nelle canalizzazioni di aria trattata e nelle tubazioni di acqua refrigerata.

Per impianti con fluido termovettore aria, le perdite da canali di distribuzione posti in ambienti non climatizzati o all'esterno sono date dalla somma delle perdite termiche per scambio di calore e le perdite energetiche di massa, dovute al trafilaggio di aria dalle canalizzazioni. Come nel caso del riscaldamento, le perdite di distribuzione delle tubazioni possono essere determinate sia con il metodo analitico riportato nell'Appendice A della parte 2 della specifica tecnica UNI/TS 11300 sia mediante l'utilizzo di valori precalcolati. In questo caso le perdite di distribuzione sono determinate utilizzando la seguente formula:

$$Q_{l,dw} = (Q_{C,nd} + Q_{l,e} + Q_{l,rg}) \cdot \frac{1 - \eta_{dw}}{\eta_{dw}} \quad (1.20)$$

dove η_{dw} [-] indica il rendimento di distribuzione delle rete acqua.

Infine, le perdite di accumulo, sono calcolate da:

$$Q_{l,d,s} = \frac{1}{1000} \cdot \frac{A_s}{D_s} \cdot (\theta_s - \theta_e) \cdot h \cdot \lambda_s \quad (1.21)$$

dove A_s [m²] è la superficie esterna dell'accumulo; D_s [m] è lo spessore dello strato isolante; θ_s è la temperatura media nell'accumulo; θ_e [°C] è la temperatura ambiente del locale di installazione dell'accumulo; h rappresenta il numero di ore del mese considerato; λ_s [W/(m·K)] indica la conduttività dello strato isolante.

Per quanto riguarda il sistema di generazione, le prestazioni delle macchine frigorifere dipendono non solo dai livelli termici (evaporazione e condensazione) e dalla configurazione impiantistica scelta, ma anche dall'andamento del fabbisogno dell'edificio climatizzato. Per tener conto degli assorbimenti elettrici o di gas naturale in funzione delle variazioni climatiche e/o delle condizioni al contorno e del grado di parzializzazione della macchina, si fa riferimento alle relative norme di prodotto che stabiliscono che il costruttore fornisca i coefficienti di prestazione della macchine (EER) in condizioni di riferimento.

Nel caso delle macchine a compressione di vapore elettriche o a motore endotermico, le condizioni di riferimento sono relative alle temperature di esercizio e ai fattori di carico, pari al 25%, al 50%, al 75% e al 100% della potenza nominale. Le prestazioni a fattori di carico differenti sono poi ricavabili per interpolazione dalla curva costruita a partire dalle prestazioni nelle condizioni di riferimento. (Figura 1.1).

Nel caso di macchine ad assorbimento, le condizioni di riferimento sono riferite alle temperature di esercizio alla massima potenza erogabile.

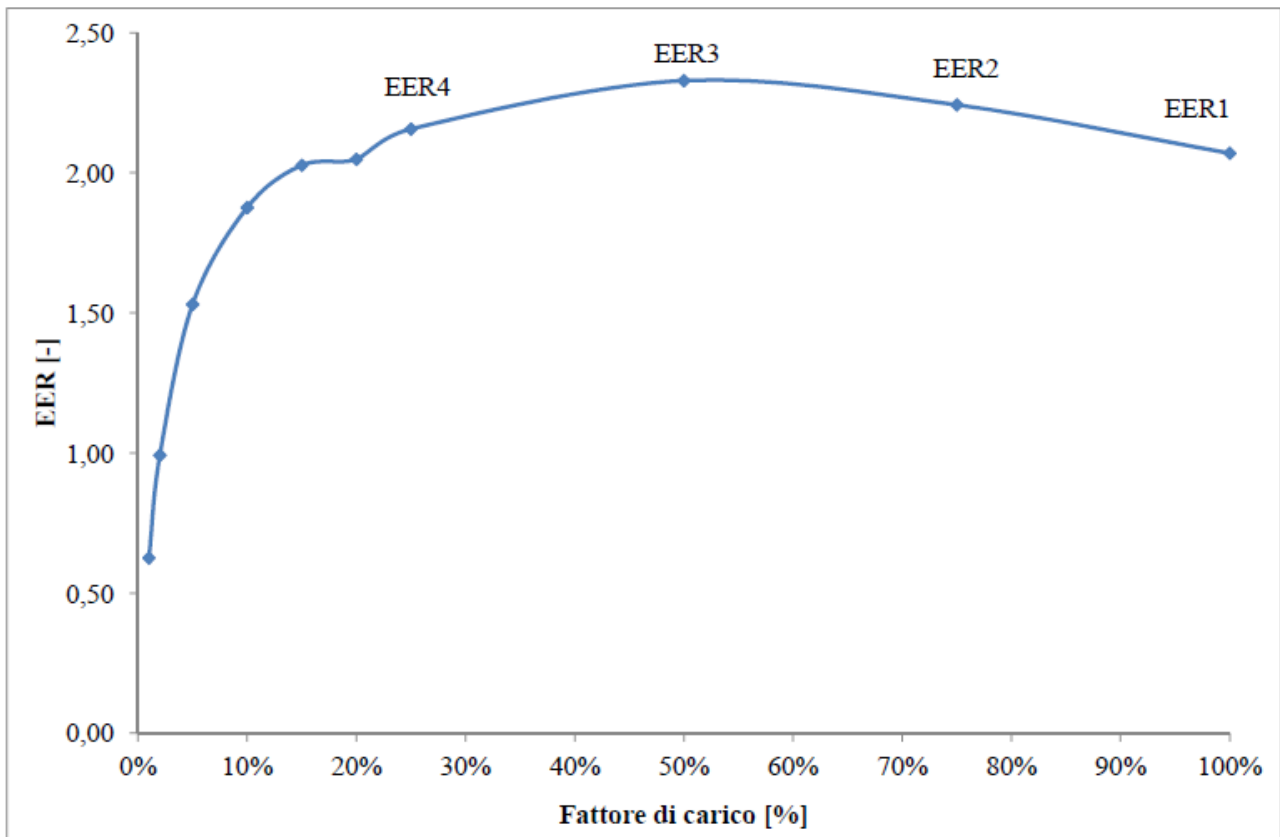


Figura 1.1 – Prestazioni macchine frigorifere ai carichi parziali.

Il coefficiente di prestazione medio mensile delle macchine a compressione di vapore è calcolato, quindi, dalla seguente espressione:

$$\eta_{mm} = EER(F_k) \cdot \eta_1(F_k) \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot \eta_5 \cdot \eta_6 \cdot \eta_7 \quad (1.22)$$

dove $EER(F_k)$ indica la prestazione della macchina frigorifera a fattore di carico pari a F_k ; η_1 , η_2 , η_3 , η_4 , η_5 , η_6 e η_7 rappresentano i coefficienti correttivi dei dati di potenza resa ed assorbita dovuti, ad esempio, alle perdite di carico di tubazioni frigorifere (sistemi split), tubazioni acqua (sistemi idronici), condotti aria (canalizzati). I valori di tali coefficienti sono ricavabili dai prospetti riportati nell'Appendice D della parte 3 della UNI/TS 11300.

1.4. Durata della stagione di riscaldamento e raffrescamento

La durata della stagione di riscaldamento è determinata in funzione della zona climatica dipendente dai gradi giorno della località considerata, come previsto dal Decreto Presidente Repubblica n. 412 del 26 agosto 1993 (art. 2).

A differenza dell'impianto termico destinato alla climatizzazione invernale degli edifici per il quale è previsto un periodo convenzionale di funzionamento, per gli impianti di climatizzazione estiva, ad oggi non esistono vincoli legislativi che ne stabiliscano il periodo di funzionamento. La durata del periodo di raffrescamento è calcolata in base alla seguente espressione:

$$\theta_{e,\text{day}} > \theta_{i,\text{set,C}} - \frac{Q_{\text{gn,day}}}{H \cdot t_{\text{day}}} \quad (1.23)$$

dove, $\theta_{e,\text{day}}$ [°C] è la temperatura esterna media giornaliera; $\theta_{i,\text{set,C}}$ è la temperatura interna di regolazione per il raffrescamento, pari a 26°C, nel caso in esame; $Q_{\text{gn,day}}$ [Wh] indica l'energia fornita dagli apporti termici medi giornalieri; H [W/K] è il coefficiente globale di cambio termico dell'edificio, pari alla somma dei coefficienti globali di scambio termico per trasmissione H_{tr} e ventilazione H_{ve} e t_{day} [h] è la durata del giorno.

Per determinare i giorni limite del periodo di raffrescamento, ovvero quello in cui la temperatura esterna media giornaliera ($\theta_{e,\text{day}}$) eguaglia il secondo termine dell'Equazione (1.23) si procede mediante interpolazione lineare, attribuendo i valori medi mensili di temperatura riportati nella norma UNI 10349 al quindicesimo giorno di ciascun mese.

1.5. Descrizione del sistema edificio - impianto

L'edificio, del tipo a torre^[4], è costituito da un unico corpo a forma di "V" (Figura 1.2) con un angolo interno pari a circa 133° con i lati maggiori, in pianta, esposti principalmente a SUD e a NORD, e i lati minori, in pianta, esposti principalmente a EST e a OVEST.



Figura 1.2 – Visualizzazione dell'edificio (esposizione NORD).

L'edificio è costituito dai seguenti piani:

- n. 6 piani fuori terra destinati ad uffici, con relativi servizi;
- piano rialzato destinato ad uso atrio, sala riunioni e uffici;
- piano seminterrato destinato a tipografia con annesso casellario per lo smistamento degli stampati eseguiti verso gli uffici periferici, magazzino carta e cancelleria, archivio, servizi, ripostigli materiali per apparecchiature per le pulizie e per piccoli lavori di manutenzione, locale per riparazione e deposito macchine elettroniche.

Le principali caratteristiche geometriche dell'edificio oggetto di studio sono riportate nella Tabella 1.1.

Tabella 1.1 – Caratteristiche geometriche edificio.

Volume lordo [m³]	11.343,06
Volume netto [m³]	8.881,39
Superficie disperdente opaca [m²]	2.484,49
Superficie disperdente vetrata [m²]	1.667,35
Superficie disperdente totale [m²]	4.151,84
Fattore di forma [m⁻¹]	0,37
Superficie utile [m²]	2.985,34

L'edificio presenta quattro differenti tipologie di chiusure opache verticali, caratterizzate da un valore di trasmittanza termica pari a 2,89 W/(m²·K) per la parete confinante con il vano ascensore e da valori pari a 1,98 W/(m²·K), 0,50 W/(m²·K) e 0,60 W/(m²·K) per le pareti esterne. Le chiusure opache orizzontali sono di quattro diverse tipologie, il pavimento del piano rialzato posto su locale non riscaldato (locale tecnologico), il pavimento del piano seminterrato, la copertura a terrazzo e la copertura piana, caratterizzate da un valore di trasmittanza termica rispettivamente pari a 0,89 W/(m²·K), 0,84 W/(m²·K), 0,55 W/(m²·K) e 0,56 W/(m²·K). Infine per le chiusure trasparenti sono presenti le seguenti tipologie: la facciata continua, costituita da un vetro a controllo solare, fattore di trasmissione energetica normale pari a 23%, il serramento del vano scala, vetro singolo, ed il serramento presente nei locali servizi, stessa tipologia di vetro della facciata continua, caratterizzata, però, da una minore superficie trasparente. Tali chiusure sono caratterizzate da un valore di trasmittanza termica rispettivamente pari a 1,92 W/(m²·K), 4,62 W/(m²·K) e 2,18 W/(m²·K).

L'edificio è dotato di un impianto di condizionamento centralizzato del tipo aria primaria e ventilconvettori, e radiatori per i servizi igienici. Il piano seminterrato è dotato esclusivamente di un

impianto di riscaldamento e raffrescamento a ventilconvettori, ove previsto, e radiatori per i servizi igienici. L'energia termica necessaria a riscaldare gli ambienti nella stagione invernale è fornita dallo scambiatore di calore della rete urbana di teleriscaldamento. L'energia frigorifera necessaria a raffrescare gli ambienti nella stagione estiva è prodotta mediante un gruppo frigorifero elettrico tradizionale a compressione.

Il fluido termovettore (acqua calda o refrigerata) viene inviato ai terminali presenti negli ambienti ed alle batterie delle centrali di trattamento dell'aria attraverso due sistemi di pressurizzazione, di cui uno per l'acqua calda e l'altro per l'acqua refrigerata. La regolazione dell'impianto di riscaldamento invernale e raffrescamento estivo è realizzata come di seguito indicato:

a) periodo di riscaldamento:

- linea fluido termovettore ventilconvettori: la temperatura di mandata è controllata dal regolatore che aziona la valvola miscelatrice in funzione del segnale inviato dal sensore di temperatura ad immersione e della curva climatica impostata;
- ventilconvettore: la macchina è comandata da un termostato a bordo macchina per il piano sesto e le sala conferenze al piano rialzato, e da un termostato ambiente negli altri ambienti;

b) periodo di raffrescamento:

- linea fluido termovettore ventilconvettori: la temperatura di mandata è controllata dal regolatore che aziona la valvola miscelatrice in funzione del segnale inviato dal sensore di temperatura ad immersione e del valore di temperatura di mandata di set-point pari a 9°C;
- ventilconvettore: la macchina è comandata da un termostato a bordo macchina per il piano sesto e le sala conferenze al piano rialzato e da un termostato ambiente negli altri ambienti.

La regolazione dell'impianto di sola ventilazione di aria primaria per le sale conferenze e con integrazione all'impianto di riscaldamento e di raffrescamento a ventilconvettori per gli uffici è realizzata come di seguito indicato:

a) Uffici:

- funzionamento invernale: l'aria esterna viene pre-riscaldata alla temperatura di saturazione mediante la valvola miscelatrice azionata in funzione del segnale inviato dal sensore di temperatura di canale e del valore di set-point; successivamente viene umidificata mediante azionamento della pompa dell'acqua di umidificazione in funzione del segnale inviato dai sensori di umidità posti sui canali di espulsione previsti per le due

zone in cui è diviso l'edificio; infine l'aria viene post-riscaldata alla temperatura di immissione in ambiente, mediante le valvole miscelatrici azionate in funzione del segnale inviato dai sensore di temperatura di canale e di quelli posti in ambiente, relativamente ad ogni zona;

- funzionamento estivo: l'aria esterna viene raffreddata alla temperatura di saturazione mediante la valvola miscelatrice azionata in funzione del segnale inviato dal sensore di temperatura di canale e del valore di set-point; successivamente viene post-riscaldata alla temperatura di immissione in ambiente, mediante le valvole miscelatrici azionate in funzione del segnale inviato dai sensore di temperatura di canale e di quelli posti in ambiente, relativamente ad ogni zona;

b) sale conferenze e riunioni:

- l'aria esterna viene riscaldata, o refrigerata, alla temperatura di immissione mediante le valvole miscelatrici azionate in funzione del segnale inviato dal sensore di temperatura di canale e del valore di set-point.

L'impianto di ventilazione primaria ha il compito di garantire la qualità dell'aria all'interno dei diversi locali, attraverso il controllo dell'umidità relativa e il filtraggio dell'aria esterna di rinnovo. Non esiste ricircolo dell'aria ambiente. La portata di aria esterna di rinnovo viene prodotta da n. 2 centrali di trattamento dell'aria, una a servizio della sala conferenze presente al piano rialzato, dotata di inverter, ed una a servizio dei locali presenti ai diversi piani, fatta eccezione per il piano seminterrato.

L'aria destinata alla sala conferenze viene immessa nella sala stessa attraverso n. 2 condotti, in lamiera zincata con rivestimento in materiale termoisolante, installati a soffitto nei locali presenti al piano seminterrato. L'aria viene estratta a mezzo di griglie di estrazione direttamente installate nella sala mediante ventilatori da canale installati sulle condotte di ripresa.

L'aria destinata ai locali presenti ai diversi piani viene immessa negli ambienti attraverso n. 2 condotti principali, uno per ogni ala dell'edificio, e n. 4 condotti secondari di piano, tutti realizzati in lamiera zincata e rivestiti con materiale termoisolante. L'aria viene estratta a mezzo di n. 2 bocchette di estrazione presenti su ciascun pianerottolo mediante n. 2 torrini di estrazione posti sulla copertura. I condotti principali di aria di rinnovo sono posti all'interno del cavedio, situato dietro i vani ascensori; l'ingombro dei condotti principali dell'aria di rinnovo è tale da occupare tutto lo spazio del cavedio destinato alla ventilazione al piano rialzato, salvo poi progressivamente ridursi ai piani superiori; al contrario l'ingombro dei condotti principali di aria di estrazione sono pari al minimo spazio disponibile al piano rialzato, e va progressivamente aumentando ai piani superiori.

1.6. Risultati

Nelle Figure e nelle Tabelle riportate qui di seguito sono presentati i principali risultati delle simulazioni effettuate.

Le Figure 1.3 e 1.4 mostrano l'andamento mensile rispettivamente dello scambio termico per trasmissione e per ventilazione durante la stagione di riscaldamento (15 ottobre – 15 aprile). Tale andamento trova riscontro nella variazione della temperatura esterna media mensile (Tabella 1.2). Confrontando i due grafici si rileva che le dispersioni per trasmissione hanno un'incidenza nettamente superiore rispetto alla ventilazione (Figura 1.5). Tale risultato è dovuto alle caratteristiche termiche e costruttive dell'involucro edilizio; la superficie vetrata, caratterizzata da una trasmittanza termica elevata, rappresenta circa il 40% della superficie disperdente totale.

Tabella 1.2 – Temperature esterne medie mensili [°C] – Località Reggio Emilia (UNI 10349).

Ottobre	Novembre	Dicembre	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile
13,30	7,20	2,80	1,10	3,20	8,20	12,70

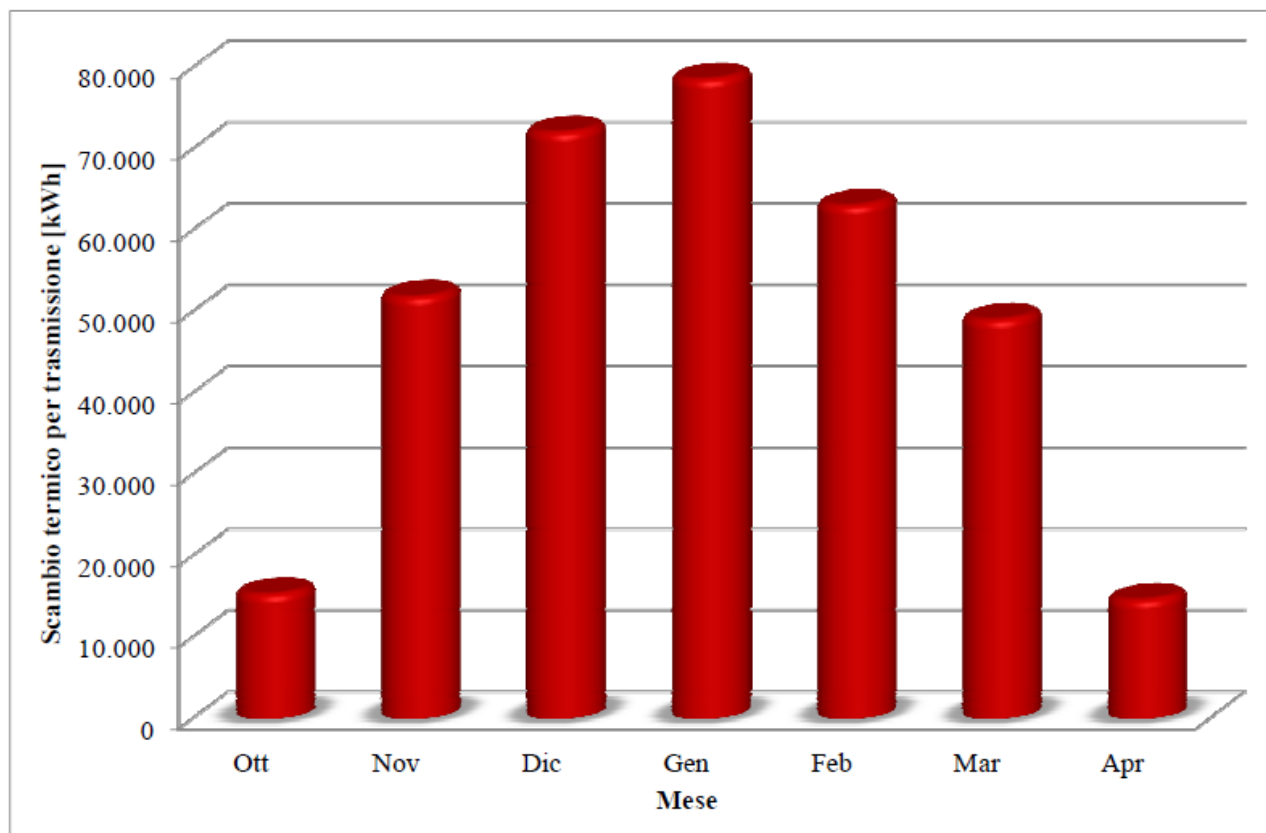


Figura 1.3 – Scambio termico per trasmissione – Stagione di riscaldamento.

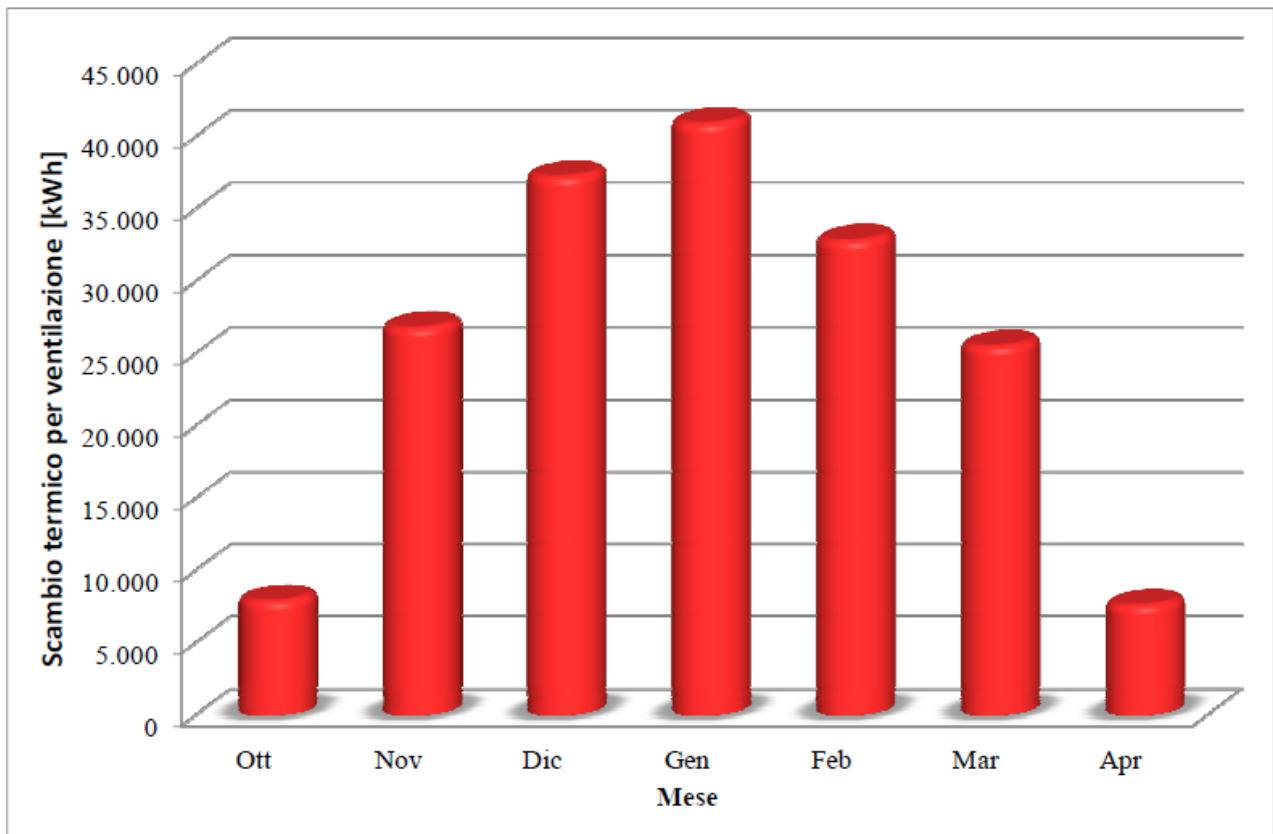


Figura 1.4 – Scambio termico per ventilazione – Stagione di riscaldamento.

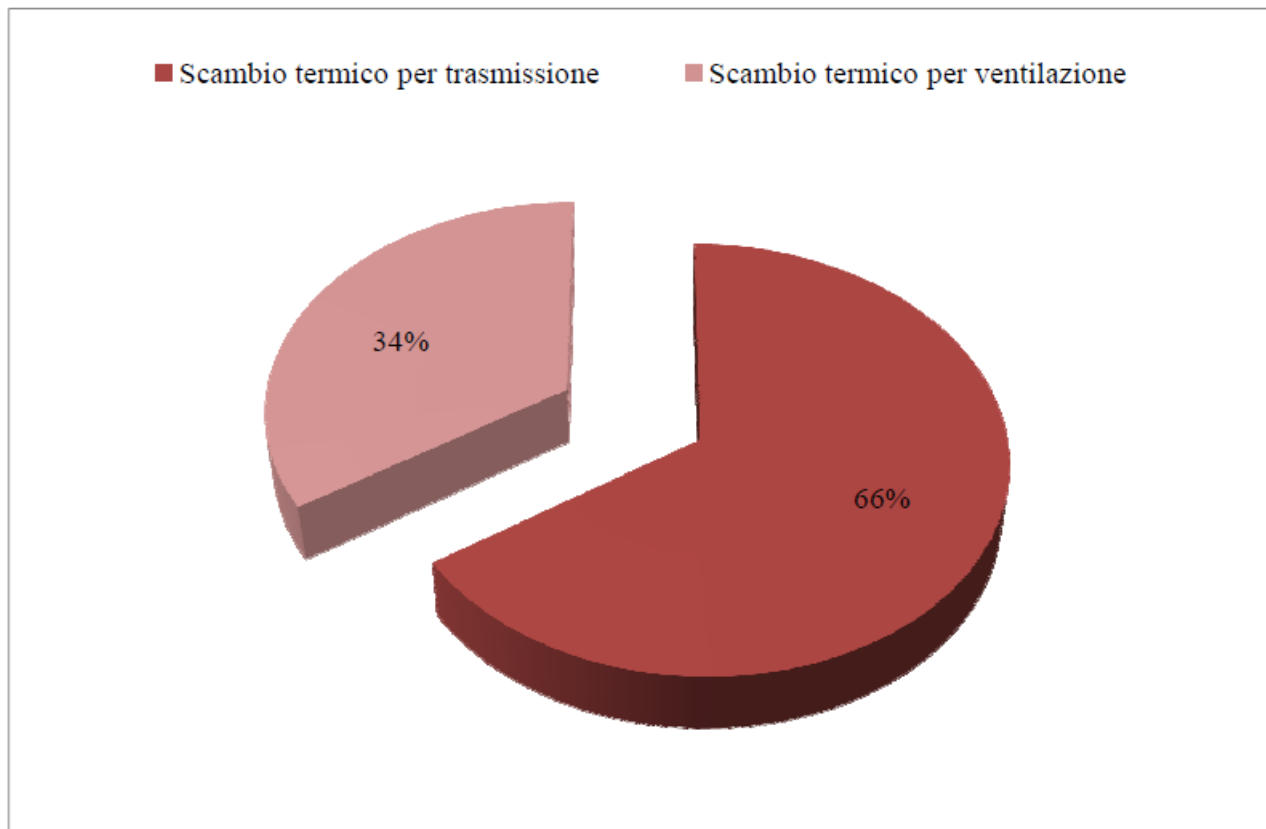


Figura 1.5 – Scambio termico totale – Stagione di riscaldamento.

Le Figure 1.6 e 1.7 mostrano l'andamento mensile rispettivamente degli apporti interni e solari durante la stagione di riscaldamento. La riduzione degli apporti interni nei mesi di ottobre e aprile è dovuta al minor numero di giorni presi in considerazione; infatti essendo il calcolo convenzionale, gli apporti interni dipendono solamente dalla superficie utile dell'edificio considerato. Il valore utilizzato nei calcoli è pari a $6,00 \text{ W/m}^2$, come previsto dalla parte 1 della specifica tecnica UNI/TS 11300. Per quanto riguarda gli apporti solari, l'andamento mensile dipende dalla variazione dell'irradiazione solare media mensile (Tabella 1.3).

Tabella 1.3 – Irradiazione solare giornaliera media mensile [MJ/m^2] – Località Reggio Emilia (UNI 10349).

	Ottobre	Novembre	Dicembre	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile
Sud	12,70	8,50	7,00	7,10	9,40	11,70	11,40
SO - SE	10,90	6,80	5,50	5,60	7,90	11,10	12,80
Orizzontale	10,00	5,30	4,00	4,40	7,20	12,20	17,50
NO - NE	7,70	4,10	3,20	3,40	5,50	8,90	12,10
Nord	4,10	2,10	1,60	1,80	3,10	5,50	8,60

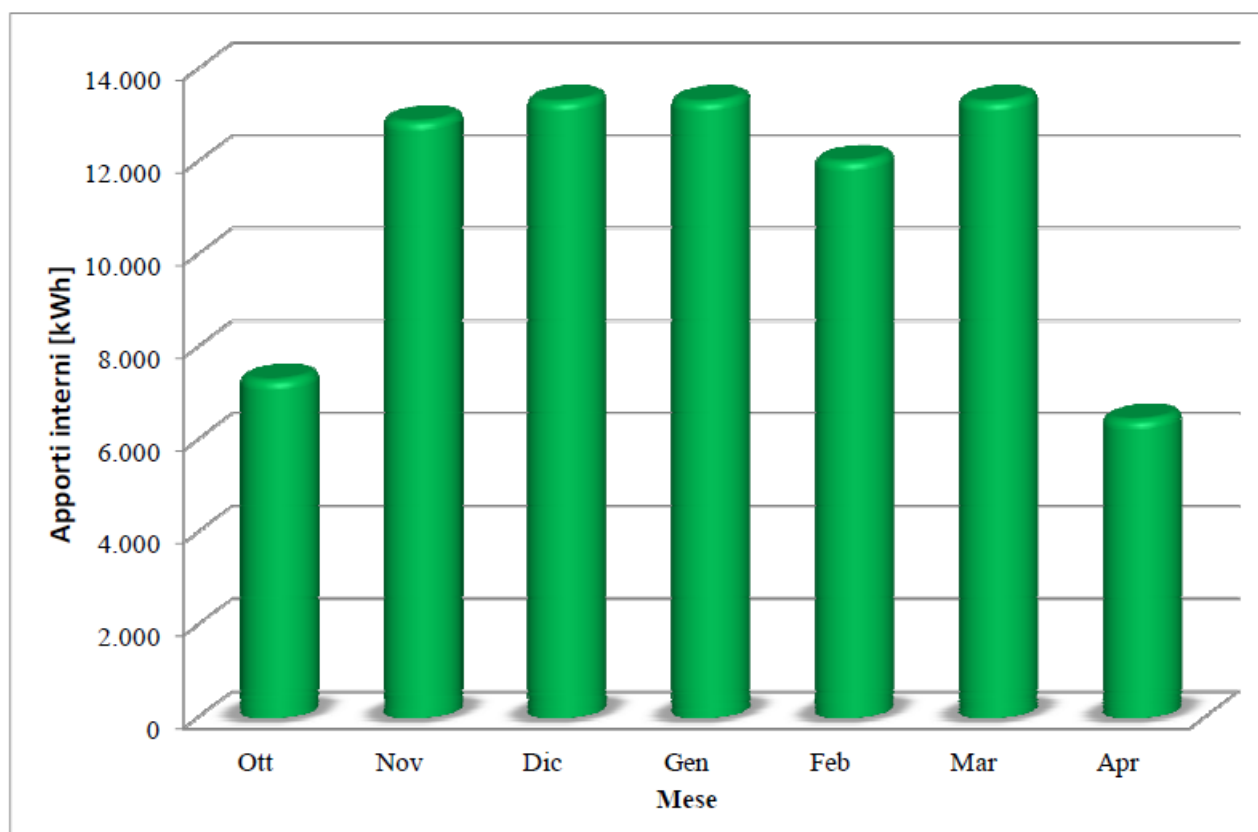


Figura 1.6 – Apporti interni – Stagione di riscaldamento.

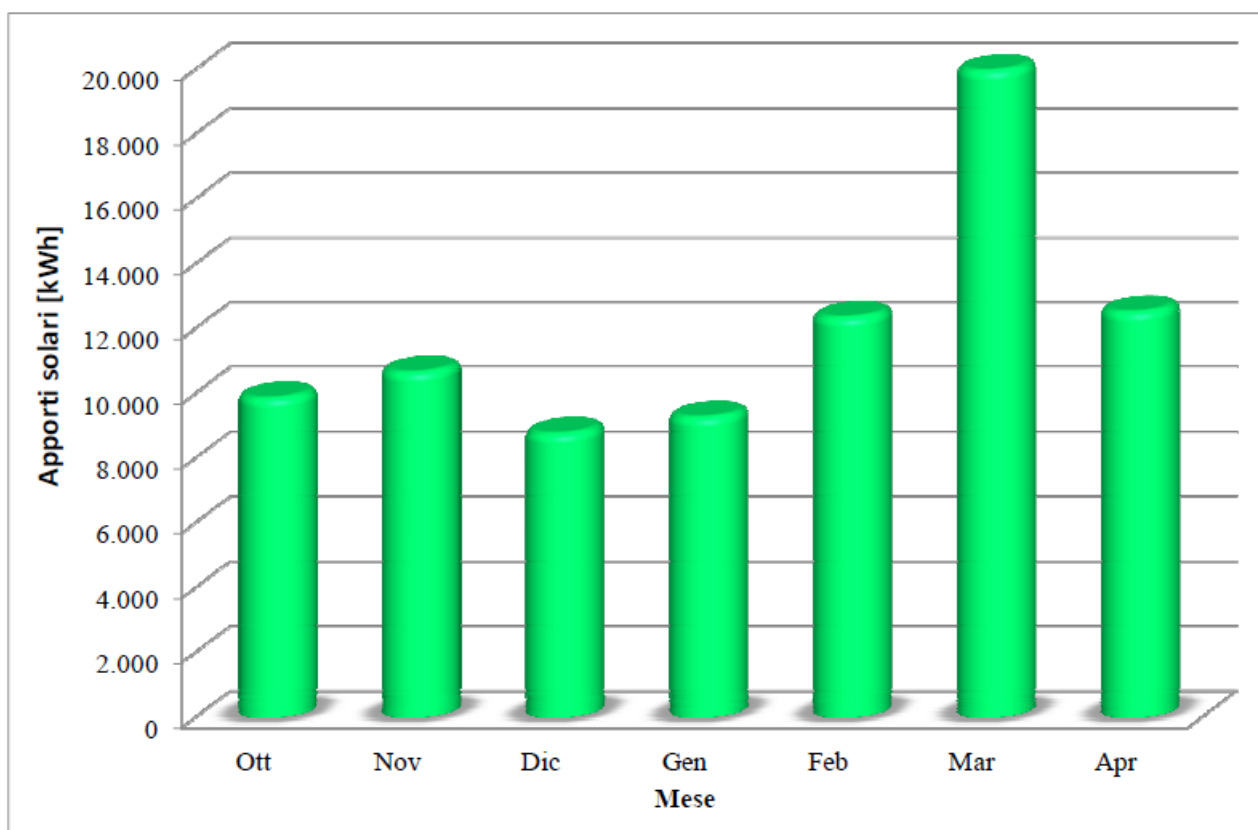


Figura 1.7 – Apporti solari – Stagione di riscaldamento.

Nella Figura 1.8 sono riportati i valori mensili dello scambio termico totale e degli apporti termici utili (già moltiplicati per il fattore di utilizzazione degli apporti termici), la cui differenza rappresenta, appunto, l'energia termica che bisogna fornire per mantenere negli ambienti la temperatura di set-point (20°C). Il fabbisogno annuo di energia termica utile per il riscaldamento, risulta, pertanto, pari a 388.302 kWh.

Considerando anche le perdite dovute ai vari componenti l'impianto di riscaldamento ed il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari dell'impianto stesso, il fabbisogno annuo di energia primaria per il riscaldamento è pari a 476.722 kWh. Nella Figura 1.9 è riportata la distribuzione mensile di tale fabbisogno.

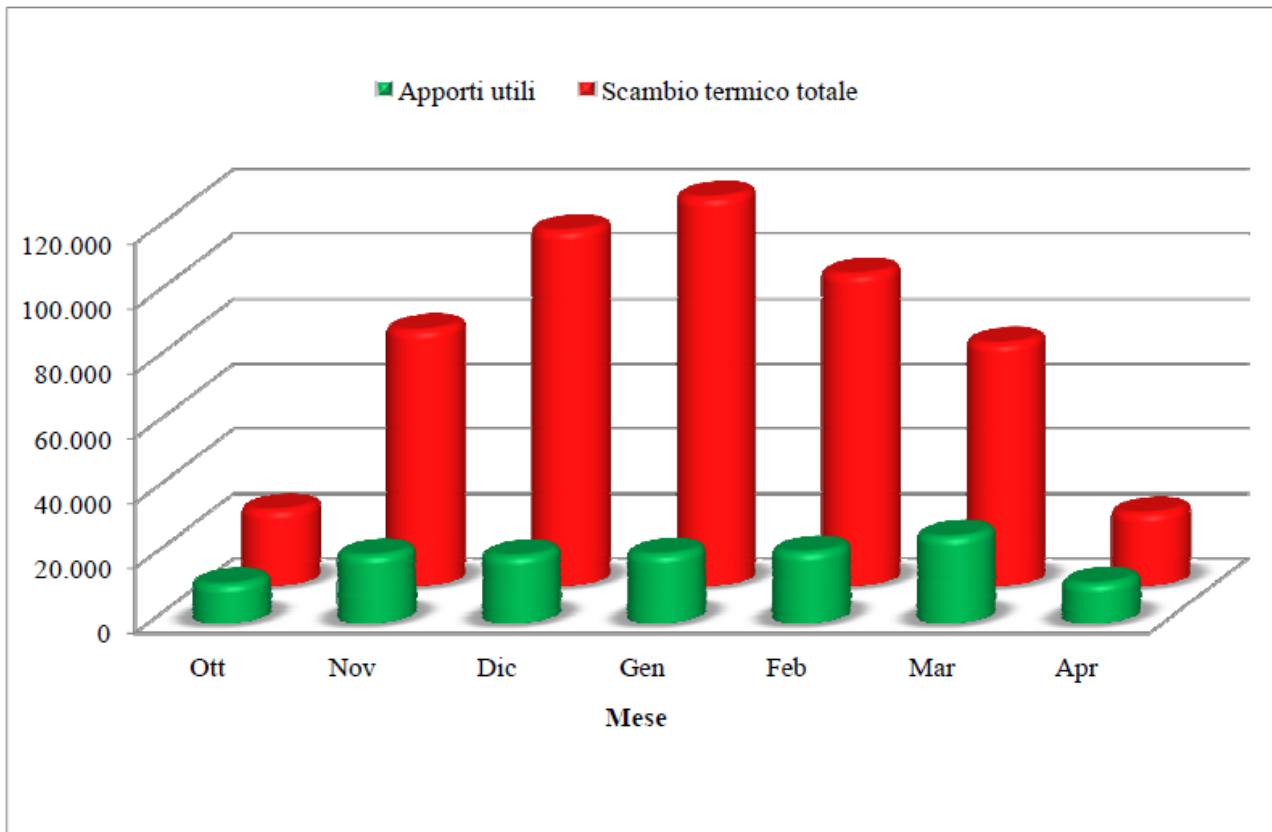


Figura 1.8 – Fabbisogno di energia termica utile per il riscaldamento.

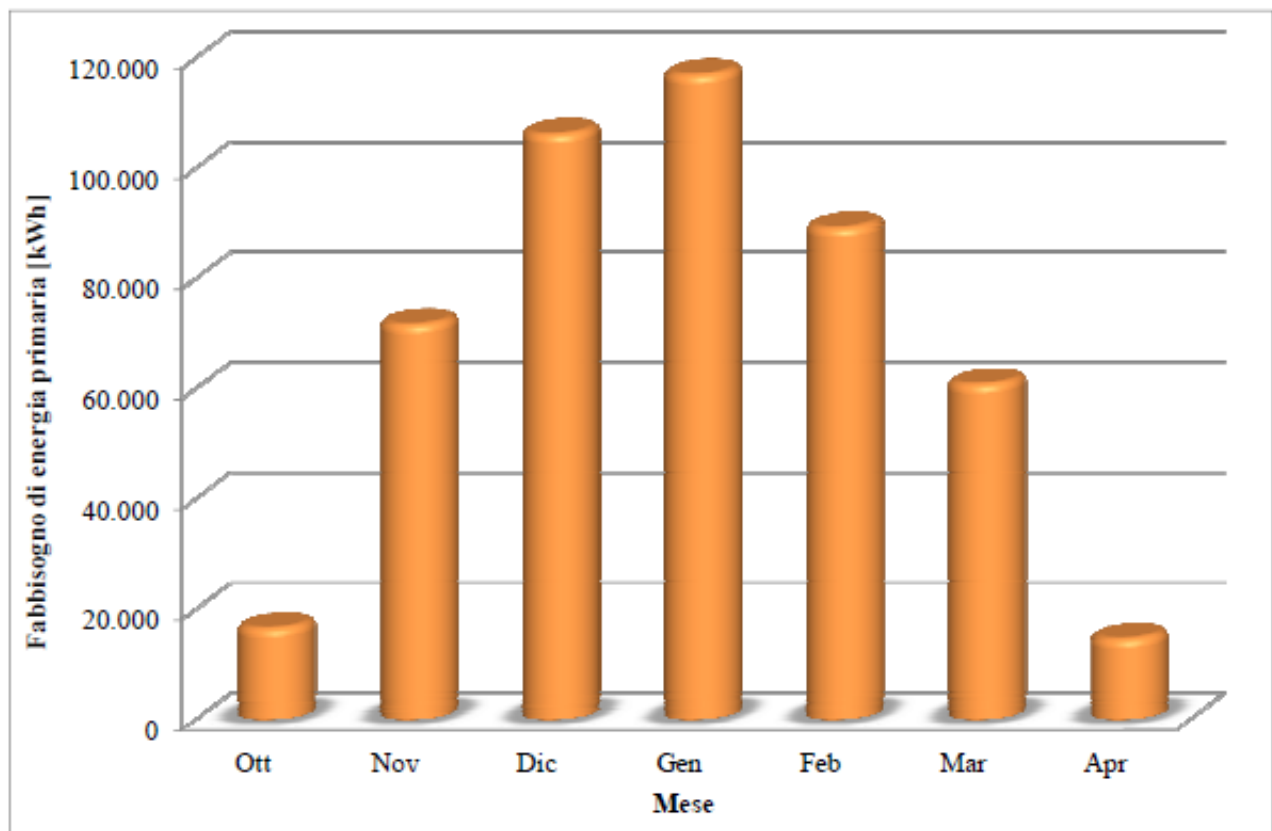


Figura 1.9 – Fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento.

Nelle Figure di seguito riportate vengono illustrati i principali risultati dei calcoli relativi alla stagione di raffrescamento.

Il periodo in cui è necessario raffrescare l'edificio in esame, calcolato secondo l'Equazione (1.23), inizia l'1 giugno e termina il 31 agosto. In Tabella 1.4 sono riportate le temperature esterne medie mensili utilizzate nel calcolo della durata della stagione di raffrescamento.

Nell'Equazione (1.23) rientrano anche parametri legati all'edificio oggetto di studio, quali gli apporti termici e il coefficiente globale di scambio termico. Nel caso in esame, il valore degli apporti interni e solari medi giornalieri $Q_{gn,day}$ è pari a 1.328 kWh per il mese di maggio, 1.455 kWh per giugno, 1.464 kWh per luglio, 1.250 kWh per agosto e 1.070 kWh per il mese di settembre. Il coefficiente globale di scambio termico H è pari a 8.509 W/K ($H_{tr} = 5.595$ W/K e $H_{ve} = 2.914$ W/K).

Tabella 1.4 – Temperature esterne medie mensili [$^{\circ}C$] – Località Reggio Emilia (UNI 10349).

Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre
16,90	21,20	23,80	22,90	19,60

L'istogramma in Figura 1.10 mostra la distribuzione mensile degli apporti termici solari, calcolati in base ai valori di irradiazione solare riportati nella Tabella 1.5.

Tabella 1.5 – Irradiazione solare giornaliera media mensile [MJ/m^2] – Località Reggio Emilia (UNI 10349).

	Giugno	Luglio	Agosto
Sud	10,20	11,10	11,90
SO - SE	13,40	14,60	14,10
Orizzontale	24,30	25,40	20,80
NO - NE	15,70	16,70	14,20
Nord	13,20	13,50	10,40

Nella Figura 1.11 è riportata la distribuzione mensile degli apporti termici interni, calcolati secondo quanto già illustrato a proposito della stagione di riscaldamento.

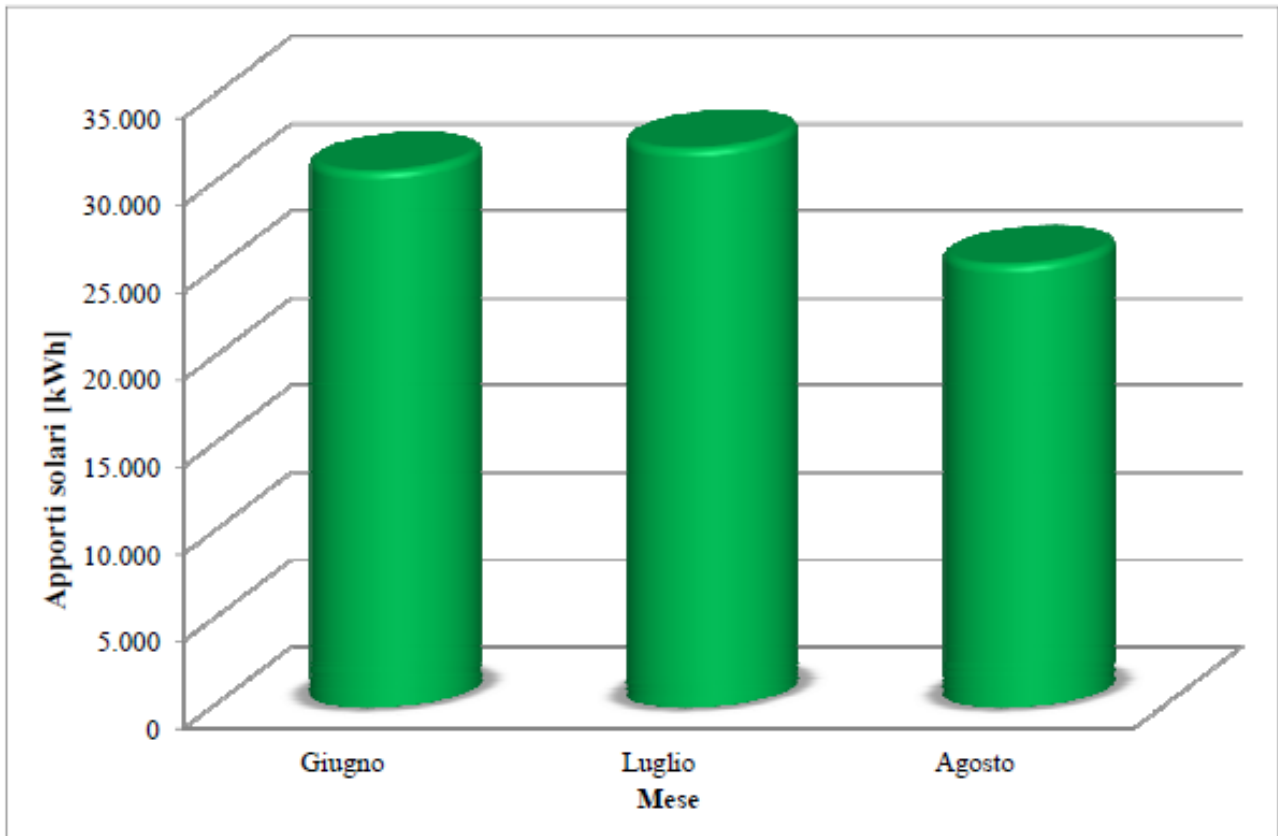


Figura 1.10 – Apporti solari – Stagione di raffrescamento.

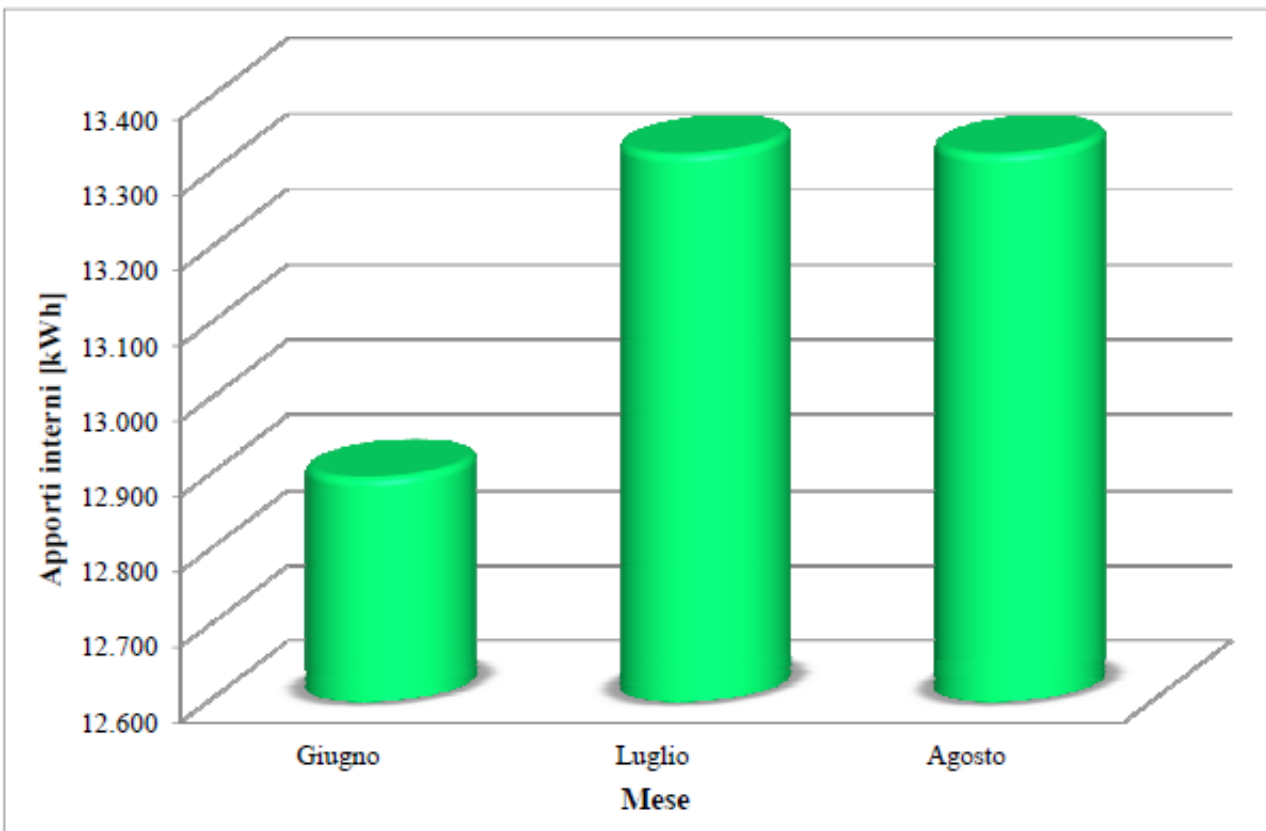


Figura 1.11 – Apporti termici interni – Stagione di raffrescamento.

Nelle Figure 1.12 e 1.13 sono riportate le distribuzioni mensili dello scambio termico rispettivamente per trasmissione e per ventilazione. Entrambi gli andamenti presentano un minimo nel mese di luglio dovuto alla riduzione del salto termico tra ambiente interno ed esterno (Tabella 1.4).

Nella Figura 1.14 sono riportate le distribuzioni mensili degli apporti termici totali e delle dispersioni utili (già moltiplicate per i fattori di utilizzazione delle dispersioni termiche), la cui differenza rappresenta, appunto, l'energia termica che bisogna fornire per mantenere negli ambienti la temperatura di set-point (26°C). Il fabbisogno annuo di energia termica utile per il raffrescamento, risulta, pertanto, pari a 66.672 kWh.

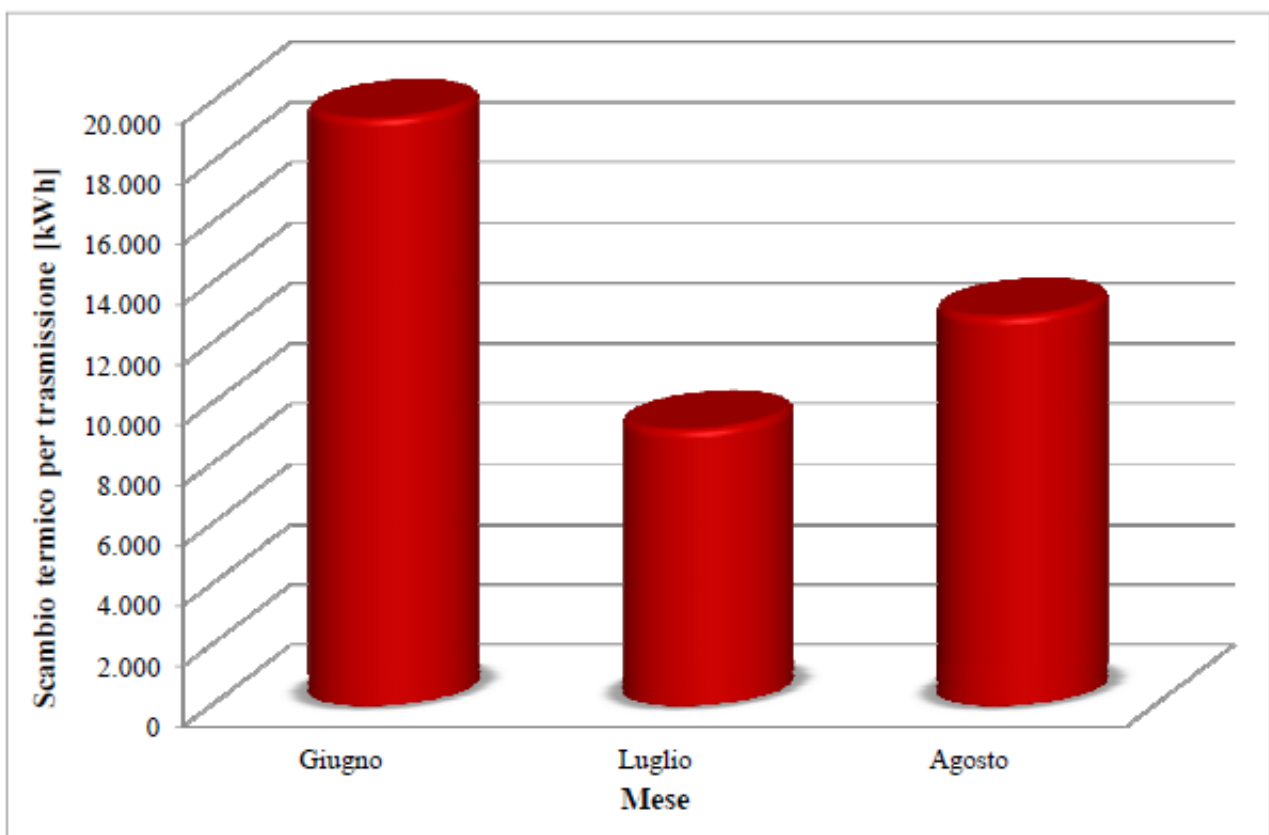


Figura 1.12 – Scambio termico per trasmissione – Stagione di raffrescamento.

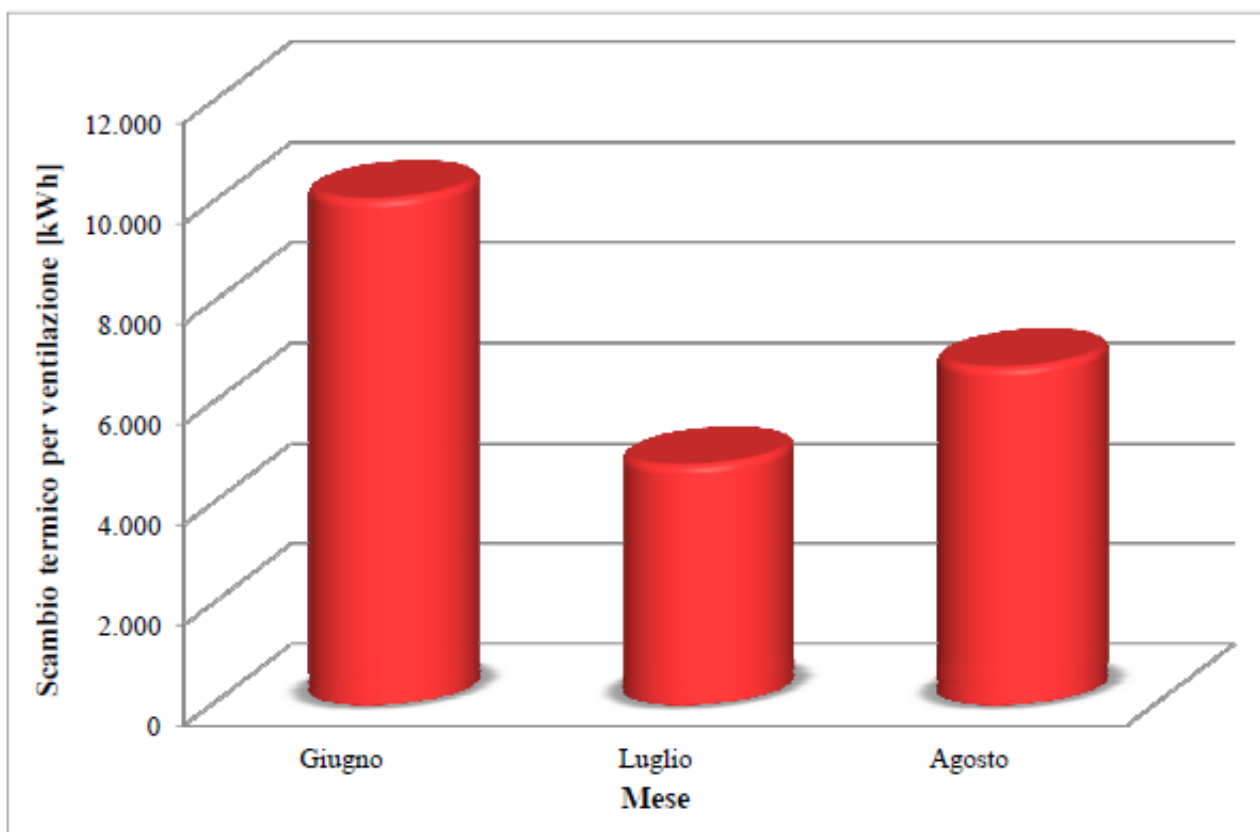


Figura 1.13 – Scambio termico per ventilazione – Stagione di raffrescamento.

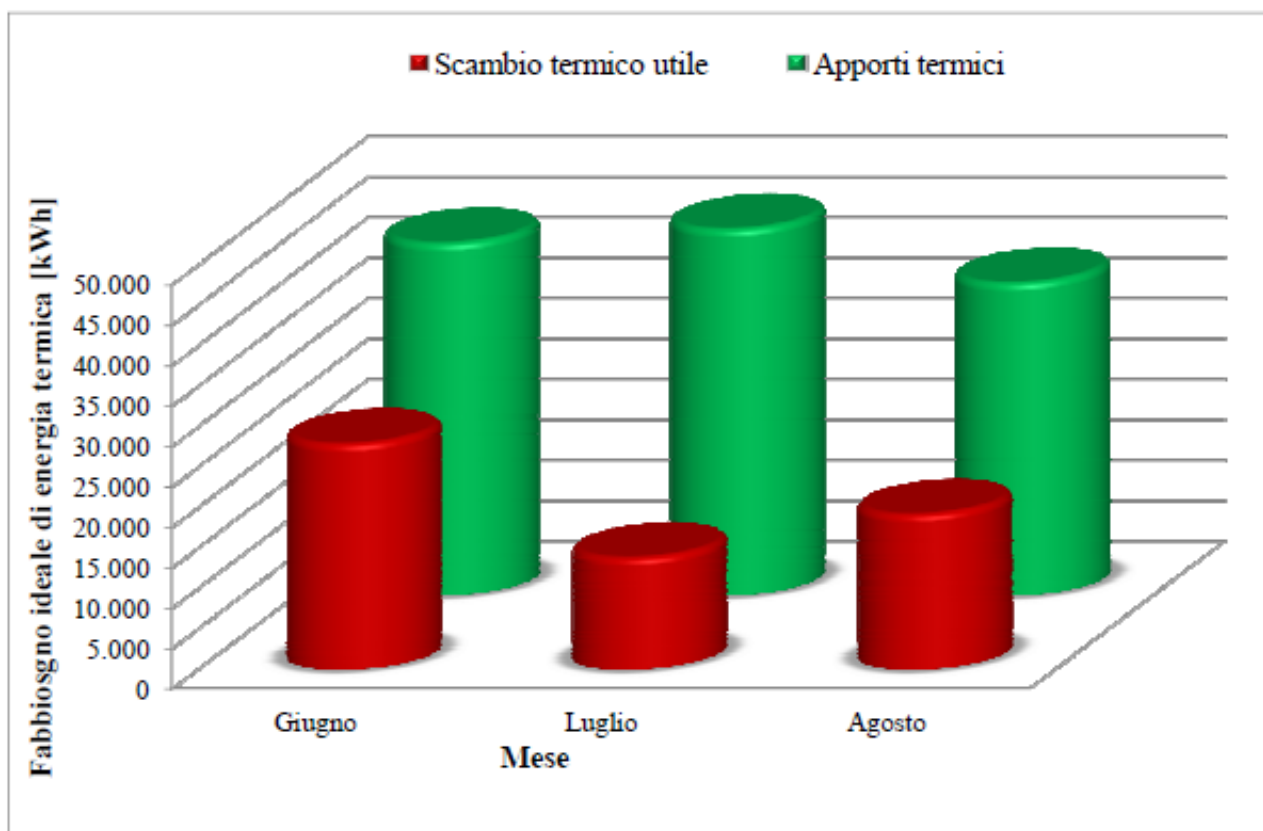


Figura 1.14 – Fabbisogno ideale di energia termica – Stagione di raffrescamento.

Nella Figura 1.15 è riportato il fabbisogno mensile per trattamento dell'aria; dal grafico si nota che la distribuzione presenta un picco in corrispondenza del mese di luglio, dovuto all'aumento della temperatura esterna media mensile, quindi dell'entalpia specifica dell'aria esterna, che si traduce in una maggiore richiesta di energia al gruppo frigorifero.

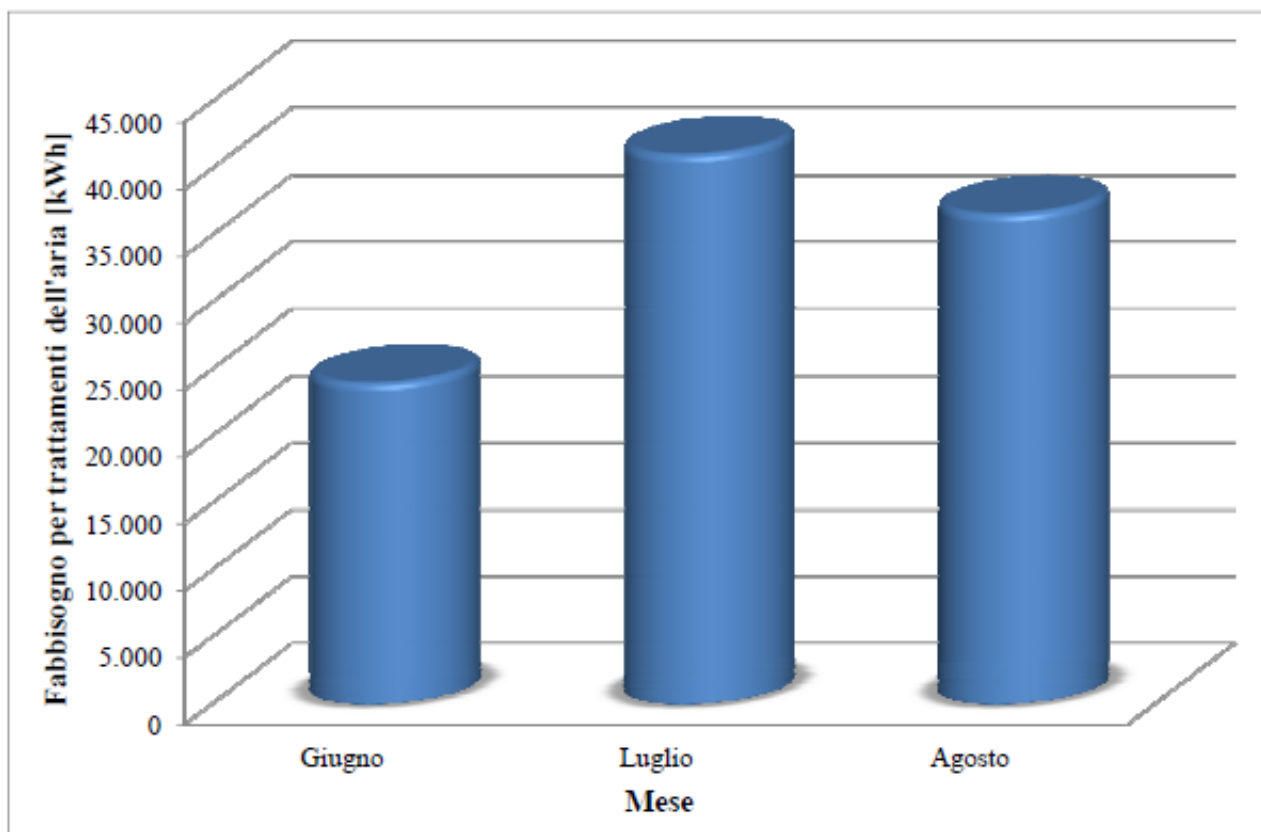


Figura 1.15 – Fabbisogno estivo per trattamenti dell'aria.

Come già accennato in precedenza, il coefficiente di prestazione medio mensile del sistema di produzione dell'energia frigorifera η_{mm} dipende dalle prestazioni della macchina frigorifera ai carichi parziali e da diversi coefficienti correttivi.

Nel caso in esame, si tratta di un gruppo frigorifero (del tipo aria-acqua) del 1992, il cui valore di EER a pieno carico (calcolato a $T_{esterna}$ di bulbo secco = 35°C e $\Delta T_{acqua\ refrigerata}$ = 5°C), è pari a 2,07.

Per quanto riguarda i coefficienti correttivi, η_1 è pari a 1,13 a giugno, a 1,30 a luglio e a 1,10 ad agosto; $\eta_2 = \eta_4 = \eta_5 = \eta_6 = 1$; e $\eta_3 = 0,95$.

Con questi dati è, quindi, possibile calcolare il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione estiva utilizzando l'Equazione (1.15). Il fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione estiva è pari a 356.225 kWh. In Figura 1.16 è riportato il grafico con la distribuzione mensile del fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione estiva del sistema edificio – impianto oggetto del nostro studio.

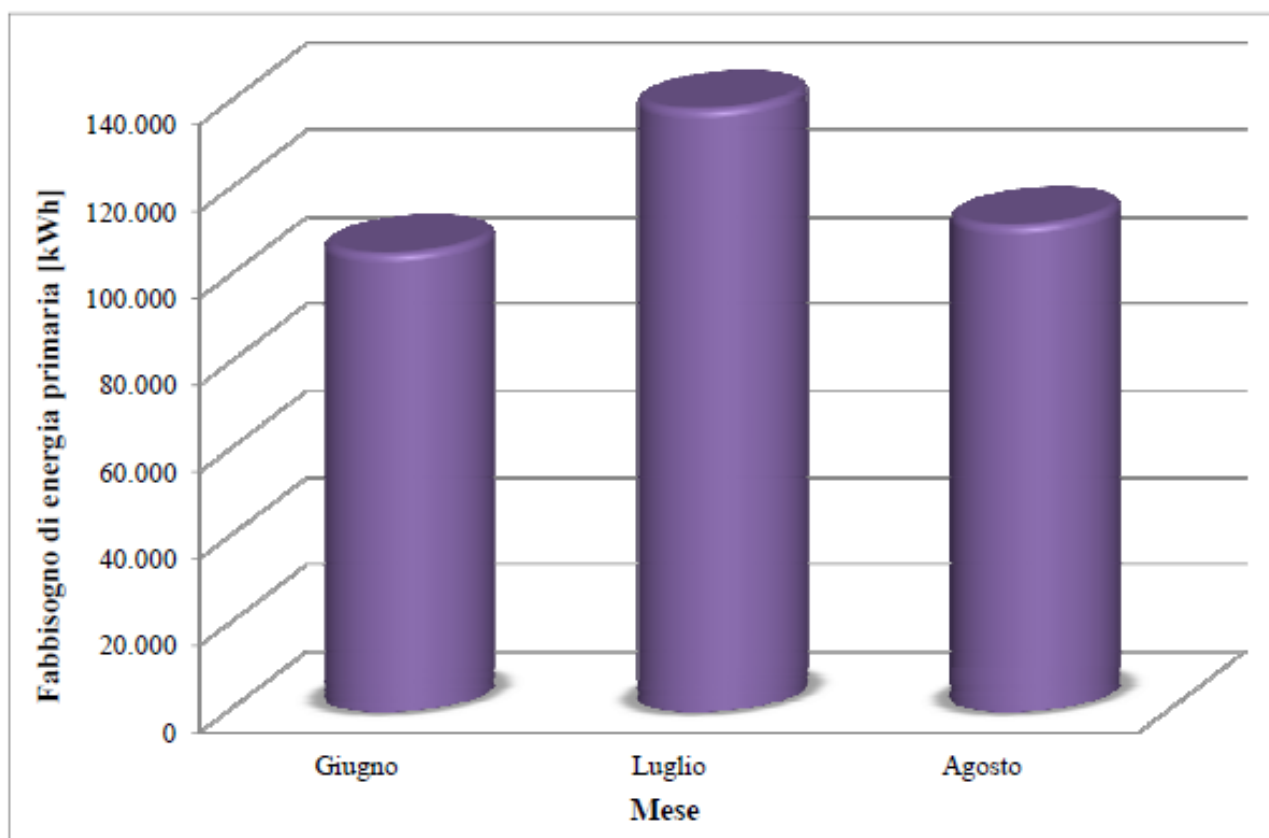


Figura 1.16 – Fabbisogno di energia primaria.

1.7. Analisi dei consumi reali

1.7.1. Consumi di energia termica

I valori dei consumi di energia termica per riscaldamento sono relativi a quattro stagioni di riscaldamento (dal 2004 al 2008), rilevati dalle fatture emesse dall'ente erogatore del servizio di teleriscaldamento cittadino, e sono riportati nelle Tabelle 1.6 ÷ 1.9.

Tabella 1.6 – Stagione di riscaldamento 2004-2005.

Mese	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Tot
Giorni riscaldati	17	30	31	31	28	31	15	183
Temperature medie mensili convenzionali [°C]	13,30	7,20	2,80	1,10	3,20	8,20	12,70	-
Temperature medie mensili reali (fonte ARPA) [°C]	16,00	9,30	5,70	2,80	3,60	9,50	13,10	-
Gradi Giorno convenzionali	114	384	533	586	470	366	110	2563
Gradi Giorno reali	93	321	443	533	460	324	121	2295
Consumo [kWh]	13.730	46.270	63.000	84.000	72.000	41.520	12.480	333.000

Tabella 1.7 – Stagione di riscaldamento 2005-2006.

Mese	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Tot
Giorni riscaldati	17	30	31	31	28	31	15	183
Temperature medie mensili convenzionali [°C]	13,30	7,20	2,80	1,10	3,20	8,20	12,70	-
Temperature medie mensili reali (fonte ARPA) [°C]	14,10	7,60	3,00	1,70	4,60	8,70	14,40	-
Gradi Giorno convenzionali	114	384	533	586	470	366	110	2563
Gradi Giorno reali	104	371	528	568	430	351	114	2465
Consumo [kWh]	17.400	58.600	97.000	87.000	55.000	41.520	12.480	369.000

Tabella 1.8 – Stagione di riscaldamento 2006-2007.

Mese	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Tot
Giorni riscaldati	17	30	31	31	28	31	15	183
Temperature medie mensili convenzionali [°C]	13,30	7,20	2,80	1,10	3,20	8,20	12,70	-
Temperature medie mensili reali (fonte ARPA) [°C]	16,40	10,40	6,10	6,40	7,90	10,80	17,10	-
Gradi Giorno convenzionali	114	384	533	586	470	366	110	2563
Gradi Giorno reali	78	289	432	420	340	286	71	1916
Consumo [kWh]	5.720	19.280	51.000	68.000	69.000	29.990	9.010	252.000

Tabella 1.9 – Stagione di riscaldamento 2007-2008.

Mese	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Tot
Giorni riscaldati	17	30	31	31	28	31	15	183
Temperature medie mensili convenzionali [°C]	13,30	7,20	2,80	1,10	3,20	8,20	12,70	-
Temperature medie mensili reali (fonte ARPA) [°C]	14,40	8,40	4,00	5,50	7,00	10,30	13,50	-
Gradi Giorno convenzionali	114	384	533	586	470	366	110	2563
Gradi Giorno reali	141	348	495	449	377	302	116	2227
Consumo [kWh]	9.610	32.390	79.000	98.000	46.000	76.120	22.880	364.000

I valori dei consumi stagionali riportati nelle Tabelle, ad esclusione della stagione 2006-2007 in quanto la stessa presenta un valore di gradi giorno reali molto diverso dai valori dell'altre stagioni,

sono stati mediati e successivamente estrapolati al fine di ottenere i valori relativi ad una stagione convenzionale; il risultato di tale elaborazione è riportato nelle Tabelle 1.10 e 1.11.

Tabella 1.10 – Stagione di riscaldamento media.

Mese	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Tot
Giorni riscaldati	17	30	31	31	28	31	15	183
Gradi Giorno convenzionali	114	384	533	586	470	366	110	2563
Gradi Giorno reali	112	346	489	517	422	326	117	2329
Consumo [kWh]	13.580	45.750	79.670	89.670	57.670	53.050	15.950	355.340

Tabella 1.11 – Stagione di riscaldamento convenzionale.

Mese	Ott	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Apr	Tot
Giorni riscaldati	17	30	31	31	28	31	15	183
Gradi Giorno convenzionali	114	384	533	586	470	366	110	2563
Consumo [kWh]	17.390	58.580	81.320	89.400	71.700	55.840	16.780	391.010

Il confronto tra il consumo convenzionale annuo riportato nella Tabella 1.11 ed il fabbisogno di energia termica (comprensivo delle perdite dovute all'impianto di riscaldamento) evidenzia uno scostamento di circa il 12% (il consumo reale è minore). Tale scarto è dovuto ai valori convenzionali adottati nei calcoli relativamente agli apporti termici e al funzionamento degli impianti. Ad esempio, considerando un valore di apporti interni pari rispettivamente a 7,40 W/m² per gli uffici e a 3,10 W/m² per altre stanze, atri e corridoi e considerando un funzionamento dell'impianto di ventilazione per 5 giorni a settimana, lo scarto è inferiore al 5%.

1.7.2. Consumi di energia elettrica

I valori dei consumi sono relativi agli anni 2006 e 2008, rilevati dalle fatture emesse dall'ente erogatore e sono riportati nelle Tabelle 1.12 e 1.13.

Tabella 1.12 – Consumi elettrici mensili [kWh] – Anno 2006.

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
27.059	27.323	29.615	26.078	29.995	41.297	49.038	32.178	37.244	31.755	27.449	22.357	381.388

Tabella 1.13 – Consumi elettrici mensili [kWh] – Anno 2008.

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
28.417	26.277	26.851	27.258	30.777	42.463	49.685	36.224	36.170	29.066	27.758	22.357	383.303

I valori dei consumi stagionali riportati al punto precedente sono stati mediati e successivamente estrapolati per ottenere i valori relativi agli assorbimenti elettrici degli impianti di riscaldamento-raffrescamento e ventilazione, e il risultato di tale elaborazione è riportato nelle Tabelle 1.14, 1.15 e 1.16.

Tabella 1.14 – Consumi elettrici medi mensili [kWh].

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
27.738	26.800	28.233	26.668	30.386	41.880	49.362	34.201	36.707	30.411	27.604	22.357	382.346

Tabella 1.15 – Consumi stimati dell'apparecchiature elettriche [kWh].

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
24.074	21.745	24.074	23.298	24.074	23.298	24.074	24.074	23.298	24.074	23.298	18.056	277.437

Tabella 1.16 – Consumi stimati dell'impianto di riscaldamento-raffrescamento e ventilazione [kWh].

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot
3.664	5.055	4.159	3.370	6.312	18.582	25.287	10.127	13.409	6.336	4.306	4.301	104.909

Anche per la climatizzazione estiva, considerando un valore di apporti interni non convenzionale, un funzionamento dell'impianto di ventilazione per cinque giorni a settimana e un funzionamento del gruppo frigo di quattordici ore al giorno, lo scostamento tra i dati reali e il fabbisogno di energia primaria calcolato secondo l'Equazione (1.14) è inferiore al 5%.

1.8. Possibili interventi

L'analisi della prestazione energetica di questo sistema edificio – impianto evidenzia gli elementi più rilevanti che contraddistinguono il fabbisogno energetico di un edificio ad uso uffici, consentendo di individuare possibili interventi di retrofit. Particolare attenzione è posta alla stagione estiva, pertanto, sono analizzate le criticità dell'edificio oggetto di studio in regime estivo. Tali criticità sono rappresentate dagli eccessivi apporti solari negli uffici esposti a Sud e a Sud-Ovest nel periodo estivo e dagli elevati consumi elettrici. Le proposte di retrofit energetico sono, quindi, incentrate sulla riduzione degli apporti solari e sull'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili, in particolare di energia fotovoltaica.

Il primo intervento proposto riguarda sia la riduzione degli apporti solari sia l'utilizzo di un impianto fotovoltaico; si è, infatti, pensato all'installazione di un impianto fotovoltaico in copertura e di frangisole fotovoltaici (Figura 1.17). Si tratta di un sistema BIPV, acronimo di Building Integrated PhotoVoltaics, ovvero di un sistema fotovoltaico architettonicamente integrato, in quanto i moduli vengono integrati direttamente nei dispositivi frangisole collocati a protezione delle finestre. I moduli in questo caso sono svincolati dalla facciata retrostante e si possono quindi predisporre secondo l'inclinazione ottimale per la captazione dell'energia solare. Sono minori i rischi di surriscaldamento dei moduli che possono mantenere prestazioni elevate in termini di efficienza anche nei mesi estivi. Vi è, inoltre, la possibilità di rotazione automatizzata dei moduli in modo da incrementare la captazione solare, soluzione difficilmente applicabile nelle integrazioni relative agli involucri degli edifici.



Figura 1.17 – Frangisole fotovoltaici.

Per le due esposizioni, caratterizzate da una differente radiazione solare incidente dovuta all'altezza solare nei vari mesi dell'anno, lo studio è condotto dapprima separatamente, cercando successivamente il giusto compromesso. Nel calcolo dell'interasse e della lunghezza delle pale frangisole si prende come riferimento il periodo estivo per ottimizzare la produzione dei moduli fotovoltaici. La potenza di picco, complessivamente installabile su entrambe le facciate è pari 30 kW_p, di cui circa 14 kW_p sui frangisole fotovoltaici e circa 16 kW_p in copertura.

Il secondo intervento, che prevede il solo utilizzo di fonti rinnovabili, consiste unicamente nell'installazione di un impianto fotovoltaico in copertura, la cui potenza di picco è pari a 16 kW_p.

Il terzo ed ultimo intervento proposto, finalizzato al miglioramento dell'efficienza energetica, prevede la sostituzione del refrigeratore esistente con uno nuovo di ultima generazione, caratterizzato da un coefficiente di prestazione energetica stagionale (SEER) pari a 4,39.

In Tabella 1.17 è riportata una stima del risparmio energetico conseguibile con ogni intervento, in termini di energia primaria e di riduzione delle emissioni di CO₂.

Le soluzioni proposte sono valutate anche sotto l'aspetto economico considerando:

- un decremento della produzione di energia elettrica pari al 20% in vent'anni;
- un incremento nullo del costo di energia elettrica;
- la tariffa incentivante per impianti entrati in esercizio entro il 31 dicembre 2010, comprensiva della decurtazione pari al 2%;
- un tasso di attualizzazione pari al 3%.

In particolare, per il secondo e per l'ultimo intervento l'analisi economica ha evidenziato un tempo di rientro dell'investimento rispettivamente inferiore a 12 e a 16 anni. Notevolmente più lungo risulta, invece, il tempo di ritorno dell'investimento per il primo intervento proposto.

Tabella 1.17 – Riduzione del fabbisogno di energia primaria e delle emissioni di CO₂.

	1° Intervento	2° Intervento	3° Intervento
Riduzione fabbisogno energia primaria [kWh/anno]	88.100	42.000	49.100
Riduzione emissioni CO₂ [Ton/anno]	17,60	8,40	9,80

L'applicazione di pellicole riflettenti non è presa in considerazione in quanto la facciata continua risulta molto performante in termini di trasmissione energetica, e inoltre, da un lato comporterebbe un minore sfruttamento della radiazione solare nel periodo invernale, dall'altro potrebbe compromettere lo sfruttamento della luce naturale.

1.9. Conclusioni

L'analisi effettuata ha consentito di evidenziare gli aspetti peculiari che caratterizzano la prestazione energetica di un edificio ad uso uffici. Come già discusso nel paragrafo precedente, gli elementi più rilevanti sono gli elevati apporti solari durante la stagione estiva e gli elevati consumi elettrici. Gli interventi di retrofit energetico proposti sono, quindi, incentrati sulla riduzione degli apporti solari durante la stagione estiva e sull'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili.

L'analisi ha, altresì, evidenziato che il secondo intervento proposto, relativo al solo utilizzo delle fonti rinnovabili e l'ultimo, relativo al solo miglioramento dell'efficienza energetica, sono interventi di retrofit caratterizzati da investimenti iniziali più ragionevoli, a fronte, però, di risparmi minori (Tabella 1.17). Diversamente il primo intervento proposto, relativo al miglioramento della prestazione energetica dell'edificio e all'utilizzo delle fonti rinnovabili richiede un investimento iniziale molto considerevole a fronte, però di vantaggi in termini di risparmio di energia primaria (combustibili fossili) e quindi di riduzione delle emissioni di CO₂ elevati.

CAPITOLO 2

LO SCAMBIO TERMICO ATTRAVERSO IL TERRENO

2.1. Introduzione

Negli ultimi decenni le dispersioni di calore degli edifici attraverso il terreno hanno suscitato un notevole interesse; numerosi articoli e relazioni sono, infatti, stati presentati su riviste e congressi nazionali ed internazionali. I primi articoli su questo argomento risalgono addirittura ai primi anni '40 dello scorso secolo^[5]. Da allora le esigenze di diminuire il fabbisogno energetico degli edifici, sia per motivi economici sia per motivi di salvaguardia dell'ambiente, hanno determinato un approfondimento delle conoscenze. In questi anni gli edifici vengono realizzati con pareti e coperture sempre più coibentate; nelle nuove costruzioni le dispersioni attraverso strutture opache e trasparenti sono diminuite drasticamente e lo scambio termico attraverso il terreno assume, quindi, un peso relativo maggiore nel fabbisogno energetico complessivo degli edifici. La trasmissione del calore nel terreno richiede un'analisi accurata e complicata, infatti la distribuzione di temperatura è tridimensionale e tempo-variante. Tali complicazioni sono dovute a diverse cause, tra le quali si citano, a titolo esemplificativo e non esaustivo, la variazione temporale della temperatura esterna (giornaliera e stagionale) e la variazione spaziale delle proprietà termiche del terreno. Lo spessore di materiale isolante variabile lungo le fondazioni e le diverse geometrie introducono, inoltre, un gran numero di parametri, fisici e geometrici, nel problema di scambio termico (ponti termici).

In questo capitolo viene determinata rigorosamente la distribuzione di temperatura nel terreno circostante un edificio con pavimento coibentato appoggiato su terreno, in situazione invernale. Il modello di calcolo comprende le strutture verticali ed orizzontali dell'edificio, con la relativa stratigrafia. Dalla conoscenza del profilo di temperatura è possibile risalire ai flussi termici, quindi alla potenza dispersa dall'edificio riscaldato verso il terreno, ed infine al coefficiente di scambio termico tra edificio e ambiente esterno (relativo alle dispersioni attraverso il terreno). I calcoli sono eseguiti per ogni mese del periodo di riscaldamento, considerando una temperatura interna all'edificio di 20 °C ed una temperatura esterna pari alla temperatura media mensile per Parma (dedotta dalla normativa di riferimento). Viene considerato un edificio con pavimento a sezione rettangolare, con rapporto tra le misure dei lati (definito come fattore di forma β) variabile tra 0 ed 1. Viene approfondita l'incidenza del fattore di forma della superficie a contatto con il terreno sul calcolo del coefficiente di scambio termico. Lo studio è condotto in regime stazionario ed ha come oggetto un pavimento coibentato appoggiato su terreno, senza isolamento di bordo. Il problema è affrontato sia con il calcolo numerico, attraverso l'utilizzo del software COMSOL Multiphysics[®], sia mediante il metodo di calcolo riportato nella Norma Europea EN ISO 13370:2007^[6].

2.2. Calcolo numerico

Il flusso di calore attraverso il terreno può essere determinato in diversi modi: analiticamente, risolvendo le equazioni differenziali della conduzione in regime non stazionario, oppure con appropriati metodi numerici e codici di calcolo, o con equazioni semi-empiriche in forma di trasmittanza termica non lineare o con i *weighting factors*^[7]. I risultati più dettagliati si ottengono con modelli numerici basati su elementi finiti, differenze finite o metodi di volume finito di controllo. Altri metodi utilizzati sono i modelli semianalitici per ridurre notevolmente i tempi di simulazione rispetto alle implementazioni numeriche. La riduzione del tempo di simulazione è raggiunta attraverso semplificazioni, trovando autovalori o fattori di risposta, tipicamente usando pre-elaborazione numerica^[8]. Questo approccio richiede semplificazioni della geometria, ma una volta che sono stati stabiliti, possono essere effettuate analisi veloci e numerose.

Con il metodo di calcolo proposto dalla Norma Europea EN ISO 13370, il flusso di calore attraverso il terreno è determinato con equazioni semi-empiriche dipendenti da diversi fattori, quali a titolo di esempio, le dimensioni, la forma del pavimento dell'edificio, la conducibilità termica del terreno, le temperature medie interna ed esterna all'edificio.

2.2.1. Modello geometrico

Non è generalmente possibile elaborare numericamente un edificio completo utilizzando un unico modello. Nella maggior parte dei casi, l'edificio può essere suddiviso in più parti (compreso il sottosuolo, se del caso) utilizzando dei piani di taglio. Questa suddivisione deve essere effettuata in modo da evitare differenze tra i risultati ottenuti dal calcolo dell'edificio partizionato e quelli ottenuti dal calcolo dell'edificio considerato nel suo complesso. Questa suddivisione in diversi modelli geometrici si ottiene con la scelta di appropriati piani di taglio.

Quando il calcolo include le dispersioni di calore attraverso il terreno (fondazioni, pavimenti su terreno, pavimenti interrati), i piani di taglio nel terreno devono essere posizionati, in base alla normativa, come indicato nella Figura 2.1^[9].

Per modelli 3-D di edifici rettangolari, avvalendosi delle simmetrie, viene modellato solo un quarto della base dell'edificio.

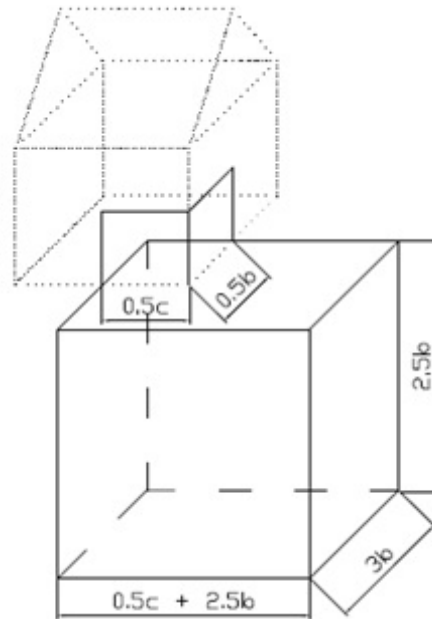


Figura 2.1 – Illustrazione dei piani di taglio per modelli geometrici 3-D che includono il terreno

Per quanto riguarda la discretizzazione del modello, sono stati scelti degli elementi tetraedrici. Nella Figura 2.2 è riportato un esempio (caso con $\beta=0,16$) di modello 3-D discretizzato.

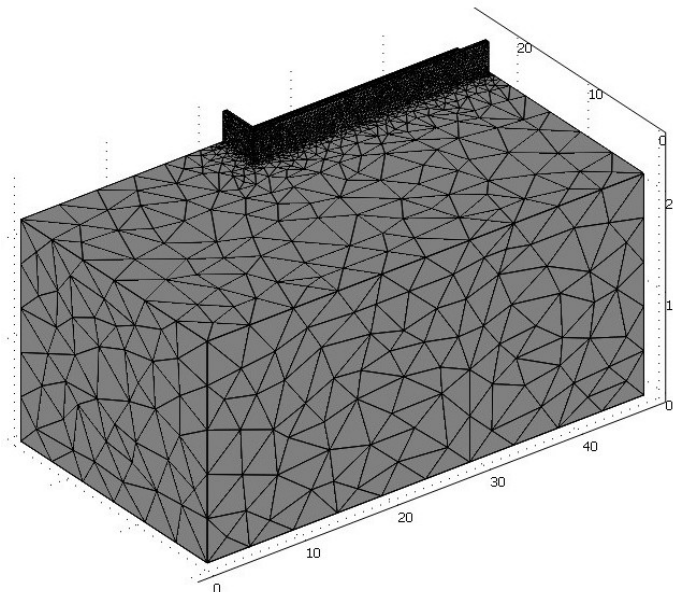


Figura 2.2 – Discretizzazione del modello geometrico 3-D – $\beta=0,16$.

2.2.2. Condizioni al contorno

Viene introdotto un sistema di coordinate cartesiane, con origine nello spigolo esterno del modello geometrico, dal lato opposto rispetto al pavimento dell'edificio. La distribuzione stazionaria della temperatura nei muri e nel terreno può essere determinata risolvendo la classica equazione di Fourier con proprietà fisiche costanti ridotta ad equazione di Laplace:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = 0 \quad (2.1)$$

La condizione al contorno nella zona esterna ed interna (pavimento e pareti), ed anche sulla superficie del terreno considera lo scambio termico sia per convezione sia per radiazione.

Per quanto riguarda le superfici esterne, il coefficiente di convezione h_{ce} [W/(m²·K)] si ricava dalla seguente espressione^[10]:

$$h_{ce} = 4 + 4 \cdot v \quad (2.2)$$

dove v [m/s] indica la velocità del vento.

Il coefficiente di irraggiamento, è calcolato dall'espressione (2.3), sia per le superfici esterne sia per quelle interne all'edificio:

$$h_r = 4 \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_m^3 \quad (2.3)$$

dove ε indica l'emissività della superficie considerata [-]; σ [W/(m²·K⁴)] è la costante di Stefan-Boltzman; T_m [K] indica la temperatura termodinamica media della superficie considerata e delle superfici limitrofe.

Tutte le altre superfici, ad eccezione di quelli di contatto tra i vari strati, sono considerate adiabatiche, quindi:

$$\frac{\partial T}{\partial x} = 0 \text{ in } x = 0 \text{ e } x = 3 \text{ b; } \frac{\partial T}{\partial y} = 0 \text{ in } y = 0 \text{ e } y = 0,5 \text{ c} + 2,5 \text{ b; } \frac{\partial T}{\partial z} = 0 \text{ in } z = 0 \quad (2.4)$$

Al fine di verificare l'incidenza del flusso geotermico e della variazione della temperatura con la profondità del terreno, viene considerata un condizione al contorno alternativa a quella riportata nell'Equazione (1.4) che prevede un flusso geotermico pari a 0,082 W/m² sulle superfici con $z = 0$ m e $z =$ livello del suolo ed una temperatura variabile sulle superfici non confinanti con l'edificio riscaldato^[11]:

$$T(z,t) = T_{mean} - \frac{T_{max} - T_{min}}{2} \cdot \exp\left(-z \cdot \sqrt{\frac{\pi}{365 \cdot \alpha}}\right) \cdot \cos\left[\frac{2 \cdot \pi}{365} \cdot \left(n - n_{min} - \frac{z}{2} \cdot \sqrt{\frac{365}{\pi \cdot \alpha}}\right)\right] \quad (2.5)$$

dove z [m] è la profondità del terreno; n indica il tempo, espresso come numero del giorno dell'anno; T_{mean} [°C] rappresenta la temperatura media annuale dell'aria esterna; T_{max} [°C] denota la temperatura massima annuale dell'aria esterna; T_{min} [°C] è la temperatura minima annuale dell'aria

esterna; α [m^2/g] è la diffusività termica del terreno; n_{\min} indica il numero del giorno dell'anno in cui si riscontra T_{\min} .

2.2.3. Risultati

Nelle Figure 2.3 ÷ 2.8 sono presentati i principali risultati delle simulazioni numeriche effettuate considerando la condizione al contorno riportata nell'Equazione (2.4).

Viene introdotto un nuovo sistema di coordinate cartesiane, ξ , ψ , ζ , con origine nello spigolo interno del pavimento al livello del suolo; pertanto i domini di ξ e ψ dipendono dal valore del fattore di forma β , invece ζ varia tra 0 m (superficie esterna del pavimento) e 0,35 m (superficie interna del pavimento) in tutti i casi analizzati. Nel caso di $\beta = 0,16$, ξ varia tra 0 m e 25,00 m e ψ tra 0 m e 4,00 m; nel caso di $\beta = 0,25$, ξ varia tra 0 m e 20,00 m e ψ tra 0 m e 5,00 m; nel caso di $\beta = 0,39$, ξ varia tra 0 m e 16,00 m e ψ tra 0 m e 6,25 m; nel caso di $\beta = 0,64$, ξ varia tra 0 m e 12,50 m e ψ tra 0 m e 8,00 m e nel caso di pavimento quadrato, $\beta=1,00$, ξ e ψ variano entrambi tra 0 m e 10,00 m.

Come si evince dai grafici riportati in Figura 2.3, la temperatura presenta un valore minimo in prossimità della giunzione parete/pavimento a causa del ponte termico. Nel grafico mostrato nella Figura 2.3 la coordinata ξ rappresenta la distanza orizzontale dallo spigolo interno tra parete e pavimento, quindi dal grafico si può dedurre che la zona interessata dal ponte termico si estende fino a circa 5 m dalla giunzione parete/pavimento^[12].

Lo stesso andamento può essere osservato per ogni valore del fattore di forma. Si può, inoltre, osservare che, all'aumentare del fattore di forma la temperatura aumenta fino a raggiungere ad un valore massimo per il pavimento quadrato ($\beta = 1,00$), di conseguenza il flusso di calore diminuisce fino a raggiungere ad un valore minimo per il fattore di forma pari a 1,00.

Allontanandosi dallo spigolo interno del pavimento, la temperatura conserva lo stesso andamento, presentando, però, valori più elevati (in quanto risulta inferiore l'influenza del ponte termico), come mostrato in Figura 2.4.

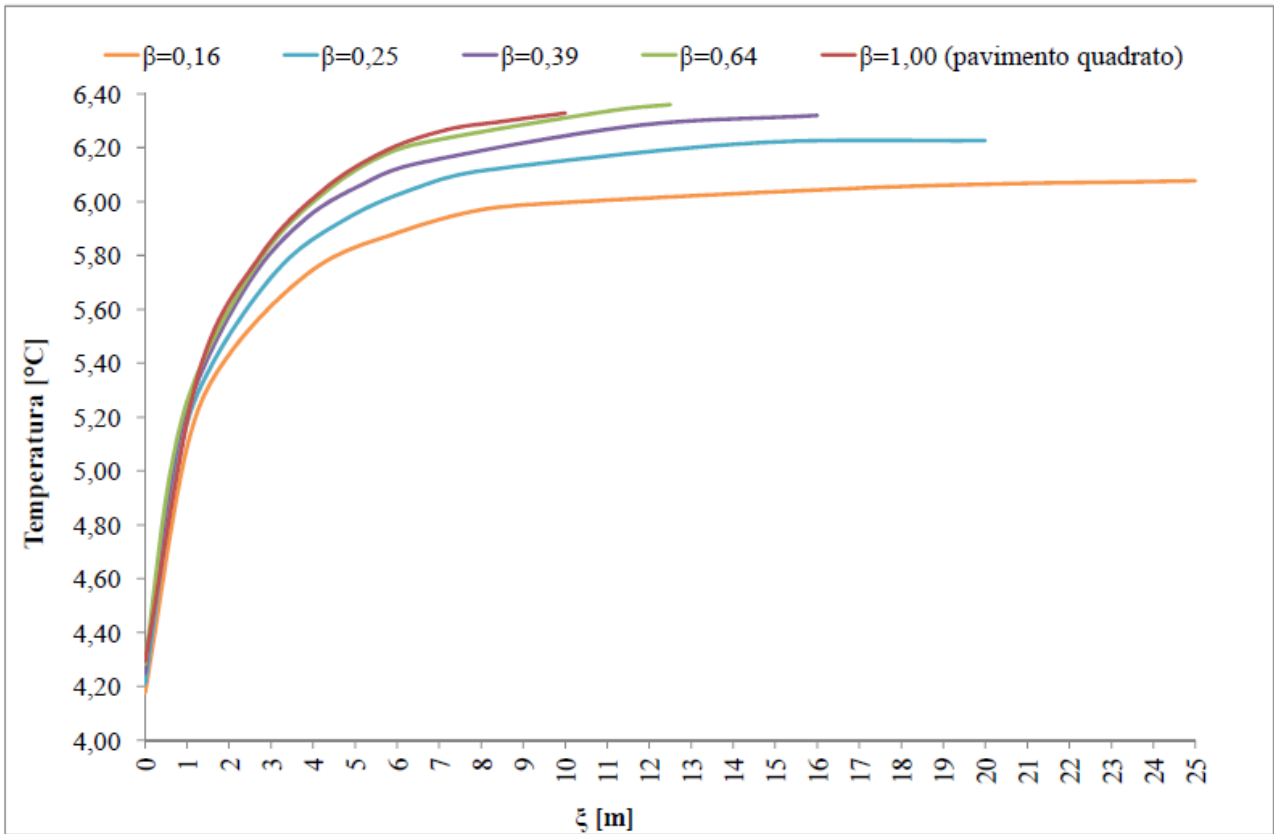


Figura 2.3 – Variazione della temperatura sulla superficie di contatto tra pavimento e terreno ($\psi = 0$).

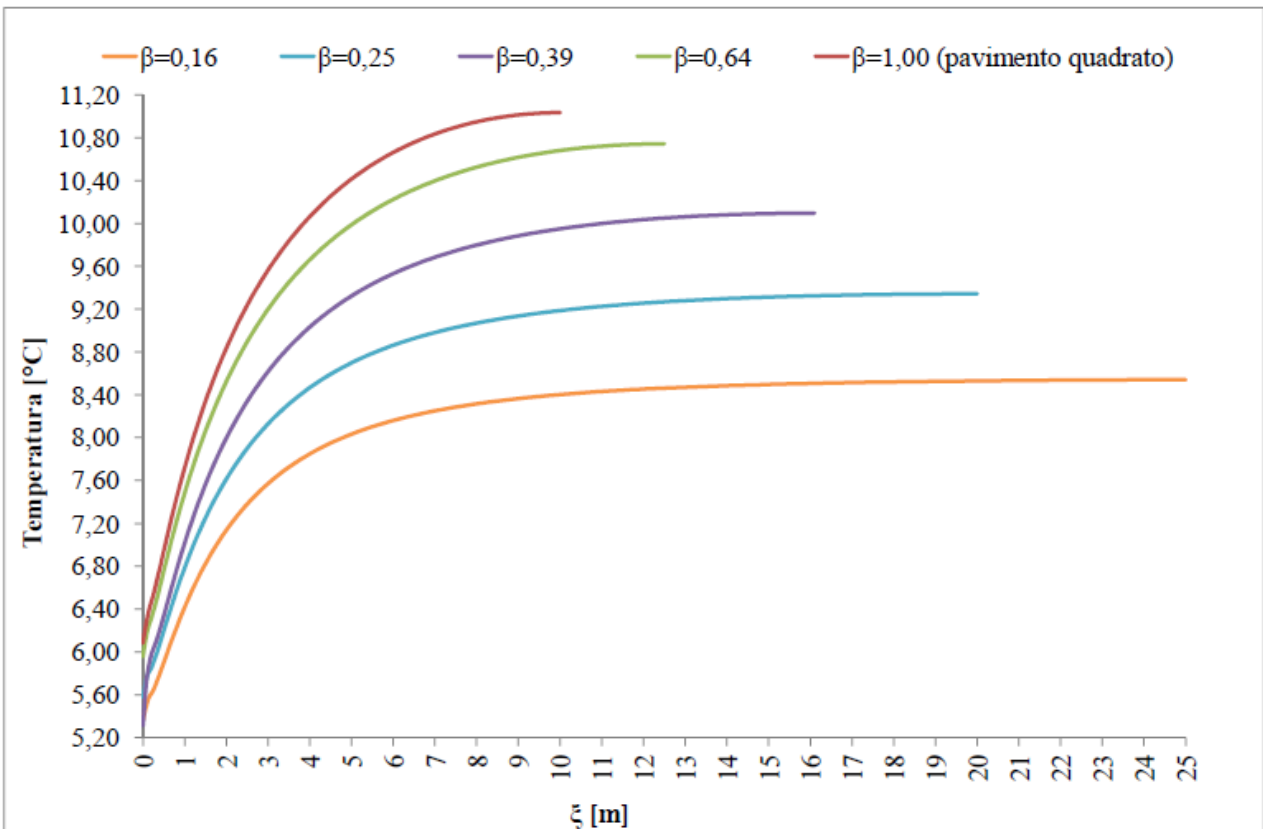


Figura 2.4 – Variazione della temperatura sulla superficie di contatto tra pavimento e terreno (ψ medio).

La figura 2.5 mostra la distribuzione della temperatura in funzione di ζ ($\psi = 0$) per le superfici del pavimento esterna ($\zeta = 0$) ed interna ($\zeta = 0,35$ m); sulla superficie interna del pavimento la temperatura è uniforme grazie alla presenza dello strato isolante.

I grafici riportati nelle Figure 2.3, 2.4 e 2.5 rappresentano le variazioni della temperatura lungo ζ , però, essendo il modello simmetrico, gli stessi andamenti si possono osservare anche lungo ψ .

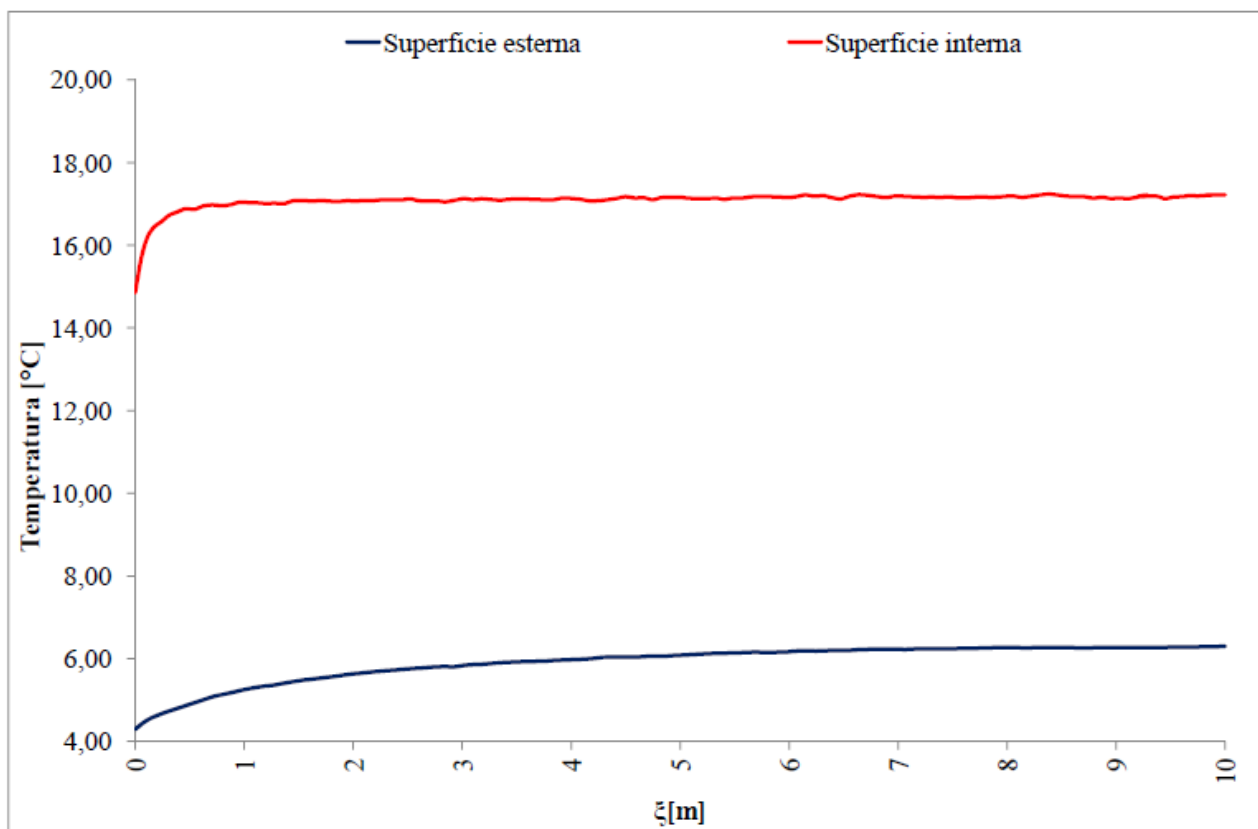


Figura 2.5 – Variazione della temperatura sulle superfici esterna ed interna del pavimento quadrato – $\beta = 1,00$.

Il grafico mostrato in Figura 2.6 presenta la distribuzione della temperatura nella stratigrafia del pavimento nel caso di $\beta = 1,00$ (pavimento quadrato); nella zona centrale del pavimento (curva azzurra), la temperatura subisce un rapido incremento a partire da $\zeta = 0,20$ m per la presenza dello strato isolante.

Il grafico in Figura 2.7 presenta la distribuzione di temperatura del terreno nel caso di pavimento quadrato; nella zona sottostante il centro del pavimento, la temperatura diminuisce lentamente fino al raggiungimento di un valore asintotico per una profondità di circa 30 m, mentre nella zona al di sotto dello spigolo interno del pavimento, la temperatura subisce una brusca riduzione ad una profondità di circa 1 m per poi stabilizzarsi ad un valore quasi costante. Tale andamento trova riscontro nella Figura 2.8 che mostra la distribuzione delle isoterme nel terreno.

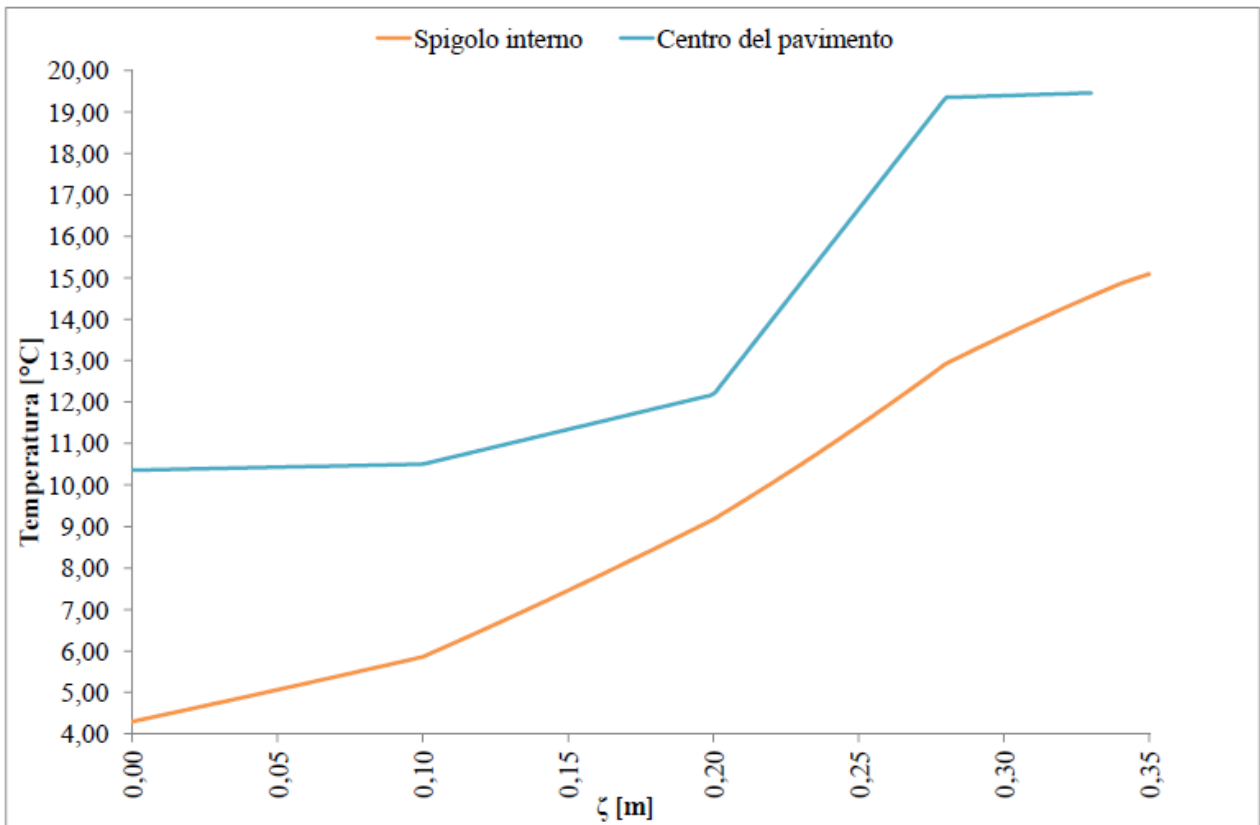


Figura 2.6 – Variazione della temperatura del pavimento – $\beta=1,00$.

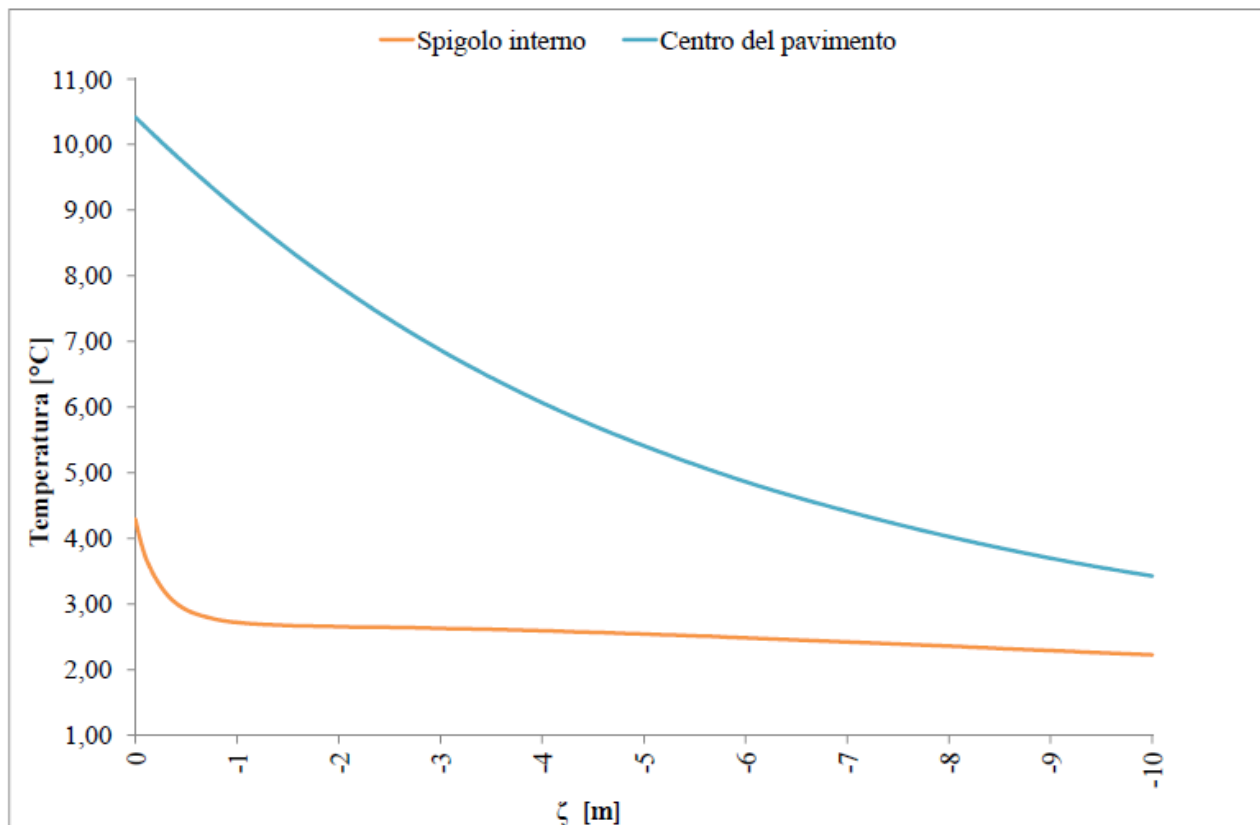


Figura 2.7 – Variazione della temperatura del terreno – $\beta=1,00$.

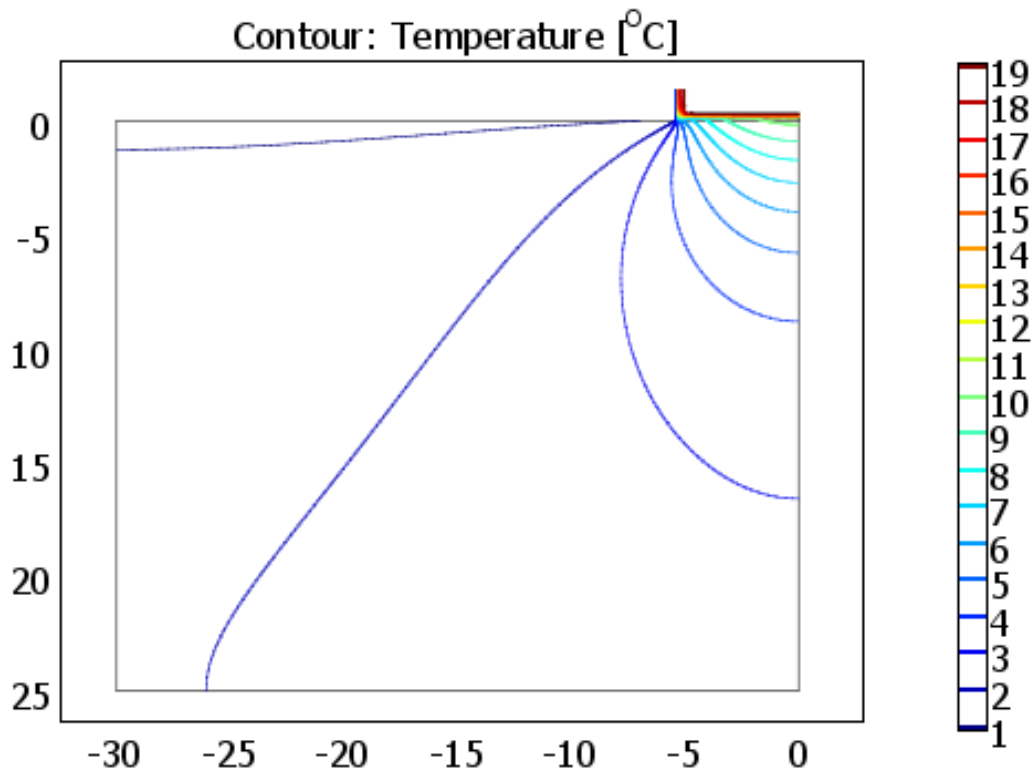


Figura 2.8 – Isotherme – $\beta=1,00$.

Nelle Figure riportate qui di seguito sono presentati i principali risultati delle simulazioni numeriche effettuate considerando una temperatura del terreno variabile con la profondità e con il tempo secondo l'Equazione (2.5). A titolo di esempio, si riportano i risultati relativi al mese di gennaio, caratterizzato da temperature più basse.

La variazione della temperatura in funzione ξ (Figure 2.9 e 2.10) presenta lo stesso andamento riscontrato nel caso precedente (Figure 2.3 e 2.4), è, infatti, caratterizzato da un valore minimo in prossimità della giunzione parete/pavimento a causa del ponte termico e da un valore pressoché costante lontano dalla giunzione stessa. Si nota, però, un aumento dei valori di temperatura, infatti nel grafico mostrato in Figura 2.3 il valore minimo era pari a 4,21 °C, invece nel grafico in Figura 2.9 è pari a 4,48 °C (+ 6,41%). Tale aumento di temperatura è dovuto alla temperatura del terreno sulla superficie di confine, che calcolata secondo l'Equazione (2.5) assume un valore maggiore rispetto al caso precedente.

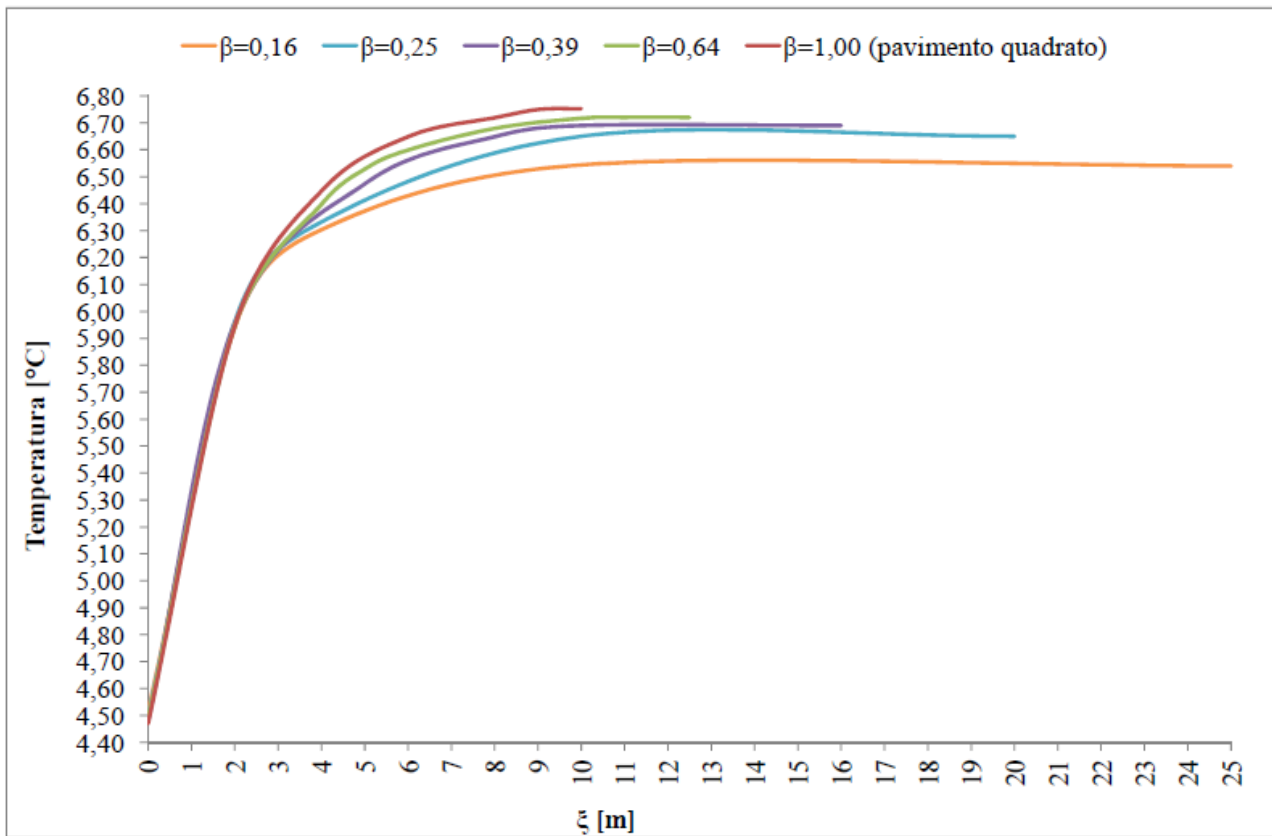


Figura 2.9 – Variazione della temperatura sulla superficie di contatto tra pavimento e terreno ($\psi = 0$).

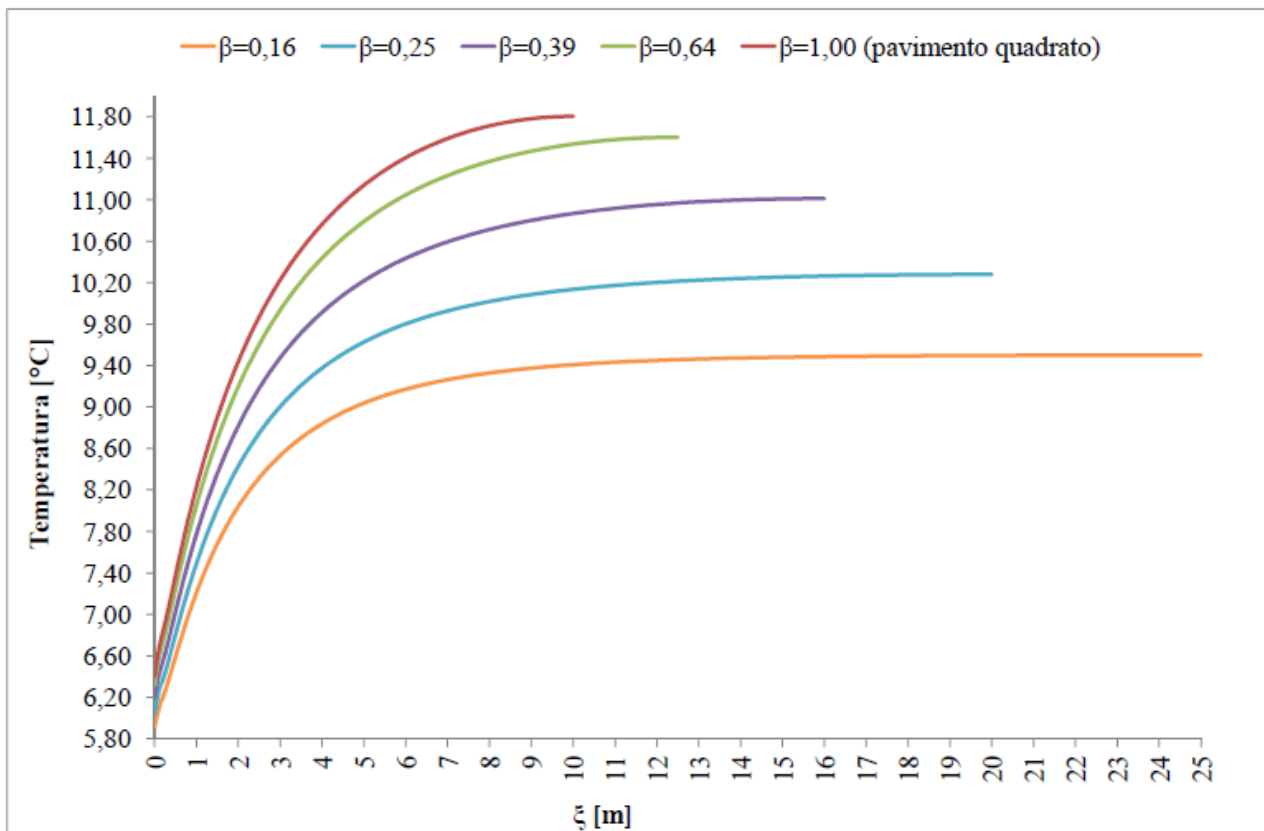


Figura 2.10 – Variazione della temperatura sulla superficie di contatto tra pavimento e terreno (ψ medio).

La Figura 2.11 mostra la distribuzione della temperatura in funzione di ξ ($\psi = 0$) per le superfici del pavimento esterna ($\zeta = 0$) ed interna ($\zeta = 0,35$ m). Confrontando i due grafici riportati in Figura 2.11 con quelli mostrati in Figura 2.5 si nota che la temperatura della superficie esterna (curve blu) presenta lo stesso andamento in entrambi i casi caratterizzato, però, da un aumento del valore della stessa nel caso riportato in Figura 2.11, dovuto sempre alla temperatura del terreno. Diversamente, confrontando le due curve relative alla variazione della temperatura sulla superficie interna del pavimento (curve rosse), si nota che le due curve sono coincidenti; tale risultato può essere giustificato considerando la stratigrafia del pavimento. La presenza dello strato isolante fa sì che la variazione della temperatura del terreno non influisca sulla superficie interna del pavimento stesso.

Anche in questo caso, i grafici riportati nelle Figure 2.9, 2.10 e 2.11 rappresentano le variazioni della temperatura lungo ξ , però, essendo il modello simmetrico, gli stessi andamenti si possono osservare anche lungo ψ .

I grafici riportati in Figura 2.12 mostrano la distribuzione della temperatura nella stratigrafia del pavimento nel caso di $\beta = 1,00$ (pavimento quadrato); l'analisi dei due andamenti conduce a considerazioni analoghe al caso riportato in Figura 2.6.

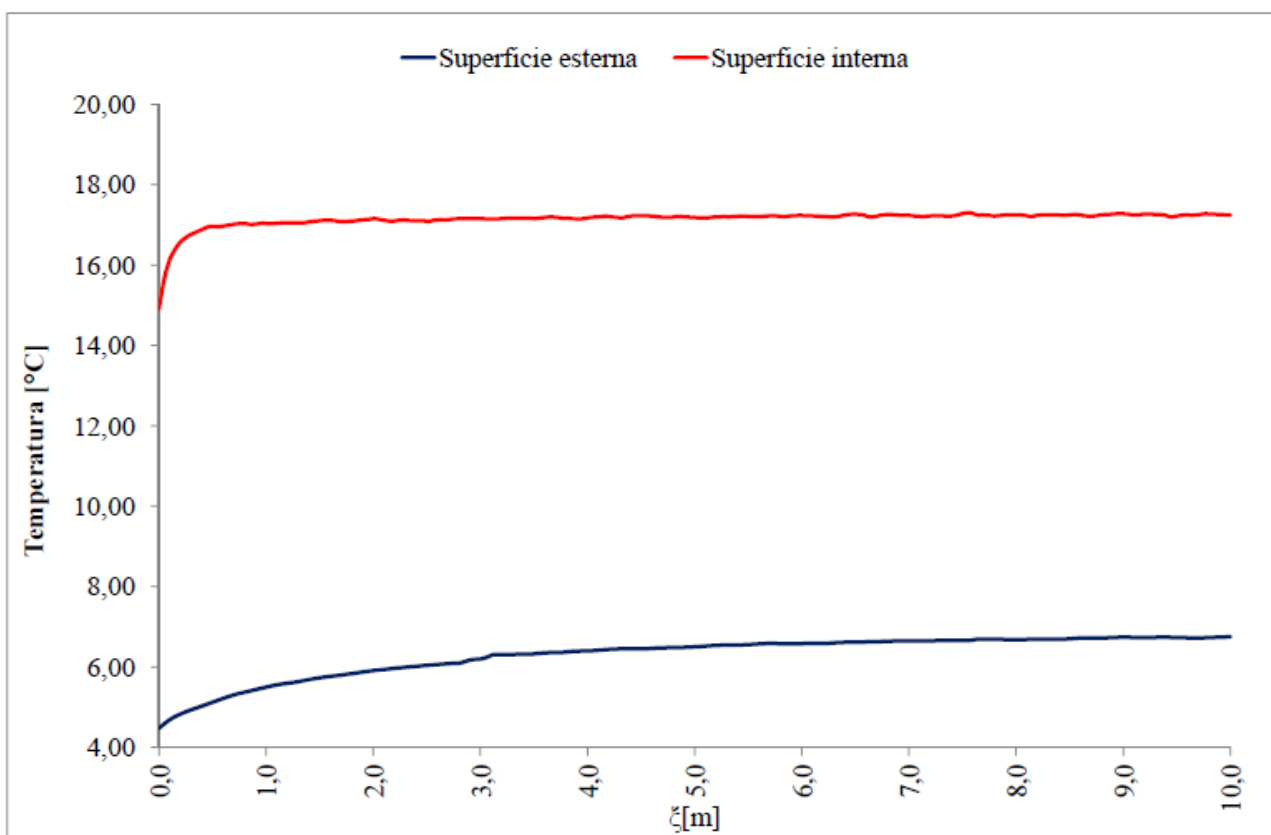


Figura 2.11 – Variazione della temperatura sulle superfici esterna ed interna del pavimento quadrato – $\beta=1,00$.

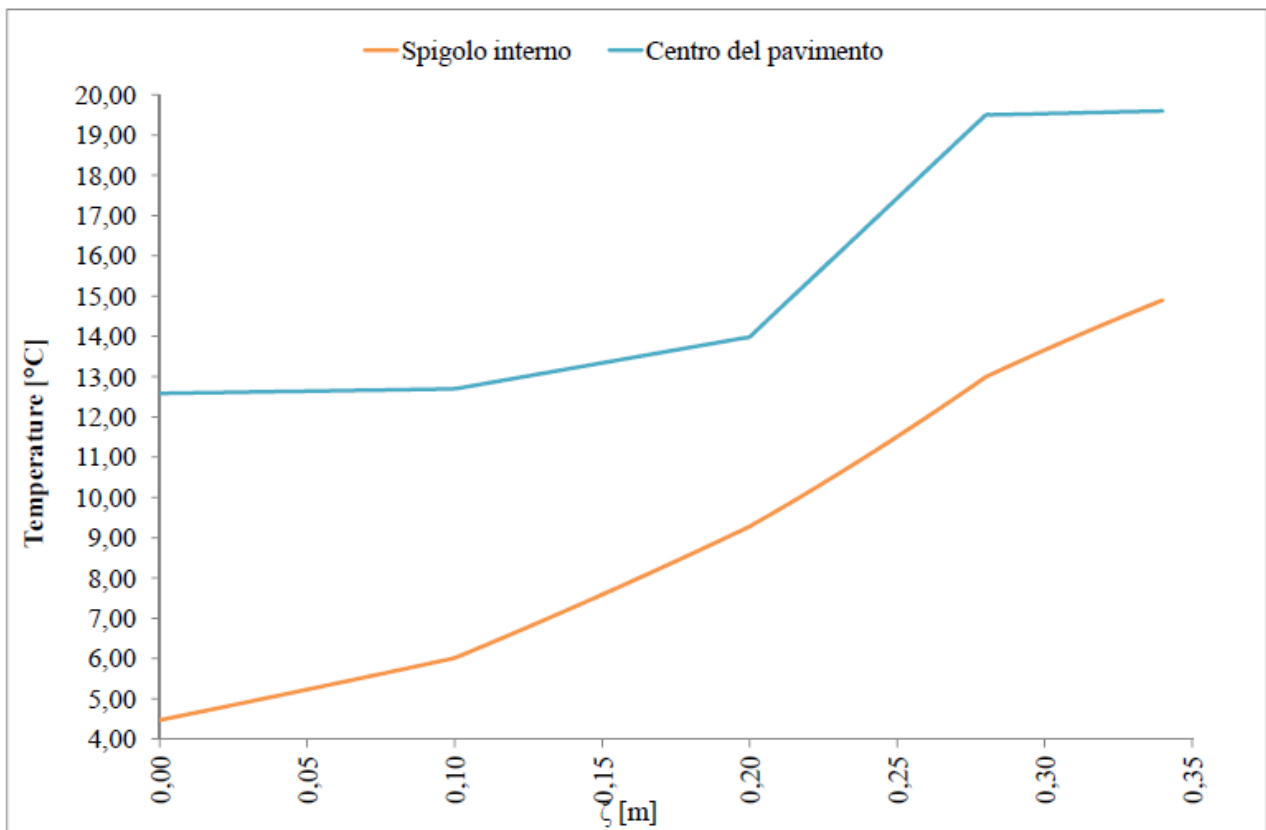


Figura 2.12 – Variazione della temperatura del pavimento – $\beta=1,00$.

Le Figure 2.13 e 2.14 mostrano l'andamento mensile della temperatura del terreno al variare della profondità dello stesso. Le temperature riportate nei grafici sono ottenute dall'Equazione (2.5), utilizzando come temperature dell'aria esterna i valori riportati nella norma UNI 10349, come diffusività del terreno il valore di $0.0864 \text{ m}^2/\text{g}$ e come n il 15° giorno di ogni mese. I calcoli sono effettuati solo per la stagione invernale, 15 ottobre – 15 aprile. Come si nota dai grafici, oltre i 10 m circa di profondità, la temperatura dell'aria esterna non influisce più sulla temperatura del terreno.

Gli andamenti riportati nelle Figure 2.13 e 2.14 trovano riscontro nella Figura 2.15 che mostra la distribuzione delle isoterme nel terreno.

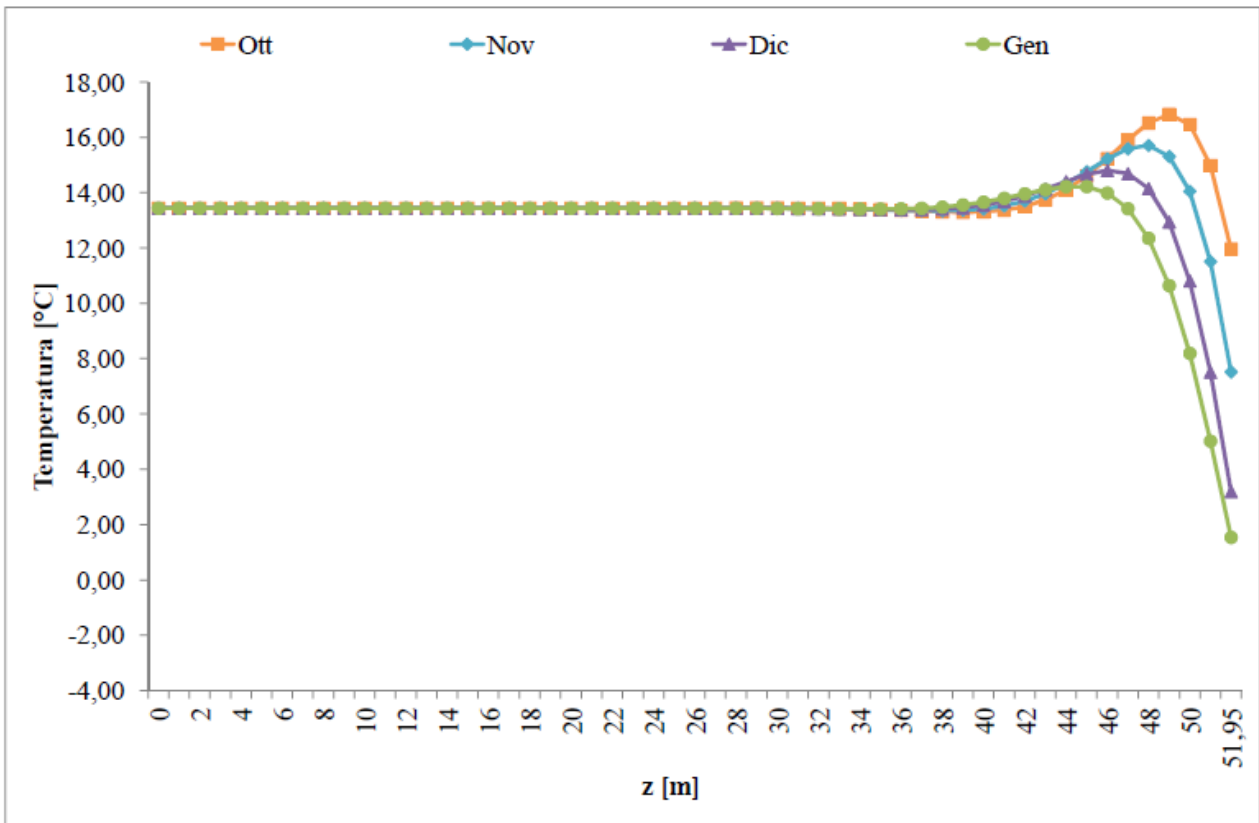


Figura 2.13 – Variazione della temperatura del terreno – Ottobre ÷ Gennaio – $\beta=1,00$.

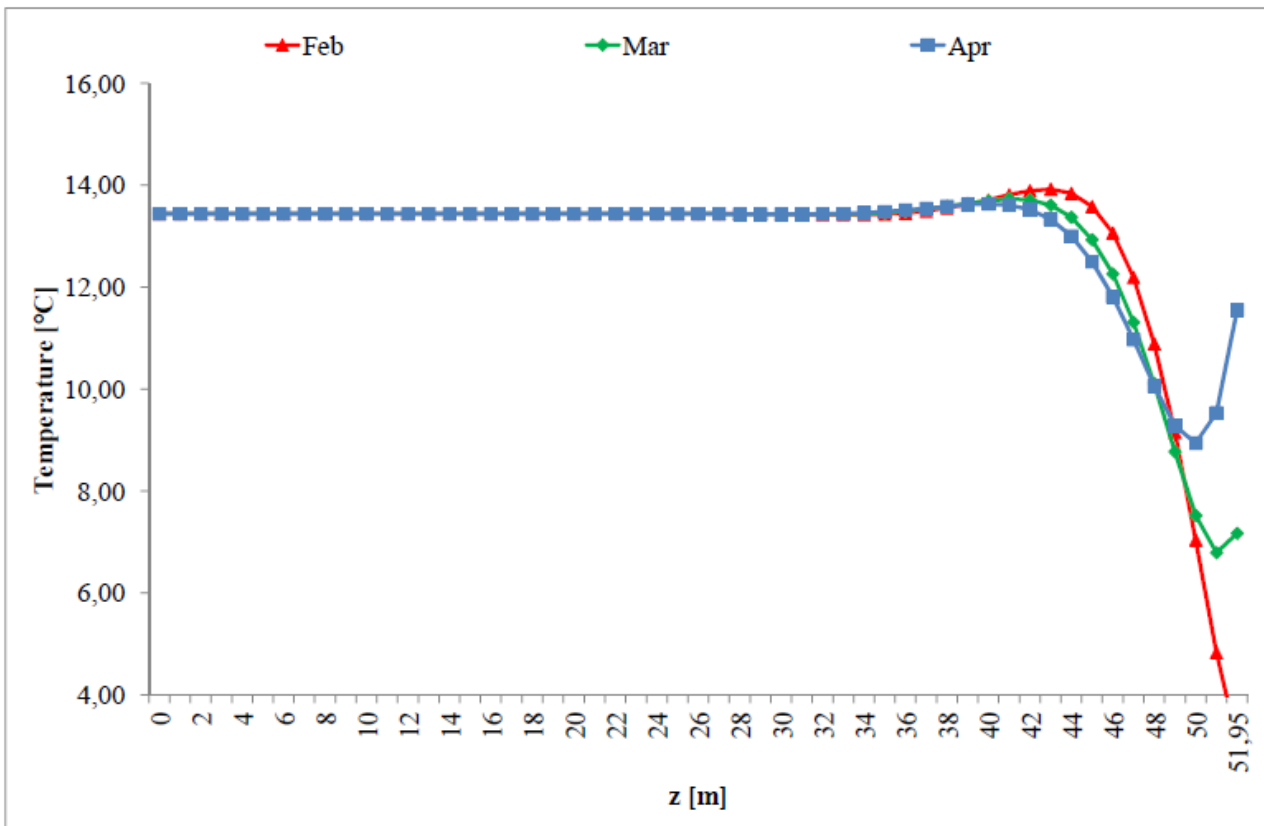


Figura 2.14 – Variazione della temperatura del terreno – Febbraio ÷ Aprile – $\beta=1,00$.

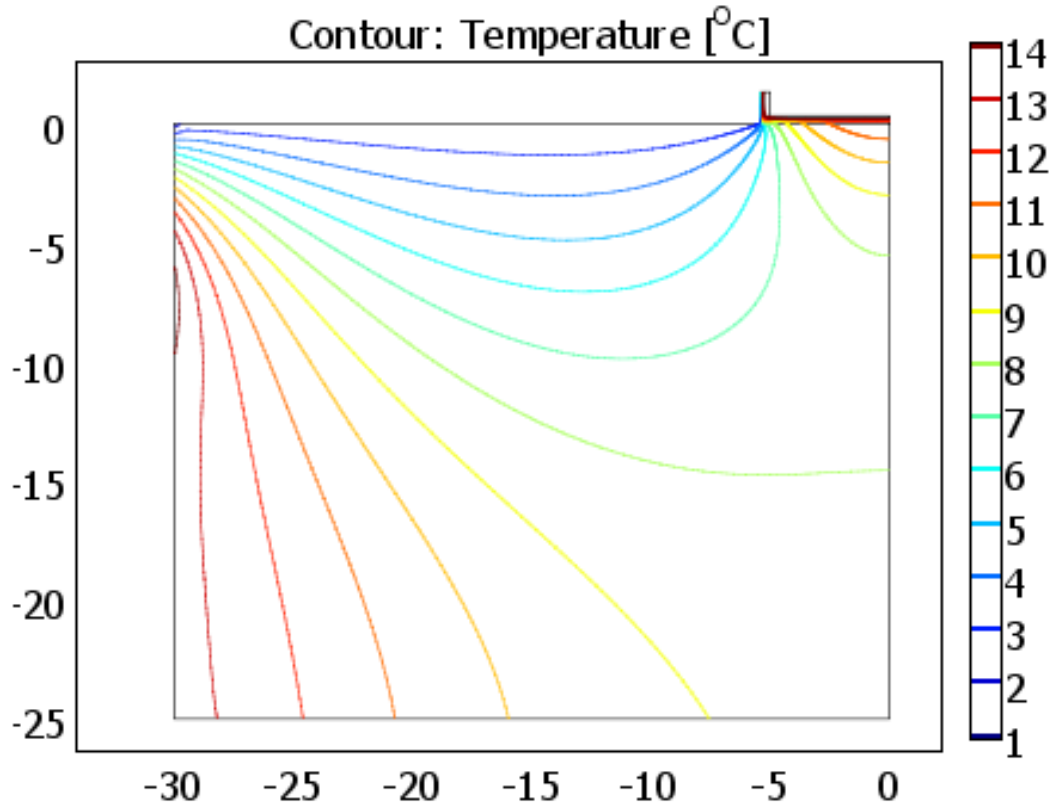


Figura 2.15 – Isoterme – $\beta=1,00$.

I grafici riportati nelle Figure 2.16 e 2.17 mostrano la variazione del coefficiente di scambio termico stazionario H_g in funzione del mese e del fattore di forma β . L'andamento mensile di H_g presenta un minimo nel mese di gennaio, dovuto ai fenomeni di sfasamento ed accumulo del terreno; tale risultato trova riscontro nelle Figure 2.13 e 2.14 che mostrano la variazione della temperatura del terreno. Le variazioni mensili del coefficiente di scambio termico sono, comunque, comprese nel range 6% ÷ 7% .

Al variare del fattore di forma, il coefficiente di scambio termico presenta lo stesso andamento riscontrato a proposito della temperatura (Figure 2.9 e 2.10); all'aumentare di β , H_g diminuisce fino ad arrivare al valore minimo per $\beta = 1,00$. Com'è ben noto un edificio compatto disperde una quantità minore di calore.

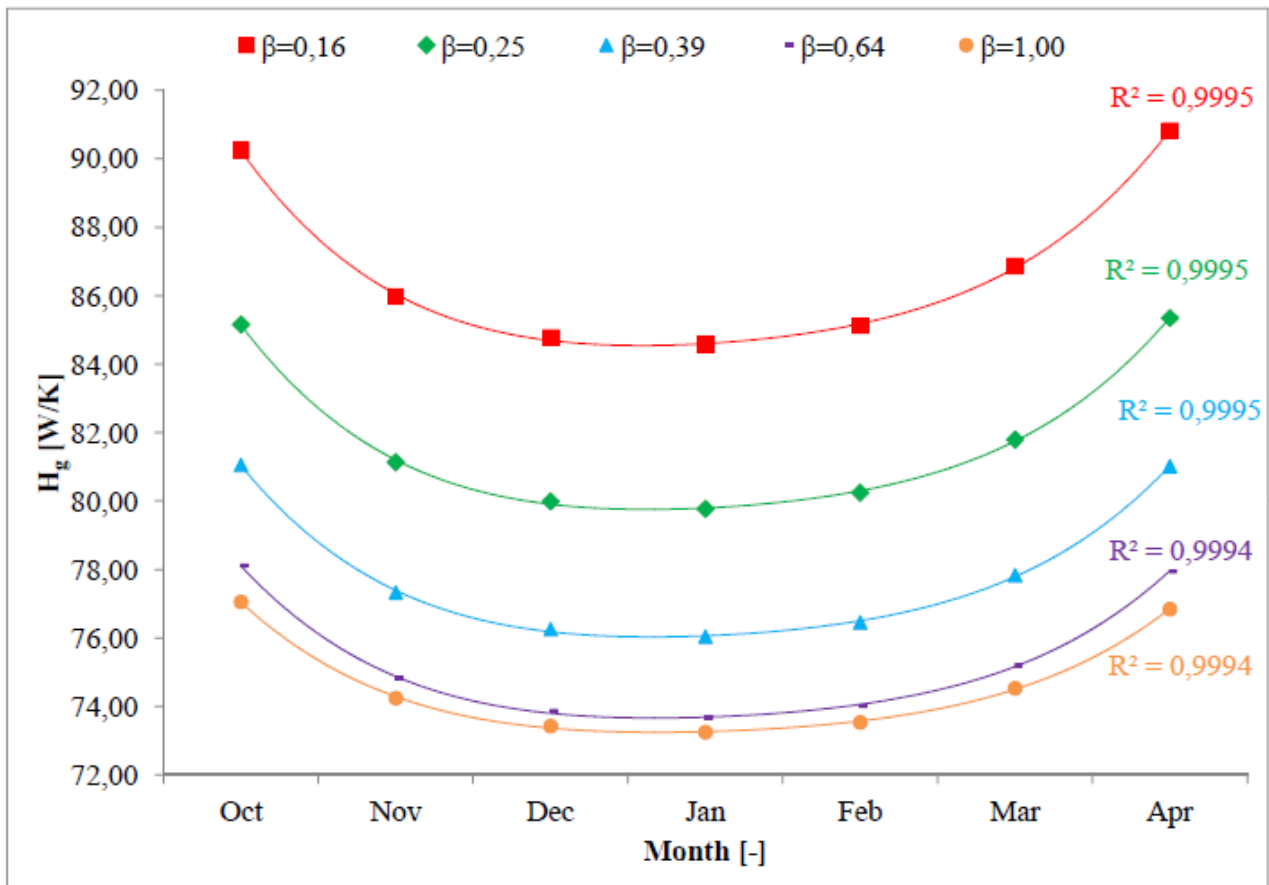


Figura 2.16 – Variazione mensile di H_g .

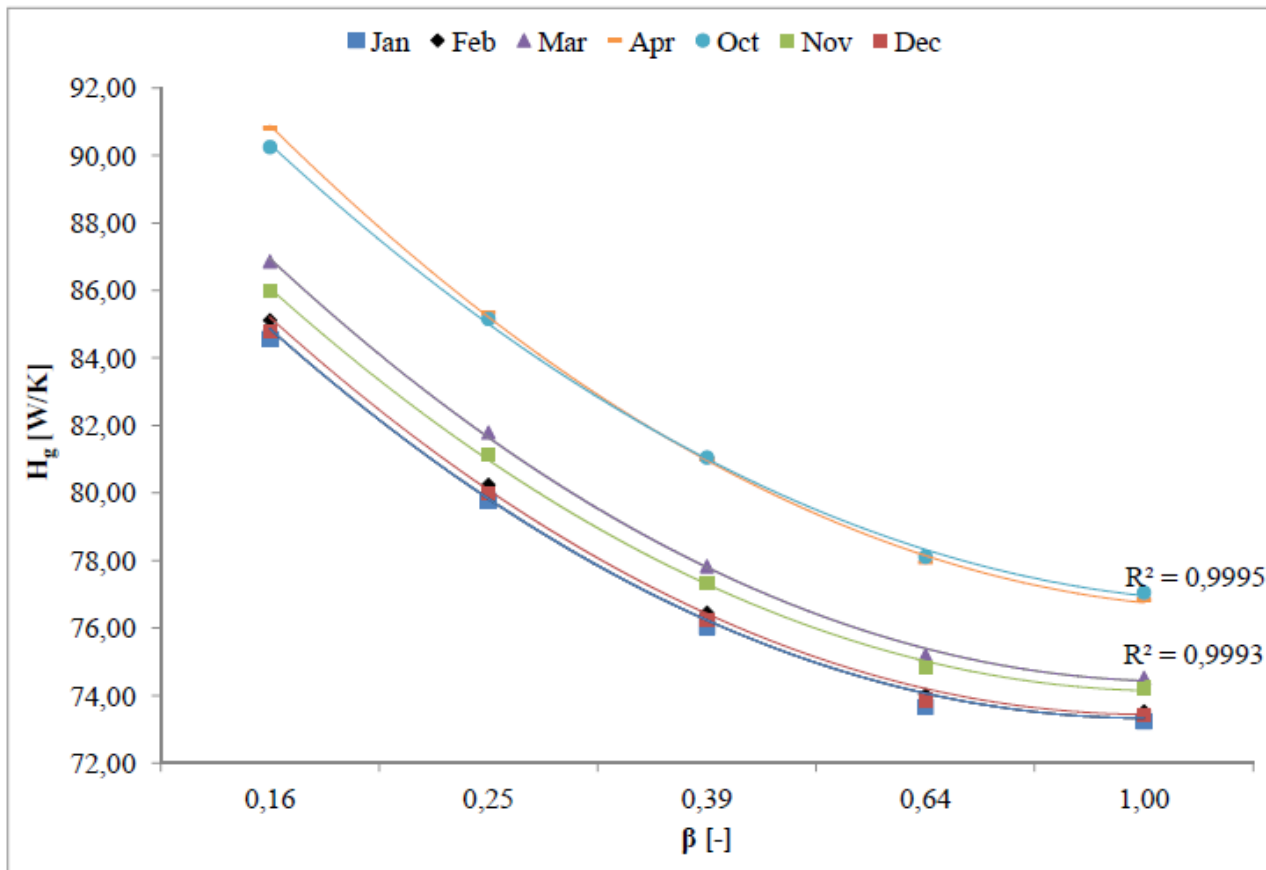


Figura 2.17 – Variazione di H_g in funzione di β .

2.3. EN ISO 13370

Le dispersioni attraverso il terreno sono caratterizzate da:

- un flusso di calore correlato all'area del pavimento, a seconda della stratigrafia del pavimento;
- un flusso di calore correlato al perimetro del pavimento, a seconda del ponte termico all'estremità del pavimento;
- un flusso di calore periodico, anche correlato al perimetro del pavimento, derivante dall'inerzia termica del terreno.

La componente stazionaria, o media annuale, del flusso di calore deve essere valutata con uno dei metodi di seguito descritti.

- a) un calcolo numerico 3-D che fornisce i risultati direttamente per il pavimento in questione; i calcoli devono essere effettuati in accordo con la Norma EN ISO 10211;
- b) un calcolo numerico 2-D con un pavimento infinitamente lungo e con uno spessore pari alla dimensione caratteristica del pavimento stesso; i calcoli devono essere effettuati in accordo con la EN ISO 10211;
- c) il flusso termico correlato all'area è calcolato utilizzando le formule riportate nella Norma stessa ed il flusso di calore del ponte termico connesso all'estremità è ottenuto da un calcolo numerico 2-D in accordo con la EN ISO 10211;
- d) il flusso termico correlato all'area è calcolato utilizzando le formule riportate nella norma stessa ed il flusso di calore del ponte termico connesso all'estremità è ottenuto, per esempio, da tabelle preparate in accordo con la Norma EN ISO 14683.

Per i casi c) e d) la parte stazionaria del flusso di calore è calcolata valutando il coefficiente di scambio termico mediante la seguente equazione:

$$H_g = A \cdot U + P \cdot \Psi_g \quad (2.6)$$

dove A [m^2] indica l'area del pavimento; U [$W/(m^2 \cdot K)$] è la trasmittanza termica tra ambiente interno ed esterno; P [m] denota il perimetro esposto del pavimento; Ψ_g [$W/(m \cdot K)$] indica la trasmittanza lineica associata al giunto parete/pavimento. Il valore di quest'ultimo parametro è ottenuto da calcoli numerici nel metodo c) o da valori tabellari nel metodo d).

2.3.1. Calcolo della trasmittanza termica

La trasmittanza termica per pavimenti e piani interrati è necessaria per calcolare la componente stazionaria del flusso di calore. La Norma EN ISO 13370 fornisce i metodi di calcolo della

trasmissione termica per pavimenti appoggiati su terreno, per pavimenti su spazi areati e per piani interrati.

La trasmissione termica di un pavimento appoggiato su terreno (Figura 2.18), non isolato o uniformemente isolato, si calcola secondo le equazioni (2.7) e (2.8) per diverse condizioni dell'isolamento termico del pavimento.

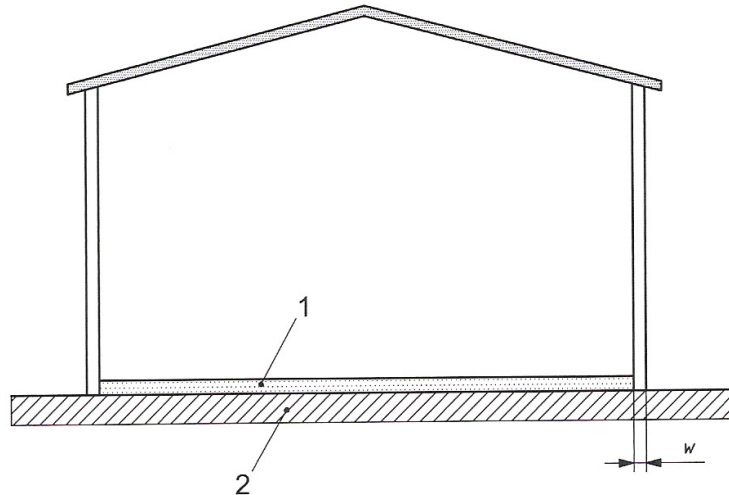


Figura 2.18 – Rappresentazione grafica di un pavimento appoggiato su terreno, dove 1 indica il pavimento a contatto con il terreno e 2 il terreno.

Se $d_t < B'$

$$U = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot B' + d_t} \cdot \ln \left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1 \right) \quad (2.7)$$

Se $d_t \geq B'$ (pavimenti ben isolati)

$$U = \frac{\lambda}{0,457 \cdot B' + d_t} \quad (2.8)$$

dove λ [W/(m·K)] indica la conducibilità termica del terreno; B' [m] e d_t [m] denotano rispettivamente la dimensione caratteristica del pavimento e lo spessore totale equivalente e sono calcolati dalle seguenti espressioni:

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P} \quad (2.9)$$

$$d_t = w + \lambda \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}) \quad (2.10)$$

dove w [m] indica lo spessore delle pareti esterne; R_{si} e R_{se} [$m^2 \cdot K/W$] rappresentano le resistenze superficiali rispettivamente interna ed esterna; R_f [$m^2 \cdot K/W$] indica la resistenza termica della struttura del pavimento.

2.3.2. Calcolo della trasmittanza lineica del ponte termico

Come riportato nella Norma Europea EN ISO 13370, il contributo del ponte termico dovuto alla giunzione parete/pavimento deve essere determinato in conformità alla EN ISO 14683. Come previsto da quest'ultima Norma, la trasmittanza lineica di un ponte termico può essere determinata mediante il calcolo numerico, l'utilizzo di atlanti, calcoli manuali o mediante l'utilizzo di valori di riferimento riportati nel prospetto A.2 della Norma stessa. Il calcolo numerico, che fornisce la maggiore accuratezza ($\pm 5\%$), deve essere effettuato secondo quanto riportato nella Norma Europea EN ISO 10211; tale norma fornisce due metodi per il calcolo della trasmittanza lineica del ponte termico dovuto al giunto parete/pavimento. Il primo dei due metodi prevede che la trasmittanza lineica sia stata ricavata dalla seguente espressione:

$$\Psi_g = L_{2D} - h_w \cdot U_w - 0,5 \cdot B' \cdot U_g \quad (2.11)$$

dove L_{2D} [$W/(m \cdot K)$] indica il coefficiente di accoppiamento termico ottenuto da un calcolo numerico bidimensionale (utilizzando il modello geometrico riportato in Figura 2.19); h_w [m] rappresenta la distanza minima dalla giunzione al piano di taglio del modello geometrico; U_g [$W/(m^2 \cdot K)$] indica la trasmittanza termica del pavimento determinata secondo il metodo semplificato riportato nella Norma EN ISO 13370; U_w [$W/(m^2 \cdot K)$] denota la trasmittanza termica della calcolata secondo quanto riportato nella EN ISO 6946.

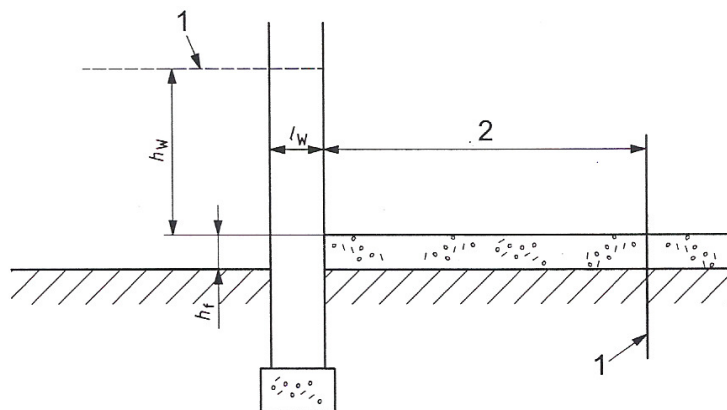


Figura 2.19 – Modello per il calcolo della trasmittanza termica lineica del giunto parete/pavimento, dove 1 indica il contorno adiabatico e 2 è pari a $0,5 \cdot B'$ o 4 m.

2.3.3. Risultati

La Tabella 2.1 presenta i principali risultati dei calcoli effettuati secondo quanto prescritto dalle Norme Europee. Nello specifico la componente stazionaria del flusso di calore attraverso il terreno è stata calcolata secondo il metodo c) riportato nella EN ISO 13370, ovvero il flusso termico correlato all'area è stato calcolato utilizzando le formule riportate nella norma stessa ed il flusso di calore del ponte termico correlato all'estremità è ottenuto da un calcolo numerico 2-D in accordo con la ISO 10211.

Come si può notare dai dati riportati nella Tabella 2.1, all'aumentare del fattore di forma, il valore del coefficiente di scambio termico stazionario diminuisce fino a raggiungere il valore minimo, pari a 96,44 W/K, per il pavimento quadrato ($\beta = 1,00$).

Tabella 2.1 – Variazione di H_g in funzione del fattore di forma.

Fattore di forma	H_g [W/K]
0,16	111,79
0,25	104,96
0,39	100,38
0,64	96,44
1,00	95,42

2.4. Confronto

Le simulazioni effettuate mostrano che vi è un buon accordo tra i risultati ottenuti applicando il metodo di calcolo riportato nella Norma Europea EN ISO 13370:2007 e quelli ottenuti dal calcolo numerico^[13]. Tutte le curve presentano lo stesso andamento, come mostrato in Figura 2.20. La Norma sovrastima, però, il coefficiente di scambio termico con il terreno in regime stazionario di una percentuale compresa tra il 18,76% ed il 18,39% rispetto al calcolo numerico considerando l'Equazione (2.4) e compresa tra il 23,20% ed il 22,41% rispetto al calcolo numerico considerando l'Equazione (2.5).

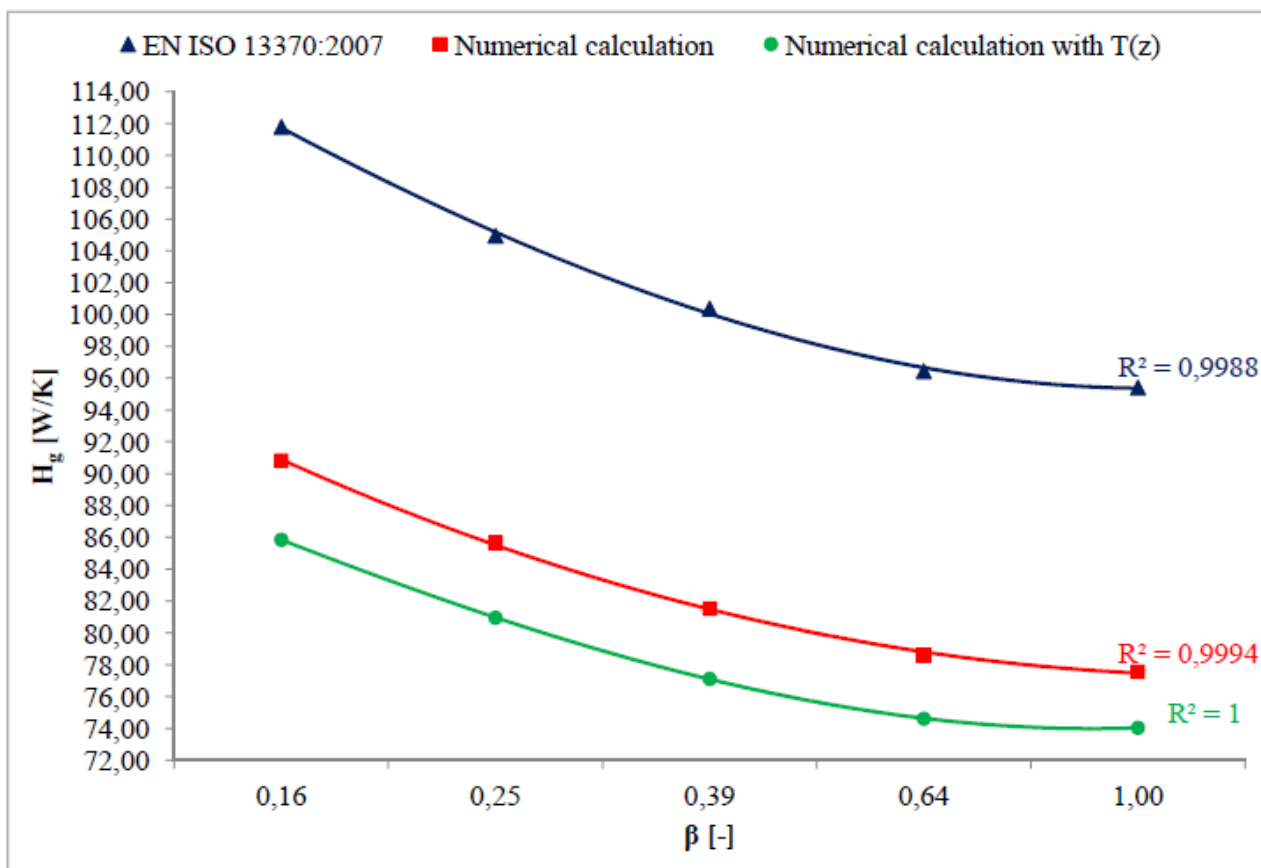


Figura 2.20 – Variazione del coefficiente di scambio termico stazionario attraverso il terreno, H_g , in funzione del fattore di forma.

2.5. Conclusioni

L'analisi effettuata ha evidenziato che l'incidenza del fattore di forma della superficie a contatto con il terreno sul calcolo del coefficiente di scambio termico diminuisce all'aumentare del fattore di forma stesso (Tabella 2.2). Ad esempio, per fattore di forma variabile da 0,16 a 0,25, la diminuzione del coefficiente di scambio termico verso il terreno è pari a 5,68% con il calcolo numerico effettuato secondo quanto riportato nell'Equazione (2.4), a 5,71% con il calcolo numerico effettuato secondo quanto riportato nell'Equazione (2.5), mentre è pari a 6,11% applicando il metodo di calcolo della Norma Europea EN ISO 13370:2007.

Tabella 2.2 – Incidenza del fattore di forma sul valore del coefficiente di scambio termico verso il terreno.

Variazione del fattore di forma	Variazione di H_g (Calcolo numerico - Eq. 2.4)	Variazione di H_g (norma europea)
0,16→0,25	-5,68%	-6,11%
0,25→0,39	-4,82%	-4,36%
0,39→0,64	-3,59%	-3,93%
0,64→1,00	-1,32%	-1,06%

Le dispersioni minori verso il terreno (a parità di superficie netta) si ottengono, quindi, con pavimenti a sezione quadrata.

Lo studio ha, altresì, evidenziato che vi è un buon accordo tra i risultati ottenuti applicando il metodo di calcolo riportato nella Norma Europea EN ISO 13370:2007 e quelli ottenuti dall'analisi numerica. Come già sottolineato la Norma sovrastima il valore del coefficiente di scambio termico con il terreno, fornendo, quindi, un metodo conservativo di progettazione e di valutazione.

CAPITOLO 3

LA PRESTAZIONE ENERGETICA DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO GRID-CONNECTED

3.1. Introduzione

La tecnologia del Silicio cristallino (c-Si), che consiste nell'impiego di wafer di Silicio tipicamente destinato all'industria elettronica, è di gran lunga la più consolidata, sia essa monocristallina che policristallina, con copertura del mercato mondiale per quote, almeno negli ultimi anni, comprese tra il 90% e il 95%. La produzione di celle fotovoltaiche di area oramai superiore ai 150 cm^2 , permette di cablare moduli piani con potenze elevate e record di efficienza prossime al 20%. Gli impianti realizzati in Italia nel periodo dicembre 2007 - febbraio 2008 utilizzano quasi esclusivamente moduli al silicio cristallino (99,3%) in linea con l'analisi di mercato effettuata a livello internazionale. Appare in controtendenza, invece, il dato relativo alla quota di silicio policristallino (42%) utilizzata rispetto al monocristallino, molto inferiore al dato internazionale (>66%). Le potenze di targa tipici dei moduli impiegati per impianti di media e grande taglia (>50 kW_p) sono comprese tra 160 W_p e 240 W_p, con una grande diffusione di dispositivi da 200 W_p. Gli impianti di piccola taglia stanno premiando la scelta di moduli di potenza media pari a 160 W_p.

La tecnologia dei film sottili è nata invece per contenere il consumo di materiale e contrarre il periodo di recupero energetico (Energy Payback Time) che caratterizza negativamente i dispositivi al Silicio cristallino (tipicamente compreso tra 4 e 5 anni). I film sottili richiedono spessori di materiale non superiore a qualche micron e processi per la realizzazione dei moduli fotovoltaici più economici perché, a temperature sensibilmente inferiori, richiedono costi energetici più bassi e sono tipicamente realizzati in un unico processo di linea che avviene su larga superficie di lavoro. Stante il minor valore di efficienza accreditato, i dispositivi con tecnologia del silicio amorfo o degli altri film sottili sono relegati ad applicazioni di integrazione in facciata che richiedono risultati di pregio come semitrasparenza o effetto cromatico. L'attenzione della ricerca sui film sottili è stata per molto monopolizzata dal silicio amorfo, depositato anche su substrati flessibili di grande area per favorire il livello di integrabilità della tecnologia negli edifici e più recentemente si è focalizzata sullo sviluppo di celle a base di tellururo di cadmio (CdTe), di diseleniuro di indio e rame (CIS), di diseleniuro di indio rame e gallio (CIGS) e di altri film sottili policristallini, per i quali acquista spesso importanza lo sviluppo di substrati trasparenti flessibili e di film trasparenti conduttori.

La tecnologia CIS è nota già da tempo al mercato tedesco ed americano in cui sono siti i principali produttori di moduli (Würth Solar, Shell Solar e Global Solar). L'incremento recente

dell'interesse per il CIS è testimoniata dall'annuncio di realizzazione di molti nuovi impianti di produzione che confermano il livello di prestazione e affidabilità ottenuto da questa tecnologia nell'arco temporale di un decennio.

I moduli al CdTe stanno invece dimostrando un'ottima stabilità ai test di invecchiamento accelerato e le innovazioni della R&S riguardano soprattutto la scalabilità a livello industriale del processo di produzione e la riproducibilità delle prestazioni dei moduli. L'interesse per questa tecnologia è anche italiano, con un progetto industriale per la produzione di moduli, condotto nei laboratori del Dipartimento di Fisica di Parma, che ha portato alla realizzazione di celle solari a base di CdTe/CdS con un'efficienza di conversione, tra le più alte, di oltre 15% in un processo di produzione semplificato ed innovativo. La tecnologia sviluppata è pronta perché possa essere progettata e costruita una macchina automatizzata in grado di produrre 150 mila metri di moduli all'anno corrispondenti a 15 MW di potenza elettrica.

Per quanto riguarda le celle a bassissimo costo, appaiono promettenti i dispositivi basati sull'uso di materiali organici (polimeri), ibridi (organici/inorganici) ed a base di ossido rameoso (Cu_2O), oggetto di numerosi programmi di ricerca, mentre restano ad elevato rischio, sotto il profilo economico, le attività esplorative su materiali e strutture del dispositivo fotovoltaico ad altissima efficienza.

Dal punto di vista delle applicazioni, nel decennio 1980-90 l'attenzione è stata prevalentemente rivolta agli impianti di grande taglia (dell'ordine di qualche MW_p) in connessione alla rete, per i quali erano apprezzabili gli evidenti vantaggi di costo dell'energia prodotta grazie alle economie di scala. Anche se restano numerosi i progetti europei VLS PV (Very Large Scale Photovoltaic Systems) con il nuovo vigore di mercati emergenti come quello spagnolo e nazionale, le attività di ricerca e sviluppo si sono focalizzate, oggi, su taglie impiantistiche inferiori per rispondere all'esigenza di potenziare la diffusione del modello di generazione distribuita e promuovere fortemente l'integrazione architettonica del fotovoltaico nell'edilizia, con gli obiettivi di riduzione dei costi di installazione attraverso l'integrazione della tecnologia solare fotovoltaica su scala ampia, sia in ambito residenziale che industriale.

Gli *impianti fotovoltaici a concentrazione* si distinguono da quelli piani essenzialmente per il fatto che la radiazione solare viene concentrata da un opportuno sistema ottico, prima di raggiungere la cella. Tale soluzione tecnologica comporta sia l'impiego di celle a maggior efficienza, sia di un complesso sistema di movimentazione ad "inseguimento" del disco solare. Il fotovoltaico a concentrazione è una delle opzioni tecnologiche più promettenti per accelerare il processo di riduzione dei costi per la tecnologia fotovoltaica, riducendo il peso del componente fotovoltaico sul costo di investimento dell'intero sistema. Mediante l'uso di ottiche è possibile

ridurre l'area delle celle (fino a 1000 volte) con conseguente risparmio di materiale attivo ed altri elementi pregiati ed utilizzare celle a concentrazione di alto costo per unità di superficie che realizzano valori di efficienza superiori al 40%, non raggiungibili con le tecnologie tradizionali del fotovoltaico piano.

Al 31/12/2010 gli impianti fotovoltaici installati in Italia erano 155.977 con una potenza efficiente lorda pari a 3.469,9 MW (*fonte: Gestore dei Servizi Energetici*).

La potenza installata è più che triplicata rispetto al 2009. Dei 2.326 MW installati nel corso del 2010, circa il 36% sono impianti tra 200 kW e 1 MW, mentre un ulteriore 26% è composto dagli impianti che superano 1 MW. Rispetto al 2009 è aumentata la dimensione media di questi impianti.

Per quanto riguarda la distribuzione regionale, nelle Regioni del Nord risultano installati circa il 58% degli impianti, in quelle del Sud circa il 25% ed infine nelle Regioni del Centro circa il 17%. La Regione con il maggior numero di impianti installati è la Lombardia (14,9%), seguita da Veneto (13,0%) ed Emilia Romagna (9,3%). Al Sud si distingue la Puglia con il 6,2% e al Centro la Toscana con il 5,8%.

In merito alla produzione, la Regione dove la produzione è stata maggiore durante lo scorso anno è la Puglia, dove sono stati generati 412 GWh, il 22% del totale nazionale. Seguono a distanza la Lombardia, dove la produzione è stata pari a 190 GWh, il 10% del totale. L'Emilia Romagna e il Lazio hanno prodotto rispettivamente 153 GWh e 152 GWh, contribuendo ciascuna con l'8% del valore nazionale.

In questa cornice, il monitoraggio degli impianti solari fotovoltaici assume un ruolo fondamentale, in quanto consente di verificare le scelte progettuali effettuate e di ottimizzare la produzione energetica dell'impianto stesso. Nel presente capitolo viene analizzata la prestazione energetica di un impianto fotovoltaico grid connected, parzialmente integrato, con potenza di picco pari a 18,90 kWp, entrato in esercizio il 24 marzo 2009. L'analisi è condotta sia con il calcolo numerico, attraverso l'utilizzo del software TRNSYS[®], sia mediante il metodo di calcolo riportato nella Norma Europea EN ISO 15316-4-6^[14]. I risultati delle simulazioni numeriche sono confrontati con i dati sperimentali resi disponibili dal sistema di monitoraggio.

3.2. Descrizione dell'impianto

L'impianto oggetto di studio e monitoraggio (Figura 3.1), installato sulla copertura della Casa Protetta Comunale di Cavriago (RE), è stato realizzato ed è gestito dall'Azienda Casa Emilia Romagna di Reggio Emilia.



Figura 3.1 – Copertura Casa protetta.

Il campo fotovoltaico (Figura 3.2) si compone di 90 moduli costituiti da celle in silicio policristallino, caratterizzati da un'efficienza del 13,05% ed installati sulla falda della copertura contraddistinta da un orientamento verso sud/sud-ovest (azimut pari a +20°) da un'inclinazione rispetto all'orizzontale pari a 32°.

I moduli sono omologati secondo la norma CEI/IEC 61215; nella Tabella 3.1 sono riportate le caratteristiche delle celle fotovoltaiche.

Tabella 3.1 – Caratteristiche delle celle fotovoltaiche.

Tipo modulo	Silicio policristallino
Configurazione celle	60 celle in serie (135 mm x 163 mm)
Potenza di picco [W]	210,00
Corrente al punto di massima potenza I_{mp} [A]	7,28
Tensione al punto di massima potenza V_{mp} [V]	28,86
Corrente di corto-circuito I_{sc} [A]	7,93
Tensione di circuito aperto V_{oc} [V]	36,12
Tensione massima di sistema [V]	1.000
Coefficiente di temperatura: tensione V_{oc} [%/°C]	- 0,35
Dimensioni [mm]	1.638 x 982x40
Efficienza [%]	13,05
Peso [kg]	18,5
Producibilità garantita a 10 anni [%]	90,00
Producibilità garantita a 20 anni [%]	80,00



Figura 3.2 – Campo fotovoltaico.

Il gruppo di conversione è composto dal componente principale "inverter" (Figura 3.3) e da un insieme di componenti, quali filtri e dispositivi di sezionamento protezione e controllo, che rendono il sistema idoneo al trasferimento della potenza dal generatore alla rete, in conformità ai requisiti normativi, tecnici e di sicurezza applicabili. La connessione alla rete in bassa tensione avviene in parallelo all'esistente quadro di stabilimento. Le caratteristiche principali dell'inverter sono riassunte nella Tabella 3.2.

Tabella 3.2 – Caratteristiche degli inverter.

Campo di tensione al punto di massima potenza adeguato alla tensione di uscita del generatore [V]	180,00 – 550,00
Potenza nominale in ingresso Pcc [kW]	4,20 - 7,50
Potenza nominale in uscita Pn [kW]	6,00
Corrente nominale in uscita a.c. [A]	26,00
Corrente nominale di ingresso su ogni inverter d.c. [A]	27,50
Rendimento massimo [%]	97,60
Rendimento europeo [%]	96,50



Figura 3.3 – Inverter.

3.3. Analisi sperimentale

3.3.1. Descrizione del sistema di monitoraggio

L'impianto è dotato di un sistema di telecontrollo e monitoraggio del tipo *EveryWhere* che rende costantemente disponibili analisi tecniche (rendimenti, affidabilità, bilancio energetico) riferibili a qualsiasi periodo di funzionamento dell'impianto. Il sistema *EveryWhere* rappresenta il punto di accesso al telecontrollo di impianti non presidiati di produzione fotovoltaica e non solo. Esso è l'interfaccia verso le periferiche hardware e le linee di comunicazione e consente l'integrazione dell'installato esistente. L'impianto può essere gestito con una rete locale o attraverso rete Internet.

Le centraline di telecontrollo sono connesse al sistema *EveryWhere* utilizzando qualsiasi protocollo di comunicazione veicolato su rete GSM/GPRS. Oltre al collegamento in tempo reale è sempre possibile la consultazione degli archivi storici dei dati monitorati su base giornaliera, settimanale, mensile; è, inoltre, disponibile un sistema di controllo delle eventuali anomalie con invio immediato delle segnalazioni guasti a servizi di manutenzione e gestione degli stessi.

I dati sono rilevati tramite un apparato strumentale apposito, opportunamente scelto per la rilevazione ottimale dei dati di interesse per la verifica del rendimento. Tale apparato strumentale è collegato al sistema di telegestione. Per la rilevazione della radiazione solare viene utilizzato un solarimetro calibrato rispetto ad un piranometro standard secondario (Kipp & Zonen, modello CM 11) che a sua volta è calibrato annualmente mediante servizio DKD (Servizio Tedesco di Calibrazione). Nelle Tabelle 3.3 e 3.4 sono riportati i dati tecnici del sensore di irradianza.

Tabella 3.3 – Caratteristiche generali del sensore di irradianza.

Cella solare	Silicio monocristallino (20 mm x 34 mm)
Corrente di shunt	0,27 Ω (TC = 20 ppm/K) nel caso di output 1 V e 20 mA
Temperatura di esercizio	-20 °C ÷ 70°C

Tabella 3.4 – Accuratezza del sensore di irradianza.

Irradianza	
Errore con compensazione di temperatura (*)	$\pm 5,00\%$ a 1000 W/m ²
Linearità del circuito elettronico	$\pm 0,30\%$ da lettura per 50 ÷ 1.330 W/m ²
Temperatura	
Accuratezza a 25°C	1,50°C
Linearità	$\pm 0,50\%$
Errore alla minima e alla massima temperatura	$\pm 2,00^\circ\text{C}$

(*) confrontato con piranometro all'interno del range -20,00 °C ÷ 70,00 °C

Oltre ai dati relativi all'energia elettrica prodotta dall'impianto e all'irradianza solare incidente sullo stesso, per ogni singolo inverter, il sistema di monitoraggio fornisce i valori dei seguenti parametri (Figura 3.4): tensione erogata [V], tensione di campo fotovoltaico [V], corrente erogata [A], corrente di campo fotovoltaico [A], potenza erogata [kW], potenza di campo fotovoltaico [kW] e energia erogata [kWh].

Pagina impianto

Dati impianto in tempo reale. Connesso.
10:03:59

Stampa

-	Casaprotetta	-	Casaprotetta			
	Irraggiamento 1		431,45 (W/mq)			
-	Inverter A	-	Inverter A			
			Tensione erogata	230,30 (V)	Tensione di campo fotovoltaico	267,60 (V)
	Corrente erogata	14,40 (A)	Corrente di campo fotovoltaico	6,55 (A)	Potenza erogata	3,27 (kW)
					Temperatura quadro inverter	37,70 (°C)
-	Inverter B	-	Inverter B			
			Tensione erogata	236,10 (V)	Tensione di campo fotovoltaico	268,70 (V)
	Corrente erogata	14,10 (A)	Corrente di campo fotovoltaico	6,55 (A)	Potenza erogata	3,30 (kW)
					Temperatura quadro inverter	38,50 (°C)
-	Inverter C	-	Inverter C			
			Tensione erogata	237,10 (V)	Tensione di campo fotovoltaico	278,60 (V)
	Corrente erogata	14,20 (A)	Corrente di campo fotovoltaico	6,55 (A)	Potenza erogata	3,31 (kW)
					Temperatura quadro inverter	37,60 (°C)

Figura 3.4 – Dati impianto – 13 Marzo 2010

3.3.2. Dati sperimentali

I dati acquisiti dagli strumenti di rilevazione vengono elaborati al fine di definire gli andamenti mensili delle grandezze di interesse. Nelle Figure 3.5 e 3.6 sono riportati i dati relativi all'irradianza solare incidente sul campo fotovoltaico nel mese di luglio 2010.

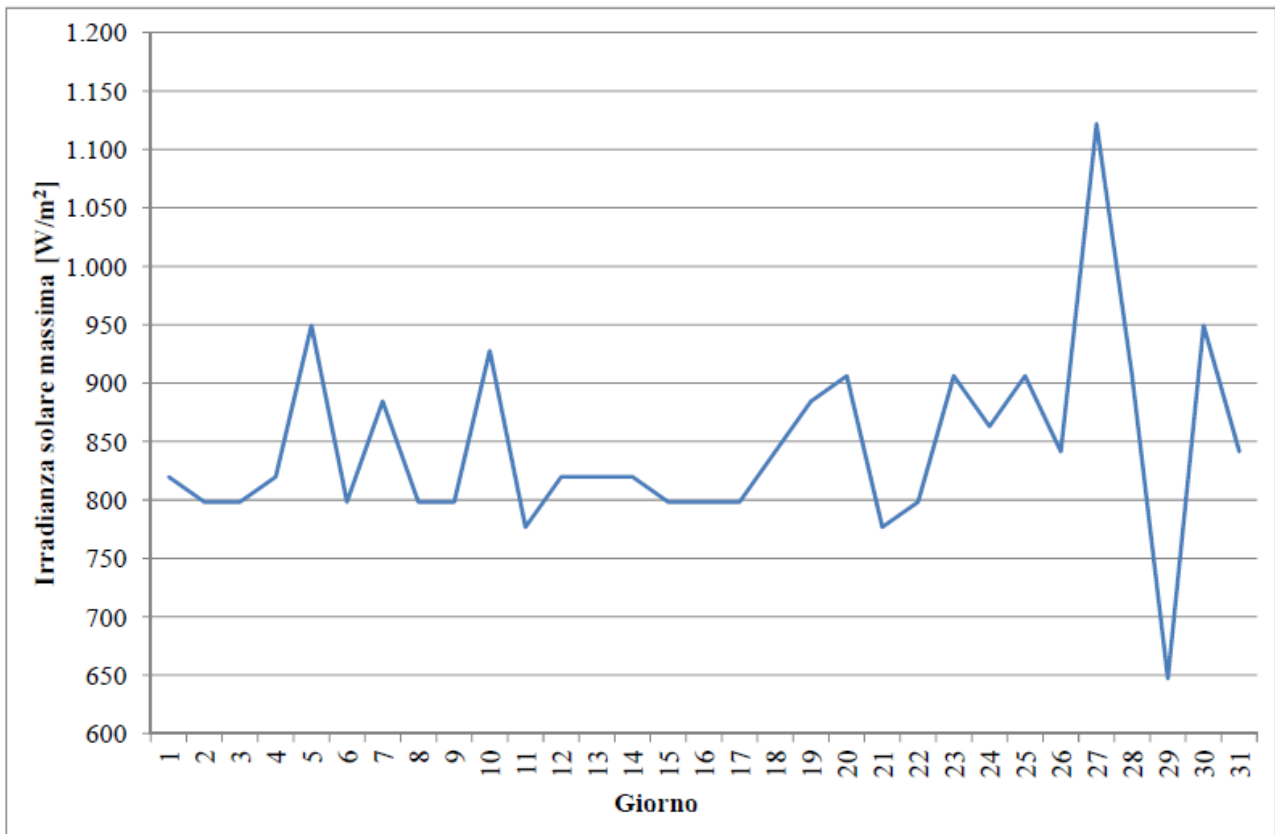


Figura 3.5 – Irradianza solare massima giornaliera – Luglio 2010.

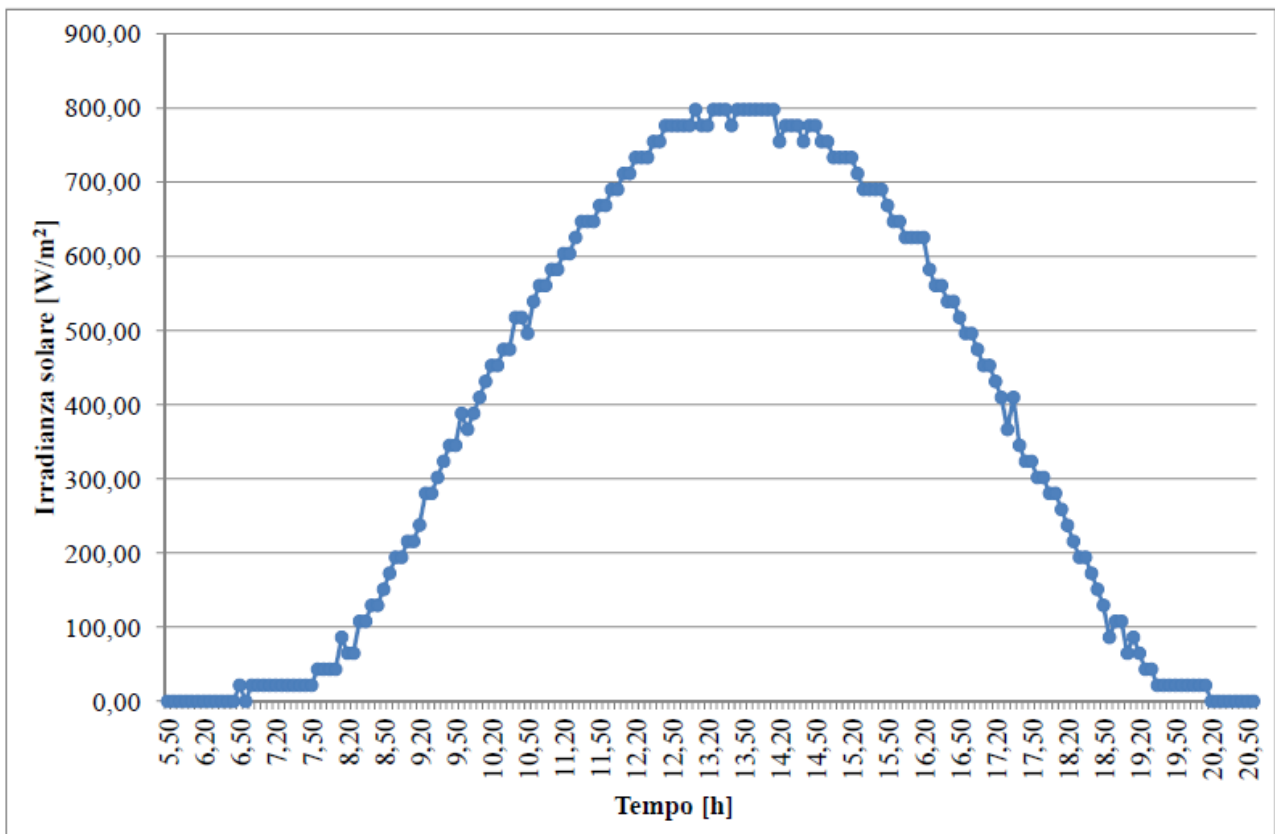


Figura 3.6 – Irradianza solare incidente sul campo fotovoltaico – 15 Luglio 2010.

Le Figure 3.7, 3.8 e 3.9 mostrano l'andamento mensile dell'energia elettrica prodotta dall'impianto rispettivamente durante il primo, il secondo ed il terzo anno di funzionamento dell'impianto stesso.

Analizzando i dati riportati nelle Figure, risulta che nell'anno 2009 la produzione complessiva è stata pari a 19.078 kWh e nell'anno 2010 pari a 21.523 kWh. Per l'anno in corso, la produzione al 31 ottobre è pari a 23.003 kWh.

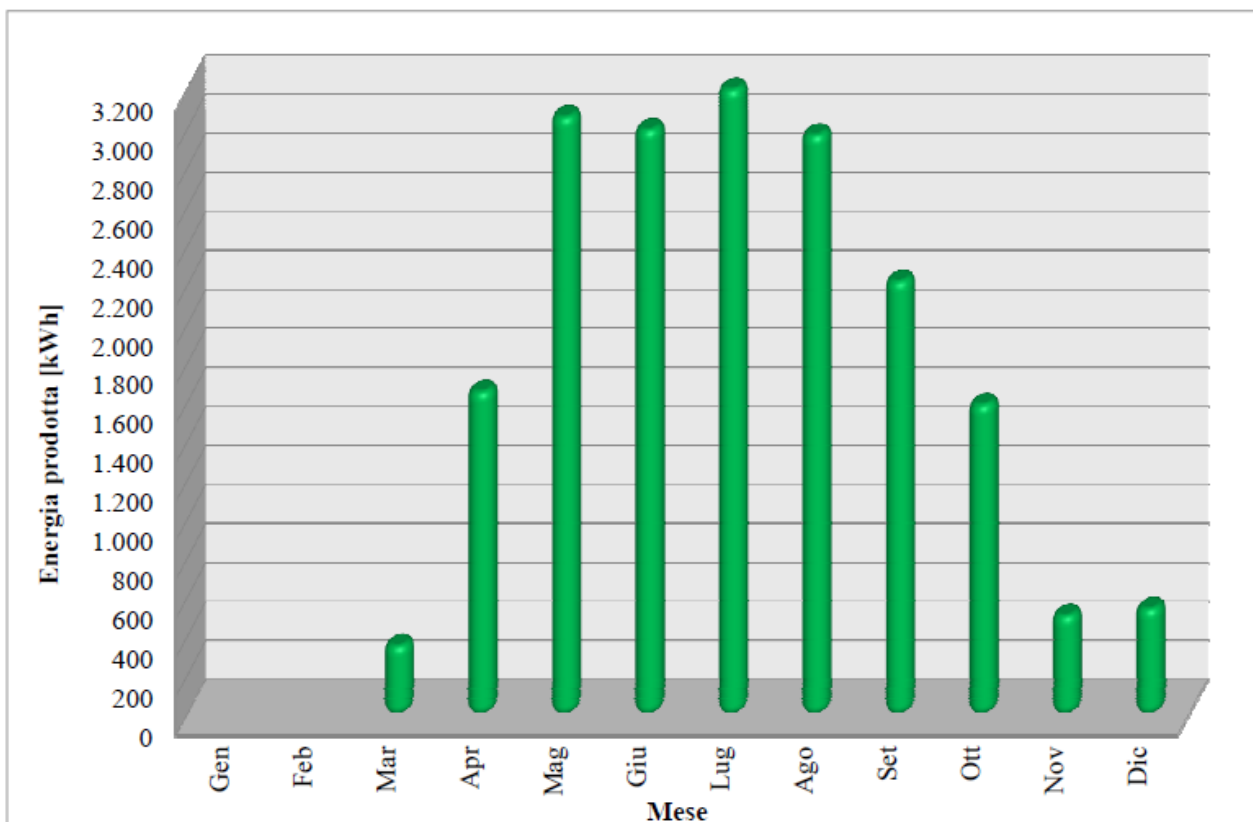


Figura 3.7 – Energia elettrica prodotta mensilmente - Anno 2009.

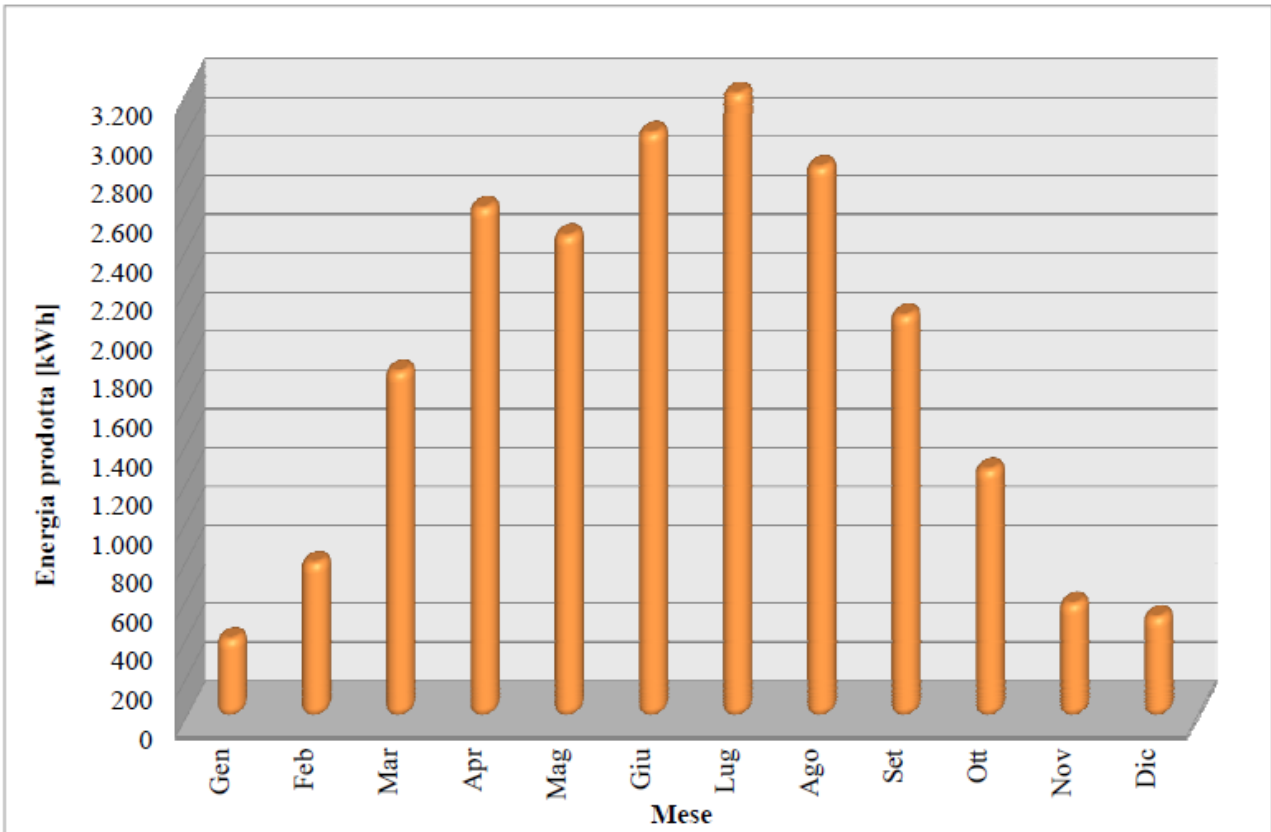


Figura 3.8 – Energia elettrica prodotta mensilmente - Anno 2010.

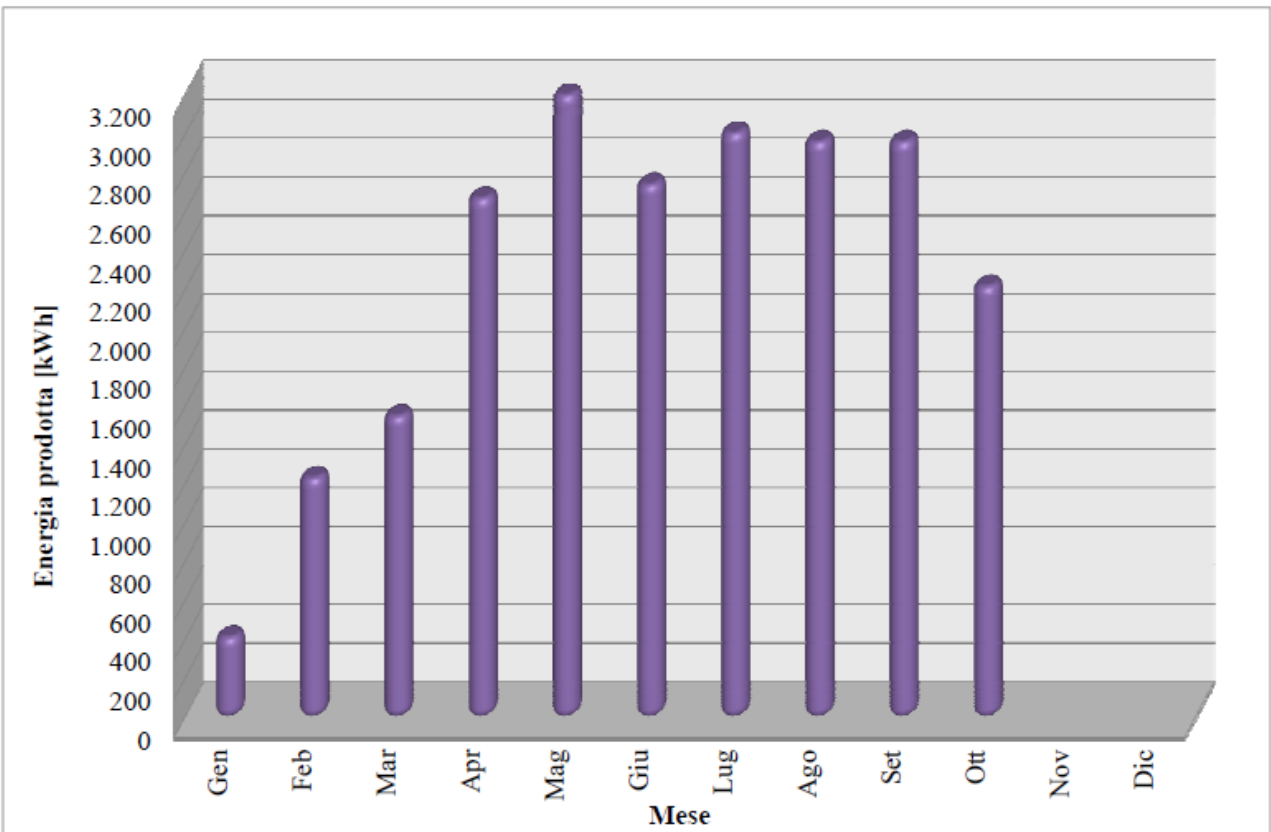


Figura 3.9 – Energia elettrica prodotta mensilmente - Anno 2011.

Nelle Tabelle 3.5 e 3.6 sono riportati i consumi mensili della casa protetta rispettivamente nell'anno 2009 e 2010. Confrontando i consumi elettrici con la produzione energetica dell'impianto fotovoltaico si desume che la copertura annua è pari rispettivamente a 11,51% nel 2009 (con copertura massima nel mese di maggio, 20,66%) e 10,87% nel 2010 (con copertura massima nel mese di aprile, 18,09%).

Tabella 3.5 – Consumi elettrici mensili casa protetta [kWh] – Anno 2009.

Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
13.875	12.976	14.808	16.225	23.959	24.255	15.429	14.514	14.462	15.300

Tabella 3.6 – Consumi elettrici mensili casa protetta [kWh] – Anno 2010.

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
15.117	14.175	15.394	14.445	14.640	18.361	25.922	20.172	14.979	15.441	14.325	15.084

3.4. Simulazione numerica

3.4.1. Modello impianto

Il codice di calcolo TRNSYS, sviluppato fin dal 1975 dal Solar Energy Laboratory dell'Università del Wisconsin – Madison, si compone di sette programmi di utility e di un certo numero di componenti (subroutine), denominati *type*, ciascuno dei quali consente la simulazione di un determinato componente di un impianto. I *type* vengono poi collegati tra loro per simulare il funzionamento dell'intero impianto.

Per simulare il funzionamento dell'impianto fotovoltaico oggetto di studio, sono stati utilizzati diversi *type*, in particolare sono stati utilizzati due *type* per l'acquisizione e l'elaborazione dei dati climatici, uno per la simulazione del comportamento dei moduli fotovoltaici ed uno per la simulazione del comportamento degli inverter.

Per la simulazione del comportamento del campo fotovoltaico, il codice di calcolo si avvale di differenti modelli matematici^[15]. Il primo di questi è il modello utilizzato per prevedere le prestazioni elettriche del campo fotovoltaico e si basa su un circuito equivalente a quattro parametri (Figura 3.10). Il modello a quattro parametri, sviluppato in gran parte da Townsend^[16] e dettagliato anche da Duffie e Beckman^[17], dovrebbe essere utilizzato per moduli in silicio monocristallino o policristallino.

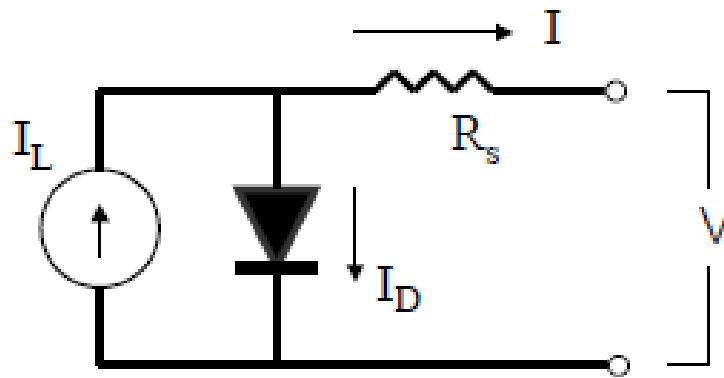


Figura 3.10 – Circuito elettrico equivalente di un modello a quattro parametri.

Il modello presuppone che la pendenza della curva I-V in condizioni di corto-circuito sia pari a zero, approssimazione ragionevole per moduli cristallini:

$$\left(\frac{dI}{dV} \right)_{V=0} = 0 \quad (3.1)$$

Come mostrato in Figura 3.10 i quattro parametri del modello sono i seguenti: $I_{L,ref}$, $I_{0,ref}$, γ e R_s . Essi sono valori empirici che non possono essere determinati direttamente attraverso delle misure in campo. Il type 94 calcola tali valori a partire dai dati nominali forniti dal produttore dei moduli stessi.

Le curve caratteristiche corrente - tensione di un modulo fotovoltaico variano in funzione della radiazione solare e della temperatura. Per generare una curva I-V ad ogni passo temporale, il modello a quattro parametri utilizza queste condizioni climatiche insieme con le quattro costanti del modulo: la fotocorrente del modulo nelle condizioni di riferimento $I_{L,ref}$, la corrente di saturazione inversa nelle condizioni di riferimento $I_{0,ref}$, il parametro empirico γ e la Resistenza in serie del modulo R_s .

L'equazione corrente - tensione del circuito mostrato in Figura 3.10 è la seguente, dove R_s e γ sono costanti:

$$I = I_L - I_0 \cdot \left[\exp\left(\frac{q}{\gamma \cdot k \cdot T_c} \right) \cdot (V + I \cdot R_s) - 1 \right] \quad (3.2)$$

dove I_L [A] indica la foto corrente del modulo; I_0 [A] denota la corrente di saturazione inversa; q è la carica dell'elettrone; k [J/K] è la costante di Boltzmann; T_c [K] indica la temperatura del modulo. La fotocorrente I_L varia linearmente con l'irradianza solare incidente:

$$I_L = I_{L,ref} \cdot \frac{G_T}{G_{T,ref}} \quad (3.3)$$

dove G_T indica l'irradianza totale incidente sul campo fotovoltaico; $G_{T,ref}$ denota l'irradianza solare di riferimento, pari a 1000 W/m^2 .

La corrente di saturazione inversa del diodo I_0 è una quantità dipendente dalla temperatura:

$$\frac{I_0}{I_{0,ref}} = \left(\frac{T_c}{T_{c,ref}} \right)^3 \quad (3.4)$$

dove $T_{c,ref}$ [K] indica la temperatura del modulo nelle condizioni di riferimento.

L'equazione (3.2) dà implicitamente la corrente in funzione della tensione. Dapprima vengono calcolate I_0 e I_L dalle equazioni (3.3) e (3.4), successivamente si determina la corrente del modulo utilizzando il metodo di Newton. In aggiunta, il codice di calcolo utilizza una routine di ricerca iterativa per calcolare i valori di corrente (I_{mp}) e tensione (V_{mp}) nel punto di massima potenza lungo la curva I-V.

Come già accennato, per determinare i parametri caratteristici del circuito equivalente $I_{L,ref}$, $I_{0,ref}$, γ e R_s si utilizzano i dati forniti dal produttore del modulo fotovoltaico. Tali parametri definiscono un circuito equivalente che viene utilizzato per determinare le prestazioni del modulo fotovoltaico ad ogni intervallo temporale, come già descritto in precedenza. Di seguito sono riportati gli algoritmi utilizzati per determinare i suddetti parametri.

$I_{L,ref}$, $I_{0,ref}$, e γ possono essere isolati algebricamente. Il primo passo è quello di sostituire nell'Equazione (3.2) i valori di corrente e tensione nelle condizioni di circuito aperto, corto-circuito e massima potenza:

$$0 = I_{L,ref} - I_{0,ref} \cdot \left[\exp\left(\frac{q}{\gamma \cdot k \cdot T_{c,ref}} \cdot V_{oc,ref} \right) - 1 \right] - \frac{V_{oc,ref}}{R_{sh}} \quad (3.5)$$

$$I_{sc,ref} = I_{L,ref} - I_{0,ref} \cdot \left[\exp\left(\frac{q \cdot I_{sc,ref} \cdot R_s}{\gamma \cdot k \cdot T_{c,ref}} \right) - 1 \right] - \frac{I_{sc,ref} \cdot R_s}{R_{sh}} \quad (3.6)$$

$$I_{mp,ref} = I_{L,ref} - I_{0,ref} \cdot \left[\exp\left(\frac{q}{\gamma \cdot k \cdot T_{c,ref}} \cdot (V_{mp,ref} + I_{mp,ref} \cdot R_s) \right) - 1 \right] - \frac{V_{mp,ref} + I_{mp,ref} \cdot R_s}{R_{sh}} \quad (3.7)$$

dove $V_{oc,ref}$ [V] indica la tensione di circuito aperto nelle condizioni di riferimento; R_{sh} [Ω] denota la resistenza di shunt del modulo; $I_{sc,ref}$ [A] è la corrente di corto-circuito nelle condizioni di riferimento; $I_{mp,ref}$ [A] rappresenta la corrente nel punto di massima potenza della curva I-V nelle condizioni di riferimento; $V_{mp,ref}$ [V] indica la tensione nel punto di massima potenza della curva I-V nelle condizioni di riferimento.

In tutte le equazioni il termine "-1" può essere eliminato; questa approssimazione ha scarsa influenza sul lato destro delle equazioni in quanto l'ordine di grandezza di $I_{0,ref}$ è molto piccolo, generalmente dell'ordine di 10^{-6} A, quindi $I_{0,ref} \ll I_{L,ref}$.

Con alcuni passaggi si ottengono le seguenti tre espressioni che isolano $I_{L,ref}$, $I_{0,ref}$, e γ :

$$I_{L,ref} \approx I_{sc,ref} \quad (3.8)$$

$$\gamma = \frac{q \cdot (V_{mp,ref} - V_{oc,ref} + I_{mp,ref} \cdot R_s)}{k \cdot T_{c,ref} \cdot \ln\left(1 - \frac{I_{mp,ref}}{I_{sc,ref}}\right)} \quad (3.9)$$

$$I_{0,ref} = \frac{I_{sc,ref}}{\exp\left(\frac{q \cdot V_{oc,ref}}{\gamma \cdot k \cdot T_{c,ref}}\right)} \quad (3.10)$$

Al fine di determinare l'ultimo parametro non noto è necessaria un'ulteriore equazione. La quarta equazione si ottiene dalla derivata analitica della tensione rispetto alla temperatura nelle condizioni di riferimento di circuito aperto. Questo valore analitico deve concordare con il valore nominale del coefficiente di temperatura nelle condizioni di circuito aperto:

$$\frac{\partial V_{oc}}{\partial T_c} = \mu_{Voc} = \frac{\gamma \cdot k}{q} \cdot \left[\ln\left(\frac{I_{sc,ref}}{I_{0,ref}}\right) + \frac{T_c \cdot \mu_{Isc}}{I_{sc,ref}} - \left(3 + \frac{q \cdot \varepsilon}{A \cdot k \cdot T_{c,ref}}\right) \right] \quad (3.11)$$

dove μ_{Voc} [V/K] indica il coefficiente di temperatura della tensione di circuito aperto; μ_{Isc} [A/K] [V/K] indica il coefficiente di temperatura della corrente di corto-circuito; N_s è il numero di celle in un modulo. Il parametro A è dato dal rapporto tra γ e N_s .

Per calcolare i quattro parametri caratteristici del circuito equivalente, il type 94 utilizza una routine iterativa di ricerca con le quattro equazioni di cui sopra. In alternativa, l'utente può inserire una resistenza in serie nota immettendo un valore positivo per il parametro 18 (pendenza della curva I-V nelle condizioni di corto-circuito). In questo caso la routine iterativa descritta sopra non è utilizzata e le 3 equazioni di cui qui sopra permettono di calcolare $I_{L,ref}$, $I_{0,ref}$, γ direttamente dal valore dato di R_s .

3.4.2. Risultati

Dall'analisi dei risultati delle simulazioni numeriche effettuate si evince che l'energia elettrica producibile annualmente dall'impianto e la radiazione solare annua incidente sul campo

fotovoltaico sono rispettivamente pari a 21.839 kWh e 205.809 kWh (1.429 kWh/m²). Il rendimento medio annuo dell'impianto risulta, pertanto, pari a 11%.

3.5. EN 15316-4-6

3.5.1. Metodo di calcolo e risultati

L'energia elettrica fornita annualmente da un sistema fotovoltaico integrato nell'edificio è calcolata come:

$$E_{el,pv,out} = \frac{E_{sol} \cdot P_{pk} \cdot f_{perf}}{I_{ref}} \quad (3.12)$$

dove E_{sol} è l'irradiazione solare annua incidente sull'unità di superficie del sistema fotovoltaico, P_{pk} è la potenza di picco (definita come la potenza che fornirebbe il modulo fotovoltaico, se si trovasse alla temperatura di 25 °C, con irradianza incidente perpendicolarmente pari a 1 kW/m², massa d'aria AM pari a 1,5), f_{perf} è l'efficienza del sistema (dipendente dal sistema di conversione da corrente continua a corrente alternata, dalla temperatura dei componenti, dalla integrazione del sistema fotovoltaico nell'edificio), I_{ref} è l'irradianza solare di riferimento pari a 1000 W/m². Per pannelli fotovoltaici moderatamente ventilati, la Tabella B.3 della norma fornisce il valore $f_{perf} = 0,75$. L'irradiazione solare annua incidente sull'unità di superficie del sistema fotovoltaico è calcolata dalla relazione:

$$E_{sol} = E_{sol,hor} \cdot f_{tilt} \quad (3.13)$$

dove $E_{sol,hor}$ è l'irradiazione solare annua su superficie orizzontale e f_{tilt} è un fattore di conversione dipendente dalla latitudine, inclinazione e azimut del campo fotovoltaico.

Per l'impianto fotovoltaico oggetto di studio, il valore annuo dell'irradiazione solare incidente su una superficie orizzontale, calcolato a partire dai dati pubblicati dal Comitato Termotecnico Italiano, è pari a 1.323 kWh/(m²·anno). L'irradiazione solare annua sul piano dei moduli fotovoltaici, calcolata utilizzando il metodo di calcolo proposto dalla letteratura, è pari a 1.429 kWh/(m²·anno). Il valore di f_{tilt} è, quindi, pari a 1,08^[18].

L'energia elettrica producibile annualmente risulta pari a 20.259 kWh.

3.6. Confronto

L'analisi dei risultati ha mostrato un buon accordo tra i risultati delle simulazioni numeriche effettuate e i dati sperimentali per quanto riguarda la produzione annua di energia elettrica, evidenziando, invece, differenze, in alcuni mesi anche notevoli, tra la distribuzione mensile reale

dell'energia elettrica prodotta e quella desunta dalle simulazioni numeriche. Nella Figura 3.11 è mostrato il confronto tra la distribuzione mensile ottenuta mediante simulazione numerica con il codice di calcolo TRNSYS e i dati sperimentali relativi all'anno 2010. Come si evince dal grafico, le simulazioni numeriche conducono a sottostimare la produzione di energia elettrica nei mesi estivi e a sovrastimarla nei mesi invernali^[19].

L'analisi ha, altresì, mostrato un buon accordo tra i risultati ottenuti applicando il metodo di calcolo proposto dalla normativa tecnica e i dati sperimentali; lo scostamento è, infatti, pari al 4,14% relativamente all'anno 2010. L'applicazione del metodo proposto dalla normativa al calcolo mensile, ha evidenziato, invece, degli scostamenti ben differenti (in alcuni mesi anche notevoli), come mostrato nella Figura 3.12.

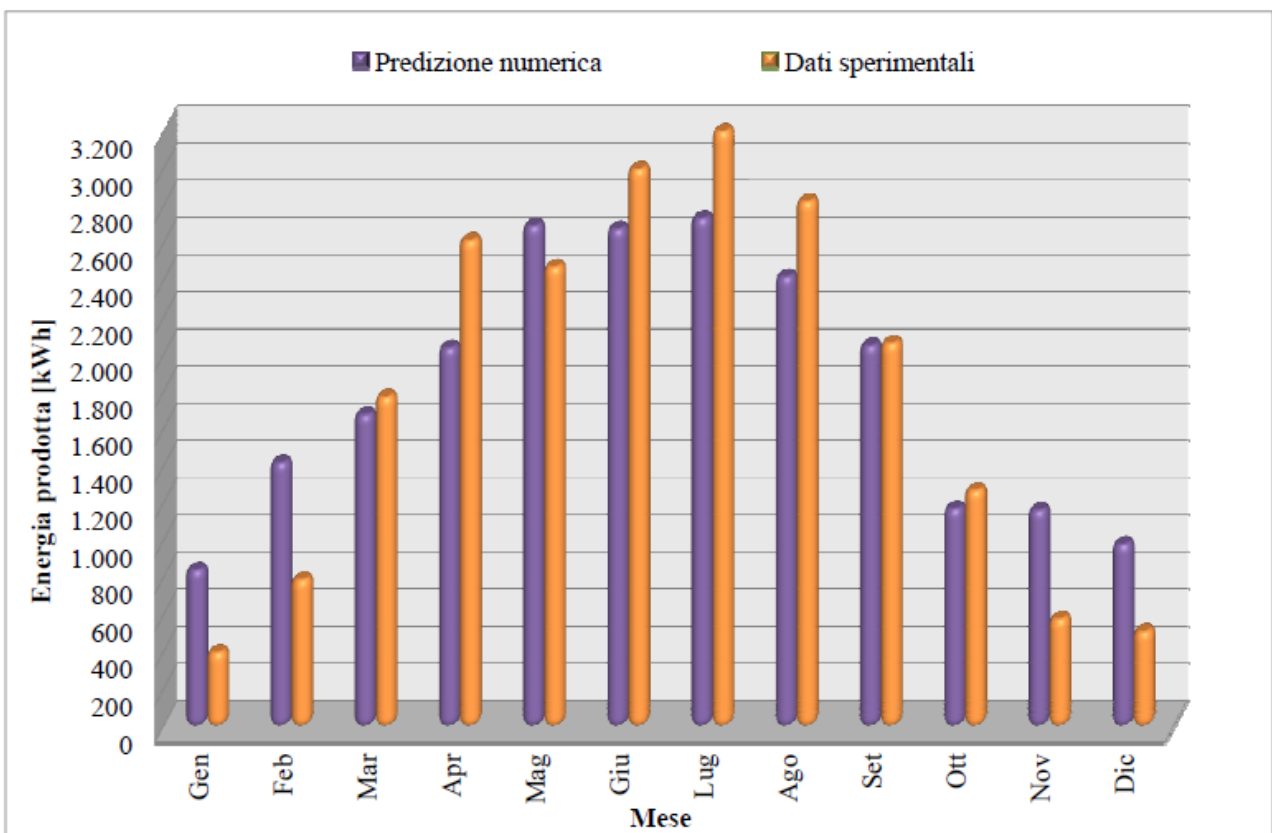


Figura 3.11 – Confronto tra predizione numerica e dati sperimentali.

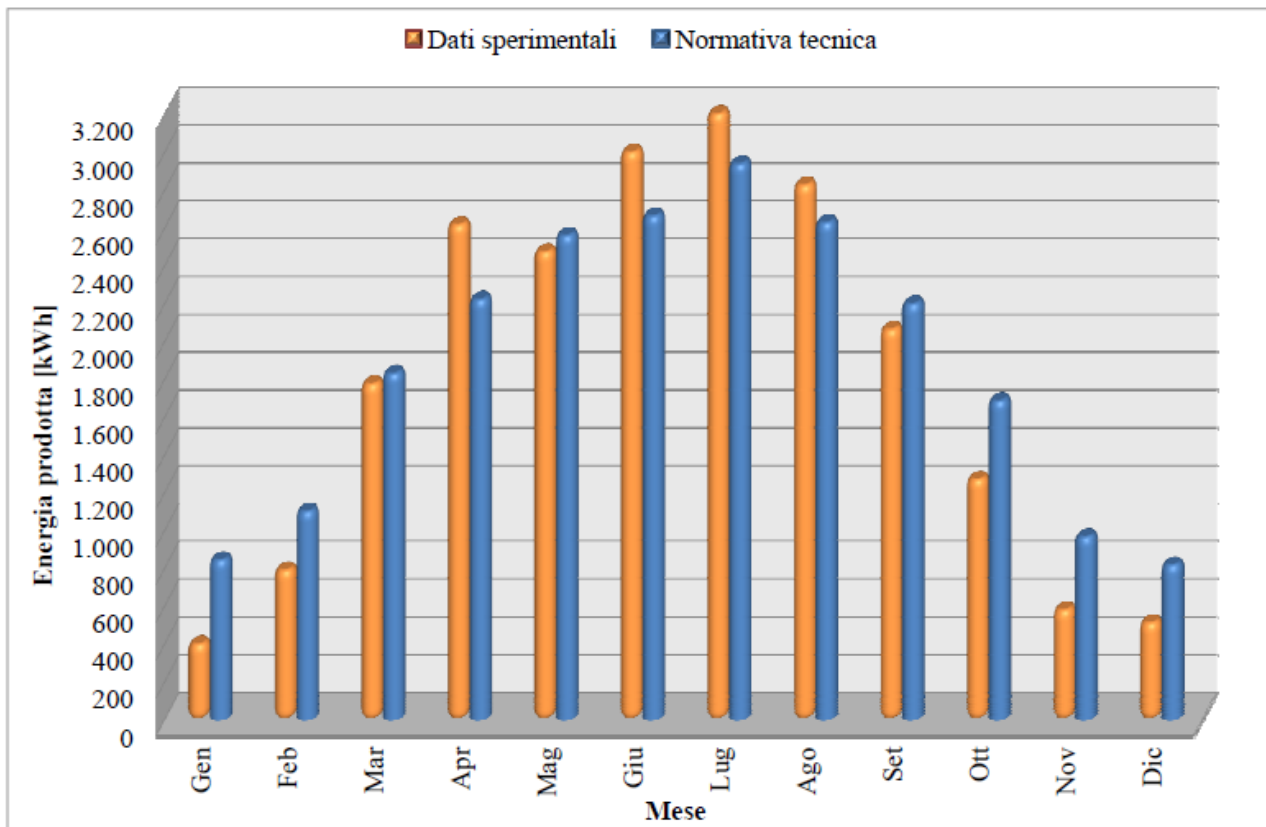


Figura 3.12 – Confronto tra i dati sperimentali e i risultati della normativa tecnica.

3.7. Conclusioni

L'analisi condotta ha consentito di valutare l'accuratezza del metodo di calcolo introdotto dalla normativa per la valutazione delle prestazioni energetiche degli impianti fotovoltaici integrati negli edifici, mostrando che vi è un buon accordo tra il metodo proposto e i risultati sperimentali con variazione percentuale pari a -5,87% per il 2010. Più contenuta è, invece, la variazione tra i dati sperimentali e i risultati delle simulazioni numeriche condotte mediante l'ausilio del codice di calcolo TRNSYS pari a +1,40%. Nella tabella 3.7 sono riportati i dati relativi all'anno 2010, insieme con lo scostamento relativo alla produzione elettrica realmente misurata (21.523 kWh/anno).

Tabella 3.7 – Confronto tra i risultati numerici e i dati sperimentali.

Metodo di calcolo	Produzione [kWh/anno]	Scostamento [%]
TRNSYS	21.839	+1,47
UNI EN 15316-4-6	20.259	-5,87

CAPITOLO 4

LA PRESTAZIONE ENERGETICA DI UN IMPIANTO SOLARE TERMICO PER LA PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA

4.1. Introduzione

Il solare termico a bassa temperatura è una tecnologia matura e consolidata, sia in ambito residenziale nella produzione di acqua calda sanitaria e per uso riscaldamento con impianti operanti a bassa temperatura, sia per la produzione di calore nelle industrie caratterizzate soprattutto da domanda, ancora a bassa temperatura, di energia termica costante nel tempo. I settori industriali più adatti sono quello alimentare (produzione di calore di processo per essiccazione, sterilizzazione, dissalazione e cottura cibi) e delle bevande (processi di distillazione), tessile, cartario e parte dell'industria chimica.

Nel settore del solare termico le principali tecnologie impiegate sono quelle dei collettori piani vetrati selettivi (FPC, Flat Plate Collector) e dei collettori sottovuoto (ETC, Evacuated Tube Collector).

I collettori piani vetrati selettivi derivano da una tecnologia diffusa e adattabile per l'ottima resa energetica annua e la disponibilità di un vasto mercato di prodotti. Il principio di funzionamento dei dispositivi si basa sulle usuali caratteristiche del vetro utilizzato (trasparente alla radiazione solare ed opaco a quella infrarossa emessa dalla piastra assorbente) e sulle proprietà della piastra stessa di assorbire la radiazione solare e contenere le emissioni proprie nello spettro infrarosso. Ciò determina l'attitudine all'ingresso e all'assorbimento della massima radiazione solare nel collettore e la scarsa capacità della lastra captante e del vetro di copertura di disperdere radiazione infrarossa verso l'esterno del dispositivo. Le prestazioni del collettore migliorano poi con le caratteristiche d'isolamento alle perdite termiche. Nei collettori solari piani ad acqua questo principio è ottimizzato ed utilizzato per riscaldare il fluido (acqua o glicole) presente all'interno di un assorbitore piano. Per tipologia di costruzione sono disponibili molte soluzioni distinte per la selettività dell'assorbitore, per l'utilizzo di materiali (rame, acciaio inox e alluminio anodizzato) ed idoneità all'uso in impianti a circolazione forzata o naturale (questi ultimi meno costosi, più affidabili, ma meno integrabili architettonicamente per la presenza di un serbatoio di accumulo da posizionare più in alto del pannello e nelle immediate vicinanze). Pur con differenti varianti di mercato, le dimensioni più consuete di un collettore piano prevedono ingombri prossimi ai due metri quadrati, con lato più lungo tipicamente di due metri di estensione.

I collettori sottovuoto, a parità di superficie, presentano in genere un migliore rendimento medio stagionale, per il sostanziale annullamento delle perdite termiche per convezione e conduzione

legate alla presenza di un'intercapedine tenuta sottovuoto spinto. Il calore raccolto da ciascun elemento (tubo sottovuoto) viene trasferito all'utilizzatore essenzialmente in due modi differenti: una tipologia consiste nell'utilizzo di circuiti ad U, all'interno del singolo tubo, entro i quali circola il fluido primario che riscalda e cede l'energia termica all'utilizzatore in un raccordo posto in alto; un'altra tipologia molto diffusa è rappresentata dai tubi di calore cosiddetti *heat pipe* all'interno dei quali è presente un fluido in equilibrio di fase con il suo vapore. Un *heat pipe* realizza uno scambio di calore trasportando delle grandi quantità di energia termica tra due interfacce, calda e fredda, del dispositivo. L'assorbimento di radiazione solare comporta la vaporizzazione del liquido all'interfaccia calda (evaporatore). Il vapore generato si muove verso l'alto cedendo calore all'interfaccia fredda (condensatore). Se l'*heat pipe* è orientato verticalmente esso è anche chiamato termosifone bifase in quanto il liquido presente all'interno dell'*heat pipe* rifluisce in basso per forza di gravità, generando un flusso di liquido dal condensatore e determinando un processo continuo di trasporto energetico tra gli estremi del tubo stesso, pari al calore latente di vaporizzazione per la portata di liquido evaporata e condensata. Generalmente i tubi di calore, posizionati nella parte centrale dei tubi di vetro, sono in metallo termoisolante (rame o alluminio) riportanti alettature per incrementare l'assorbimento della radiazione solare. Questa tipologia di collettori, in passato indicata principalmente per applicazioni a temperature più elevate di quelle raggiungibili con collettori piani, è adesso largamente commercializzata: costituisce in Cina circa il 90% del mercato locale, caratterizzato da una vendita superiore ai 20 milioni di m²/anno. Con l'immissione sul mercato di collettori a doppio tubo, la tecnologia sottovuoto sta incontrando un grande successo anche in Italia.

Una soluzione tecnica caratterizzata da costi molto bassi ed idoneità ad un impiego prevalentemente estivo è, infine, quella dei collettori in materiale plastico (collettori non vetrati), dove l'assenza di copertura vetrata comporta perdite per convezione troppo elevate per l'utilizzo con le basse temperature esterne invernali: l'acqua da riscaldare percorre direttamente il collettore, evitando i costi e le complicazioni impiantistiche di uno scambiatore. Essa rappresenta pertanto la soluzione ideale per gli stabilimenti balneari, piscine scoperte, campeggi e per tutti gli ambiti residenziali con fabbisogno di acqua calda sanitaria prevalentemente estivo.

In Europa ben il 49% dei consumi finali riguarda l'energia termica (di questo 49%, il 34% riguarda il solo calore alle basse temperature), e ben il 61% dei fabbisogni totali di calore alle basse temperature riguardano il settore residenziale. Per quanto riguarda la produzione di calore e freddo, fissato dalla *Direttiva Europea 20 20 20* (2009/28/CE) è chiaro che con questa premessa, l'industria Europea del solare termico potrà dare un contributo significativo al raggiungimento dell'obiettivo di una quota pari al 20% di utilizzo di energie rinnovabili sul consumo finale di energia entro il 2020.

Sulla base dei dati pubblicati da ESTIF (European Solar Thermal Industry Federation) nell'ambito della Quarta Conferenza Internazionale dell'energia solare termica (ESTEC 2009), il mercato europeo del solare termico ha registrato dal 2006 al 2008 una crescita del 100% e solo nel 2008 sono stati installati 4,75 milioni di m² pari a 3,3 GW_{th} (Figura 4.1). Oggi in tutta Europa sono installati in totale più di 27 milioni di metri quadrati di collettori solari termici (19,1 GW_{th}), di cui quasi il 50% in Germania.

Il mercato tedesco continua ad essere quello più sviluppato (44% del mercato europeo). Nel solo 2008 in Germania si sono installati 2,1 milioni di m² pari a 1,5 GW_{th}, con una crescita rispetto al 2007 del 120%. Italia e Spagna detengono ciascuna il 9% del mercato europeo. La Spagna ha visto una crescita nel 2008 del 58%, con un mercato ormai solidamente sostenuto dal cosiddetto “obbligo solare” nei nuovi edifici. Seguono la Francia con l'8%, l'Austria con il 7% e la Grecia con il 6%. Studi recenti mostrano che il mercato italiano del solare termico ha raggiunto nel 2007 il considerevole livello di 231 MW_{th} installati, pari a 330.000 m², con una crescita rispetto al 2006 del 77%. Per quanto riguarda il 2008, sono stati installati 421.000 m² pari a 295 MW_{th}. Il totale installato a fine 2008 ha superato 1 GW_{th} pari a 1,5 milioni di m² installati; a fine 2009 il totale installato ha raggiunto 1,33 GW_{th} pari a 1,9 milioni di m² installati.

La valutazione della prestazione energetica degli impianti solari termici assume, quindi, un ruolo fondamentale sia dal punto di vista della progettazione sia dal punto di vista della gestione dell'impianto al fine di ottimizzare la produzione energetica dell'impianto stesso. Nel presente capitolo viene analizzata la prestazione energetica di un impianto solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria a servizio di un centro sportivo. L'analisi è condotta sia con l'ausilio del software di simulazione dinamica T*SOL[®], sia mediante il metodo di calcolo riportato nella norma europea EN 15316-4-3^[20]. I risultati delle simulazioni numeriche sono, poi, confrontati con i dati sperimentali ricavati dal sistema di monitoraggio.

4.2. Descrizione dell'impianto

L'impianto oggetto di studio e monitoraggio è a servizio del centro sportivo “Oltretorrente”, situato a Parma all'interno del plesso scolastico “M. Melloni”, esso è composto da due palestre (Figura 4.1) e, oltre ad ospitare le discipline ginniche dell'istituto, viene utilizzato anche da diverse società sportive. La palestra principale è omologata per lo svolgimento di attività cestistiche, calcistiche e pallavolistiche, mentre l'impianto minore è utilizzato prevalentemente come aula di ginnastica e può ospitare partite di pallavolo.

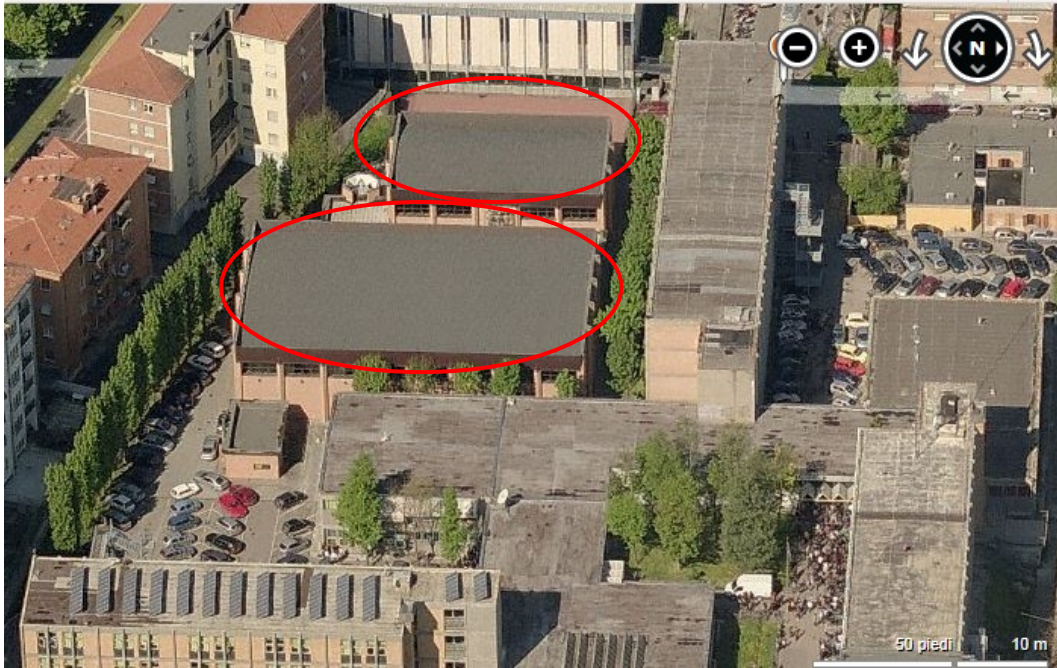


Figura 4.1 – Centro sportivo “Oltretorrente”.

Gli spogliatoi pertinenti alle strutture sono equipaggiati con ventotto docce a servizio degli utenti; la produzione di acqua calda sanitaria, dopo un recente intervento di riqualificazione energetica, è ottenuta tramite l’impianto solare termico integrato da un sistema di generazione del calore preesistente. L’intervento si inserisce nel programma dell’Amministrazione Provinciale di Parma che, negli ultimi anni, ha incoraggiato le iniziative legate alla sostenibilità ambientale, indirizzando la sua politica alle azioni atte a favorire il risparmio energetico e lo sfruttamento delle energie rinnovabili. In quest’ottica, l’Amministrazione Provinciale di Parma ha avviato una collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Industriale dell’Università di Parma e con l’ente Formastav al fine di monitorare il funzionamento dell’impianto solare termico “Oltretorrente”.

L’impianto solare termico, del tipo a circolazione forzata, è costituito da un campo solare, un serbatoio di accumulo, un gruppo di circolazione (pompa e valvola di sicurezza), una centralina di regolazione, un vaso di espansione e da una rete di tubazione. Nella Figura 4.2 è riportato lo schema funzionale dell’impianto con indicazione dei componenti principali.

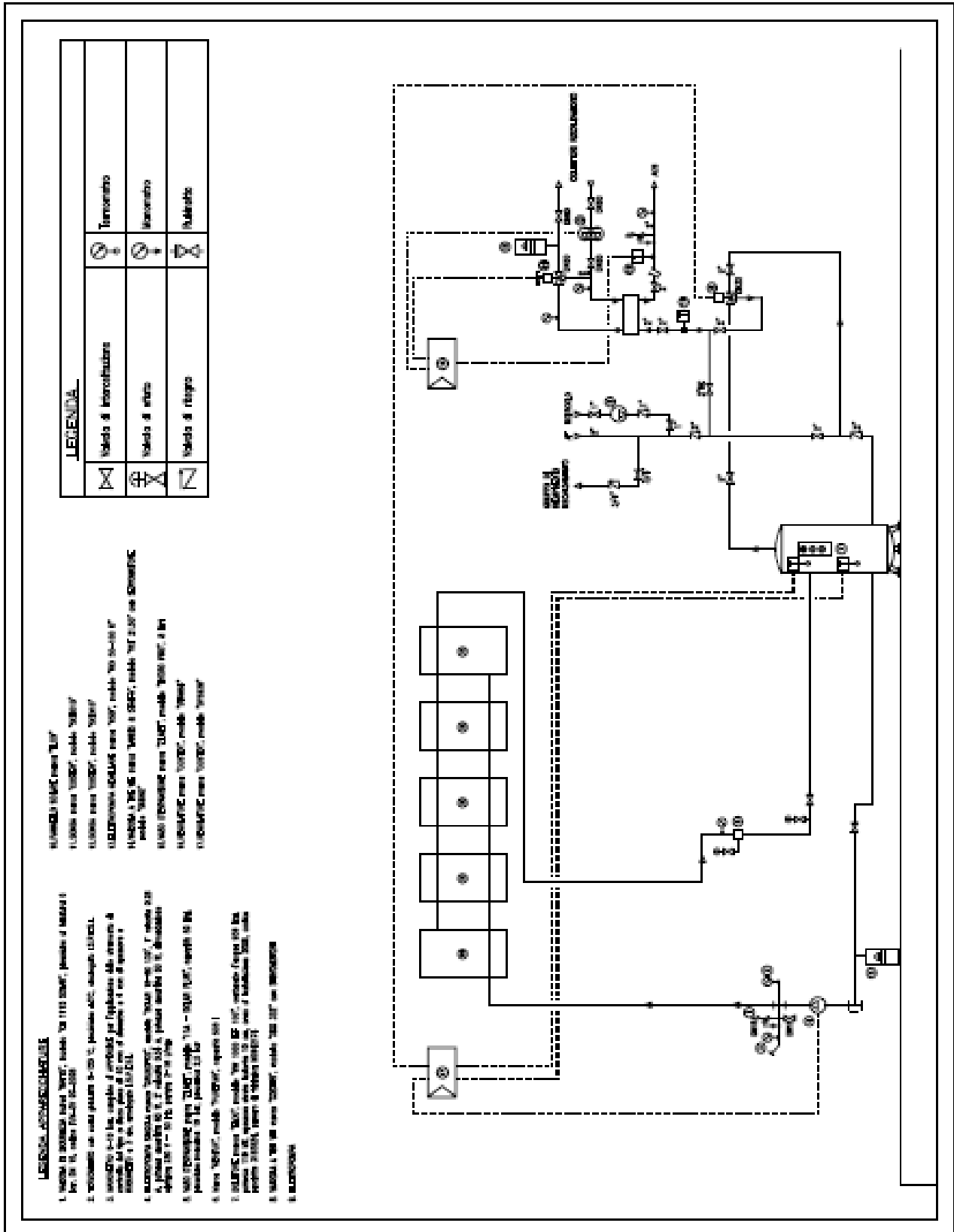


Figura 4.2 – Schema funzionale impianto.

Il campo solare (Figura 4.3) è composto da n.5 collettori solari piani, installati in parallelo con angolo di inclinazione pari a 45° e azimut pari a 0° (esposizione a sud). Nella tabella 4.1 sono riportate le principali caratteristiche dei collettori.

Tabella 4.1 – Caratteristiche dei collettori solari.

Tipo di collettore	Piano vetrato
Superficie effettiva assorbitore [m²]	2,00
Superficie apertura [m²]	2,00
Superficie lorda [m²]	2, 30
Dimensioni del collettore [mm]	2.097x1.097x103
Contenuto fluido termovettore [l]	1,71
Peso [kg]	40,00
Pressione massima di esercizio [mbar]	10,00
Perdita di carico (Acqua, 20°C, 50 l/m²h) [mbar]	31,00
Rendimento a perdite nulle [%](*)	80,40
Coefficiente di dispersione termica lineare [W/(m²·K)] (*)	3,2364
Coefficiente di dispersione termica quadratico [W/(m²·K²)] (*)	0,0117
Capacità termica [kJ/(m²·K)]	5,589
IAMq=50°	0,94
Temperatura di stagnazione è [°C]	194,10
Portata raccomandata [l/h]	30,00÷90,00

(*) Valori caratteristici di rendimento (DIN 12975) riferiti alla superficie assorbitore /superficie apertura.



Figura 4.3 – Collettori solari.

Il fluido termovettore scelto per la circolazione tra il collettore e l'accumulatore solare è acqua miscelata con glicole propilenico con una percentuale in volume del 40%. Il glicole ha lo scopo di abbassare il punto di congelamento fino a $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ e di innalzare il punto di ebollizione.

Il serbatoio di accumulo (Figura 4.4), installato in centrale termica, ha una capacità totale di 956 litri e contiene al suo interno un'unica serpentina collegata al circuito solare. Il serbatoio è rivestito da uno strato isolante di spessore pari a 100 mm e conduttività termica pari a $0,032\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, come riportato nella Tabella 4.2.

Tabella 4.2 – Caratteristiche del serbatoio di accumulo.

Capacità totale [l]	956,00
Isolamento poliuretano morbido [mm]	100,00
Altezza totale con isolamento [mm]	2.105
Altezza massima in raddrizzamento [mm]	2.140
Diametro con isolamento [mm]	990,00
Scambiatore [m²]	3,50
Potenza assorbita [kW]	88,00
Portata necessaria al serpentino [m³/h]	3,80
Perdite di carico [mbar]	518,40

Pressione massima di esercizio [bar]	10,00
Pressione massima di esercizio dello scambiatore [bar]	6,00
Temperatura massima di esercizio del bollitore [°C]	95,00

Per le tubazioni dell'impianto sono stati utilizzati due materiali differenti, i condotti esterni che collegano i collettori alla centrale termica (lunghezza complessiva 1,4 m) sono in acciaio inox mentre quelli interni alla centrale (lunghezza complessiva 6 m) sono in rame con diametro esterno di 22 mm.



Figura 4.4 – Serbatoio di accumulo.

Nella Figura 4.5 è riportata la “stazione solare” che comprende l'elettropompa a due velocità (65 W e 80 W), un termostato, un manometro ed un rilevatore di portata.

Il funzionamento dell'impianto solare termico è gestito da un regolatore (Figura 4.6) adatto all'automazione di impianti a pannelli solari con massimo 3 accumuli, in grado di gestire lo scambio termico tra pannelli solari ed accumuli (massimo 3) in funzione del differenziale di temperatura preimpostato e della temperatura di scambio voluta nell'accumulo principale con comando pompa circuito pannelli o scambio automatico fino ad un massimo di 3 accumuli. Il regolatore è, altresì, in grado di regolare la temperatura del circuito di integrazione con comando On-Off a programmazione oraria giornaliera o settimanale o regolare la temperatura con comando modulante a 3 punti (ad esempio temperatura minima pannelli solari, temperatura di distribuzione acqua calda).



Figura 4.5 – Stazione solare.

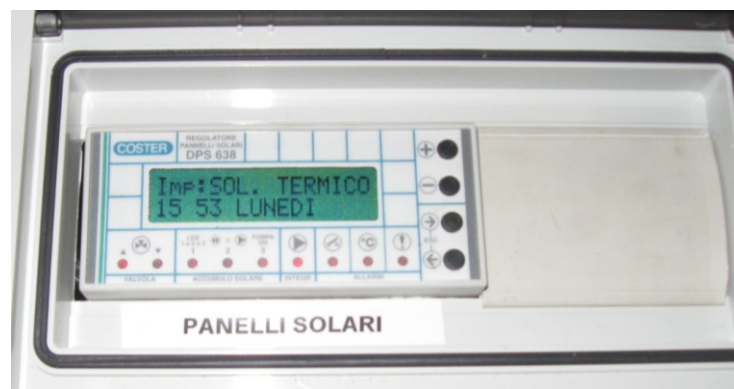


Figura 4.6 – Centralina di regolazione.

Essendo un impianto per il solo preriscaldamento dell'acqua sanitaria, è, quindi, collegato ad un sistema ausiliario di produzione ACS. La connessione tra il circuito solare e il sistema di riscaldamento ausiliario avviene tramite lo scambiatore di calore (Figura 4.7).



Figura 4.7 – Sistema ausiliario di generazione del calore.

4.3. Analisi sperimentale

4.3.1. Descrizione del sistema di monitoraggio

Per misurare l'energia termica fornita da un impianto solare è necessario calcolare la quantità di calore che viene trasferito dai collettori solari all'utenza. Tipicamente questo trasferimento avviene facendo circolare un fluido termo-vettore all'interno di un circuito chiuso che comprende i collettori solari, lo scambiatore di calore all'interno del serbatoio di accumulo ed i tubi di raccordo. La potenza termica si ottiene, quindi, moltiplicando la massa di fluido che attraversa una sezione del circuito nell'unità di tempo per il calore specifico e per la differenza di temperatura del fluido tra l'ingresso e l'uscita del collettore solare.

Se lo scopo del monitoraggio è semplicemente quello di contabilizzare l'energia prodotta dall'impianto solare termico, i dati forniti dai normali sistemi di conteggio delle calorie (spesso integrati con le centraline di controllo degli impianti) sono più che sufficienti. Se invece si vuole capire nel dettaglio come si comporta l'impianto nelle diverse condizioni climatiche e di utilizzo, è necessario ricorrere a sistemi che consentano di ricostruire istante per istante l'andamento delle temperature e gli scambi termici tra i collettori solari e l'utenza.

Per la misura delle temperature tipicamente si possono usare delle termocoppie o delle termoresistenze. L'installazione per entrambi i tipi di sensori può avvenire con appositi pozzetti che consentono alla sonda di restare immersa nel fluido oppure applicando il sensore alla superficie esterna del tubo. Nel secondo caso la perdita di accuratezza può essere trascurata visto che il dato che si vuole ottenere non è un valore assoluto di temperatura ma una differenza di temperature. I dati di temperatura devono poi essere registrati da un datalogger che li memorizza ad intervalli regolari (tipicamente 1 o 5 minuti) insieme con l'ora della misura (timestamp).

Più complessa risulta invece la misura del volume di fluido circolante nell'unità di tempo. A questo scopo sono state prese in considerazione tre diverse metodologie.

1. Il metodo più comune consiste nell'installare un misuratore di flusso tradizionale direttamente all'interno del circuito. Questo comporta però un intervento piuttosto invasivo se realizzato quando l'impianto è già in funzione.
2. In alternativa si possono utilizzare dei misuratori di flusso ad ultrasuoni che non prevedono l'interruzione del circuito per la loro installazione. Hanno però lo svantaggio di essere particolarmente costosi e complessi da installare.
3. Esiste una terza possibilità per stimare la quantità di fluido circolante nell'unità di tempo. Conoscendo infatti la perdita di carico causata dall'attrito all'interno del circuito (riferibile ad una differenza di pressione) si ricava la prevalenza. Con questo dato, grazie alle curve caratteristiche di funzionamento indicate nelle specifiche tecniche, si risale alla portata della pompa espressa in metri cubi all'ora. In questo caso è sufficiente quindi registrare l'ora e la durata delle accensioni della pompa. Per farlo si può utilizzare un datalogger abbinato ad un trasformatore amperometrico da applicare sul filo di alimentazione della pompa. Questo sistema di misura del flusso è facilmente installabile e più economico dei primi due anche se risulta meno accurato.

Nel caso in esame, il sistema di monitoraggio consente di rilevare l'energia termica fornita dal campo solare e l'energia solare incidente sul campo stesso. Per monitorare l'energia termica fornita dai collettori solari occorrono due sensori di temperatura, un contatore volumetrico ed un conta calorie. Per misurare l'energia incidente sul campo dei collettori è necessario un sensore di

irradianza ed una centralina di acquisizione. Per memorizzare, poi, i dati acquisiti occorre un datalogger. Si riporta qui di seguito la descrizione dei diversi strumenti di misura installati.

Per la misura delle temperature sono stati installati due sensori di temperatura di precisione nella versione Pt1000 (Figura 4.8), rispettivamente uno sul circuito di mandata dei collettori solari (Figura 4.10) ed uno sul circuito di ritorno (Figura 4.11). Nella Figura 4.9 sono riportati i valori della resistenza dei sensori al variare della temperatura.

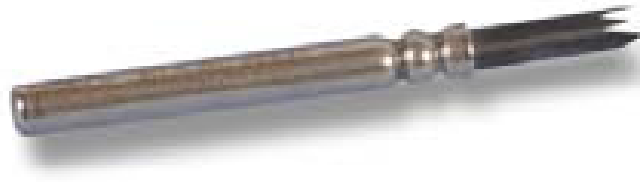


Figura 4.8 – Sensori Pt1000.

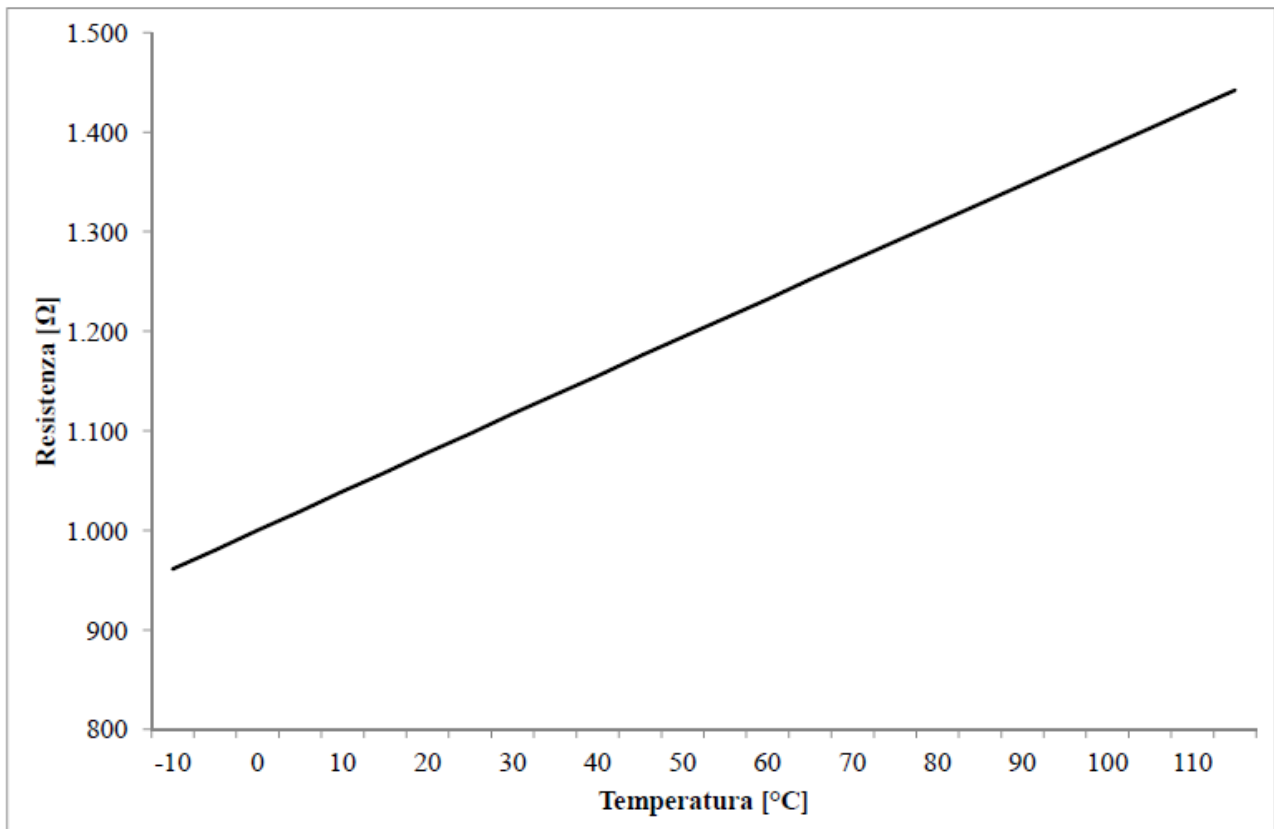


Figura 4.9 – Valori di resistenza dei sensori Pt1000.



Figura 4.10 – Sonda di temperatura sulla tubazione di mandata ai collettori solari.



Figura 4.11 – Sonda di temperatura sulla tubazione di ritorno dai collettori solari.

Per la misura della portata è stato scelto un contatore volumetrico ad impulsi in grado di rilevare la portata dell'acqua o delle soluzioni glicolate (Figura 4.12). Allo scorrimento di un determinato volume, lo strumento emette un impulso al calorimetro.



Figura 4.12– Contatore volumetrico.

Con questo impulso e con il differenziale di temperatura misurato tra la mandata e il ritorno, il calorimetro, integrato nella centralina solare, calcola poi la quantità di calore utilizzata fondandosi su parametri precisi (tipo di glicole impiegato, tenuta, capacità termica ecc...).

Per la misura dell'energia incidente sul campo solare è stato installato una cella solare (Figura 4.13) che rileva l'intensità dell'irraggiamento solare. La corrente di cortocircuito viene incrementata all'aumentare dell'intensità d'irraggiamento stesso (Figura 4.14).



Figura 4.13 – Cella solare.

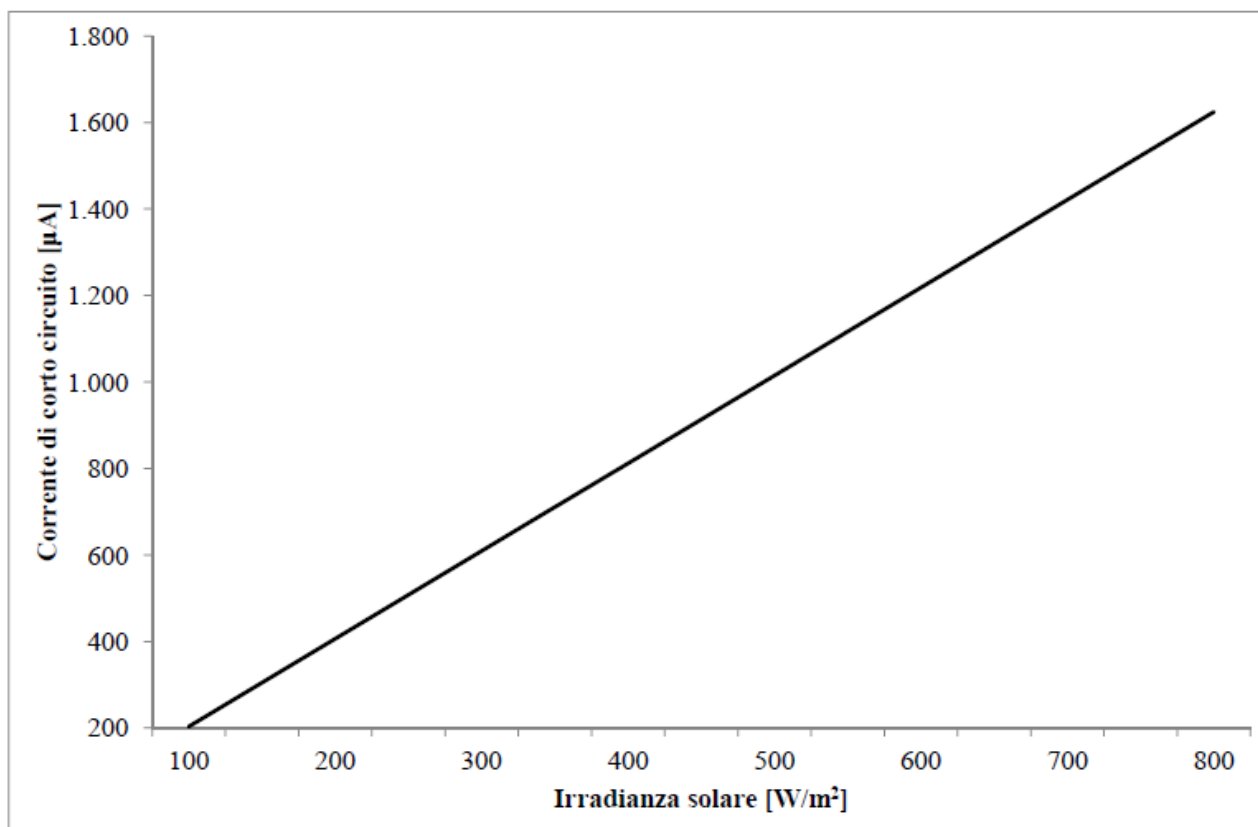


Figura 4.14 – Corrente di corto circuito in funzione dell'irradianza solare.

I dati rilevati dagli strumenti di misura vengono inviati via BUS alla centralina solare (Figura 4.17) che nel caso in esame viene utilizzata solo per il monitoraggio dell'impianto solare termico, in quanto la funzione di regolazione è svolta da un'altra centralina. Come già accennato in precedenza, la centralina elabora i dati rilevati dai sensori di temperatura e dal contatore volumetrico al fine di fornire il valore dell'energia termica resa disponibile dal campo solare. Per effettuare il calcolo occorre impostare la percentuale di glicole nella miscela. Nel caso specifico la concentrazione del glicole propilenico, misurata con un rifrattometro di precisione specifico per impianti solari, è pari al 40% (temperatura di congelamento pari a -21°C). Nelle Figure 4.15 e 4.16 sono riportate le variazioni della densità e del calore specifico della miscela in funzione della temperatura.

I dati rilevati dalle sonde e quelli elaborati dalla centralina solare vengono memorizzati da un datalogger collegato alla centralina via BUS (Figura 4.18). Il datalogger installato consente di registrare un grande quantitativo di dati durante periodi prolungati. Per trasmettere i dati registrati dalla memoria interna del datalogger ad un PC, può anche essere impiegata una scheda SD. Può essere collegato direttamente ad un PC o ad un router per eseguire interrogazioni remote onde controllare il rendimento dell'impianto solare e rilevare comodamente eventuali malfunzionamenti.

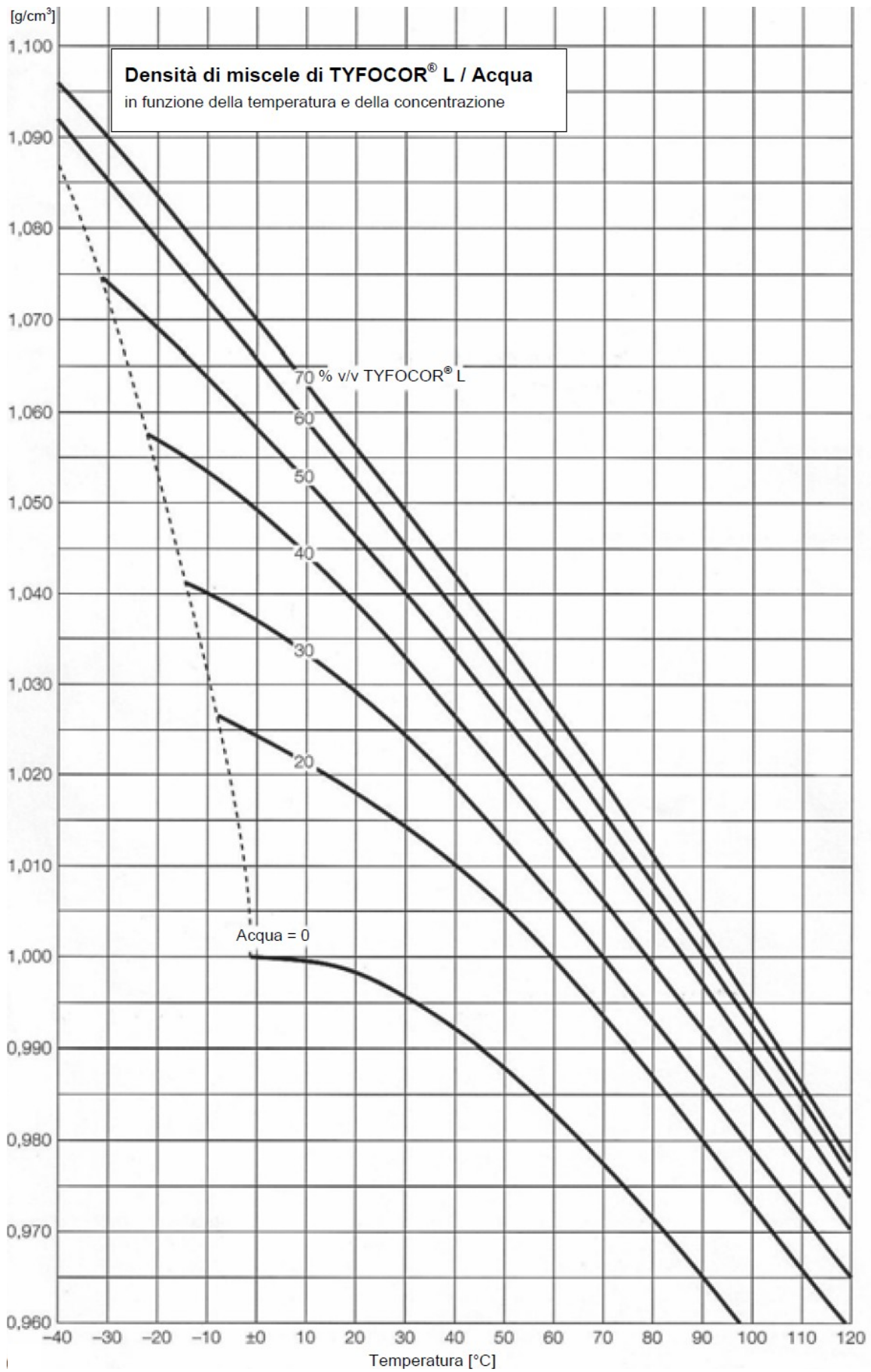


Figura 4.15 – Densità della miscela in funzione della temperatura e della concentrazione di glicole.

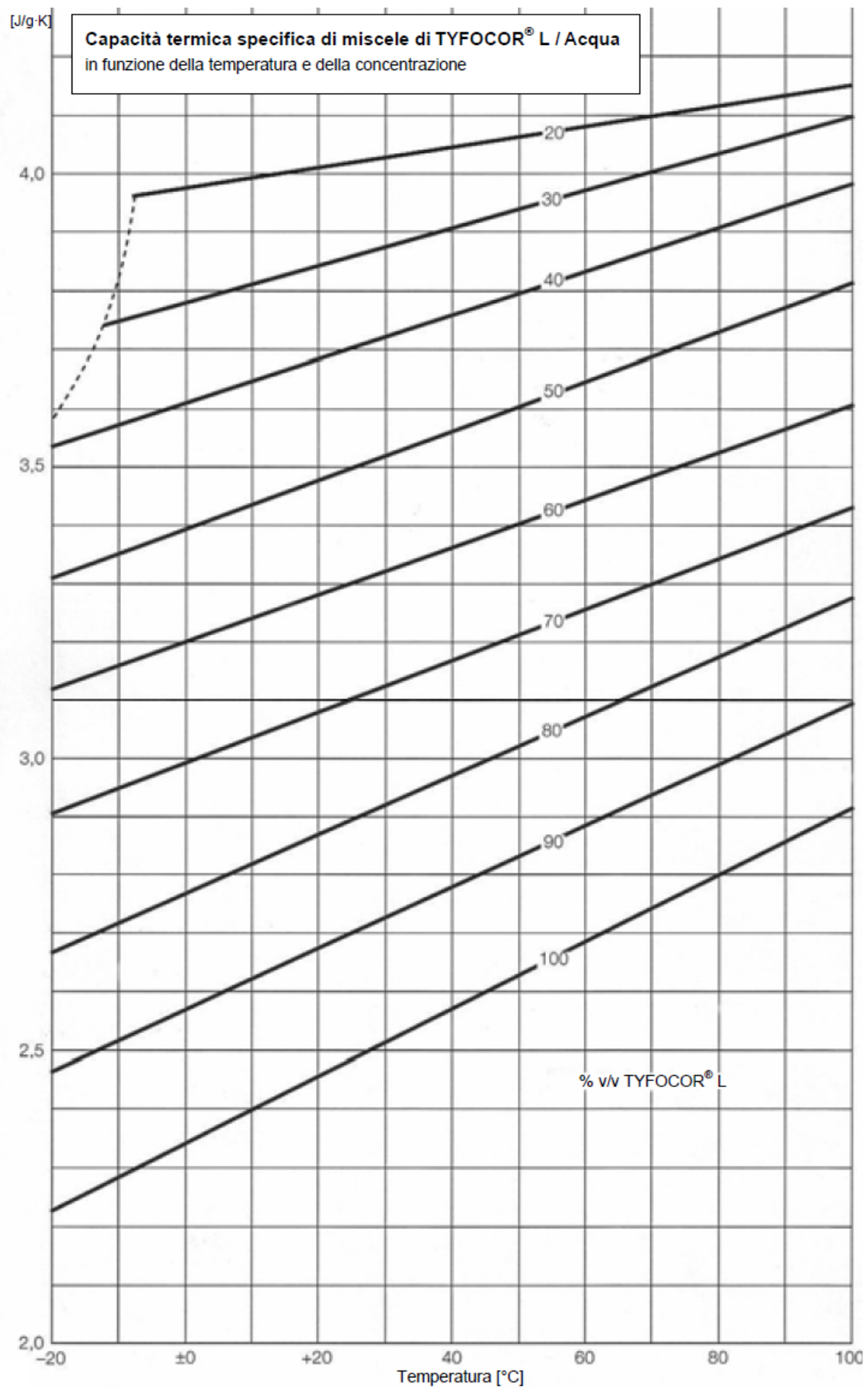


Figura 4.16 – Calore specifico della miscela in funzione della temperatura e della concentrazione di glicole.



Figura 4.17 – Centralina solare.



Figura 4.18 – Datalogger.

4.3.2. Dati sperimentali

I dati acquisiti dagli strumenti di rilevazione sono stati successivamente elaborati al fine di definire gli andamenti giornalieri e mensili delle grandezze di interesse.

Nella Figura 4.19 è riportato l'andamento mensile dell'irradianza solare massima per i mesi di aprile, maggio, giugno, luglio, agosto e settembre 2011. Come si nota dal grafico, il mese caratterizzato dalla massima irradianza solare è settembre; tale risultato trova riscontro nell'analisi delle condizioni meteorologiche dei suddetti mesi (l'estate 2011 ha presentato valori anomali di temperatura ed irradianza solare).

Nella Figura 4.20 è riportata l'irradianza solare media mensile; i valori riportati nel grafico sono stati mediati nell'arco temporale compreso tra le 7:00 e le 15:00 di ogni giorno, in quanto dalle 14:00 in poi l'irradianza solare incidente sul campo solare non è più rilevante, come mostrato nel grafico riportato in Figura 4.21. Tale crollo è imputabile all'ombreggiamento causato dagli edifici e dagli alberi circostanti (Figura 4.1).

Per quanto riguarda la produzione energetica dell'impianto solare, la Figura 4.22 mostra l'andamento mensile dell'energia termica fornita dall'impianto stesso. Tale andamento trova riscontro nella distribuzione mensile dell'irradiazione solare incidente sul campo solare ad eccezione dei mesi di aprile, luglio ed agosto a causa della riduzione del fabbisogno di energia termica applicato all'impianto solare. Come discusso nei paragrafi successivi, le palestre sono chiuse dall'1 luglio al 20 agosto circa e funzionano ad orario ridotto fino all'inizio delle attività scolastiche.

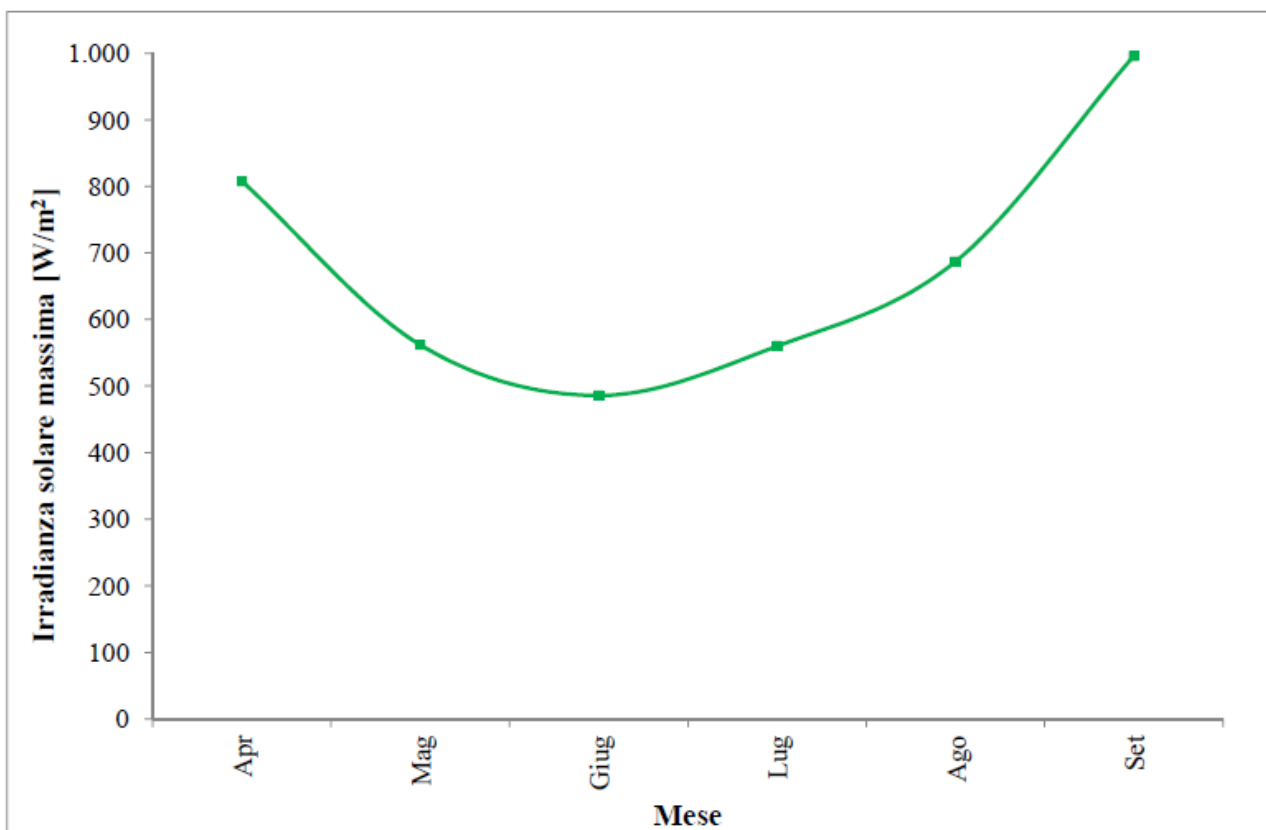


Figura 4.19 – Irradianza solare massima.

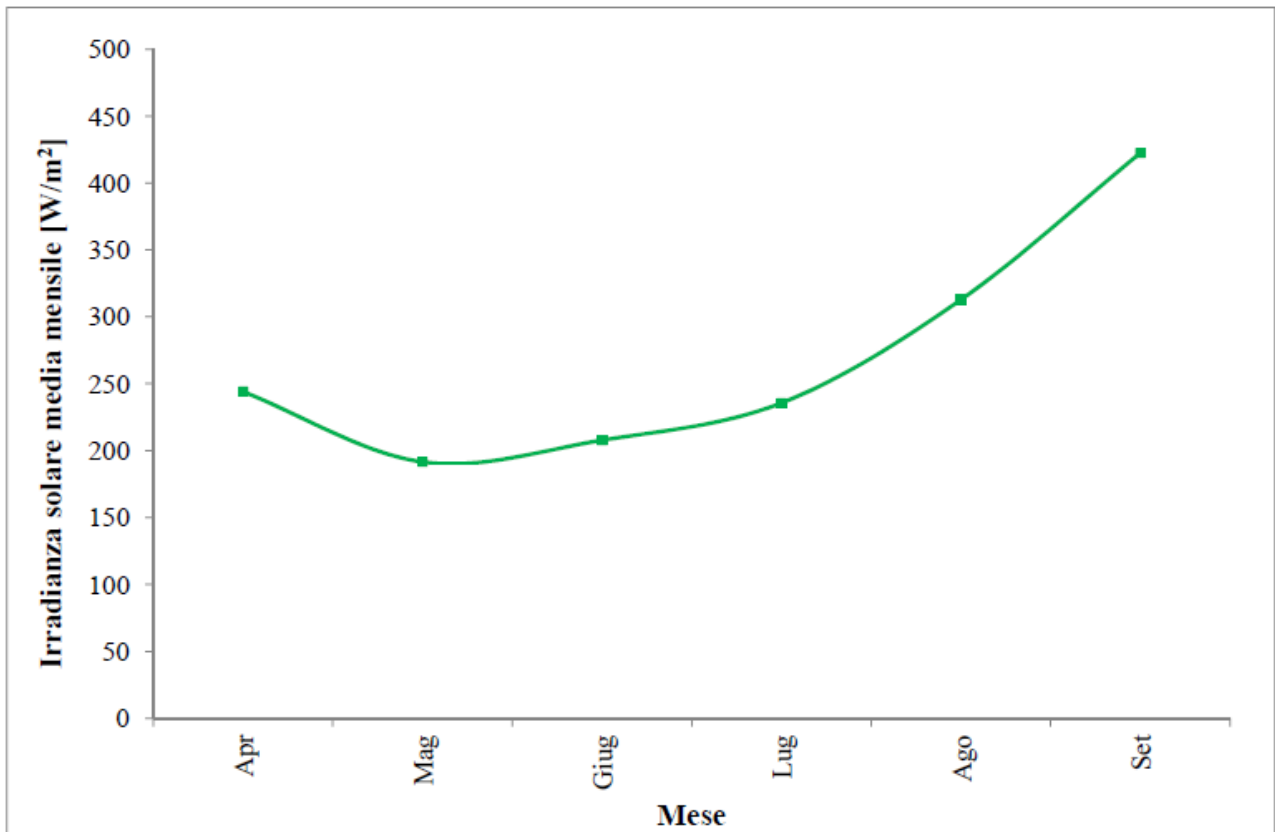


Figura 4.20 – Irradianza solare media mensile.

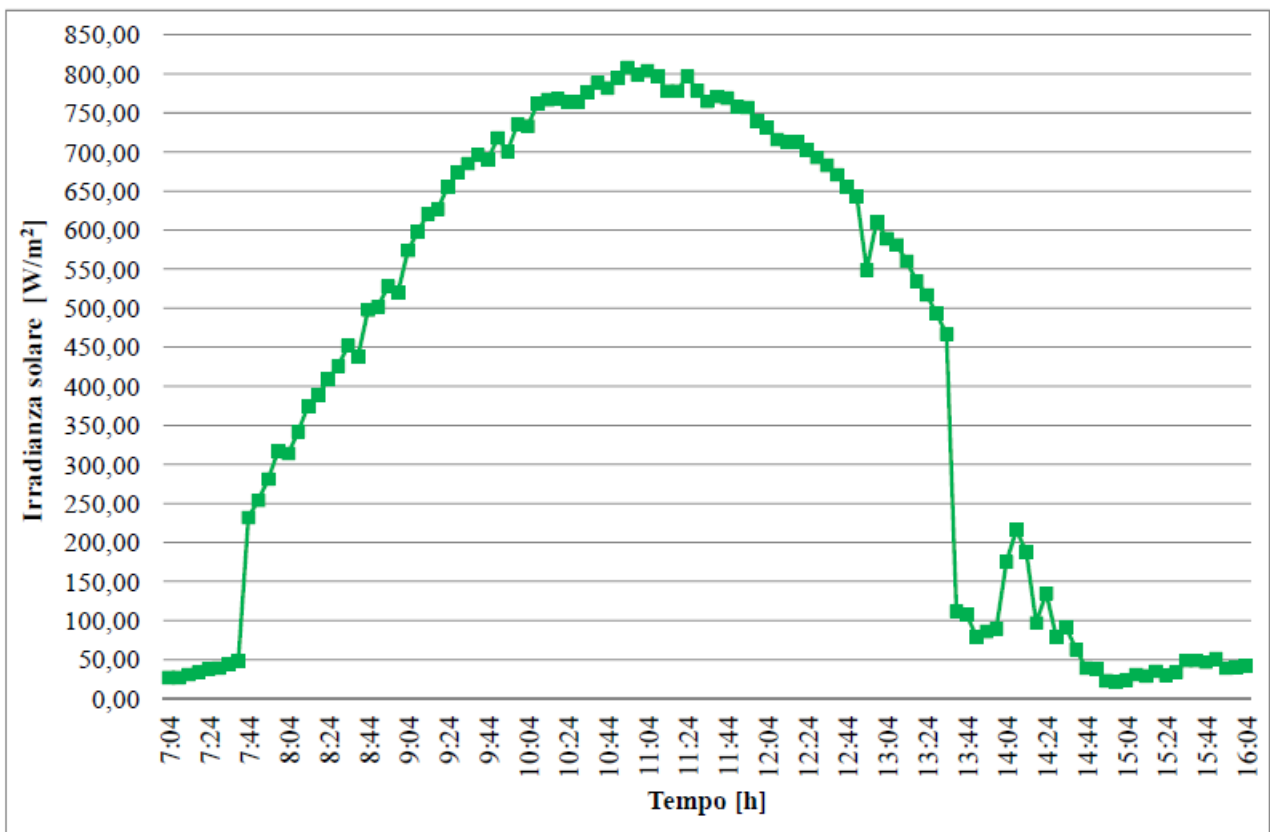


Figura 4.21 – Irradianza solare – 1 Aprile 2011.

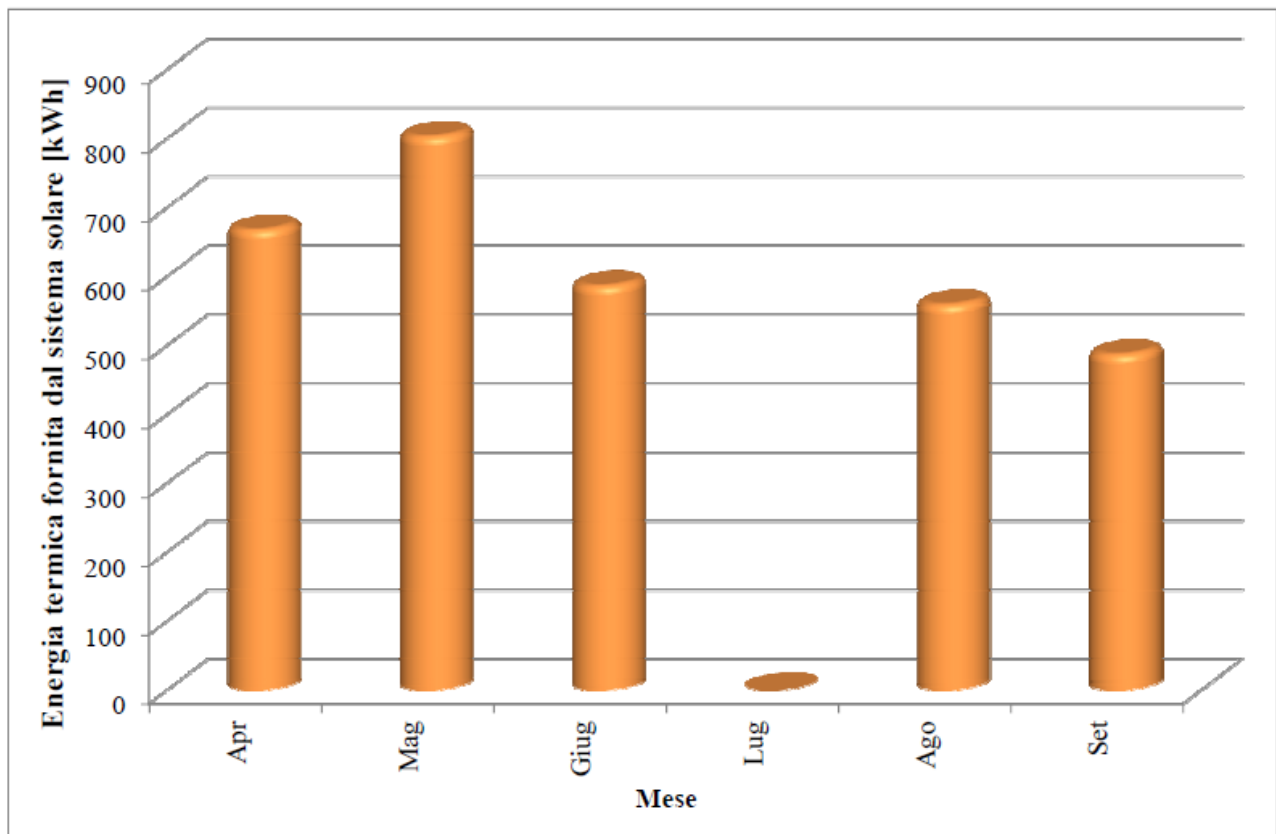


Figura 4.22– Energia termica prodotta mensilmente dall’impianto solare.

4.4. EN 15316-4-3

4.4.1. Metodo di calcolo

La prestazione del sistema termico solare è determinata dai seguenti parametri:

- caratteristiche dei componenti l’impianto solare in accordo con le specifiche norme di prodotto: indicatori della prestazione del sistema (energia annuale di supporto, frazione solare e energia annuale ausiliaria) o parametri dei collettori (area di apertura del collettore, rendimento ottico, coefficiente di dispersione termica, ecc.)
- caratteristiche dell’accumulo (tipo di accumulo, dimensioni ecc.)
- perdite termiche del circuito del collettore e perdite termiche della distribuzione tra l’accumulo e il generatore ausiliario (lunghezza, isolamento, efficienza ecc.)
- controllo del sistema (differenza di temperatura, temperatura di set point ecc.)
- condizioni climatiche (irradiazione solare, temperatura dell'area esterna ecc.)
- fabbisogno di energia elettrica delle pompe del collettore e di unità di controllo
- fabbisogno di energia termica applicato all’impianto solare.

La Norma Europea fornisce due metodi di calcolo per determinare la produzione di energia termica di un impianto solare termico a seconda del tipo di sistema (preassemblato o assemblato su

specifica). Essendo l'impianto oggetto di studio e monitoraggio assemblato su specifica, nel presente paragrafo si riporta solo il metodo relativo a tali sistemi. La tecnica di calcolo, basata sul metodo f-chart, comprende i seguenti punti:

- definire il fabbisogno o i fabbisogni applicati al sistema solare termico
- calcolare il rapporto tra il fabbisogno applicato per il riscaldamento degli ambienti e il fabbisogno totale applicato
- calcolare il rapporto tra il fabbisogno per la produzione di acqua calda sanitaria e il fabbisogno totale applicato
- calcolare il rapporto X (simile a un rapporto tra perdite e fabbisogno applicato)
 - determinare l'area di apertura del collettore
 - determinare il coefficiente di dispersione termica del circuito del collettore
 - determinare l'efficienza del circuito del collettore
 - calcolare la differenza di temperatura di riferimento
 - calcolare il fattore di correzione di capacità dell'accumulo, dipendente dalla configurazione del sistema (sistema di preriscaldamento o sistema solare con generatore ausiliario)
 - attribuire il volume dell'accumulo solare al riscaldamento degli ambienti o alla produzione di acqua calda sanitaria
- calcolare il rapporto Y (simile a un rapporto tra produzione solare e fabbisogno applicato)
 - determinare il rendimento ottico del collettore
 - determinare l'irradianza solare sul piano del collettore
- calcolare la produzione di energia termica per il riscaldamento degli ambienti e per la produzione di acqua calda sanitaria e, quindi, la produzione totale dell'impianto solare
- calcolare il fabbisogno di energia elettrica degli ausiliari dell'impianto solare
- calcolare le perdite termiche del sistema solare
 - determinare le perdite termiche dell'accumulo solare
 - determinare le perdite termiche della distribuzione tra il sistema solare termico e il generatore ausiliario
- calcolare le perdite recuperabili del sistema solare termico
 - determinare la parte recuperabile del fabbisogno di energia elettrica
 - determinare le perdite termiche recuperabili dell'accumulo solare
 - determinare le perdite termiche recuperabili della distribuzione tra il sistema solare termico e il generatore ausiliario.

La produzione del sistema solare termico è calcolata, mese per mese, da:

$$Q_{\text{sol,out,m}} = (a \cdot Y + b \cdot X + c \cdot Y^2 + d \cdot X^2 + e \cdot Y^3 + f \cdot X^3) \cdot Q_{\text{sol,us,m}} \quad (4.1)$$

dove $Q_{\text{sol,us,m}}$ [kWh] indica il fabbisogno applicato mensilmente al sistema solare termico; a [-], b [-], c [-], d [-], e , f [-] sono fattori di correlazione dipendenti dalla tipologia di sistema solare.

Il valore di X [-] è calcolato secondo l'Equazione (4.2). Il fattore X dipende dal coefficiente di dispersione termica del circuito del collettore e dalla differenza di temperatura, ma anche dal volume dell'accumulo preso in considerazione dal coefficiente di correzione della capacità dell'accumulo:

$$X = \frac{f(A, U_{\text{loop}}, \eta_{\text{loop}}, \Delta T, f_{\text{st}}, t_m)}{Q_{\text{sol,us,m}}} \quad (4.2)$$

dove A [m²] è l'area di apertura del collettore; U_{loop} [W/(m²·K)] denota il coefficiente di dispersione termica del circuito del collettore (collettore e tubazioni); η_{loop} [-] rappresenta l'efficienza del circuito del collettore; ΔT [°C] è la differenza di temperatura; f_{st} [-] è il fattore di correzione della capacità dell'accumulo; t_m indica il numero di ore del mese considerato.

Il coefficiente di dispersione termica del circuito del collettore è determinato a partire dalle caratteristiche del collettore e dall'isolamento delle tubazioni. Il coefficiente di dispersione termica è calcolato da:

$$U_{\text{loop}} = a_1 + a_2 \cdot 40 + \frac{U_{\text{loop,p}}}{A} \quad (4.3)$$

dove a_1 [W/(m²·K)] è il coefficiente lineare di dispersione termica del collettore solare collegato all'area di apertura; a_2 [W/(m²·K²)] indica il coefficiente quadratico di dispersione termica del collettore solare; $U_{\text{loop,p}}$ [W/(m²·K)] denota il coefficiente di dispersione termica globale di tutte le tubazioni nel circuito del collettore.

Il rendimento del circuito del collettore considera anche l'influenza dello scambiatore di calore ed è calcolato dalla seguente espressione:

$$\eta_{\text{loop}} = 1 - \Delta\eta \quad (4.4)$$

dove $\Delta\eta$ [-] dipende dalle caratteristiche del collettore solare (rendimento ottico, area di apertura, coefficiente lineare di dispersione termica) e dal coefficiente di scambio termico della serpentina solare.

La differenza di temperatura di riferimento è calcolata da:

$$\Delta T = \theta_{\text{ref}} - \theta_{\text{e,avg}} \quad (4.5)$$

dove $\theta_{e,avg}$ [°C] è la temperatura media dell'aria esterna nel periodo considerato; θ_{ref} [°C] è la temperatura di riferimento dipendente dall'applicazione e dal tipo di accumulo ed è calcolata dalla seguente espressione:

$$\theta_{ref} = 11,6 + 1,18\theta_w + 3,86\theta_{cw} - 1,32\theta_{e,avg} \quad (4.6)$$

dove θ_w [°C] indica la temperatura richiesta per l'acqua calda sanitaria; θ_{cw} [°C] denota la temperatura dell'acqua fornita dalla rete.

Il valore Y [-] è calcolato secondo l'Equazione (4.7). Il parametro adimensionale Y dipende dalle caratteristiche del collettore e dall'irradianza solare incidente:

$$Y = \frac{f(A, IAM, \eta_0, \eta_{loop}, I_m, t_m)}{Q_{sol, us, m}} \quad (4.7)$$

dove IAM [-] denota il modificatore dell'angolo di incidenza del collettore; η_0 [-] è il rendimento del collettore a perdite nulle (rendimento ottico); I_m [W/m²] indica l'irradianza media solare sul piano del collettore durante il periodo considerato.

Come richiesto dalla Normativa Europea, il fabbisogno applicato mensilmente al sistema solare è calcolato considerando il fabbisogno di energia termica utile per la produzione di acqua calda sanitaria e le perdite per erogazione e distribuzione.

Il fabbisogno di energia termica per la produzione di acqua calda sanitaria dipende da diversi fattori quali il volume dell'acqua richiesta, la temperatura di ingresso e quella di erogazione, le caratteristiche dei vari componenti l'impianto di produzione:

$$Q_{h,w} = \rho \cdot c \cdot V_w \cdot (\theta_{er} - \theta_o) \cdot G \quad (4.8)$$

dove ρ [kg/m³] e c [Wh/(kg·°C)] sono rispettivamente la massa volumica e il calore specifico dell'acqua, V_w [m³/G] indica il volume di acqua richiesta giornalmente (funzione della classificazione dell'edificio), θ_{er} [°C] e θ_o [°C] sono rispettivamente la temperatura di erogazione e la temperatura di ingresso dell'acqua e G è il numero di giorni del periodo di calcolo.

Come indicato dalla specifica tecnica, il valore del volume di acqua richiesta dipende dalla destinazione d'uso dell'edificio; nel caso di destinazioni diverse dalle abitazioni, la determinazione dei fabbisogni di acqua calda sanitaria deve essere effettuata su base mensile tenendo conto del consumo giornaliero e del numero di giorni/mese di occupazione. Il volume è dato dalla relazione:

$$V_w = a \cdot N_u \quad (4.9)$$

dove a indica il fabbisogno giornaliero specifico; N_u è il parametro che dipende dalla destinazione d'uso dell'edificio.

Per quanto riguarda le perdite di energia termica, la specifica tecnica UNI/TS 11300 prevede che le perdite di erogazione siano calcolate considerando un rendimento di erogazione pari a 0,95 e le perdite della rete di distribuzione vengano calcolate in modo dettagliato, essendo presente la tubazione di ricircolo. Il metodo dettagliato prevede il calcolo delle perdite di distribuzione a partire dalle caratteristiche termiche della rete e del fluido termovettore; prende in esame, pertanto, la temperatura media dell'acqua nella tubazione, la trasmittanza termica lineica della tubazione, la lunghezza e l'ambiente di installazione della tubazione stessa. Per calcolare la trasmittanza termica lineica della rete di distribuzione la specifica tecnica UNI/TS 11300 fornisce diverse espressioni in funzione della tipologia di installazione della tubazione; sono, infatti, riportate espressioni per le tubazioni correnti in aria, per tubazioni incassate nella muratura e per tubazioni interrato. Nel caso di tubazioni in coppia incassate nella muratura o interrato, la trasmittanza termica lineica è calcolata dalla seguente espressione:

$$U_i = \frac{\pi}{\sum_{j=1}^n \frac{1}{2 \cdot \lambda_j} \cdot \ln \frac{d_j}{d_{j-1}} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_G} \cdot \ln \frac{4 \cdot z}{d_n} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_G} \cdot \ln \sqrt{1 + \frac{4 \cdot z^2}{E^2}}} \quad (4.10)$$

dove n indica il numero di strati isolanti significativi; d_j [m] è il diametro esterno dello strato isolante j, iniziando dal più interno; d_n [m] denota il diametro esterno complessivo della tubazione isolata; λ_j [W/(m·K)] è la conducibilità termica dello strato isolante j; λ_G [W/(m·K)] indica la conducibilità termica del materiale attorno alla tubazione o la conducibilità termica del terreno, nel caso di tubazioni interrato; z [m] denota la profondità di incasso; E [m] indica l'interasse delle tubazioni.

4.4.2. Risultati

Nelle Figure e nelle Tabelle di seguito riportate sono presentati i principali risultati delle simulazioni effettuate. La figura 4.23 mostra l'andamento mensile del fabbisogno di energia termica applicato all'impianto solare. Il fabbisogno calcolato secondo quanto riportato nella parte 2 della specifica tecnica UNI/TS 11300 è di tipo convenzionale, pertanto il valore mensile dello stesso dipende esclusivamente dal numero di giorni utilizzo delle docce e dagli orari di funzionamento della pompa di ricircolo. Le palestre sono chiuse dall'1 luglio al 20 agosto circa e funzionano ad orario ridotto dal 20 di agosto fino all'inizio delle attività scolastiche; il fabbisogno risulta, pertanto, nullo nel mese di luglio e notevolmente ridotto nel mese di agosto.

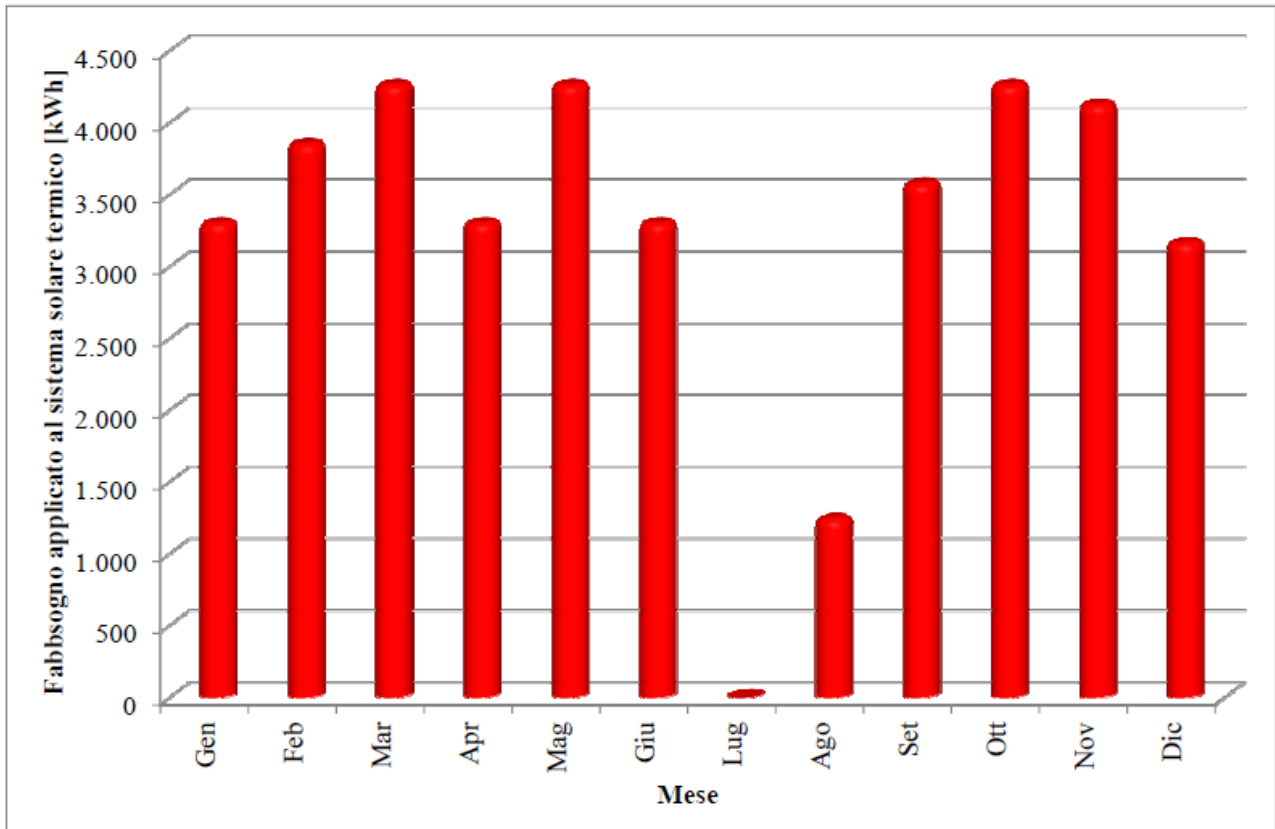


Figura 4.23 – Fabbisogno mensile applicato all'impianto solare.

La Figura 4.24 mostra l'energia termica prodotta mensilmente dal sistema solare calcolata secondo l'Equazione (4.1). Sebbene secondo l'Equazione (4.1) la produzione mensile sia direttamente proporzionale al fabbisogno di energia termica applicato all'impianto solare, l'andamento mensile della produzione energetica dell'impianto non trova riscontro nella distribuzione mensile del fabbisogno in quanto il fabbisogno rientra anche nel calcolo dei fattori adimensionali X e Y. La distribuzione mensile della produzione energetica trova, invece, riscontro nell'andamento mensile dell'irradiazione solare incidente sul campo solare (Figura 4.25).

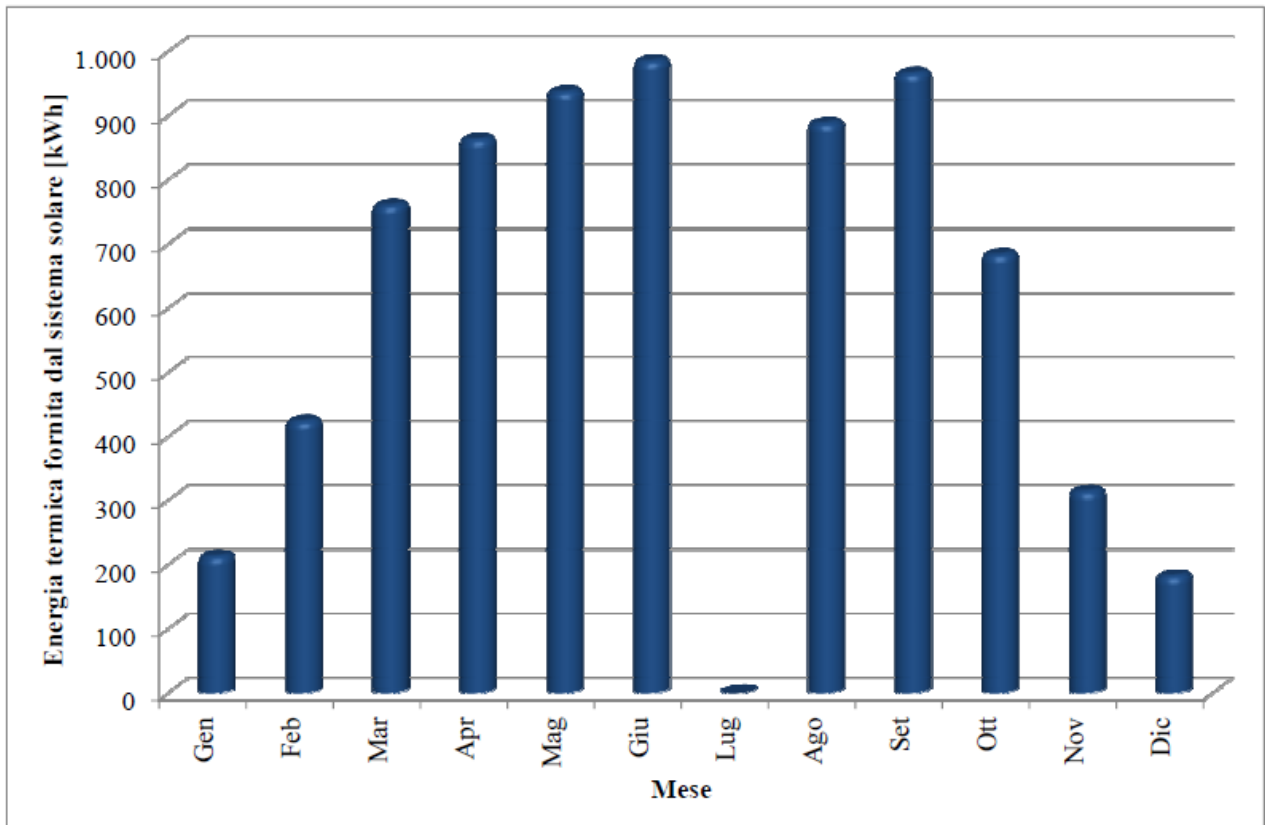


Figura 4.24 – Energia termica prodotta mensilmente dall’impianto solare.

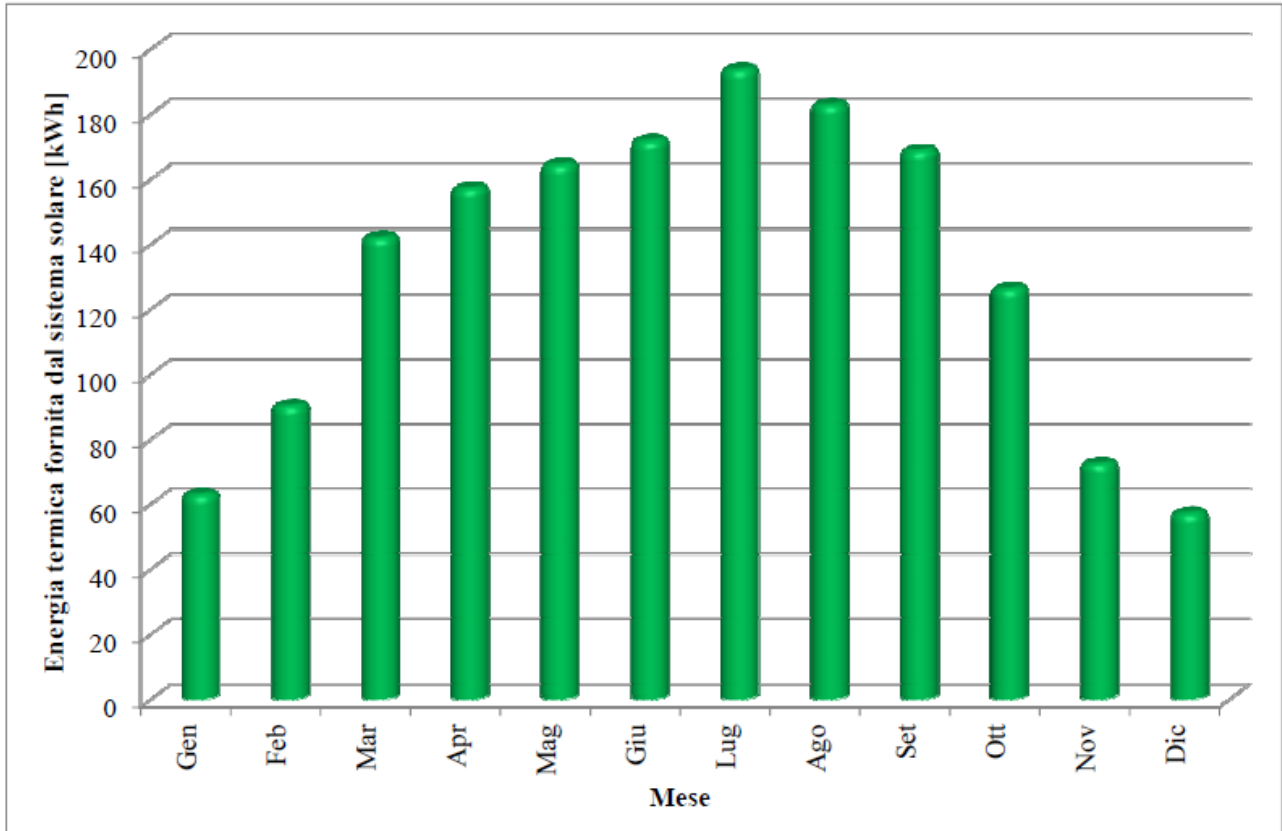


Figura 4.25 – Irradiazione solare incidente mensilmente sul campo solare.

Il rapporto tra la produzione energetica dell'impianto solare e il fabbisogno di energia termica applicato all'impianto stesso, viene indicato con il termine *frazione solare* e rappresenta, quindi, il grado di copertura di un impianto solare termico. L'impianto solare oggetto di studio copre annualmente circa il 22% del fabbisogno ad esso applicato. Nella Figura 4.26 è riportata la distribuzione mensile della frazione solare.

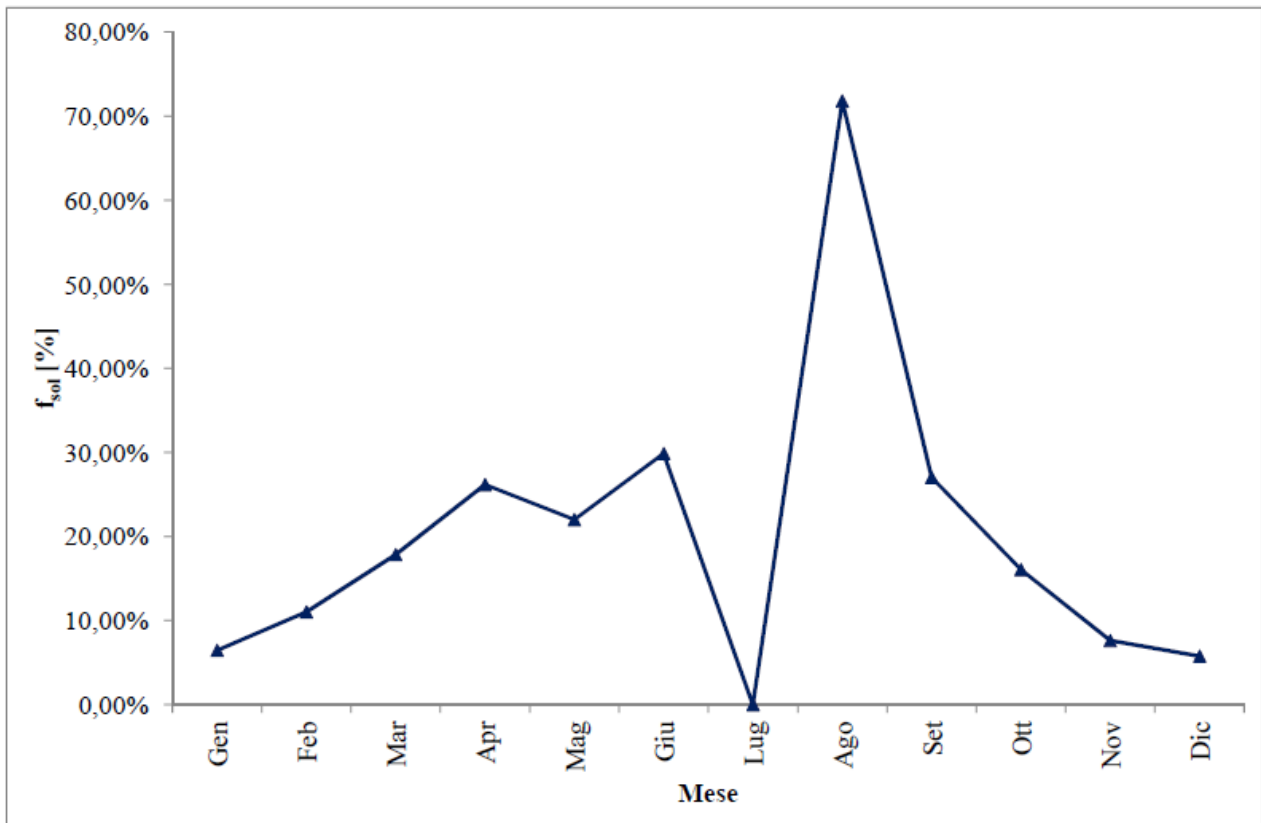


Figura 4.26 – Frazione solare.

4.5. Simulazione numerica

Il codice di calcolo T*SOL è un software di simulazione dinamica per il dimensionamento e l'ottimizzazione di impianti solari termici per il riscaldamento degli ambienti, la produzione di acqua calda sanitaria ed il riscaldamento di piscine. Il programma consente di studiare l'influenza dei singoli componenti sul funzionamento di un impianto solare termico, sulla base di schemi di impianti predefiniti^[21].

Nell'archivio del software non è presente alcuno schema che possa rappresentare perfettamente l'impianto oggetto di studio, pertanto viene scelto lo schema che più si avvicina alla situazione reale nel quale, però, non è presente lo scambiatore di calore (Figura 4.27).

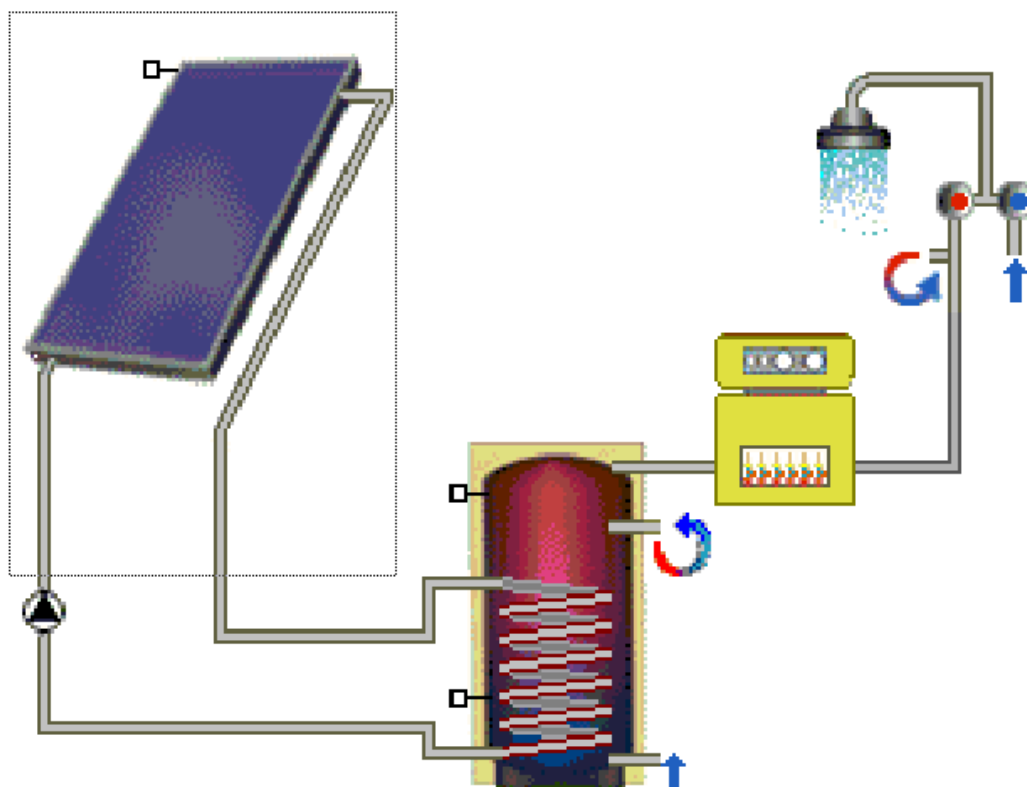


Figura 4.27 – Schema impianto solare.

Nelle Figure 4.28, 4.29 e 4.30 sono riportati i principali risultati delle simulazioni effettuate. Nella Figura 4.28 è riportata l'energia termica prodotta mensilmente dall'impianto solare che presenta lo stesso andamento riscontrato analizzando i risultati ottenuti applicando il metodo di calcolo fornito dalla Normativa Europea. Il confronto evidenzia uno scostamento rilevante nel mese di agosto dovuto ad un metodo differente di calcolare il fabbisogno di energia termica applicato all'impianto solare. Come già discusso in precedenza, la Norma Europea considera sia il fabbisogno utile per la produzione di acqua calda sanitaria sia le perdite dovute al sistema di distribuzione, invece il software non considera tali perdite. Per lo stesso motivo anche i valori mensili della frazione solare (Figura 4.29) risultano maggiori rispetto a quelli calcolati con il metodo di cui alla Norma Europea (Figura 4.26). Dalle simulazioni numeriche, risulta, infatti che l'impianto solare oggetto di studio copre annualmente circa il 34% del fabbisogno ad esso applicato.

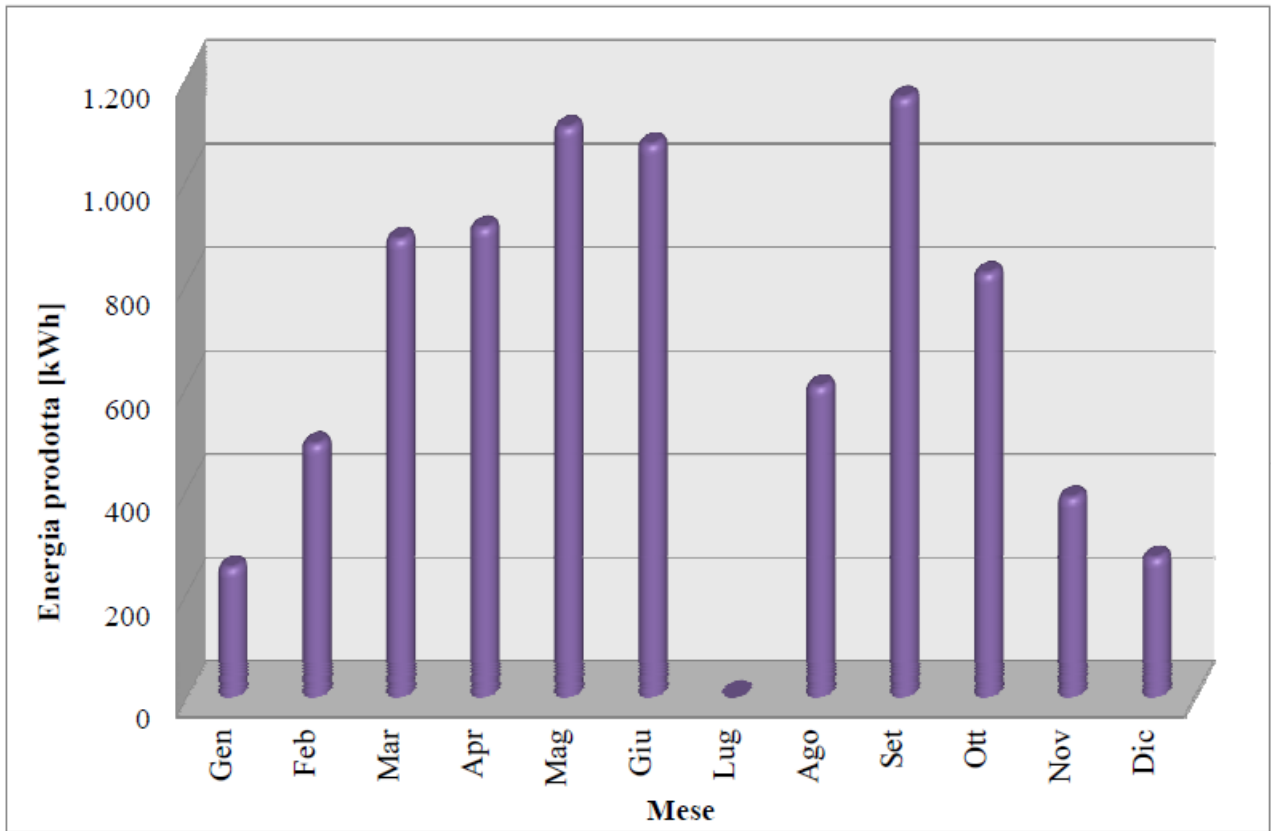


Figura 4.28 – Energia termica prodotta mensilmente dall'impianto solare.

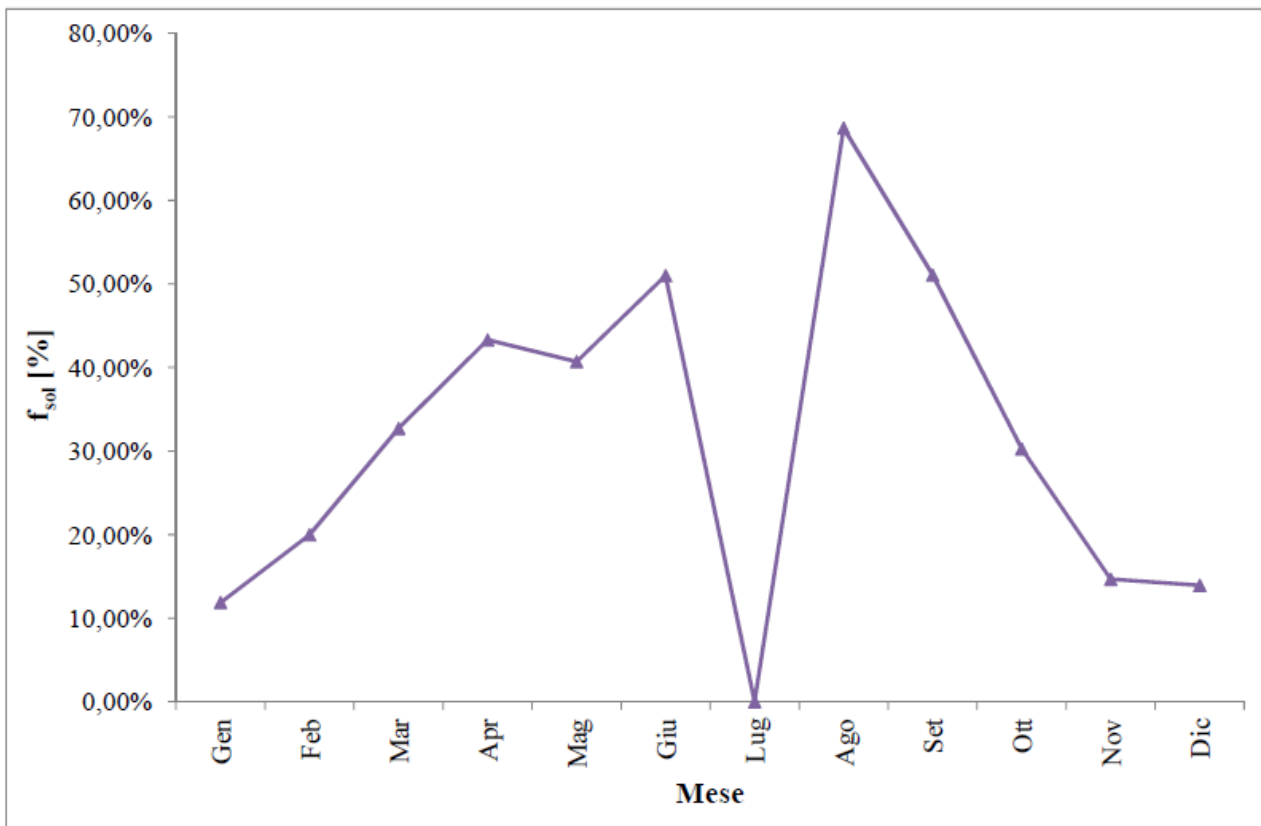


Figura 4.29 – Frazione solare.

I grafici riportati in Figura 4.30 mostrano la variazione giornaliera delle temperature di mandata e di ritorno dall'impianto solare nel mese di Maggio. I risultati delle simulazioni numeriche presentano dei valori di temperature minori rispetto a quelli rilevati dai sensori di temperatura installati (Figura 4.31). Tale discrepanza è dovuta alle impostazioni del software, in quanto nel periodo di inattività dell'impianto solare la temperatura di mandata dall'impianto solare viene settata a 0.

L'andamento reale delle temperature mostra, inoltre, dei picchi dovuti alle condizioni meteorologiche.

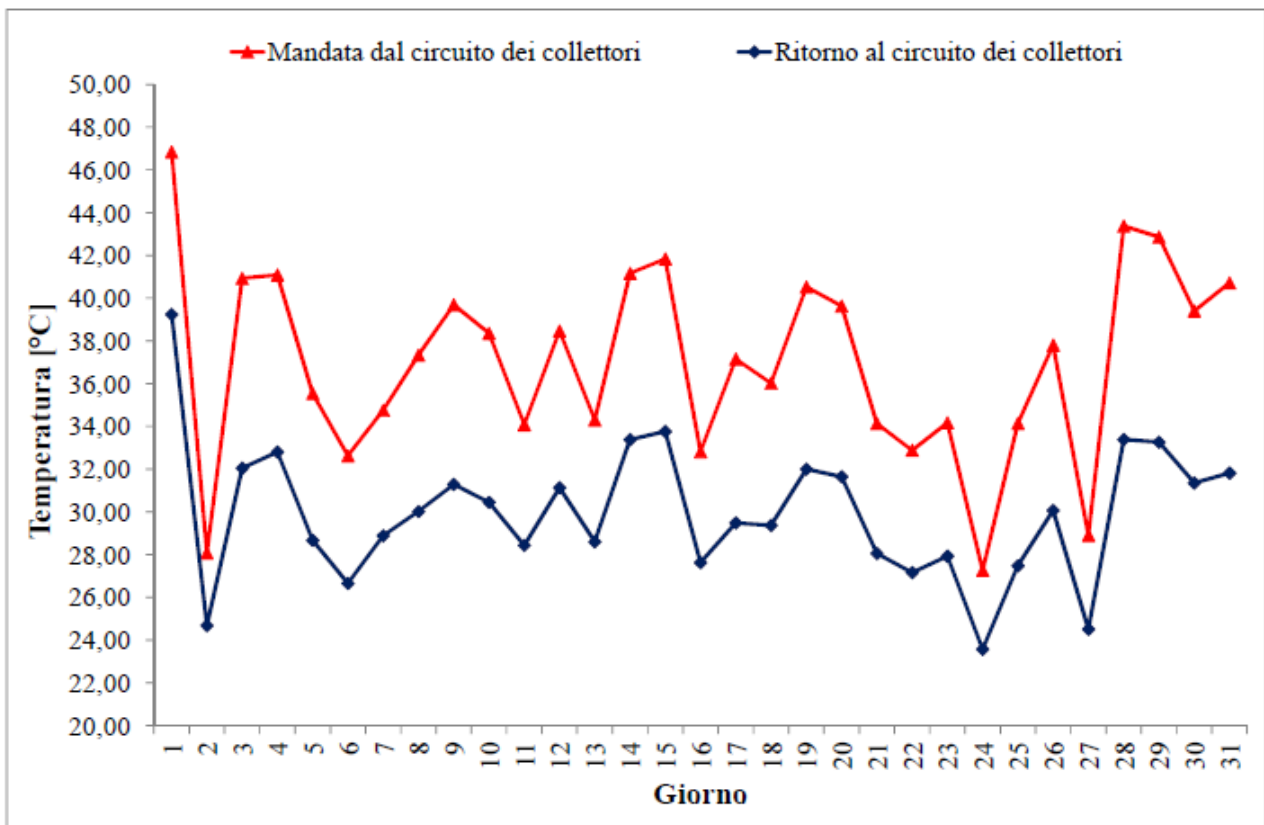


Figura 4.30 – Temperature circuito collettori – Maggio – Indagine sperimentale.

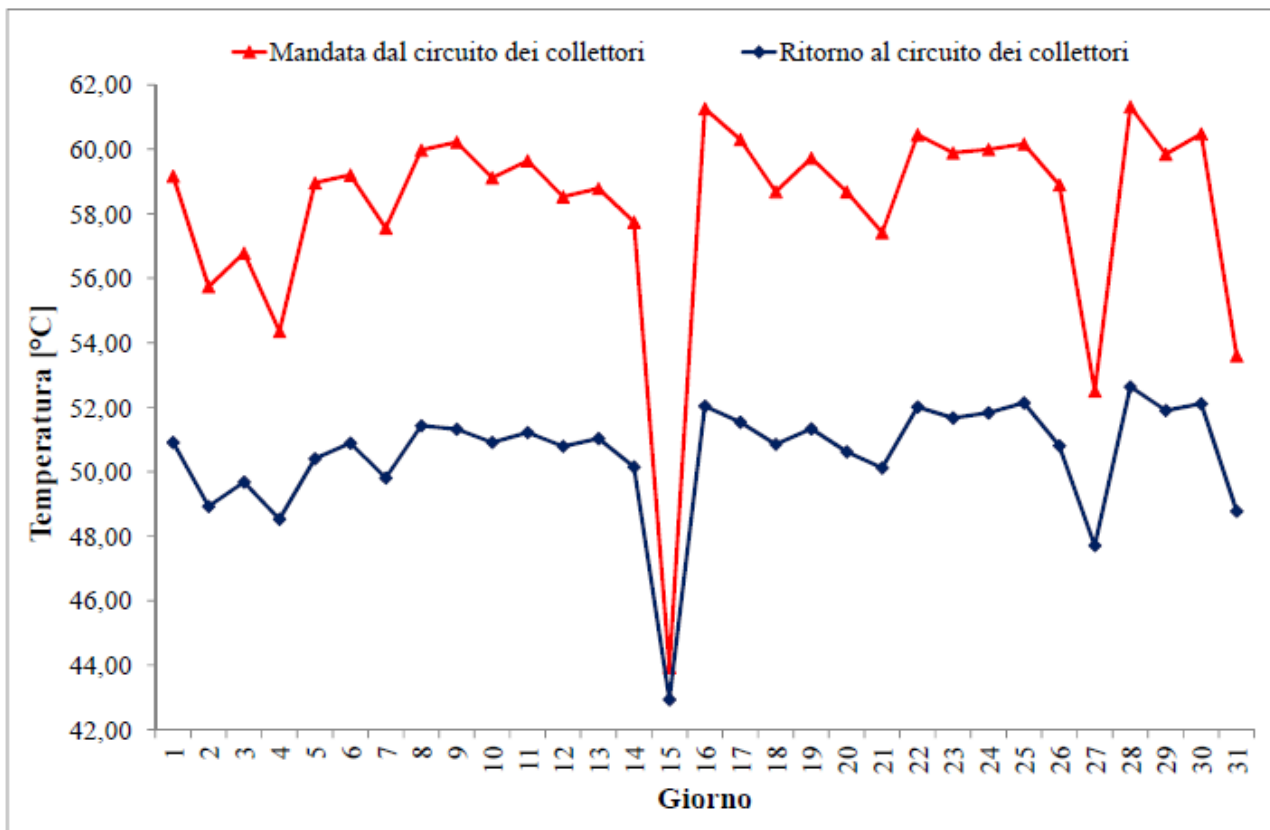


Figura 4.31 – Temperature circuito collettori – Maggio – Indagine sperimentale.

4.6. Confronto

L'analisi dei risultati delle simulazioni numeriche e dei dati sperimentali mostra un andamento mensile analogo evidenziando, però, degli scostamenti notevoli nei valori della produzione energetica dell'impianto solare termico. Tali discrepanze sono imputabili a molteplici fattori.

In primis ai dati climatici; le simulazioni numeriche sono state effettuate utilizzando dei dati statistici desunti dalla normativa tecnica, il 2011, invece, è stato un anno per così dire singolare, come mostrato anche nei grafici riportati nelle Figure 4.19 e 4.20.

Un altro aspetto da considerare è l'ombreggiamento; come si nota dall'immagine riportata nella Figura 4.1, il campo solare è circondato da edifici ed alberi che riducono la radiazione solare incidente sul campo stesso; occorre, pertanto, uno studio approfondito delle ombre al fine di quantificare tale riduzione.

Un'altra causa di discrepanze è rappresentata dal fabbisogno di energia termica applicato all'impianto solare; il valore utilizzato nei calcoli è convenzionale e prende in considerazione solo i giorni effettivi di funzionamento, non le ore. Nei mesi estivi le attività scolastiche sono interrotte e le attività extrascolastiche sono svolte solo nei giorni feriali e solo al pomeriggio, quindi il fabbisogno richiesto per la produzione di acqua calda sanitaria è minore. Lo scostamento riscontrato nei mesi di giugno e settembre presenta, infatti, i valori più elevati.

4.7. Conclusioni

Lo studio condotto ha consentito di confrontare i risultati delle simulazioni numeriche con i dati sperimentali mostrando che vi è accordo tra il metodo di calcolo proposto dalla Normativa Europea e il risultato delle indagini sperimentali. Al fine di delineare la validità di tale accordo occorre, però, approfondire alcuni aspetti. Come già discusso nel precedente paragrafo, occorre, ad esempio, monitorare il prelievo di acqua calda sanitaria e determinare l'ombreggiamento dovuto agli edifici e agli alberi che circondano il campo solare.

CONCLUSIONI

Questo lavoro di tesi ha consentito di delineare le peculiarità del fabbisogno energetico degli edifici e della produzione energetica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili.

L'analisi della prestazione energetica di un edificio ad uso uffici, illustrata nel primo capitolo, ha evidenziato il ruolo fondamentale assunto dagli apporti termici durante la stagione estiva, così come dai consumi elettrici. Gli interventi di retrofit energetico devono, quindi, essere mirati a ridurre il loro contributo.

Anche nel secondo capitolo è stato preso in considerazione il calcolo del fabbisogno energetico di edifici concentrando, però, l'attenzione sullo scambio termico attraverso il terreno. Le simulazioni numeriche effettuate così come i risultati ottenuti applicando il metodo fornito dalla Normativa Europea confermano quanto previsto: un edificio compatto (con pavimento quadrato) disperde una quantità minore di calore. Tali risultati possono essere di ausilio alla progettazione energetica degli edifici in quanto forniscono accurate previsioni delle dispersioni di calore verso il terreno in funzione della forma assunta dal pavimento a contatto con il terreno stesso.

Lo studio condotto sugli impianti solari, illustrato negli ultimi due capitoli, ha evidenziato quali parametri influiscono sulla determinazione della prestazione energetica degli stessi fornendo un valido sostegno alla progettazione e alla gestione degli impianti. Il confronto tra i risultati delle simulazioni effettuate e i dati sperimentali ha condotto a risultati accettabili nel caso dell'impianto fotovoltaico. Per quanto riguarda l'impianto solare termico, l'analisi ha delineato, invece, alcuni aspetti da approfondire (il profilo orario di utilizzo dell'acqua calda sanitaria, l'ombreggiamento, ecc.).

RINGRAZIAMENTI

Non è facile citare e ringraziare, in poche righe, tutte le persone che hanno contribuito al mio percorso formativo: chi con una collaborazione costante, chi con un supporto morale o materiale, chi con consigli e suggerimenti o solo con parole di incoraggiamento, sono stati in tanti a dare il proprio apporto al mio percorso formativo e a questo lavoro.

Un grazie di cuore va al Professor Spiga che, sin dai tempi della tesi di laurea, rappresenta per me un punto di riferimento. In tutti questi anni ha sempre trovato il tempo per indirizzare il mio lavoro e per fornirmi insegnamenti preziosi.

Ringrazio il Presidente dell'Azienda Casa Emilia Romagna di Reggio Emilia Marco Corradi ed il personale tutto che, nell'ambito delle iniziative rivolte allo sviluppo sostenibile mi hanno permesso di realizzare questo progetto.

Ringrazio, inoltre, tutto il Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Parma per il supporto fornito alla mia attività.

Desidero ringraziare l'Amministrazione Provinciale di Parma che ci ha consentito di realizzare il sistema di monitoraggio.

Infine, ringrazio di cuore la mia famiglia senza la quale non sarei mai potuta arrivare a questo punto; non parlo solo del sostegno economico, che sicuramente è stato indispensabile, ma di quell'aiuto tacito o esplicito che molte volte è venuto dal loro cuore.

BIBLIOGRAFIA

- [1] UNI/TS 11300-1, Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, UNI, Maggio 2008.
- [2] UNI/TS 11300-2, Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, UNI, Maggio 2008.
- [3] UNI/TS 11300-3, Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, UNI, Marzo 2010.
- [4] M. Spiga, A. Vocale, P. Vocale, Valutazione del fabbisogno energetico per la climatizzazione estiva di edifici, Atti del XXVII Congresso Nazionale UIT sulla Trasmissione del Calore – Reggio Emilia (RE), 22-24 Giugno 2009.
- [5] C-E. Hagentoft, Heat loss to the ground from a building. Slab on the ground and cellar, LTH/TVBH-1004, Ph.D. thesis, Building Physics, Lund University, Sweden, 1988.
- [6] EN ISO 13370, Thermal performance of buildings - Heat transfer via the ground - Calculation methods, European Committee for Standardization, CEN, 2007.
- [7] S. Medved, B. Černe, A simplified method for calculating heat losses to the ground according to EN ISO 13370 standard, Energy and Buildings 34 (2003) 523–528.
- [8] P. Weitzmann, J. Kragh, P. Roots, S. Svendsen, Modelling floor heating systems using a validated two-dimensional ground-coupled numerical model, Building and Environment 40 (2005) 153–163.
- [9] EN ISO 10211, Thermal bridges in building construction - Heat flows and surface temperatures - Detailed calculations, European Committee for Standardization, CEN, 2007.
- [10] EN ISO 6946, Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method, European Committee for Standardization, CEN, 2007.
- [11] T. Kusuda, P. R. Achenbach, Earth Temperature and Thermal Diffusivity at Selected Stations in the United States, ASHRAE Trans., 71 (1965), pp. 61–75.
- [12] M. Spiga, P. Vocale, Shape factor influence on heat losses from building to the ground, Energy and Buildings (*inviato alla Rivista "Applied Energy"*)
- [13] M. Spiga, P. Vocale, Dispersioni di calore di un edificio attraverso il terreno, Atti del IV Congresso Nazionale AIGE – Roma, 26 – 27 Maggio 2010.

- [14] EN 15316-4-6, Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 4-6: Heat generation systems, photovoltaic systems, European Committee for Standardization, CEN, 2007.
- [15] Solar Energy Laboratory University of Wisconsin – Madison, TRNSYS 16 Documentation, Mathematical Reference, Volume 5, March 2007.
- [16] Timothy U. Townsend, A Method for Estimating the Long-Term Performance of Direct-Coupled Photovoltaic Systems, M. S. Thesis – Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, Madison, 1989.
- [17] John Duffie, William Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes, Wiley & Sons Ltd, 2006.
- [18] M. Spiga, P. Vocale, M. Zerbini, L'impianto fotovoltaico delle fiere di Parma, Atti del IV Congresso Nazionale AIGE, Roma 26-27 Maggio 2010.
- [19] M. Spiga, A. Vocale, P. Vocale, Impianto fotovoltaico a servizio di una casa protetta: confronto tra predizione numerica e dati sperimentali, Atti del V Congresso Nazionale AIGE, Modena 8-9 Giugno 2011.
- [20] EN 15316-4-3, Heating systems in buildings - Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies - Part 4-3: Heat generation systems, thermal solar systems, European Committee for Standardization, CEN, 2007.
- [21] T*sol[®], User Manual, October 2005.

ALLEGATO

I grafici riportati nei capitoli 3 e 4 presentano i risultati delle elaborazioni dei dati sperimentali acquisiti dai sistemi di monitoraggio dell'impianto fotovoltaico (capitolo 3) e dell'impianto solare termico (capitolo 4). In questa sezione sono, quindi, riportati alcuni dati sperimentali resi disponibili dai sistemi di monitoraggio stessi.

Le Tabelle A.1 e A.2 presentano i dati forniti dal sistema di monitoraggio dell'impianto fotovoltaico a servizio della Casa Protetta Comunale di Cavriago; in particolare la Tabella A.1 mostra i dati acquisiti durante i giorni medi mensili del periodo Maggio – Dicembre 2009. La Tabella A.2 riporta, invece, i dati giornalieri relativi al primo anno di funzionamento dell'impianto stesso.

I dati acquisiti dal sistema di monitoraggio dell'impianto solare termico a servizio del Centro Sportivo "Oltretorrente" sono riportati nella Tabella A.3.

Tabella A.1 – Impianto fotovoltaico "Casa protetta"- Rilevazioni giorni medi mensili – Maggio-Dicembre 2009.

Data	Irradianza solare	Energia totale prodotta	Potenza totale fornita	Corrente erogata dall'impianto	Energia prodotta da ogni inverter	Potenza fornita da ogni inverter	Corrente erogata da ogni inverter
-	W/m ²	kWh	kW	A	kWh	kW	A
15/05/2009 06:00	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/05/2009 06:05	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/05/2009 06:10	21,57		0,00	0,60		0,00	0,30
15/05/2009 06:15	21,57		0,00	0,60		0,00	0,30
15/05/2009 06:20	21,57		0,00	0,50		0,00	0,20
15/05/2009 06:25	21,57		0,00	0,50		0,01	0,20
15/05/2009 06:30	21,57		0,02	0,50		0,01	0,20
15/05/2009 06:35	21,57		0,03	0,60		0,02	0,20
15/05/2009 06:40	21,57		0,06	0,60		0,02	0,20
15/05/2009 06:45	21,57		0,06	0,60		0,02	0,20
15/05/2009 06:50	21,57		0,08	0,70		0,03	0,20
15/05/2009 06:55	21,57		0,09	0,80		0,04	0,20
15/05/2009 07:00	21,57		0,12	0,90		0,06	0,30
15/05/2009 07:05	21,57		0,18	1,10		0,08	0,30
15/05/2009 07:10	21,57		0,25	1,60		0,11	0,50
15/05/2009 07:15	21,57		0,35	1,90		0,15	0,60
15/05/2009 07:20	21,57		0,47	2,50		0,18	0,80
15/05/2009 07:25	21,57		0,56	2,80		0,22	0,90
15/05/2009 07:30	21,57		0,68	3,40		0,24	1,10
15/05/2009 07:35	21,57		0,74	3,70		0,21	1,20
15/05/2009 07:40	21,57		0,65	3,30		0,19	1,10
15/05/2009 07:45	21,57		0,57	2,90		0,23	1,00
15/05/2009 07:50	21,57		0,71	3,60		0,30	1,20
15/05/2009 07:55	21,57		0,91	4,70		0,39	1,50
15/05/2009 08:00	21,57		1,19	6,00		0,50	2,00
15/05/2009 08:05	21,57		1,53	7,30		0,57	2,40
15/05/2009 08:10	21,57		1,74	8,20		0,57	2,70
15/05/2009 08:15	43,15		1,74	8,20		0,59	2,70
15/05/2009 08:20	43,15		1,79	8,30		0,62	2,80
15/05/2009 08:25	43,15		1,88	8,70		0,66	2,80

15/05/2009 08:30	43,15		2,00	9,40		0,72	3,10
15/05/2009 08:35	43,15		2,17	10,10		0,85	3,20
15/05/2009 08:40	86,29		2,57	11,90		1,06	3,90
15/05/2009 08:45	86,29		3,19	14,60		1,27	4,80
15/05/2009 08:50	107,86		3,84	17,20		1,41	5,60
15/05/2009 08:55	151,01		4,25	19,10		1,42	6,10
15/05/2009 09:00	151,01		4,28	19,00		1,96	6,30
15/05/2009 09:05	215,73		5,94	26,30		2,58	8,60
15/05/2009 09:10	302,02		7,78	34,60		2,89	11,50
15/05/2009 09:15	366,73		8,68	38,10		2,18	12,50
15/05/2009 09:20	258,87		6,57	28,80		2,42	9,50
15/05/2009 09:25	302,02		7,29	32,60		2,53	10,70
15/05/2009 09:30	323,59		7,63	34,20		2,64	11,10
15/05/2009 09:35	345,16		7,96	35,00		2,83	11,50
15/05/2009 09:40	388,31		8,48	36,90		1,46	12,10
15/05/2009 09:45	194,15		4,58	20,60		2,87	6,40
15/05/2009 09:50	431,45		9,21	40,40		2,71	12,60
15/05/2009 09:55	345,16		8,31	37,00		3,48	12,00
15/05/2009 10:00	496,17		10,46	45,80		3,50	15,20
15/05/2009 10:05	474,60		10,51	46,10		3,19	15,20
15/05/2009 10:10	431,45		9,54	42,70		3,28	14,40
15/05/2009 10:15	366,73		9,51	41,00		3,58	14,10
15/05/2009 10:20	517,74		10,73	46,50		1,83	15,60
15/05/2009 10:25	215,73		5,51	24,30		1,76	8,00
15/05/2009 10:30	194,15		5,36	23,40		3,52	7,60
15/05/2009 10:35	474,60		10,66	46,00		3,54	15,20
15/05/2009 10:40	539,32		10,57	45,80		2,15	15,30
15/05/2009 10:45	258,87		6,43	28,30		1,98	9,60
15/05/2009 10:50	237,30		5,96	26,10		3,11	8,80
15/05/2009 10:55	388,31		9,19	39,80		2,67	13,20
15/05/2009 11:00	323,59		8,05	35,20		2,48	11,60
15/05/2009 11:05	323,59		7,48	32,80		2,46	10,80
15/05/2009 11:10	302,02		7,39	32,80		3,69	10,90
15/05/2009 11:15	496,17		10,92	47,70		4,02	16,30
15/05/2009 11:20	625,61		12,39	54,10		2,44	17,40
15/05/2009 11:25	323,59		7,31	32,30		2,90	10,70
15/05/2009 11:30	366,73		8,70	38,00		4,14	12,60
15/05/2009 11:35	604,03		12,48	54,80		3,61	18,20
15/05/2009 11:40	582,46		11,22	48,70		2,59	15,90
15/05/2009 11:45	323,59		7,83	34,50		3,47	11,60
15/05/2009 11:50	496,17		10,25	44,30		2,73	15,30
15/05/2009 11:55	345,16		8,21	35,90		2,46	11,90
15/05/2009 12:00	302,02	51,90	7,42	32,50	17,20	2,39	10,70
15/05/2009 12:05	280,44		7,20	32,00		2,12	10,60
15/05/2009 12:10	258,87		6,36	27,50		1,96	9,00
15/05/2009 12:15	215,73		5,90	25,50		2,11	8,60
15/05/2009 12:20	258,87		6,36	27,80		2,08	9,20
15/05/2009 12:25	237,30		6,27	27,30		2,41	9,10
15/05/2009 12:30	302,02		7,25	31,60		2,39	10,60
15/05/2009 12:35	280,44		7,17	31,30		1,61	10,70
15/05/2009 12:40	172,58		4,86	21,00		1,53	6,90
15/05/2009 12:45	129,44		4,61	20,30		1,56	6,70
15/05/2009 12:50	151,01		4,68	20,50		1,53	6,90

15/05/2009 12:55	151,01		4,59	20,40		1,62	6,90
15/05/2009 13:00	151,01		4,89	21,30		1,62	7,10
15/05/2009 13:05	151,01		4,88	21,10		1,81	7,00
15/05/2009 13:10	194,15		5,43	23,80		1,53	7,90
15/05/2009 13:15	151,01		4,59	19,80		1,56	6,50
15/05/2009 13:20	151,01		4,70	20,80		1,63	7,10
15/05/2009 13:25	151,01		4,91	21,20		1,36	7,20
15/05/2009 13:30	129,44		4,10	18,10		1,71	6,10
15/05/2009 13:35	151,01		5,17	22,50		1,77	7,50
15/05/2009 13:40	172,58		5,34	23,20		2,32	7,80
15/05/2009 13:45	280,44		7,01	31,10		2,89	10,50
15/05/2009 13:50	366,73		8,71	37,70		2,37	12,60
15/05/2009 13:55	280,44		7,18	31,40		1,89	10,40
15/05/2009 14:00	215,73		5,71	25,20		1,60	8,30
15/05/2009 14:05	172,58		4,84	21,50		1,78	7,10
15/05/2009 14:10	194,15		5,37	23,90		1,78	7,80
15/05/2009 14:15	194,15		5,39	23,50		1,56	7,80
15/05/2009 14:20	151,01		4,74	21,20		1,35	7,10
15/05/2009 14:25	129,44		4,10	18,00		1,13	6,00
15/05/2009 14:30	86,29		3,42	15,20		0,95	4,90
15/05/2009 14:35	64,72		2,88	13,20		0,71	4,40
15/05/2009 14:40	43,15		2,16	9,90		0,59	3,30
15/05/2009 14:45	43,15		1,78	8,10		0,54	2,50
15/05/2009 14:50	21,57		1,63	7,80		0,53	2,60
15/05/2009 14:55	43,15		1,63	7,60		0,60	2,50
15/05/2009 15:00	64,72		1,82	8,20		0,73	2,80
15/05/2009 15:05	64,72		2,20	10,20		1,08	3,40
15/05/2009 15:10	86,29		3,27	14,70		1,00	4,80
15/05/2009 15:15	86,29		3,02	13,50		1,23	4,50
15/05/2009 15:20	107,86		3,72	16,70		1,05	5,60
15/05/2009 15:25	86,29		3,16	14,20		0,95	4,70
15/05/2009 15:30	64,72		2,86	12,60		1,03	4,20
15/05/2009 15:35	86,29		3,11	13,80		1,30	4,70
15/05/2009 15:40	107,86		3,92	17,40		1,29	6,00
15/05/2009 15:45	107,86		3,90	17,30		1,47	5,70
15/05/2009 15:50	129,44		4,44	19,50		1,25	6,50
15/05/2009 15:55	107,86		3,76	16,90		0,93	5,60
15/05/2009 16:00	86,29		2,81	12,40		0,73	4,20
15/05/2009 16:05	43,15		2,20	9,90		0,77	3,10
15/05/2009 16:10	64,72		2,33	10,50		0,85	3,60
15/05/2009 16:15	64,72		2,55	11,50		0,75	3,70
15/05/2009 16:20	43,15		2,27	10,00		0,71	3,20
15/05/2009 16:25	43,15		2,15	9,80		0,60	3,30
15/05/2009 16:30	43,15		1,80	8,40		0,47	2,80
15/05/2009 16:35	21,57		1,43	6,50		0,39	2,30
15/05/2009 16:40	21,57		1,19	5,80		0,34	2,00
15/05/2009 16:45	21,57		1,03	5,30		0,34	1,80
15/05/2009 16:50	21,57		1,04	5,20		0,40	1,70
15/05/2009 16:55	21,57		1,22	5,70		0,47	1,90
15/05/2009 17:00	43,15		1,43	6,90		0,50	2,20
15/05/2009 17:05	21,57		1,51	7,00		0,37	2,30
15/05/2009 17:10	21,57		1,14	5,70		0,28	2,00
15/05/2009 17:15	21,57		0,85	4,40		0,23	1,40

15/05/2009 17:20	21,57		0,71	3,60		0,25	1,20
15/05/2009 17:25	21,57		0,76	3,70		0,34	1,20
15/05/2009 17:30	43,15		1,04	5,10		0,51	1,70
15/05/2009 17:35	43,15		1,54	7,30		0,72	2,40
15/05/2009 17:40	64,72		2,16	9,60		0,95	3,20
15/05/2009 17:45	86,29		2,87	13,10		0,86	4,20
15/05/2009 17:50	64,72		2,59	11,50		0,87	3,80
15/05/2009 17:55	64,72		2,63	11,70		0,92	3,90
15/05/2009 18:00	64,72		2,79	12,40		1,03	4,10
15/05/2009 18:05	64,72		3,09	13,30		1,14	4,50
15/05/2009 18:10	107,86		3,43	15,00		2,11	5,00
15/05/2009 18:15	194,15		6,35	27,80		1,38	9,30
15/05/2009 18:20	129,44		4,14	18,10		0,56	6,30
15/05/2009 18:25	21,57		1,69	7,90		0,35	2,60
15/05/2009 18:30	21,57		1,07	5,40		0,28	1,80
15/05/2009 18:35	21,57		0,85	4,20		0,15	1,30
15/05/2009 18:40	21,57		0,46	2,50		0,12	0,80
15/05/2009 18:45	21,57		0,38	2,20		0,12	0,70
15/05/2009 18:50	21,57		0,38	2,20		0,14	0,70
15/05/2009 18:55	21,57		0,42	2,30		0,15	0,80
15/05/2009 19:00	21,57		0,48	2,60		0,15	0,90
15/05/2009 19:05	21,57		0,46	2,40		0,14	0,70
15/05/2009 19:10	21,57		0,42	2,20		0,10	0,70
15/05/2009 19:15	21,57		0,32	1,70		0,08	0,60
15/05/2009 19:20	21,57		0,24	1,50		0,07	0,50
15/05/2009 19:25	21,57		0,21	1,30		0,09	0,40
15/05/2009 19:30	21,57		0,27	1,50		0,07	0,40
15/05/2009 19:35	21,57		0,22	1,40		0,11	0,40
15/05/2009 19:40	21,57		0,35	1,90		0,12	0,60
15/05/2009 19:45	21,57		0,38	2,10		0,09	0,70
15/05/2009 19:50	21,57		0,27	1,60		0,08	0,50
15/05/2009 19:55	21,57		0,25	1,60		0,06	0,50
15/05/2009 20:00	21,57		0,20	1,30		0,05	0,40
15/06/2009 06:00	21,57		0,18	1,20		0,06	0,40
15/06/2009 06:05	21,57		0,25	1,60		0,08	0,50
15/06/2009 06:10	21,57		0,35	2,00		0,11	0,70
15/06/2009 06:15	21,57		0,41	2,30		0,13	0,80
15/06/2009 06:20	21,57		0,43	2,20		0,14	0,60
15/06/2009 06:25	21,57		0,46	2,50		0,15	0,80
15/06/2009 06:30	21,57		0,44	2,30		0,14	0,70
15/06/2009 06:35	21,57		0,39	2,20		0,12	0,80
15/06/2009 06:40	21,57		0,31	1,70		0,10	0,60
15/06/2009 06:45	21,57		0,34	2,00		0,11	0,60
15/06/2009 06:50	21,57		0,39	2,20		0,13	0,70
15/06/2009 06:55	21,57		0,55	2,70		0,18	0,90
15/06/2009 07:00	21,57		0,63	3,20		0,20	1,00
15/06/2009 07:05	21,57		0,72	3,60		0,23	1,10
15/06/2009 07:10	21,57		0,83	4,20		0,27	1,30
15/06/2009 07:15	21,57		0,94	4,70		0,31	1,70
15/06/2009 07:20	21,57		1,08	5,30		0,35	1,60
15/06/2009 07:25	21,57		1,23	6,00		0,40	2,00
15/06/2009 07:30	21,57		1,36	6,50		0,45	2,10

15/06/2009 07:35	21,57		1,52	7,10		0,50	2,20
15/06/2009 07:40	21,57		1,65	7,50		0,54	2,50
15/06/2009 07:45	43,15		1,82	8,60		0,60	2,90
15/06/2009 07:50	43,15		2,03	9,40		0,67	3,10
15/06/2009 07:55	43,15		2,19	10,00		0,72	3,30
15/06/2009 08:00	64,72		2,41	11,00		0,79	3,70
15/06/2009 08:05	64,72		2,59	11,80		0,86	3,70
15/06/2009 08:10	64,72		2,40	11,30		0,79	3,80
15/06/2009 08:15	86,29		3,13	14,50		1,03	4,80
15/06/2009 08:20	86,29		3,41	15,30		1,13	5,00
15/06/2009 08:25	86,29		3,37	14,50		1,12	4,80
15/06/2009 08:30	129,44		3,95	17,60		1,30	5,80
15/06/2009 08:35	151,01		4,28	19,20		1,42	6,40
15/06/2009 08:40	151,01		4,57	20,30		1,51	6,70
15/06/2009 08:45	151,01		4,82	21,40		1,59	7,10
15/06/2009 08:50	194,15		5,16	22,90		1,71	7,60
15/06/2009 08:55	194,15		5,40	23,60		1,79	7,90
15/06/2009 09:00	215,73		5,72	25,10		1,89	8,30
15/06/2009 09:05	237,3		6,00	26,60		1,98	8,70
15/06/2009 09:10	258,87		6,24	27,70		2,06	9,10
15/06/2009 09:15	258,87		6,56	29,30		2,17	9,80
15/06/2009 09:20	280,44		6,89	30,70		2,28	10,20
15/06/2009 09:25	302,02		7,19	31,90		2,38	10,60
15/06/2009 09:30	323,59		7,52	33,50		2,48	11,00
15/06/2009 09:35	345,16		7,74	34,90		2,56	11,40
15/06/2009 09:40	323,59		7,63	33,90		2,52	11,10
15/06/2009 09:45	366,73		8,21	36,00		2,71	11,80
15/06/2009 09:50	366,73		8,25	36,50		2,73	12,20
15/06/2009 09:55	388,31		8,60	38,30		2,84	12,90
15/06/2009 10:00	409,88		8,88	39,70		2,94	13,10
15/06/2009 10:05	409,88		8,96	39,90		2,97	13,30
15/06/2009 10:10	409,88		8,89	39,40		2,93	13,20
15/06/2009 10:15	431,45		9,30	41,50		3,08	13,80
15/06/2009 10:20	474,6		9,72	43,00		3,22	14,20
15/06/2009 10:25	496,17		9,98	44,50		3,24	14,80
15/06/2009 10:30	517,74		10,34	45,50		3,43	15,20
15/06/2009 10:35	474,6		9,88	43,50		3,27	14,60
15/06/2009 10:40	496,17		9,97	44,10		3,31	14,60
15/06/2009 10:45	474,6		9,86	44,20		3,27	14,80
15/06/2009 10:50	517,74		10,18	45,50		3,35	15,10
15/06/2009 10:55	496,17		9,79	43,30		3,25	14,50
15/06/2009 11:00	560,89		11,01	48,30		3,64	15,90
15/06/2009 11:05	582,46		11,42	50,20		3,78	16,60
15/06/2009 11:10	604,03		11,51	50,30		3,82	16,70
15/06/2009 11:15	647,18		11,89	52,20		3,95	17,10
15/06/2009 11:20	625,61		11,90	51,70		3,95	17,30
15/06/2009 11:25	647,18		11,93	52,30		3,95	17,30
15/06/2009 11:30	647,18		12,16	53,90		4,04	17,80
15/06/2009 11:35	668,75		12,34	54,50		4,10	18,00
15/06/2009 11:40	690,33		12,45	54,60		4,14	18,20
15/06/2009 11:45	560,89		10,68	47,10		3,57	15,60
15/06/2009 11:50	668,75		12,21	54,30		4,07	18,20
15/06/2009 11:55	604,03		11,43	50,60		3,82	17,00

15/06/2009 12:00	625,61	111,80	11,44	50,00	37,00	3,80	16,70
15/06/2009 12:05	668,75		12,29	54,10		4,09	18,20
15/06/2009 12:10	711,9		12,07	53,50		3,99	17,90
15/06/2009 12:15	711,9		12,86	56,70		4,28	19,10
15/06/2009 12:20	625,61		11,55	50,60		3,82	16,70
15/06/2009 12:25	604,03		11,26	49,40		3,74	16,60
15/06/2009 12:30	625,61		11,55	50,50		3,83	16,70
15/06/2009 12:35	539,32		10,37	45,50		3,40	14,90
15/06/2009 12:40	582,46		10,94	47,90		3,63	15,90
15/06/2009 12:45	560,89		10,43	45,60		3,38	14,60
15/06/2009 12:50	582,46		11,01	48,00		3,63	16,00
15/06/2009 12:55	560,89		10,72	46,30		3,54	15,00
15/06/2009 13:00	560,89		10,65	46,10		3,52	15,30
15/06/2009 13:05	604,03		11,37	48,90		3,77	16,20
15/06/2009 13:10	733,47		12,93	55,80		4,28	18,40
15/06/2009 13:15	625,61		11,67	51,00		3,85	16,50
15/06/2009 13:20	690,33		12,27	53,10		4,06	17,50
15/06/2009 13:25	647,18		11,78	51,20		3,91	16,90
15/06/2009 13:30	711,9		12,71	55,50		4,20	18,50
15/06/2009 13:35	776,61		13,37	58,10		4,42	19,30
15/06/2009 13:40	798,19		13,78	60,00		4,55	19,90
15/06/2009 13:45	798,19		13,57	58,90		4,48	19,80
15/06/2009 13:50	798,19		13,47	58,70		4,47	19,60
15/06/2009 13:55	776,61		13,31	57,80		4,41	19,30
15/06/2009 14:00	776,61		13,35	58,10		4,41	19,40
15/06/2009 14:05	798,19		13,46	58,60		4,44	19,50
15/06/2009 14:10	776,61		13,25	57,90		4,36	19,20
15/06/2009 14:15	755,04		13,06	57,20		4,32	19,00
15/06/2009 14:20	776,61		13,23	58,20		4,38	19,70
15/06/2009 14:25	755,04		13,07	57,50		4,33	19,10
15/06/2009 14:30	798,19		13,32	57,80		4,43	19,30
15/06/2009 14:35	798,19		12,64	53,80		3,73	15,40
15/06/2009 14:40	776,61		13,16	57,30		4,35	19,20
15/06/2009 14:45	755,04		12,17	53,20		3,43	15,10
15/06/2009 14:50	776,61		13,08	57,00		4,34	19,00
15/06/2009 14:55	755,04		12,96	56,10		4,31	18,80
15/06/2009 15:00	755,04		12,81	55,90		4,25	18,80
15/06/2009 15:05	755,04		12,80	56,10		4,25	18,90
15/06/2009 15:10	711,9		12,84	55,90		4,25	18,50
15/06/2009 15:15	733,47		12,78	55,60		4,22	18,70
15/06/2009 15:20	733,47		12,69	55,20		4,21	18,40
15/06/2009 15:25	711,9		12,52	54,80		4,15	18,60
15/06/2009 15:30	647,18		11,92	52,10		3,95	17,50
15/06/2009 15:35	690,33		12,04	52,90		4,00	17,60
15/06/2009 15:40	647,18		11,89	51,90		3,95	17,20
15/06/2009 15:45	647,18		11,70	51,00		3,87	16,80
15/06/2009 15:50	647,18		11,83	51,70		3,91	17,20
15/06/2009 15:55	647,18		10,90	47,80		3,51	15,50
15/06/2009 16:00	647,18		11,60	50,60		3,83	16,90
15/06/2009 16:05	625,61		11,45	50,30		3,79	16,70
15/06/2009 16:10	625,61		11,40	49,70		3,77	16,70
15/06/2009 16:15	604,03		11,29	49,90		3,73	16,50
15/06/2009 16:20	582,46		11,12	48,80		3,67	16,20

15/06/2009 16:25	582,46		10,99	48,20		3,64	16,10
15/06/2009 16:30	560,89		10,74	47,10		3,56	15,60
15/06/2009 16:35	560,89		10,62	46,60		3,52	15,50
15/06/2009 16:40	539,32		10,40	45,70		3,44	15,00
15/06/2009 16:45	517,74		10,28	45,10		3,41	15,00
15/06/2009 16:50	517,74		10,15	44,40		3,37	14,80
15/06/2009 16:55	496,17		10,00	44,10		3,32	14,50
15/06/2009 17:00	474,6		9,81	43,20		3,25	14,40
15/06/2009 17:05	474,6		9,68	42,20		3,21	14,00
15/06/2009 17:10	453,03		9,53	41,40		3,16	13,80
15/06/2009 17:15	431,45		9,40	40,60		3,12	13,40
15/06/2009 17:20	409,88		9,17	40,00		3,04	13,40
15/06/2009 17:25	409,88		8,96	39,30		2,97	13,00
15/06/2009 17:30	409,88		8,80	38,90		2,92	13,00
15/06/2009 17:35	388,31		8,61	38,40		2,86	12,70
15/06/2009 17:40	366,73		8,38	36,90		2,78	12,40
15/06/2009 17:45	366,73		8,14	35,90		2,70	12,00
15/06/2009 17:50	323,59		7,89	34,80		2,62	11,60
15/06/2009 17:55	302,02		7,61	33,60		2,52	11,20
15/06/2009 18:00	302,02		7,42	32,80		2,47	10,70
15/06/2009 18:05	280,44		7,15	31,40		2,38	10,40
15/06/2009 18:10	280,44		6,92	29,70		2,30	9,70
15/06/2009 18:15	237,3		6,64	28,50		2,21	9,40
15/06/2009 18:20	237,3		6,40	27,80		2,13	9,20
15/06/2009 18:25	215,73		6,08	26,70		2,02	9,00
15/06/2009 18:30	215,73		5,81	25,30		1,93	8,50
15/06/2009 18:35	194,15		5,52	24,50		1,83	8,10
15/06/2009 18:40	172,58		5,23	22,80		1,74	7,50
15/06/2009 18:45	172,58		4,93	22,00		1,64	7,30
15/06/2009 18:50	129,44		4,63	20,50		1,54	6,90
15/06/2009 18:55	107,86		4,35	19,20		1,44	6,20
15/06/2009 19:00	129,44		4,06	18,00		1,35	6,30
15/06/2009 19:05	86,29		3,78	16,80		1,26	5,60
15/06/2009 19:10	86,29		3,49	15,50		1,16	5,20
15/06/2009 19:15	64,72		3,20	14,40		1,06	4,70
15/06/2009 19:20	64,72		2,90	12,90		0,96	4,20
15/06/2009 19:25	64,72		2,60	12,10		0,86	4,10
15/06/2009 19:30	43,15		2,35	10,70		0,78	3,60
15/06/2009 19:35	43,15		2,09	10,00		0,69	3,20
15/06/2009 19:40	43,15		1,84	8,80		0,61	2,80
15/06/2009 19:45	21,57		1,61	7,60		0,53	2,50
15/06/2009 19:50	21,57		1,38	6,50		0,46	2,10
15/06/2009 19:55	21,57		1,19	5,70		0,39	1,80
15/06/2009 20:00	21,57		1,00	5,20		0,33	1,80
15/07/2009 06:00	21,57		0,00	0,50		0,00	0,20
15/07/2009 06:05	21,57		0,03	0,60		0,01	0,20
15/07/2009 06:10	21,57		0,04	0,70		0,00	0,20
15/07/2009 06:15	21,57		0,10	0,90		0,03	0,30
15/07/2009 06:20	21,57		0,14	0,90		0,04	0,30
15/07/2009 06:25	21,57		0,15	1,00		0,05	0,30
15/07/2009 06:30	21,57		0,22	1,20		0,07	0,40
15/07/2009 06:35	21,57		0,30	1,90		0,10	0,60

15/07/2009 06:40	21,57		0,39	2,10		0,12	0,60
15/07/2009 06:45	21,57		0,47	2,60		0,15	0,80
15/07/2009 06:50	21,57		0,53	2,90		0,17	0,90
15/07/2009 06:55	21,57		0,59	3,00		0,19	1,00
15/07/2009 07:00	21,57		0,65	3,20		0,21	1,10
15/07/2009 07:05	21,57		0,70	3,50		0,23	1,20
15/07/2009 07:10	21,57		0,81	3,90		0,26	1,30
15/07/2009 07:15	21,57		0,91	4,80		0,30	1,50
15/07/2009 07:20	21,57		1,02	5,20		0,33	1,70
15/07/2009 07:25	21,57		1,13	5,40		0,37	1,80
15/07/2009 07:30	21,57		1,21	6,00		0,40	2,00
15/07/2009 07:35	21,57		1,30	6,70		0,43	2,10
15/07/2009 07:40	21,57		1,45	7,00		0,48	2,20
15/07/2009 07:45	43,15		1,60	7,40		0,53	2,30
15/07/2009 07:50	43,15		1,79	8,30		0,59	2,80
15/07/2009 07:55	43,15		1,99	9,40		0,66	3,20
15/07/2009 08:00	64,72		2,22	10,40		0,73	3,50
15/07/2009 08:05	64,72		2,46	11,20		0,81	3,70
15/07/2009 08:10	64,72		2,68	12,10		0,89	4,00
15/07/2009 08:15	86,29		3,19	14,40		1,06	4,80
15/07/2009 08:20	107,86		3,68	16,50		1,22	5,40
15/07/2009 08:25	129,44		4,25	19,10		1,41	6,30
15/07/2009 08:30	151,01		4,77	21,40		1,58	7,20
15/07/2009 08:35	151,01		4,83	22,30		1,60	7,40
15/07/2009 08:40	151,01		4,43	19,90		1,47	6,70
15/07/2009 08:45	215,73		5,74	25,60		1,89	8,50
15/07/2009 08:50	172,58		5,25	23,20		1,73	7,90
15/07/2009 08:55	151,01		4,50	19,90		1,50	6,60
15/07/2009 09:00	302,02		7,30	32,90		2,41	10,80
15/07/2009 09:05	323,59		7,35	33,00		2,40	10,60
15/07/2009 09:10	107,86		3,95	17,50		1,31	5,70
15/07/2009 09:15	151,01		4,22	19,20		1,39	6,20
15/07/2009 09:20	215,73		6,27	27,80		2,00	9,10
15/07/2009 09:25	280,44		8,28	36,10		2,70	11,80
15/07/2009 09:30	345,16		8,36	37,50		2,77	12,50
15/07/2009 09:35	129,44		3,59	16,50		1,19	5,40
15/07/2009 09:40	129,44		4,06	18,40		1,35	6,30
15/07/2009 09:45	431,45		9,53	42,40		3,16	14,00
15/07/2009 09:50	431,45		9,52	42,50		3,15	14,20
15/07/2009 09:55	280,44		5,67	25,30		2,05	9,10
15/07/2009 10:00	194,15		5,14	23,30		1,70	7,70
15/07/2009 10:05	237,30		6,49	29,00		2,14	9,60
15/07/2009 10:10	474,60		9,84	43,50		3,26	14,40
15/07/2009 10:15	151,01		3,46	16,60		1,04	5,10
15/07/2009 10:20	194,15		4,82	21,70		1,63	7,30
15/07/2009 10:25	172,58		4,79	21,70		1,58	7,30
15/07/2009 10:30	86,29		2,75	12,30		0,91	4,10
15/07/2009 10:35	560,89		11,28	49,70		3,74	16,30
15/07/2009 10:40	474,60		10,15	44,60		3,33	14,90
15/07/2009 10:45	107,86		3,66	16,30		1,22	5,50
15/07/2009 10:50	302,02		6,71	29,60		2,20	9,80
15/07/2009 10:55	172,58		4,69	20,70		1,56	6,80
15/07/2009 11:00	560,89		11,52	50,60		3,67	16,20

15/07/2009 11:05	668,75		12,02	54,10		4,08	18,30
15/07/2009 11:10	302,02		8,52	37,40		2,98	13,10
15/07/2009 11:15	237,30		6,60	30,50		2,26	10,20
15/07/2009 11:20	323,59		7,12	32,20		2,34	10,50
15/07/2009 11:25	151,01		4,04	18,30		1,34	6,00
15/07/2009 11:30	86,29		2,70	12,30		0,90	4,00
15/07/2009 11:35	388,31		12,29	50,80		3,92	16,20
15/07/2009 11:40	345,16		7,16	32,10		2,36	10,80
15/07/2009 11:45	582,46		12,03	53,20		4,00	18,10
15/07/2009 11:50	625,61		12,22	54,00		4,06	18,20
15/07/2009 11:55	647,18		12,14	53,60		4,02	18,10
15/07/2009 12:00	496,17	102,00	11,30	48,70	33,90	3,58	15,60
15/07/2009 12:05	690,33		12,33	53,70		4,10	17,80
15/07/2009 12:10	711,90		12,83	55,30		4,27	18,50
15/07/2009 12:15	711,90		12,94	56,40		4,32	18,70
15/07/2009 12:20	711,90		12,74	56,00		4,27	18,80
15/07/2009 12:25	798,19		13,95	61,30		4,64	20,30
15/07/2009 12:30	862,91		14,52	63,60		4,78	21,10
15/07/2009 12:35	345,16		7,52	33,50		2,51	11,10
15/07/2009 12:40	755,04		13,56	58,80		4,51	19,80
15/07/2009 12:45	776,61		13,33	57,90		4,42	19,30
15/07/2009 12:50	776,61		13,76	59,70		4,56	19,80
15/07/2009 12:55	755,04		13,44	57,90		4,51	19,30
15/07/2009 13:00	323,59		11,77	49,90		4,09	17,30
15/07/2009 13:05	776,61		12,59	55,30		4,27	18,80
15/07/2009 13:10	798,19		13,83	59,90		4,64	20,10
15/07/2009 13:15	582,46		12,26	52,90		4,17	17,70
15/07/2009 13:20	711,90		13,37	57,60		4,55	19,40
15/07/2009 13:25	819,76		14,16	61,80		4,72	20,80
15/07/2009 13:30	776,61		13,63	58,70		4,54	19,50
15/07/2009 13:35	776,61		13,34	58,50		4,44	19,20
15/07/2009 13:40	776,61		13,49	58,90		4,50	19,50
15/07/2009 13:45	776,61		13,33	58,90		4,45	19,30
15/07/2009 13:50	733,47		12,77	56,70		4,27	19,10
15/07/2009 13:55	798,19		13,77	60,60		4,58	20,00
15/07/2009 14:00	733,47		12,94	56,90		4,29	19,00
15/07/2009 14:05	776,61		13,39	59,60		4,46	19,60
15/07/2009 14:10	776,61		13,51	59,70		4,49	19,80
15/07/2009 14:15	798,19		13,37	58,40		4,45	19,60
15/07/2009 14:20	755,04		13,03	56,90		4,33	19,00
15/07/2009 14:25	733,47		12,67	55,70		4,22	18,90
15/07/2009 14:30	776,61		13,38	58,40		4,45	19,60
15/07/2009 14:35	733,47		12,97	56,90		4,31	19,10
15/07/2009 14:40	668,75		12,26	53,90		4,10	18,10
15/07/2009 14:45	755,04		13,18	58,10		4,39	19,40
15/07/2009 14:50	733,47		12,90	56,70		4,29	18,80
15/07/2009 14:55	733,47		12,77	56,10		4,25	18,80
15/07/2009 15:00	711,90		12,63	55,20		4,20	18,40
15/07/2009 15:05	711,90		12,71	55,80		4,23	18,40
15/07/2009 15:10	690,33		12,17	53,40		4,05	17,70
15/07/2009 15:15	711,90		12,50	54,80		4,16	18,20
15/07/2009 15:20	647,18		11,83	51,70		3,94	17,40
15/07/2009 15:25	690,33		12,51	55,10		4,16	18,50

15/07/2009 15:30	647,18		11,86	52,20		3,95	17,60
15/07/2009 15:35	647,18		12,28	54,20		4,09	18,00
15/07/2009 15:40	625,61		11,62	51,20		3,88	17,20
15/07/2009 15:45	582,46		11,06	49,10		3,64	16,20
15/07/2009 15:50	560,89		10,77	48,20		3,58	16,10
15/07/2009 15:55	604,03		11,43	50,30		3,80	16,60
15/07/2009 16:00	431,45		9,47	41,60		3,20	14,10
15/07/2009 16:05	582,46		11,19	49,40		3,74	16,40
15/07/2009 16:10	604,03		11,34	50,20		3,77	16,90
15/07/2009 16:15	560,89		10,93	48,30		3,63	16,00
15/07/2009 16:20	560,89		10,68	47,50		3,54	15,90
15/07/2009 16:25	539,32		10,54	47,00		3,50	15,70
15/07/2009 16:30	539,32		10,58	47,50		3,52	15,90
15/07/2009 16:35	194,15		7,40	31,90		2,05	8,60
15/07/2009 16:40	258,87		6,17	27,50		1,97	9,00
15/07/2009 16:45	453,03		9,52	42,30		3,16	14,00
15/07/2009 16:50	496,17		10,28	45,20		3,41	15,30
15/07/2009 16:55	474,60		9,83	43,30		3,26	14,60
15/07/2009 17:00	453,03		9,35	41,20		3,11	13,90
15/07/2009 17:05	431,45		9,20	40,20		3,06	13,50
15/07/2009 17:10	409,88		8,89	39,20		2,95	13,20
15/07/2009 17:15	366,73		8,05	35,60		2,68	12,00
15/07/2009 17:20	345,16		7,62	33,20		2,53	11,20
15/07/2009 17:25	366,73		7,85	35,10		2,61	11,80
15/07/2009 17:30	345,16		7,88	34,80		2,62	11,70
15/07/2009 17:35	323,59		7,83	34,90		2,61	11,60
15/07/2009 17:40	323,59		7,63	34,20		2,54	11,50
15/07/2009 17:45	280,44		6,99	30,60		2,33	10,20
15/07/2009 17:50	280,44		6,71	29,50		2,24	10,00
15/07/2009 17:55	258,87		6,68	29,40		2,22	9,90
15/07/2009 18:00	258,87		6,61	29,60		2,20	10,00
15/07/2009 18:05	258,87		6,44	28,30		2,14	9,50
15/07/2009 18:10	237,30		6,03	26,90		2,00	9,00
15/07/2009 18:15	194,15		5,58	24,70		1,85	8,20
15/07/2009 18:20	194,15		5,18	22,80		1,71	7,60
15/07/2009 18:25	151,01		4,64	20,60		1,54	7,00
15/07/2009 18:30	129,44		4,37	19,00		1,45	6,30
15/07/2009 18:35	129,44		4,33	19,20		1,44	6,30
15/07/2009 18:40	129,44		4,01	17,70		1,33	5,90
15/07/2009 18:45	64,72		2,01	9,20		0,67	3,00
15/07/2009 18:50	43,15		2,68	11,70		0,91	4,10
15/07/2009 18:55	86,29		3,14	14,10		1,04	4,70
15/07/2009 19:00	43,15		1,99	9,80		0,68	3,40
15/07/2009 19:05	64,72		2,49	11,40		0,83	3,90
15/07/2009 19:10	43,15		1,97	9,50		0,66	3,10
15/07/2009 19:15	21,57		1,31	6,30		0,43	2,20
15/07/2009 19:20	21,57		1,08	5,40		0,36	1,80
15/07/2009 19:25	21,57		1,00	5,20		0,33	1,70
15/07/2009 19:30	21,57		0,83	4,20		0,27	1,40
15/07/2009 19:35	21,57		0,72	3,70		0,24	1,20
15/07/2009 19:40	21,57		0,89	4,60		0,29	1,50
15/07/2009 19:45	21,57		0,73	3,90		0,24	1,20
15/07/2009 19:50	21,57		0,58	3,00		0,19	1,00

15/07/2009 19:55	21,57		0,50	2,60		0,16	0,80
15/07/2009 20:00	21,57		0,46	2,70		0,15	0,90
15/08/2009 06:00	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/08/2009 06:05	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/08/2009 06:10	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/08/2009 06:15	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/08/2009 06:20	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/08/2009 06:25	21,57		0,00	0,60		0,00	0,30
15/08/2009 06:30	21,57		0,00	0,60		0,00	0,20
15/08/2009 06:35	21,57		0,03	0,60		0,01	0,20
15/08/2009 06:40	21,57		0,07	0,70		0,02	0,20
15/08/2009 06:45	21,57		0,12	0,90		0,04	0,30
15/08/2009 06:50	21,57		0,17	1,10		0,05	0,30
15/08/2009 06:55	21,57		0,23	1,40		0,07	0,40
15/08/2009 07:00	21,57		0,29	1,80		0,09	0,50
15/08/2009 07:05	21,57		0,35	2,10		0,11	0,60
15/08/2009 07:10	21,57		0,42	2,40		0,13	0,80
15/08/2009 07:15	21,57		0,49	2,60		0,16	0,90
15/08/2009 07:20	21,57		0,56	3,00		0,18	1,00
15/08/2009 07:25	21,57		0,63	3,20		0,20	1,00
15/08/2009 07:30	21,57		0,72	3,60		0,23	1,10
15/08/2009 07:35	21,57		0,81	3,90		0,26	1,30
15/08/2009 07:40	21,57		0,91	4,60		0,30	1,60
15/08/2009 07:45	21,57		1,05	5,30		0,34	1,70
15/08/2009 07:50	21,57		1,18	5,80		0,39	1,80
15/08/2009 07:55	21,57		1,33	6,40		0,44	2,00
15/08/2009 08:00	21,57		1,47	7,00		0,48	2,30
15/08/2009 08:05	43,15		1,60	7,50		0,53	2,40
15/08/2009 08:10	21,57		1,82	8,40		0,60	2,70
15/08/2009 08:15	43,15		2,04	9,40		0,67	3,20
15/08/2009 08:20	43,15		2,25	10,30		0,75	3,20
15/08/2009 08:25	64,72		2,47	11,30		0,82	3,80
15/08/2009 08:30	64,72		2,67	12,10		0,89	4,00
15/08/2009 08:35	64,72		2,89	12,80		0,96	4,30
15/08/2009 08:40	86,29		3,13	14,00		1,03	4,80
15/08/2009 08:45	107,86		3,38	15,20		1,12	5,10
15/08/2009 08:50	107,86		3,74	16,50		1,24	5,50
15/08/2009 08:55	129,44		3,92	17,30		1,30	5,70
15/08/2009 09:00	129,44		4,23	18,60		1,40	6,20
15/08/2009 09:05	151,01		4,45	19,60		1,47	6,50
15/08/2009 09:10	172,58		4,84	20,80		1,60	6,70
15/08/2009 09:15	172,58		5,10	22,60		1,69	7,50
15/08/2009 09:20	194,15		5,30	23,20		1,75	7,70
15/08/2009 09:25	215,73		5,50	24,10		1,82	8,00
15/08/2009 09:30	237,30		5,90	26,00		1,95	8,50
15/08/2009 09:35	258,87		6,29	26,70		2,08	8,80
15/08/2009 09:40	258,87		6,66	28,40		2,20	9,40
15/08/2009 09:45	302,02		7,04	30,50		2,33	10,10
15/08/2009 09:50	302,02		7,10	30,60		2,37	10,00
15/08/2009 09:55	258,87		6,31	28,90		2,11	9,20
15/08/2009 10:00	388,31		8,32	36,00		2,76	12,10
15/08/2009 10:05	86,29		2,61	11,70		0,86	4,00

15/08/2009 10:10	366,73		8,35	36,20		2,76	12,00
15/08/2009 10:15	388,31		8,64	37,30		2,86	12,20
15/08/2009 10:20	388,31		8,70	37,90		2,88	12,70
15/08/2009 10:25	431,45		9,02	38,50		2,99	12,90
15/08/2009 10:30	431,45		9,11	39,40		3,02	13,20
15/08/2009 10:35	431,45		9,28	40,00		3,07	13,30
15/08/2009 10:40	453,03		9,37	40,50		3,10	13,40
15/08/2009 10:45	474,60		9,75	42,00		3,23	13,90
15/08/2009 10:50	496,17		10,04	43,70		3,32	14,40
15/08/2009 10:55	517,74		10,15	43,90		3,37	14,60
15/08/2009 11:00	496,17		9,47	41,20		3,17	13,80
15/08/2009 11:05	539,32		10,66	45,90		3,53	15,20
15/08/2009 11:10	539,32		10,48	45,50		3,47	15,10
15/08/2009 11:15	560,89		11,09	47,80		3,67	15,80
15/08/2009 11:20	582,46		11,05	48,00		3,66	15,90
15/08/2009 11:25	582,46		11,15	47,80		3,69	15,90
15/08/2009 11:30	604,03		11,50	49,80		3,79	16,50
15/08/2009 11:35	604,03		10,43	45,00		3,70	15,90
15/08/2009 11:40	647,18		11,84	50,80		3,89	16,50
15/08/2009 11:45	647,18		11,98	51,30		3,96	16,90
15/08/2009 11:50	625,61		11,40	49,10		3,74	16,30
15/08/2009 11:55	668,75		12,10	52,00		3,99	17,00
15/08/2009 12:00	107,86	95,50	3,35	14,60	31,60	1,11	4,90
15/08/2009 12:05	647,18		12,60	53,80		4,18	17,90
15/08/2009 12:10	690,33		12,59	54,00		4,17	18,00
15/08/2009 12:15	711,90		12,60	54,20		4,19	17,90
15/08/2009 12:20	733,47		12,55	53,60		4,27	18,50
15/08/2009 12:25	755,04		13,31	57,00		4,41	18,90
15/08/2009 12:30	733,47		13,18	56,30		4,37	18,80
15/08/2009 12:35	733,47		12,95	56,40		4,28	18,60
15/08/2009 12:40	755,04		12,81	54,80		4,23	17,90
15/08/2009 12:45	733,47		12,75	54,60		4,20	18,00
15/08/2009 12:50	755,04		12,99	55,90		4,29	18,40
15/08/2009 12:55	776,61		13,27	57,10		4,40	18,90
15/08/2009 13:00	733,47		13,13	56,20		4,34	18,60
15/08/2009 13:05	776,61		12,92	55,30		4,29	18,50
15/08/2009 13:10	798,19		13,27	57,00		4,39	18,80
15/08/2009 13:15	776,61		13,00	55,50		4,31	18,50
15/08/2009 13:20	776,61		13,43	57,80		4,44	19,30
15/08/2009 13:25	776,61		13,35	56,80		4,42	18,80
15/08/2009 13:30	755,04		13,11	56,20		4,33	18,80
15/08/2009 13:35	798,19		13,22	56,90		4,37	18,80
15/08/2009 13:40	776,61		13,42	57,30		4,43	18,90
15/08/2009 13:45	798,19		13,57	57,50		4,48	19,00
15/08/2009 13:50	776,61		13,26	55,70		4,39	18,70
15/08/2009 13:55	776,61		13,09	55,30		4,34	18,70
15/08/2009 14:00	776,61		13,33	56,50		4,40	18,80
15/08/2009 14:05	711,90		12,56	53,50		4,09	17,50
15/08/2009 14:10	172,58		4,30	19,10		1,56	6,90
15/08/2009 14:15	366,73		4,45	19,50		1,79	7,90
15/08/2009 14:20	755,04		13,38	56,90		4,41	18,90
15/08/2009 14:25	733,47		12,92	55,20		4,27	18,30
15/08/2009 14:30	755,04		13,04	55,40		4,31	18,40

15/08/2009 14:35	733,47		12,79	54,40		4,22	18,00
15/08/2009 14:40	733,47		12,63	53,80		4,18	17,90
15/08/2009 14:45	755,04		12,89	54,30		4,25	17,90
15/08/2009 14:50	733,47		12,85	54,70		4,25	18,10
15/08/2009 14:55	582,46		10,39	44,30		3,84	16,60
15/08/2009 15:00	107,86		3,53	15,90		1,14	5,20
15/08/2009 15:05	711,90		13,31	56,30		4,39	18,60
15/08/2009 15:10	711,90		12,87	54,40		4,26	18,00
15/08/2009 15:15	690,33		12,57	53,80		4,14	17,90
15/08/2009 15:20	690,33		12,41	52,40		4,10	17,10
15/08/2009 15:25	647,18		12,04	50,80		4,00	17,00
15/08/2009 15:30	647,18		11,79	50,10		3,93	16,90
15/08/2009 15:35	647,18		12,03	50,80		3,99	16,70
15/08/2009 15:40	668,75		12,04	51,30		3,98	16,90
15/08/2009 15:45	647,18		11,80	50,20		3,90	16,50
15/08/2009 15:50	647,18		11,54	49,10		3,82	16,40
15/08/2009 15:55	647,18		11,60	49,50		3,83	16,50
15/08/2009 16:00	647,18		11,64	49,70		3,86	16,20
15/08/2009 16:05	582,46		11,09	47,80		3,67	15,90
15/08/2009 16:10	582,46		10,97	46,70		3,64	15,60
15/08/2009 16:15	539,32		10,80	45,90		3,58	15,20
15/08/2009 16:20	366,73		5,03	22,80		2,11	9,60
15/08/2009 16:25	107,86		3,27	14,40		1,09	4,80
15/08/2009 16:30	560,89		11,48	49,60		3,80	16,50
15/08/2009 16:35	517,74		10,37	45,20		3,43	15,10
15/08/2009 16:40	453,03		9,76	42,20		3,22	13,90
15/08/2009 16:45	496,17		9,71	41,80		3,20	13,90
15/08/2009 16:50	453,03		9,68	42,20		3,20	13,80
15/08/2009 16:55	453,03		9,58	42,00		3,16	14,00
15/08/2009 17:00	453,03		9,48	40,80		3,13	13,60
15/08/2009 17:05	409,88		9,06	39,30		3,00	13,20
15/08/2009 17:10	86,29		3,49	15,60		1,10	4,90
15/08/2009 17:15	280,44		5,95	26,30		1,84	8,00
15/08/2009 17:20	366,73		8,28	36,20		2,74	12,00
15/08/2009 17:25	280,44		6,33	27,40		2,13	9,20
15/08/2009 17:30	86,29		2,95	13,20		0,96	4,40
15/08/2009 17:35	258,87		6,61	29,10		2,19	9,70
15/08/2009 17:40	194,15		5,58	24,10		1,85	8,10
15/08/2009 17:45	172,58		4,66	20,70		1,54	6,80
15/08/2009 17:50	86,29		2,34	10,60		0,78	3,60
15/08/2009 17:55	43,15		2,12	10,00		0,70	3,20
15/08/2009 18:00	107,86		3,56	16,20		1,18	5,40
15/08/2009 18:05	86,29		2,58	11,70		0,86	3,80
15/08/2009 18:10	43,15		1,52	7,30		0,51	2,40
15/08/2009 18:15	21,57		1,16	5,60		0,38	1,80
15/08/2009 18:20	21,57		1,08	5,60		0,36	1,80
15/08/2009 18:25	21,57		1,07	5,60		0,35	1,80
15/08/2009 18:30	43,15		1,05	5,40		0,34	1,80
15/08/2009 18:35	43,15		1,04	5,30		0,34	1,70
15/08/2009 18:40	43,15		1,05	5,60		0,34	1,80
15/08/2009 18:45	21,57		1,07	5,40		0,35	1,80
15/08/2009 18:50	21,57		1,15	5,80		0,38	1,90
15/08/2009 18:55	64,72		2,38	11,00		0,79	3,60

15/08/2009 19:00	64,72		2,81	12,30		0,94	4,20
15/08/2009 19:05	64,72		2,51	11,10		0,84	3,80
15/08/2009 19:10	64,72		2,37	10,90		0,80	3,70
15/08/2009 19:15	43,15		2,14	9,70		0,72	3,20
15/08/2009 19:20	43,15		1,47	6,90		0,49	2,30
15/08/2009 19:25	21,57		1,26	6,00		0,42	1,90
15/08/2009 19:30	21,57		1,09	5,30		0,36	1,70
15/08/2009 19:35	21,57		0,92	4,60		0,30	1,50
15/08/2009 19:40	21,57		0,80	4,20		0,26	1,40
15/08/2009 19:45	21,57		0,68	3,40		0,22	1,10
15/08/2009 19:50	21,57		0,56	3,00		0,18	1,00
15/08/2009 19:55	21,57		0,44	2,30		0,14	0,80
15/08/2009 20:00	21,57		0,32	1,90		0,10	0,60
15/09/2009 06:55	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/09/2009 07:00	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/09/2009 07:05	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/09/2009 07:10	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/09/2009 07:15	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/09/2009 07:20	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/09/2009 07:25	21,57		0,00	0,10		0,00	0,00
15/09/2009 07:30	21,57		0,00	0,70		0,00	0,30
15/09/2009 07:35	21,57		0,00	0,60		0,00	0,30
15/09/2009 07:40	21,57		0,02	0,80		0,01	0,30
15/09/2009 07:45	21,57		0,03	0,80		0,01	0,30
15/09/2009 07:50	21,57		0,09	0,90		0,03	0,30
15/09/2009 07:55	21,57		0,03	0,70		0,01	0,20
15/09/2009 08:00	21,57		0,04	0,70		0,01	0,20
15/09/2009 08:05	21,57		0,09	0,90		0,03	0,30
15/09/2009 08:10	21,57		0,26	1,50		0,08	0,50
15/09/2009 08:15	21,57		0,35	2,10		0,11	0,70
15/09/2009 08:20	21,57		0,54	2,80		0,17	0,90
15/09/2009 08:25	21,57		0,43	2,30		0,14	0,80
15/09/2009 08:30	21,57		0,56	2,90		0,18	0,90
15/09/2009 08:35	21,57		0,56	2,80		0,18	1,00
15/09/2009 08:40	21,57		0,27	1,60		0,09	0,50
15/09/2009 08:45	21,57		0,40	2,20		0,13	0,70
15/09/2009 08:50	21,57		0,66	3,20		0,21	1,10
15/09/2009 08:55	21,57		0,80	4,30		0,26	1,50
15/09/2009 09:00	21,57		0,96	4,80		0,31	1,60
15/09/2009 09:05	0,00		0,93	4,70		0,30	1,50
15/09/2009 09:10	21,57		1,14	5,70		0,37	1,90
15/09/2009 09:15	21,57		1,26	6,20		0,41	2,00
15/09/2009 09:20	21,57		1,18	5,60		0,39	1,70
15/09/2009 09:25	21,57		1,74	8,00		0,58	2,60
15/09/2009 09:30	43,15		2,15	10,10		0,71	3,40
15/09/2009 09:35	21,57		1,51	7,30		0,50	2,40
15/09/2009 09:40	21,57		1,12	5,70		0,37	1,80
15/09/2009 09:45	21,57		1,04	5,30		0,34	1,70
15/09/2009 09:50	43,15		1,54	7,00		0,51	2,20
15/09/2009 09:55	129,44		4,30	19,30		1,43	6,40
15/09/2009 10:00	43,15		2,85	12,80		0,94	4,10
15/09/2009 10:05	21,57		2,37	11,10		0,78	3,60

15/09/2009 10:10	215,73		5,73	25,20		1,90	8,30
15/09/2009 10:15	345,16		8,16	35,70		2,74	12,00
15/09/2009 10:20	302,02		7,47	32,60		2,64	11,50
15/09/2009 10:25	129,44		3,95	17,80		1,31	5,90
15/09/2009 10:30	21,57		1,54	7,20		0,51	2,30
15/09/2009 10:35	21,57		2,55	11,50		0,84	3,80
15/09/2009 10:40	64,72		2,12	9,50		0,70	3,20
15/09/2009 10:45	21,57		1,57	7,80		0,52	2,50
15/09/2009 10:50	43,15		2,22	10,10		0,73	3,30
15/09/2009 10:55	43,15		1,80	8,50		0,59	2,80
15/09/2009 11:00	64,72		2,85	13,10		0,94	4,30
15/09/2009 11:05	64,72		1,96	9,10		0,65	3,00
15/09/2009 11:10	43,15		2,77	12,50		0,92	4,10
15/09/2009 11:15	64,72		2,51	11,30		0,83	3,70
15/09/2009 11:20	64,72		3,21	14,60		1,10	4,90
15/09/2009 11:25	215,73		6,55	28,80		2,17	9,30
15/09/2009 11:30	86,29		3,12	14,20		1,03	4,80
15/09/2009 11:35	64,72		2,38	10,80		0,78	3,60
15/09/2009 11:40	86,29		3,37	14,90		1,11	4,90
15/09/2009 11:45	86,29		3,03	13,60		1,00	4,50
15/09/2009 11:50	107,86		4,17	18,40		1,38	6,00
15/09/2009 11:55	64,72		2,39	10,70		0,79	3,60
15/09/2009 12:00	43,15	33,20	1,50	6,90	10,90	0,49	2,20
15/09/2009 12:05	21,57		1,58	7,70		0,52	2,50
15/09/2009 12:10	43,15		2,01	9,50		0,67	3,20
15/09/2009 12:15	43,15		1,67	8,20		0,55	2,70
15/09/2009 12:20	21,57		1,23	5,90		0,41	1,90
15/09/2009 12:25	43,15		2,06	9,30		0,68	3,00
15/09/2009 12:30	86,29		3,10	13,80		1,03	4,50
15/09/2009 12:35	107,86		3,53	15,60		1,16	5,10
15/09/2009 12:40	151,01		4,77	20,60		1,58	7,00
15/09/2009 12:45	151,01		4,66	20,10		1,54	6,60
15/09/2009 12:50	86,29		3,32	15,10		1,11	4,90
15/09/2009 12:55	43,15		1,78	8,20		0,59	2,90
15/09/2009 13:00	21,57		1,37	6,60		0,45	2,20
15/09/2009 13:05	43,15		1,88	8,60		0,63	3,10
15/09/2009 13:10	43,15		1,67	7,90		0,54	2,50
15/09/2009 13:15	21,57		1,72	8,00		0,56	2,60
15/09/2009 13:20	64,72		2,31	10,70		0,77	3,50
15/09/2009 13:25	43,15		1,62	7,70		0,54	2,70
15/09/2009 13:30	43,15		1,79	8,60		0,59	2,90
15/09/2009 13:35	21,57		0,88	4,40		0,29	1,50
15/09/2009 13:40	21,57		0,64	3,10		0,21	0,90
15/09/2009 13:45	21,57		0,89	4,60		0,29	1,50
15/09/2009 13:50	43,15		1,45	6,90		0,48	2,40
15/09/2009 13:55	64,72		3,11	14,30		1,03	4,70
15/09/2009 14:00	107,86		3,82	16,90		1,27	5,70
15/09/2009 14:05	64,72		2,71	12,40		0,90	4,30
15/09/2009 14:10	86,29		3,32	14,60		1,10	4,90
15/09/2009 14:15	43,15		2,00	9,60		0,67	3,10
15/09/2009 14:20	21,57		1,18	5,90		0,39	2,10
15/09/2009 14:25	21,57		1,15	5,50		0,38	1,80
15/09/2009 14:30	43,15		1,40	6,40		0,45	2,00

15/09/2009 14:35	43,15		2,31	10,40		0,77	3,50
15/09/2009 14:40	43,15		1,98	8,90		0,65	2,90
15/09/2009 14:45	43,15		1,67	7,90		0,55	2,60
15/09/2009 14:50	21,57		1,27	6,20		0,42	2,10
15/09/2009 14:55	21,57		1,21	5,90		0,40	2,00
15/09/2009 15:00	43,15		1,54	7,50		0,51	2,60
15/09/2009 15:05	21,57		1,17	5,80		0,38	1,90
15/09/2009 15:10	43,15		1,95	9,00		0,65	2,90
15/09/2009 15:15	86,29		3,20	14,40		1,06	4,80
15/09/2009 15:20	64,72		2,93	13,20		0,97	4,50
15/09/2009 15:25	64,72		2,80	12,40		0,93	4,00
15/09/2009 15:30	64,72		2,70	12,00		0,89	4,00
15/09/2009 15:35	43,15		2,23	10,10		0,74	3,40
15/09/2009 15:40	43,15		2,32	10,70		0,77	3,80
15/09/2009 15:45	64,72		2,45	11,00		0,81	3,50
15/09/2009 15:50	64,72		2,91	13,30		0,96	4,50
15/09/2009 15:55	86,29		3,34	14,80		1,10	4,90
15/09/2009 16:00	151,01		4,82	21,20		1,60	7,00
15/09/2009 16:05	107,86		3,76	16,50		1,24	5,40
15/09/2009 16:10	86,29		3,44	15,20		1,14	5,00
15/09/2009 16:15	151,01		4,68	20,40		1,55	6,80
15/09/2009 16:20	107,86		3,84	16,70		1,28	5,60
15/09/2009 16:25	431,45		9,96	42,90		3,27	14,30
15/09/2009 16:30	431,45		9,54	40,80		3,08	13,30
15/09/2009 16:35	323,59		7,69	33,20		2,50	10,90
15/09/2009 16:40	302,02		7,14	31,20		2,34	10,50
15/09/2009 16:45	86,29		3,04	13,80		1,02	4,60
15/09/2009 16:50	21,57		1,12	5,60		0,37	1,80
15/09/2009 16:55	21,57		0,87	4,20		0,29	1,40
15/09/2009 17:00	21,57		0,45	2,60		0,14	0,80
15/09/2009 17:05	21,57		0,67	3,40		0,22	1,00
15/09/2009 17:10	21,57		0,96	4,70		0,31	1,60
15/09/2009 17:15	21,57		0,99	5,10		0,33	1,60
15/09/2009 17:20	21,57		0,86	4,20		0,28	1,30
15/09/2009 17:25	21,57		1,19	5,90		0,39	1,90
15/09/2009 17:30	43,15		1,53	7,00		0,50	2,40
15/09/2009 17:35	64,72		2,06	9,10		0,68	3,00
15/09/2009 17:40	43,15		2,00	9,20		0,66	3,00
15/09/2009 17:45	43,15		1,17	6,00		0,39	2,00
15/09/2009 17:50	21,57		1,21	5,70		0,40	1,80
15/09/2009 17:55	43,15		1,74	8,10		0,63	2,90
15/09/2009 18:00	43,15		1,38	6,60		0,45	2,30
15/09/2009 18:05	21,57		0,91	4,60		0,30	1,50
15/09/2009 18:10	21,57		0,47	2,60		0,15	0,80
15/09/2009 18:15	21,57		0,21	1,30		0,07	0,40
15/09/2009 18:20	21,57		0,22	1,30		0,07	0,40
15/09/2009 18:25	21,57		0,18	1,20		0,06	0,40
15/09/2009 18:30	21,57		0,15	1,00		0,05	0,30
15/09/2009 18:35	21,57		0,07	0,70		0,02	0,20
15/09/2009 18:40	21,57		0,17	1,00		0,05	0,30
15/09/2009 18:45	21,57		0,26	1,60		0,08	0,50
15/09/2009 18:50	21,57		0,12	1,00		0,04	0,30
15/09/2009 18:55	21,57		0,05	0,70		0,01	0,20

15/09/2009 19:00	21,57		0,03	0,60		0,01	0,20
15/09/2009 19:05	21,57		0,03	0,70		0,01	0,20
15/09/2009 19:10	21,57		0,00	1,40		0,00	0,50
15/09/2009 19:15	21,57		0,00	0,40		0,00	0,20
15/09/2009 19:20	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/09/2009 19:25	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/09/2009 19:30	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/09/2009 19:35	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/09/2009 19:40	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/09/2009 19:45	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/09/2009 19:50	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/09/2009 19:55	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/10/2009 07:20	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/10/2009 07:25	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/10/2009 07:30	21,57		0,00	0,10		0,00	0,00
15/10/2009 07:35	21,57		0,00	0,30		0,00	0,30
15/10/2009 07:40	21,57		0,02	0,80		0,01	0,20
15/10/2009 07:45	21,57		0,06	0,80		0,02	0,30
15/10/2009 07:50	21,57		0,10	1,00		0,03	0,30
15/10/2009 07:55	21,57		0,15	1,00		0,04	0,30
15/10/2009 08:00	21,57		0,20	1,30		0,06	0,40
15/10/2009 08:05	21,57		0,31	1,90		0,10	0,60
15/10/2009 08:10	21,57		0,44	2,40		0,14	0,80
15/10/2009 08:15	21,57		0,60	3,10		0,19	1,00
15/10/2009 08:20	21,57		0,78	4,10		0,25	1,30
15/10/2009 08:25	21,57		1,01	5,10		0,33	1,70
15/10/2009 08:30	43,15		1,18	6,00		0,39	1,90
15/10/2009 08:35	43,15		1,35	6,40		0,45	2,00
15/10/2009 08:40	43,15		1,51	7,00		0,50	2,30
15/10/2009 08:45	43,15		1,74	8,10		0,57	2,70
15/10/2009 08:50	43,15		2,06	9,20		0,68	3,00
15/10/2009 08:55	64,72		2,35	10,80		0,78	3,60
15/10/2009 09:00	64,72		2,70	12,10		0,89	4,00
15/10/2009 09:05	86,29		2,99	13,30		0,99	4,40
15/10/2009 09:10	86,29		3,35	14,90		1,11	4,90
15/10/2009 09:15	107,86		3,73	16,60		1,24	5,60
15/10/2009 09:20	129,44		4,07	17,80		1,36	5,70
15/10/2009 09:25	151,01		4,43	19,40		1,47	6,40
15/10/2009 09:30	172,58		4,76	20,90		1,58	6,80
15/10/2009 09:35	194,15		5,13	22,40		1,70	7,40
15/10/2009 09:40	194,15		5,51	23,40		1,83	7,70
15/10/2009 09:45	237,30		5,96	25,60		1,98	8,70
15/10/2009 09:50	258,87		6,51	28,20		2,16	9,10
15/10/2009 09:55	258,87		6,73	29,10		2,23	9,70
15/10/2009 10:00	194,15		5,03	22,00		1,72	7,50
15/10/2009 10:05	258,87		6,64	28,70		2,21	9,40
15/10/2009 10:10	323,59		7,43	32,00		2,37	10,00
15/10/2009 10:15	237,30		6,09	26,30		1,97	8,60
15/10/2009 10:20	366,73		8,25	35,80		2,71	11,80
15/10/2009 10:25	388,31		9,05	38,90		3,01	12,90
15/10/2009 10:30	366,73		8,45	36,50		2,81	12,00
15/10/2009 10:35	453,03		9,83	42,10		3,27	13,90

15/10/2009 10:40	453,03		10,16	43,80		3,37	14,40
15/10/2009 10:45	517,74		11,08	47,80		3,68	15,80
15/10/2009 10:50	453,03		9,66	41,90		3,21	13,80
15/10/2009 10:55	582,46		11,95	51,00		3,99	17,00
15/10/2009 11:00	453,03		9,65	41,50		3,23	13,80
15/10/2009 11:05	258,87		6,72	29,40		2,25	9,80
15/10/2009 11:10	258,87		7,05	30,40		2,33	10,10
15/10/2009 11:15	323,59		7,38	31,80		2,43	10,20
15/10/2009 11:20	302,02		7,32	31,20		2,41	10,40
15/10/2009 11:25	560,89		10,62	45,10		3,43	14,40
15/10/2009 11:30	258,87		6,83	28,80		2,28	9,60
15/10/2009 11:35	302,02		7,20	31,20		2,44	10,70
15/10/2009 11:40	711,90		14,49	61,90		4,80	20,40
15/10/2009 11:45	453,03		9,77	42,30		3,27	14,00
15/10/2009 11:50	280,44		6,94	30,30		2,29	9,90
15/10/2009 11:55	194,15		5,49	23,90		1,82	8,00
15/10/2009 12:00	280,44	73,20	6,92	29,40	23,50	2,29	9,70
15/10/2009 12:05	409,88		8,49	36,60		2,73	11,60
15/10/2009 12:10	496,17		10,68	45,20		3,54	14,80
15/10/2009 12:15	323,59		7,83	33,70		2,59	11,20
15/10/2009 12:20	388,31		8,68	37,20		2,87	12,20
15/10/2009 12:25	496,17		10,91	47,20		3,62	15,80
15/10/2009 12:30	409,88		8,76	37,90		2,91	12,60
15/10/2009 12:35	366,73		8,30	36,30		2,75	12,10
15/10/2009 12:40	453,03		9,62	40,90		3,21	13,80
15/10/2009 12:45	474,60		10,46	44,50		3,48	14,70
15/10/2009 12:50	280,44		7,08	29,80		2,35	9,80
15/10/2009 12:55	474,60		10,22	43,50		3,42	14,70
15/10/2009 13:00	474,60		10,28	43,80		3,41	14,30
15/10/2009 13:05	539,32		10,81	46,60		3,59	15,30
15/10/2009 13:10	625,61		12,83	54,40		4,26	18,10
15/10/2009 13:15	647,18		13,04	55,30		4,32	18,30
15/10/2009 13:20	668,75		13,27	56,10		4,41	18,60
15/10/2009 13:25	668,75		13,23	56,50		4,39	19,20
15/10/2009 13:30	668,75		13,15	56,00		4,37	18,50
15/10/2009 13:35	668,75		13,00	55,50		4,26	18,20
15/10/2009 13:40	668,75		13,00	55,50		4,26	18,30
15/10/2009 13:45	668,75		12,95	55,30		4,24	18,20
15/10/2009 13:50	647,18		12,93	54,90		4,23	18,00
15/10/2009 13:55	668,75		12,87	55,20		4,21	18,10
15/10/2009 14:00	647,18		12,82	54,90		4,20	18,10
15/10/2009 14:05	647,18		12,80	55,20		4,19	17,90
15/10/2009 14:10	647,18		12,70	54,50		4,17	18,10
15/10/2009 14:15	625,61		12,61	53,40		4,08	17,40
15/10/2009 14:20	625,61		12,31	52,00		3,99	17,10
15/10/2009 14:25	625,61		12,36	53,10		3,99	17,30
15/10/2009 14:30	625,61		12,53	53,00		4,04	17,20
15/10/2009 14:35	625,61		12,34	52,00		3,95	16,60
15/10/2009 14:40	604,03		12,00	50,70		3,82	16,20
15/10/2009 14:45	604,03		11,97	50,70		3,85	16,30
15/10/2009 14:50	582,46		11,77	49,90		3,73	15,80
15/10/2009 14:55	582,46		11,66	49,40		3,69	15,70
15/10/2009 15:00	560,89		11,49	49,20		3,65	15,70

15/10/2009 15:05	539,32		11,23	48,40		3,53	15,40
15/10/2009 15:10	517,74		10,92	46,60		3,45	14,80
15/10/2009 15:15	539,32		10,61	45,80		3,40	14,80
15/10/2009 15:20	517,74		10,36	44,90		3,23	14,00
15/10/2009 15:25	517,74		9,90	42,50		2,97	12,70
15/10/2009 15:30	496,17		9,54	41,20		2,88	12,60
15/10/2009 15:35	474,60		9,15	39,70		2,76	12,10
15/10/2009 15:40	474,60		8,95	39,10		2,77	12,00
15/10/2009 15:45	453,03		8,46	36,50		2,59	11,30
15/10/2009 15:50	431,45		8,16	35,00		2,48	10,70
15/10/2009 15:55	453,03		7,98	34,40		2,46	10,80
15/10/2009 16:00	431,45		7,93	34,70		2,41	10,80
15/10/2009 16:05	409,88		7,44	32,10		2,25	9,60
15/10/2009 16:10	366,73		7,08	30,60		2,16	9,30
15/10/2009 16:15	366,73		6,83	29,50		2,12	9,30
15/10/2009 16:20	366,73		6,37	27,50		1,92	8,40
15/10/2009 16:25	345,16		6,04	26,10		1,80	7,80
15/10/2009 16:30	323,59		5,51	23,80		1,59	6,90
15/10/2009 16:35	323,59		5,23	22,40		1,48	6,40
15/10/2009 16:40	302,02		4,77	21,00		1,32	5,90
15/10/2009 16:45	258,87		4,12	18,30		0,82	3,70
15/10/2009 16:50	258,87		3,55	15,40		0,45	2,10
15/10/2009 16:55	215,73		3,06	13,80		0,33	1,70
15/10/2009 17:00	194,15		2,72	12,20		0,32	1,70
15/10/2009 17:05	194,15		2,24	9,90		0,29	1,50
15/10/2009 17:10	151,01		1,79	7,80		0,27	1,20
15/10/2009 17:15	151,01		1,17	5,40		0,25	1,20
15/10/2009 17:20	107,86		0,99	4,90		0,24	1,20
15/10/2009 17:25	107,86		0,70	3,70		0,22	1,20
15/10/2009 17:30	64,72		0,60	3,20		0,19	1,10
15/10/2009 17:35	43,15		0,52	2,80		0,17	0,90
15/10/2009 17:40	43,15		0,46	2,50		0,15	0,80
15/10/2009 17:45	21,57		0,40	2,10		0,13	0,70
15/10/2009 17:50	21,57		0,35	1,90		0,11	0,60
15/10/2009 17:55	21,57		0,31	1,60		0,10	0,50
15/10/2009 18:00	21,57		0,25	1,50		0,08	0,50
15/10/2009 18:05	21,57		0,21	1,30		0,07	0,40
15/10/2009 18:10	21,57		0,15	1,10		0,05	0,30
15/10/2009 18:15	21,57		0,11	0,70		0,03	0,20
15/10/2009 18:20	21,57		0,06	0,70		0,02	0,20
15/10/2009 18:25	21,57		0,03	0,50		0,01	0,20
15/10/2009 18:30	21,57		0,00	0,70		0,00	0,40
15/10/2009 18:35	21,57		0,00	0,60		0,00	0,20
15/10/2009 18:40	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/10/2009 18:45	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/10/2009 18:50	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/10/2009 18:55	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/11/2009 07:00	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/11/2009 07:05	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/11/2009 07:10	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/11/2009 07:15	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/11/2009 07:20	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00

15/11/2009 07:25	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/11/2009 07:30	21,57		0,00	0,90		0,00	0,30
15/11/2009 07:35	21,57		0,00	0,90		0,01	0,30
15/11/2009 07:40	21,57		0,03	0,80		0,02	0,30
15/11/2009 07:45	21,57		0,06	0,90		0,03	0,30
15/11/2009 07:50	21,57		0,09	1,00		0,03	0,30
15/11/2009 07:55	21,57		0,11	1,00		0,03	0,30
15/11/2009 08:00	21,57		0,09	0,90		0,02	0,30
15/11/2009 08:05	21,57		0,06	0,80		0,01	0,30
15/11/2009 08:10	21,57		0,03	0,70		0,01	0,20
15/11/2009 08:15	21,57		0,05	0,70		0,06	0,20
15/11/2009 08:20	21,57		0,20	1,30		0,09	0,40
15/11/2009 08:25	21,57		0,29	1,80		0,14	0,60
15/11/2009 08:30	21,57		0,44	2,40		0,19	0,80
15/11/2009 08:35	21,57		0,58	2,90		0,17	0,90
15/11/2009 08:40	21,57		0,52	2,80		0,24	1,00
15/11/2009 08:45	21,57		0,75	3,70		0,28	1,20
15/11/2009 08:50	21,57		0,86	4,30		0,24	1,40
15/11/2009 08:55	21,57		0,74	3,70		0,20	1,20
15/11/2009 09:00	21,57		0,61	2,90		0,20	0,90
15/11/2009 09:05	21,57		0,61	3,00		0,15	1,00
15/11/2009 09:10	21,57		0,48	2,60		0,23	0,80
15/11/2009 09:15	21,57		0,72	3,90		0,24	1,30
15/11/2009 09:20	21,57		0,74	3,70		0,32	1,20
15/11/2009 09:25	21,57		0,99	5,20		0,47	1,80
15/11/2009 09:30	43,15		1,42	6,80		0,47	2,40
15/11/2009 09:35	21,57		1,43	6,80		0,30	2,20
15/11/2009 09:40	21,57		0,93	4,80		0,42	1,60
15/11/2009 09:45	43,15		1,27	6,20		0,46	2,20
15/11/2009 09:50	43,15		1,41	6,80		0,66	2,20
15/11/2009 09:55	43,15		2,01	9,20		0,83	3,00
15/11/2009 10:00	64,72		2,50	11,50		0,96	3,90
15/11/2009 10:05	64,72		2,89	12,80		1,04	4,30
15/11/2009 10:10	86,29		3,12	13,60		0,95	4,70
15/11/2009 10:15	64,72		2,86	12,30		1,22	4,10
15/11/2009 10:20	86,29		3,62	16,00		1,07	5,30
15/11/2009 10:25	86,29		3,22	14,10		1,17	4,70
15/11/2009 10:30	107,86		3,50	15,60		0,81	5,40
15/11/2009 10:35	86,29		2,45	11,10		1,03	3,70
15/11/2009 10:40	86,29		3,09	13,70		0,59	4,60
15/11/2009 10:45	43,15		1,78	8,10		0,47	2,60
15/11/2009 10:50	43,15		1,42	6,90		1,14	2,30
15/11/2009 10:55	107,86		3,39	14,80		2,44	4,90
15/11/2009 11:00	366,73		8,02	34,60		1,00	10,70
15/11/2009 11:05	86,29		3,04	13,70		0,93	4,70
15/11/2009 11:10	64,72		2,82	12,20		0,75	3,90
15/11/2009 11:15	43,15		2,26	10,30		0,41	3,40
15/11/2009 11:20	43,15		1,24	5,90		0,41	2,00
15/11/2009 11:25	43,15		1,24	6,00		0,38	2,00
15/11/2009 11:30	21,57		1,17	5,50		0,27	1,80
15/11/2009 11:35	21,57		0,83	4,30		0,16	1,40
15/11/2009 11:40	21,57		0,50	2,60		0,21	0,80
15/11/2009 11:45	21,57		0,65	3,20		0,27	1,00

15/11/2009 11:50	21,57		0,84	4,30		0,49	1,40
15/11/2009 11:55	43,15		1,48	7,00		1,10	2,30
15/11/2009 12:00	107,86	12,80	3,33	14,90	4,20	0,91	5,10
15/11/2009 12:05	64,72		2,72	12,20		0,89	4,00
15/11/2009 12:10	64,72		2,65	11,80		2,40	4,10
15/11/2009 12:15	280,44		6,98	29,60		1,33	10,60
15/11/2009 12:20	129,44		3,95	17,40		1,09	5,90
15/11/2009 12:25	86,29		3,29	14,70		1,13	4,90
15/11/2009 12:30	86,29		3,41	15,00		0,96	5,10
15/11/2009 12:35	64,72		2,89	12,50		1,04	4,20
15/11/2009 12:40	64,72		3,12	13,70		0,83	4,80
15/11/2009 12:45	64,72		2,49	11,10		0,93	3,70
15/11/2009 12:50	86,29		2,78	12,00		0,82	3,90
15/11/2009 12:55	64,72		2,46	11,00		0,94	3,80
15/11/2009 13:00	64,72		2,82	12,50		0,92	4,20
15/11/2009 13:05	64,72		2,78	12,30		0,75	4,00
15/11/2009 13:10	64,72		2,27	10,40		0,82	3,60
15/11/2009 13:15	64,72		2,48	10,80		1,04	3,60
15/11/2009 13:20	86,29		3,12	13,80		1,02	4,60
15/11/2009 13:25	86,29		3,06	13,40		0,77	4,50
15/11/2009 13:30	64,72		2,31	10,10		0,71	3,30
15/11/2009 13:35	43,15		2,15	9,80		0,65	3,30
15/11/2009 13:40	64,72		1,95	9,20		0,50	3,10
15/11/2009 13:45	21,57		1,52	7,50		0,33	2,50
15/11/2009 13:50	21,57		1,01	5,10		0,30	1,70
15/11/2009 13:55	21,57		0,91	4,60		0,28	1,50
15/11/2009 14:00	21,57		0,85	4,30		0,23	1,40
15/11/2009 14:05	21,57		0,70	3,50		0,23	1,10
15/11/2009 14:10	21,57		0,71	3,50		0,27	1,10
15/11/2009 14:15	21,57		0,82	4,20		0,21	1,30
15/11/2009 14:20	21,57		0,66	3,20		0,16	1,10
15/11/2009 14:25	21,57		0,50	2,60		0,17	0,80
15/11/2009 14:30	21,57		0,52	2,70		0,15	0,90
15/11/2009 14:35	21,57		0,46	2,40		0,09	0,80
15/11/2009 14:40	21,57		0,29	1,90		0,09	0,60
15/11/2009 14:45	21,57		0,29	1,80		0,10	0,60
15/11/2009 14:50	21,57		0,32	1,90		0,11	0,60
15/11/2009 14:55	21,57		0,35	2,10		0,10	0,70
15/11/2009 15:00	21,57		0,31	1,90		0,08	0,60
15/11/2009 15:05	21,57		0,26	1,50		0,10	0,50
15/11/2009 15:10	21,57		0,32	1,80		0,10	0,60
15/11/2009 15:15	21,57		0,32	1,90		0,25	0,70
15/11/2009 15:20	21,57		0,76	3,80		0,29	1,30
15/11/2009 15:25	21,57		0,88	4,60		0,28	1,40
15/11/2009 15:30	21,57		0,85	4,20		0,36	1,40
15/11/2009 15:35	21,57		1,08	5,30		0,29	1,80
15/11/2009 15:40	21,57		0,90	4,70		0,17	1,50
15/11/2009 15:45	21,57		0,52	2,70		0,10	0,90
15/11/2009 15:50	21,57		0,31	1,80		0,04	0,60
15/11/2009 15:55	21,57		0,14	0,90		0,03	0,30
15/11/2009 16:00	21,57		0,10	0,80		0,03	0,30
15/11/2009 16:05	21,57		0,09	0,80		0,04	0,30
15/11/2009 16:10	21,57		0,14	0,90		0,04	0,30

15/11/2009 16:15	21,57		0,14	1,10		0,05	0,30
15/11/2009 16:20	21,57		0,15	1,10		0,02	0,40
15/11/2009 16:25	21,57		0,07	0,80		0,01	0,30
15/11/2009 16:30	21,57		0,05	0,60		0,01	0,20
15/11/2009 16:35	21,57		0,03	0,60		0,00	0,20
15/11/2009 16:40	21,57		0,00	0,80		0,00	0,30
15/11/2009 16:45	21,57		0,00	1,00		0,00	0,20
15/11/2009 16:50	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/11/2009 16:55	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/11/2009 17:00	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/12/2009 07:35	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/12/2009 07:40	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/12/2009 07:45	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/12/2009 07:50	21,57		0,00	0,00		0,00	0,00
15/12/2009 07:55	21,57		0,00	0,70		0,00	0,00
15/12/2009 08:00	21,57		0,00	1,00		0,00	0,30
15/12/2009 08:05	21,57		0,00	0,80		0,00	0,30
15/12/2009 08:10	21,57		0,01	0,70		0,00	0,30
15/12/2009 08:15	21,57		0,01	0,90		0,00	0,30
15/12/2009 08:20	21,57		0,06	0,90		0,02	0,30
15/12/2009 08:25	21,57		0,14	1,10		0,04	0,30
15/12/2009 08:30	21,57		0,23	1,50		0,07	0,40
15/12/2009 08:35	21,57		0,40	2,50		0,13	0,80
15/12/2009 08:40	21,57		0,44	2,50		0,14	0,80
15/12/2009 08:45	21,57		0,53	2,90		0,17	0,90
15/12/2009 08:50	21,57		0,53	2,70		0,17	0,80
15/12/2009 08:55	21,57		0,52	2,90		0,17	1,00
15/12/2009 09:00	21,57		0,72	3,80		0,23	1,20
15/12/2009 09:05	21,57		0,82	4,10		0,27	1,30
15/12/2009 09:10	21,57		0,75	3,90		0,24	1,30
15/12/2009 09:15	21,57		0,47	2,60		0,15	0,90
15/12/2009 09:20	21,57		0,37	2,10		0,12	0,70
15/12/2009 09:25	43,15		0,48	2,60		0,15	0,80
15/12/2009 09:30	21,57		0,38	2,20		0,12	0,70
15/12/2009 09:35	21,57		0,70	3,70		0,23	1,30
15/12/2009 09:40	21,57		0,56	2,80		0,18	0,90
15/12/2009 09:45	21,57		0,32	2,00		0,10	0,60
15/12/2009 09:50	0,00		0,37	2,10		0,12	0,70
15/12/2009 09:55	21,57		1,20	6,00		0,39	2,00
15/12/2009 10:00	21,57		1,11	5,70		0,36	1,80
15/12/2009 10:05	43,15		1,52	7,40		0,50	2,40
15/12/2009 10:10	43,15		1,44	6,90		0,47	2,20
15/12/2009 10:15	43,15		2,40	11,30		0,79	3,60
15/12/2009 10:20	64,72		2,39	11,10		0,79	3,50
15/12/2009 10:25	64,72		2,11	9,80		0,70	3,20
15/12/2009 10:30	43,15		1,71	8,30		0,56	2,70
15/12/2009 10:35	43,15		1,65	8,10		0,54	2,70
15/12/2009 10:40	43,15		2,08	9,60		0,69	3,10
15/12/2009 10:45	43,15		2,03	9,40		0,67	3,10
15/12/2009 10:50	64,72		2,74	12,70		0,90	4,20
15/12/2009 10:55	86,29		3,78	16,90		1,25	5,60
15/12/2009 11:00	86,29		3,84	17,40		1,27	5,80

15/12/2009 11:05	86,29		3,40	15,60		1,12	5,10
15/12/2009 11:10	86,29		3,25	14,90		1,08	5,00
15/12/2009 11:15	86,29		3,36	15,00		1,11	4,90
15/12/2009 11:20	107,86		3,40	14,80		1,13	4,80
15/12/2009 11:25	107,86		3,66	16,30		1,21	5,40
15/12/2009 11:30	86,29		3,81	17,20		1,26	5,60
15/12/2009 11:35	107,86		3,81	17,00		1,26	5,50
15/12/2009 11:40	107,86		3,91	17,20		1,30	5,70
15/12/2009 11:45	107,86		4,39	19,40		1,46	6,40
15/12/2009 11:50	151,01		4,62	20,20		1,54	6,70
15/12/2009 11:55	151,01		5,05	22,10		1,69	7,50
15/12/2009 12:00	151,01	22,00	4,99	21,70	7,20	1,67	7,20
15/12/2009 12:05	172,58		4,86	21,50		1,63	7,20
15/12/2009 12:10	172,58		4,95	21,90		1,66	7,30
15/12/2009 12:15	151,01		4,90	21,40		1,64	7,10
15/12/2009 12:20	129,44		4,52	19,90		1,51	6,70
15/12/2009 12:25	172,58		4,65	20,60		1,55	6,70
15/12/2009 12:30	151,01		4,69	20,30		1,57	6,70
15/12/2009 12:35	129,44		4,45	19,70		1,49	6,50
15/12/2009 12:40	129,44		4,49	19,70		1,50	6,60
15/12/2009 12:45	129,44		4,48	19,90		1,50	6,60
15/12/2009 12:50	151,01		4,65	20,40		1,57	6,70
15/12/2009 12:55	151,01		4,49	19,60		1,51	6,60
15/12/2009 13:00	151,01		4,50	19,60		1,52	6,60
15/12/2009 13:05	129,44		4,30	18,80		1,44	6,40
15/12/2009 13:10	129,44		4,63	20,20		1,56	6,80
15/12/2009 13:15	129,44		4,44	19,30		1,50	6,60
15/12/2009 13:20	129,44		4,02	17,70		1,35	5,80
15/12/2009 13:25	129,44		4,09	18,10		1,38	6,20
15/12/2009 13:30	151,01		4,30	18,50		1,46	6,30
15/12/2009 13:35	129,44		4,22	18,70		1,43	6,40
15/12/2009 13:40	129,44		4,18	18,70		1,42	6,40
15/12/2009 13:45	129,44		4,12	18,30		1,40	6,30
15/12/2009 13:50	129,44		4,19	18,50		1,43	6,30
15/12/2009 13:55	215,73		5,38	23,50		1,87	8,30
15/12/2009 14:00	258,87		6,08	26,70		2,11	9,30
15/12/2009 14:05	280,44		6,25	27,50		2,17	9,50
15/12/2009 14:10	215,73		5,27	23,00		1,82	7,90
15/12/2009 14:15	215,73		5,37	23,30		1,85	8,10
15/12/2009 14:20	194,15		5,23	23,00		1,79	7,80
15/12/2009 14:25	151,01		4,35	19,30		1,49	6,40
15/12/2009 14:30	194,15		3,65	16,30		1,24	5,50
15/12/2009 14:35	151,01		3,74	16,60		1,27	5,60
15/12/2009 14:40	129,44		3,52	15,80		1,13	5,10
15/12/2009 14:45	86,29		2,78	12,30		0,85	3,80
15/12/2009 14:50	129,44		3,01	13,90		0,82	3,80
15/12/2009 14:55	86,29		2,68	12,10		0,74	3,30
15/12/2009 15:00	86,29		2,24	10,10		0,64	2,90
15/12/2009 15:05	64,72		2,08	9,60		0,58	2,70
15/12/2009 15:10	64,72		1,95	9,00		0,54	2,50
15/12/2009 15:15	43,15		1,53	7,50		0,46	2,40
15/12/2009 15:20	43,15		1,30	6,40		0,40	2,10
15/12/2009 15:25	64,72		1,65	8,00		0,45	2,30

15/12/2009 15:30	64,72		1,72	8,60		0,45	2,40
15/12/2009 15:35	43,15		1,51	7,10		0,42	2,00
15/12/2009 15:40	43,15		1,43	6,90		0,39	2,00
15/12/2009 15:45	21,57		1,23	6,10		0,35	1,80
15/12/2009 15:50	43,15		1,03	5,00		0,30	1,60
15/12/2009 15:55	43,15		0,86	4,30		0,26	1,30
15/12/2009 16:00	43,15		0,73	3,70		0,22	1,20
15/12/2009 16:05	21,57		0,59	3,00		0,19	0,90
15/12/2009 16:10	21,57		0,43	2,30		0,14	0,80
15/12/2009 16:15	21,57		0,26	1,60		0,08	0,50
15/12/2009 16:20	21,57		0,17	1,10		0,05	0,30
15/12/2009 16:25	21,57		0,10	0,90		0,03	0,30
15/12/2009 16:30	21,57		0,04	0,60		0,01	0,20
15/12/2009 16:35	21,57		0,01	1,20		0,00	0,50
15/12/2009 16:40	21,57		0,00	0,80		0,00	0,20
15/12/2009 16:45	21,57		0,00	0,10		0,00	0,00

Tabella A.2 – Impianto fotovoltaico “Casa protetta”- Dati giornalieri 1° anno di funzionamento.

Data	Produzione attesa	Produzione ufficiale	Confronto	Irradianza solare > 300 W/m ²	Emissioni di CO ₂ evitate	Tonnellate equivalenti di petrolio risparmiate
-	kWh	kWh	%	h/min	t	Tep
06-apr-09	60,99	75,90	24,44	0 minuti	0,040	0,017
06-apr-09	60,99	75,90	24,44	0 minuti	0,040	0,017
07-apr-09	61,53	101,60	65,12	0 minuti	0,054	0,022
08-apr-09	62,05	90,20	45,37	0 minuti	0,048	0,020
09-apr-09	62,55	98,20	57,00	0 minuti	0,052	0,022
10-apr-09	63,02	39,90	-36,69	0 minuti	0,021	0,009
11-apr-09	63,48	50,00	-21,23	0 minuti	0,027	0,011
12-apr-09	63,91	57,80	-9,56	0 minuti	0,031	0,013
13-apr-09	64,32	102,60	59,52	0 minuti	0,055	0,023
14-apr-09	64,71	104,00	60,72	0 minuti	0,055	0,023
15-apr-09	65,08	96,70	48,60	0 minuti	0,051	0,021
16-apr-09	65,42	26,50	-59,49	0 minuti	0,014	0,006
17-apr-09	65,75	74,10	12,70	0 minuti	0,039	0,016
18-apr-09	66,05	69,90	5,83	2 ore, 20 min	0,037	0,015
19-apr-09	66,33	12,00	-81,91	0 minuti	0,006	0,003
20-apr-09	66,59	17,20	-74,17	0 minuti	0,009	0,004
21-apr-09	66,83	33,40	-50,02	30 minuti	0,018	0,007
22-apr-09	67,05	116,40	73,60	8 ore, 25 min	0,062	0,026
23-apr-09	67,25	83,00	23,42	4 ore, 45 min	0,044	0,018
24-apr-09	67,42	83,60	23,99	3 ore, 40 min	0,044	0,018
25-apr-09	67,58	108,70	60,85	7 ore, 40 min	0,058	0,024
26-apr-09	67,71	5,60	-91,73	0 minuti	0,003	0,001
27-apr-09	67,82	7,90	-88,35	0 minuti	0,004	0,002
28-apr-09	67,91	36,10	-46,84	1 ore, 15 min	0,019	0,008
29-apr-09	67,98	69,30	1,95	3 ore, 15 min	0,037	0,015
30-apr-09	68,02	92,30	35,69	5 ore, 55 min	0,049	0,020
01-mag-09	68,15	113,10	65,96	8 ore, 25 min	0,060	0,025
02-mag-09	68,36	115,80	69,39	8 ore, 25 min	0,062	0,026
03-mag-09	68,58	118,30	72,50	8 ore, 25 min	0,063	0,026

04-mag-09	68,80	97,70	42,01	6 ore, 45 min	0,052	0,022
05-mag-09	69,02	93,50	35,47	5 ore	0,050	0,021
06-mag-09	69,24	62,90	-9,16	3 ore, 15 min	0,033	0,014
07-mag-09	69,46	115,60	66,42	8 ore, 15 min	0,061	0,025
08-mag-09	69,69	108,90	56,26	8 ore	0,058	0,024
09-mag-09	69,92	98,90	41,45	7 ore, 30 min	0,053	0,022
10-mag-09	70,15	101,60	44,84	7 ore, 10 min	0,054	0,022
11-mag-09	70,38	109,00	54,88	7 ore, 50 min	0,058	0,024
12-mag-09	70,61	94,20	33,41	6 ore, 50 min	0,050	0,021
13-mag-09	70,85	85,80	21,11	6 ore, 40 min	0,046	0,019
14-mag-09	71,08	85,10	19,72	5 ore, 45 min	0,045	0,019
15-mag-09	71,32	51,90	-27,23	2 ore, 35 min	0,028	0,011
16-mag-09	71,56	74,70	4,39	3 ore, 45 min	0,040	0,016
17-mag-09	71,80	96,20	33,98	6 ore, 25 min	0,051	0,021
18-mag-09	72,05	113,40	57,40	8 ore, 25 min	0,060	0,025
19-mag-09	72,29	117,40	62,40	8 ore, 40 min	0,062	0,026
20-mag-09	72,54	113,00	55,78	8 ore, 35 min	0,060	0,025
21-mag-09	72,79	99,50	36,70	7 ore, 25 min	0,053	0,022
22-mag-09	73,04	97,70	33,77	7 ore, 10 min	0,052	0,022
23-mag-09	73,29	113,20	54,46	8 ore, 35 min	0,060	0,025
24-mag-09	73,54	108,70	47,80	8 ore, 30 min	0,058	0,024
25-mag-09	73,80	112,20	52,03	8 ore, 25 min	0,060	0,025
26-mag-09	74,06	89,90	21,39	6 ore, 10 min	0,048	0,020
27-mag-09	74,32	83,60	12,49	5 ore, 55 min	0,044	0,018
28-mag-09	74,58	119,80	60,64	8 ore, 40 min	0,064	0,026
29-mag-09	74,84	115,30	54,06	8 ore, 15 min	0,061	0,025
30-mag-09	75,11	107,60	43,27	6 ore, 50 min	0,057	0,024
31-mag-09	75,37	45,30	-39,90	45 minuti	0,024	0,010
01-giu-09	75,71	44,00	-41,88	1 ore	0,023	0,010
02-giu-09	76,11	122,60	61,08	8 ore, 45 min	0,065	0,027
03-giu-09	76,50	119,40	56,09	8 ore, 50 min	0,063	0,026
04-giu-09	76,86	102,30	33,09	6 ore, 15 min	0,054	0,023
05-giu-09	77,22	59,10	-23,46	2 ore, 55 min	0,031	0,013
06-giu-09	77,55	102,10	31,65	6 ore, 15 min	0,054	0,023
07-giu-09	77,87	113,80	46,13	7 ore, 20 min	0,060	0,025
08-giu-09	78,18	101,90	30,34	6 ore, 55 min	0,054	0,022
09-giu-09	78,47	86,00	9,60	5 ore, 15 min	0,046	0,019
10-giu-09	78,74	96,60	22,68	5 ore, 15 min	0,051	0,021
11-giu-09	79,00	121,60	53,92	8 ore, 50 min	0,065	0,027
12-giu-09	79,25	117,10	47,77	8 ore, 30 min	0,062	0,026
13-giu-09	79,47	114,90	44,58	8 ore, 25 min	0,061	0,025
14-giu-09	79,68	114,60	43,82	8 ore, 35 min	0,061	0,025
15-giu-09	79,88	111,80	39,96	8 ore, 40 min	0,059	0,025
16-giu-09	80,06	115,00	43,65	8 ore, 35 min	0,061	0,025
17-giu-09	80,22	46,30	-42,28	1 ore, 20 min	0,025	0,010
18-giu-09	80,37	118,00	46,82	8 ore, 40 min	0,063	0,026
19-giu-09	80,50	108,40	34,66	8 ore, 15 min	0,058	0,024
20-giu-09	80,62	74,20	-7,96	4 ore, 5 min	0,039	0,016
21-giu-09	80,72	98,60	22,15	5 ore, 55 min	0,052	0,022
22-giu-09	80,80	90,50	12,00	5 ore, 50 min	0,048	0,020
23-giu-09	80,87	88,00	8,81	6 ore, 50 min	0,047	0,019
24-giu-09	80,93	105,80	30,73	8 ore, 20 min	0,056	0,023
25-giu-09	80,96	108,00	33,39	7 ore, 15 min	0,057	0,024

26-giu-09	80,99	101,00	24,71	7 ore, 5 min	0,054	0,022
27-giu-09	80,99	84,90	4,82	5 ore, 40 min	0,045	0,019
28-giu-09	80,98	119,20	47,19	8 ore, 30 min	0,063	0,026
29-giu-09	80,96	110,20	36,12	7 ore, 30 min	0,059	0,024
30-giu-09	80,92	97,60	20,62	8 ore, 40 min	0,052	0,022
01-lug-09	81,09	92,10	13,58	5 ore, 45 min	0,049	0,020
02-lug-09	81,45	88,70	8,90	5 ore, 20 min	0,047	0,020
03-lug-09	81,79	111,70	36,57	8 ore, 35 min	0,059	0,025
04-lug-09	82,10	77,70	-5,36	4 ore, 35 min	0,041	0,017
05-lug-09	82,38	120,50	46,27	8 ore, 55 min	0,064	0,027
06-lug-09	82,63	89,50	8,31	5 ore, 45 min	0,048	0,020
07-lug-09	82,86	33,90	-59,09	4 ore	0,018	0,008
08-lug-09	83,05	112,90	35,94	8 ore	0,060	0,025
09-lug-09	83,21	101,00	21,37	7 ore, 15 min	0,054	0,022
10-lug-09	83,35	94,00	12,78	6 ore, 55 min	0,050	0,021
11-lug-09	83,46	114,90	37,67	8 ore, 15 min	0,061	0,025
12-lug-09	83,54	111,30	33,24	8 ore	0,059	0,025
13-lug-09	83,59	111,30	33,16	8 ore, 20 min	0,059	0,025
14-lug-09	83,61	105,00	25,59	8 ore	0,056	0,023
15-lug-09	83,60	102,00	22,01	7 ore, 5 min	0,054	0,022
16-lug-09	83,56	109,20	30,68	8 ore, 20 min	0,058	0,024
17-lug-09	83,49	105,90	26,84	7 ore, 55 min	0,056	0,023
18-lug-09	83,40	108,30	29,86	6 ore, 50 min	0,058	0,024
19-lug-09	83,27	120,60	44,82	8 ore, 55 min	0,064	0,027
20-lug-09	83,12	116,60	40,28	8 ore, 40 min	0,062	0,026
21-lug-09	82,94	109,30	31,78	8 ore, 5 min	0,058	0,024
22-lug-09	82,73	106,60	28,85	8 ore, 10 min	0,057	0,024
23-lug-09	82,49	107,00	29,71	8 ore, 5 min	0,057	0,024
24-lug-09	82,22	111,00	35,00	8 ore, 40 min	0,059	0,024
25-lug-09	81,92	114,50	39,77	8 ore, 20 min	0,061	0,025
26-lug-09	81,60	112,90	38,36	8 ore, 15 min	0,060	0,025
27-lug-09	81,24	112,00	37,86	8 ore, 15 min	0,060	0,025
28-lug-09	80,86	110,30	36,41	8 ore, 15 min	0,059	0,024
29-lug-09	80,44	107,40	33,51	8 ore, 20 min	0,057	0,024
30-lug-09	80,00	98,50	23,12	7 ore, 40 min	0,052	0,022
31-lug-09	79,53	90,20	13,42	7 ore, 5 min	0,048	0,020
01-ago-09	79,32	106,10	33,76	8 ore	0,056	0,023
02-ago-09	79,37	107,00	34,81	8 ore, 15 min	0,057	0,024
03-ago-09	79,40	59,10	-25,56	1 ore, 50 min	0,031	0,013
04-ago-09	79,40	114,10	43,71	8 ore, 25 min	0,061	0,025
05-ago-09	79,37	111,40	40,36	8 ore, 30 min	0,059	0,025
06-ago-09	79,31	110,60	39,45	8 ore, 20 min	0,059	0,024
07-ago-09	79,23	109,20	37,83	8 ore, 20 min	0,058	0,024
08-ago-09	79,12	90,10	13,88	6 ore, 35 min	0,048	0,020
09-ago-09	78,98	82,90	4,97	5 ore, 15 min	0,044	0,018
10-ago-09	78,81	66,60	-15,50	4 ore, 15 min	0,035	0,015
11-ago-09	78,62	108,20	37,62	8 ore, 10 min	0,058	0,024
12-ago-09	78,40	105,10	34,05	8 ore, 5 min	0,056	0,023
13-ago-09	78,15	101,70	30,13	7 ore, 25 min	0,054	0,022
14-ago-09	77,88	106,20	36,36	8 ore, 5 min	0,056	0,023
15-ago-09	77,58	95,50	23,10	7 ore	0,051	0,021
16-ago-09	77,25	91,80	18,83	7 ore, 10 min	0,049	0,020
17-ago-09	76,90	103,40	34,46	7 ore, 50 min	0,055	0,023

18-ago-09	76,52	102,30	33,70	8 ore	0,054	0,023
19-ago-09	76,11	102,10	34,15	8 ore	0,054	0,023
20-ago-09	75,67	101,80	34,53	8 ore	0,054	0,022
21-ago-09	75,21	93,40	24,19	7 ore, 45 min	0,050	0,021
22-ago-09	74,72	99,30	32,90	7 ore, 35 min	0,053	0,022
23-ago-09	74,20	87,70	18,20	6 ore, 10 min	0,047	0,019
24-ago-09	73,65	95,40	29,53	6 ore, 45 min	0,051	0,021
25-ago-09	73,08	92,80	26,98	6 ore, 40 min	0,049	0,020
26-ago-09	72,48	95,60	31,90	7 ore, 50 min	0,051	0,021
27-ago-09	71,86	92,90	29,29	6 ore, 55 min	0,049	0,020
28-ago-09	71,20	93,90	31,88	7 ore, 20 min	0,050	0,021
29-ago-09	70,52	91,60	29,89	6 ore, 35 min	0,049	0,020
30-ago-09	69,81	46,20	-33,82	2 ore, 15 min	0,025	0,010
31-ago-09	69,08	103,10	49,25	7 ore, 50 min	0,055	0,023
01-set-09	68,50	97,40	42,18	7 ore, 35 min	0,052	0,021
02-set-09	68,10	0,00	-100,00	5 ore, 30 min	0,000	0,000
03-set-09	67,69	77,20	14,05	6 ore, 45 min	0,041	0,017
04-set-09	67,27	90,40	34,39	7 ore, 35 min	0,048	0,020
05-set-09	66,83	101,90	52,47	6 ore, 45 min	0,054	0,022
06-set-09	66,39	93,80	41,28	7 ore, 20 min	0,050	0,021
07-set-09	65,94	102,20	55,00	7 ore, 50 min	0,054	0,023
08-set-09	65,47	102,50	56,56	7 ore, 40 min	0,054	0,023
09-set-09	64,99	98,60	51,71	4 ore, 15 min	0,052	0,022
10-set-09	64,51	69,20	7,28	5 ore, 45 min	0,037	0,015
11-set-09	64,01	82,30	28,57	7 ore, 10 min	0,044	0,018
12-set-09	63,50	88,00	38,58	3 ore, 35 min	0,047	0,019
13-set-09	62,98	68,70	9,08	6 ore, 15 min	0,037	0,015
14-set-09	62,45	87,60	40,27	0 minuti	0,047	0,019
15-set-09	61,91	33,20	-46,38	30 minuti	0,018	0,007
16-set-09	61,36	8,30	-86,47	0 minuti	0,004	0,002
17-set-09	60,80	59,10	-2,79	2 ore, 55 min	0,031	0,013
18-set-09	60,23	79,80	32,50	6 ore, 15 min	0,042	0,018
19-set-09	59,64	51,00	-14,49	2 ore, 30 min	0,027	0,011
20-set-09	59,05	73,50	24,47	5 ore, 30 min	0,039	0,016
21-set-09	58,44	33,90	-42,00	1 ore, 25 min	0,018	0,008
22-set-09	57,83	83,90	45,09	6 ore, 45 min	0,045	0,019
23-set-09	57,20	85,80	50,00	7 ore, 10 min	0,046	0,019
24-set-09	56,56	84,60	49,56	6 ore, 50 min	0,045	0,019
25-set-09	55,92	75,60	35,20	5 ore, 45 min	0,040	0,017
26-set-09	55,26	70,20	27,04	4 ore, 55 min	0,037	0,015
27-set-09	54,59	81,00	48,38	6 ore, 15 min	0,043	0,018
28-set-09	53,91	79,90	48,21	6 ore, 30 min	0,042	0,018
29-set-09	53,22	80,50	51,26	6 ore, 40 min	0,043	0,018
30-set-09	52,52	77,90	48,33	6 ore, 30 min	0,041	0,017
01-ott-09	51,83	50,10	-3,33	2 ore, 15 min	0,027	0,011
02-ott-09	51,16	65,90	28,81	5 ore, 10 min	0,035	0,015
03-ott-09	50,50	80,20	58,81	6 ore, 25 min	0,043	0,018
04-ott-09	49,85	58,50	17,35	4 ore, 25 min	0,031	0,013
05-ott-09	49,21	62,70	27,42	4 ore, 50 min	0,033	0,014
06-ott-09	48,58	32,60	-32,89	1 ore, 5 min	0,017	0,007
07-ott-09	47,95	72,30	50,77	5 ore, 55 min	0,038	0,016
08-ott-09	47,34	68,80	45,34	5 ore, 5 min	0,037	0,015
09-ott-09	46,73	30,40	-34,95	35 minuti	0,016	0,007

10-ott-09	46,13	26,40	-42,78	0 minuti	0,014	0,006
11-ott-09	45,55	73,50	61,37	6 ore, 20 min	0,039	0,016
12-ott-09	44,97	57,20	27,20	3 ore, 35 min	0,030	0,013
13-ott-09	44,40	75,30	69,61	6 ore, 30 min	0,040	0,017
14-ott-09	43,83	78,20	78,40	6 ore, 15 min	0,042	0,017
15-ott-09	43,28	73,20	69,12	5 ore, 55 min	0,039	0,016
16-ott-09	42,74	74,50	74,32	6 ore, 20 min	0,040	0,016
17-ott-09	42,20	49,70	17,76	3 ore, 25 min	0,026	0,011
18-ott-09	41,68	60,50	45,17	4 ore, 15 min	0,032	0,013
19-ott-09	41,16	64,90	57,68	5 ore, 35 min	0,035	0,014
20-ott-09	40,65	12,50	-69,25	0 minuti	0,007	0,003
21-ott-09	40,15	7,20	-82,07	0 minuti	0,004	0,002
22-ott-09	39,66	16,40	-58,65	15 minuti	0,009	0,004
23-ott-09	39,18	8,80	-77,54	0 minuti	0,005	0,002
24-ott-09	38,70	50,90	31,51	3 ore, 40 min	0,027	0,011
25-ott-09	38,24	63,00	64,75	5 ore, 45 min	0,034	0,014
26-ott-09	37,78	62,20	64,62	5 ore, 30 min	0,033	0,014
27-ott-09	37,34	57,60	54,27	5 ore, 5 min	0,031	0,013
28-ott-09	36,90	41,80	13,28	2 ore, 15 min	0,022	0,009
29-ott-09	36,47	48,30	32,43	3 ore, 40 min	0,026	0,011
30-ott-09	36,05	22,30	-38,14	0 minuti	0,012	0,005
31-ott-09	35,64	39,60	11,11	2 ore, 10 min	0,021	0,009
01-nov-09	35,03	57,80	64,99	5 ore	0,031	0,013
02-nov-09	34,25	5,10	-85,11	0 minuti	0,003	0,001
03-nov-09	33,49	58,40	74,39	5 ore, 20 min	0,031	0,013
04-nov-09	32,76	9,20	-71,92	0 minuti	0,005	0,002
05-nov-09	32,07	20,40	-36,38	10 minuti	0,011	0,005
06-nov-09	31,40	2,90	-90,76	0 minuti	0,002	0,001
07-nov-09	30,77	46,40	50,81	3 ore, 35 min	0,025	0,010
08-nov-09	30,16	2,90	-90,39	0 minuti	0,002	0,001
09-nov-09	29,59	0,00	-100,00	0 minuti	0,000	0,000
10-nov-09	29,05	0,00	-100,00	0 minuti	0,000	0,000
11-nov-09	28,54	82,90	190,46	0 minuti	0,044	0,018
12-nov-09	28,06	49,40	76,04	3 ore, 55 min	0,026	0,011
13-nov-09	27,61	9,10	-67,04	0 minuti	0,005	0,002
14-nov-09	27,20	8,00	-70,58	0 minuti	0,004	0,002
15-nov-09	26,81	12,80	-52,25	5 minuti	0,007	0,003
16-nov-09	26,45	11,00	-58,42	0 minuti	0,006	0,002
17-nov-09	26,13	19,50	-25,37	15 minuti	0,010	0,004
18-nov-09	25,83	6,70	-74,06	0 minuti	0,004	0,002
19-nov-09	25,57	14,80	-42,12	0 minuti	0,008	0,003
20-nov-09	25,34	5,90	-76,71	0 minuti	0,003	0,001
21-nov-09	25,14	10,60	-57,83	0 minuti	0,006	0,002
22-nov-09	24,97	8,40	-66,35	0 minuti	0,005	0,002
23-nov-09	24,83	7,20	-71,00	0 minuti	0,004	0,002
24-nov-09	24,72	5,30	-78,56	0 minuti	0,003	0,001
25-nov-09	24,64	5,50	-77,68	0 minuti	0,003	0,001
26-nov-09	24,59	3,00	-87,80	0 minuti	0,002	0,001
27-nov-09	24,57	5,30	-78,43	0 minuti	0,003	0,001
28-nov-09	24,59	8,40	-65,84	0 minuti	0,005	0,002
29-nov-09	24,63	16,70	-32,21	45 minuti	0,009	0,004
30-nov-09	24,71	10,60	-57,10	0 minuti	0,006	0,002
01-dic-09	24,48	13,30	-45,67	20 minuti	0,007	0,003

02-dic-09	23,95	44,00	83,71	3 ore, 55 min	0,023	0,010
03-dic-09	23,46	25,50	8,72	30 minuti	0,014	0,006
04-dic-09	23,00	3,00	-86,95	0 minuti	0,002	0,001
05-dic-09	22,57	25,00	10,75	1 ore, 30 min	0,013	0,006
06-dic-09	22,19	19,30	-13,01	0 minuti	0,010	0,004
07-dic-09	21,84	4,70	-78,48	0 minuti	0,003	0,001
08-dic-09	21,52	21,70	0,84	1 ore, 40 min	0,012	0,005
09-dic-09	21,24	47,70	124,56	4 ore, 30 min	0,025	0,011
10-dic-09	21,00	41,90	99,54	3 ore, 10 min	0,022	0,009
11-dic-09	20,79	39,20	88,54	3 ore	0,021	0,009
12-dic-09	20,62	37,60	82,35	2 ore, 35 min	0,020	0,008
13-dic-09	20,48	15,50	-24,33	5 minuti	0,008	0,003
14-dic-09	20,39	2,00	-90,19	0 minuti	0,001	0,000
15-dic-09	20,32	22,00	8,25	0 minuti	0,012	0,005
16-dic-09	20,30	43,40	113,84	3 ore, 50 min	0,023	0,010
17-dic-09	20,30	3,20	-84,24	0 minuti	0,002	0,001
18-dic-09	20,35	0,00	-100,00	2 ore, 25 min	0,000	0,000
19-dic-09	20,43	9,90	-51,54	0 minuti	0,005	0,002
20-dic-09	20,55	0,00	-100,00	0 minuti	0,000	0,000
21-dic-09	20,70	0,00	-100,00	0 minuti	0,000	0,000
22-dic-09	20,89	20,60	-1,38	0 minuti	0,011	0,005
23-dic-09	21,11	2,60	-87,69	0 minuti	0,001	0,001
24-dic-09	21,37	5,10	-76,14	0 minuti	0,003	0,001
25-dic-09	21,67	30,60	41,20	2 ore	0,016	0,007
26-dic-09	22,00	8,30	-62,28	0 minuti	0,004	0,002
27-dic-09	22,37	26,10	16,66	1 ore, 35 min	0,014	0,006
28-dic-09	22,78	8,50	-62,68	0 minuti	0,005	0,002
29-dic-09	23,22	2,60	-88,80	0 minuti	0,001	0,001
30-dic-09	23,69	4,90	-79,32	0 minuti	0,003	0,001
31-dic-09	24,21	11,50	-52,49	5 minuti	0,006	0,003
01-gen-10	24,53	3,10	-87,36	0 minuti	0,002	0,001
02-gen-10	24,63	44,90	82,29	4 ore, 5 min	0,024	0,010
03-gen-10	24,74	31,90	28,92	1 ore, 25 min	0,017	0,007
04-gen-10	24,86	0,00	-100,00	0 minuti	0,000	0,000
05-gen-10	24,99	9,30	-62,79	0 minuti	0,005	0,002
06-gen-10	25,13	14,20	-43,49	2 ore, 45 min	0,008	0,003
07-gen-10	25,27	35,10	38,89	1 ore, 50 min	0,019	0,008
08-gen-10	25,42	2,00	-92,13	0 minuti	0,001	0,000
09-gen-10	25,58	2,30	-91,01	0 minuti	0,001	0,001
10-gen-10	25,75	36,50	41,76	3 ore, 20 min	0,019	0,008
11-gen-10	25,92	22,60	-12,82	55 minuti	0,012	0,005
12-gen-10	26,10	18,10	-30,66	10 minuti	0,010	0,004
13-gen-10	26,29	3,60	-86,31	0 minuti	0,002	0,001
14-gen-10	26,49	6,90	-73,95	0 minuti	0,004	0,002
15-gen-10	26,70	3,50	-86,89	0 minuti	0,002	0,001
16-gen-10	26,91	34,80	29,32	1 ore, 45 min	0,019	0,008
17-gen-10	27,13	5,00	-81,57	0 minuti	0,003	0,001
18-gen-10	27,36	0,00	-100,00	1 ore, 20 min	0,000	0,000
19-gen-10	27,59	0,00	-100,00	0 minuti	0,000	0,000
20-gen-10	27,84	0,00	-100,00	0 minuti	0,000	0,000
21-gen-10	28,09	0,00	-100,00	0 minuti	0,000	0,000
22-gen-10	28,35	0,00	-100,00	0 minuti	0,000	0,000
23-gen-10	28,61	20,70	-27,65	0 minuti	0,011	0,005

24-gen-10	28,89	8,30	-71,27	0 minuti	0,004	0,002
25-gen-10	29,17	3,40	-88,34	0 minuti	0,002	0,001
26-gen-10	29,46	4,60	-84,38	0 minuti	0,002	0,001
27-gen-10	29,75	9,60	-67,74	3 ore, 10 min	0,005	0,002
28-gen-10	30,06	29,10	-3,19	2 ore, 5 min	0,016	0,006
29-gen-10	30,37	19,60	-35,46	0 minuti	0,010	0,004
30-gen-10	30,69	27,00	-12,03	30 minuti	0,014	0,006
31-gen-10	31,02	0,20	-99,36	0 minuti	0,000	0,000
01-feb-10	31,19	1,50	-95,19	5 ore, 40 min	0,001	0,000
02-feb-10	31,23	40,10	28,40	4 ore, 25 min	0,021	0,009
03-feb-10	31,30	67,70	116,32	5 ore, 45 min	0,036	0,015
04-feb-10	31,39	24,70	-21,32	0 minuti	0,013	0,005
05-feb-10	31,52	7,40	-76,52	0 minuti	0,004	0,002
06-feb-10	31,67	12,60	-60,22	0 minuti	0,007	0,003
07-feb-10	31,86	66,80	109,69	5 ore, 35 min	0,036	0,015
08-feb-10	32,07	51,30	59,96	2 ore, 50 min	0,027	0,011
09-feb-10	32,31	0,00	-100,00	0 minuti	0,000	0,000
10-feb-10	32,59	24,00	-26,35	0 minuti	0,013	0,005
11-feb-10	32,89	0,00	-100,00	0 minuti	0,000	0,000
12-feb-10	33,22	0,00	-100,00	5 ore, 35 min	0,000	0,000
13-feb-10	33,59	51,30	52,74	2 ore, 50 min	0,027	0,011
14-feb-10	33,98	11,70	-65,57	0 minuti	0,006	0,003
15-feb-10	34,40	12,30	-64,25	5 minuti	0,007	0,003
16-feb-10	34,85	7,80	-77,62	0 minuti	0,004	0,002
17-feb-10	35,33	11,70	-66,89	0 minuti	0,006	0,003
18-feb-10	35,84	51,10	42,56	2 ore, 30 min	0,027	0,011
19-feb-10	36,39	3,50	-90,38	0 minuti	0,002	0,001
20-feb-10	36,96	24,40	-33,97	5 minuti	0,013	0,005
21-feb-10	37,56	77,50	106,36	5 ore, 55 min	0,041	0,017
22-feb-10	38,18	11,90	-68,84	0 minuti	0,006	0,003
23-feb-10	38,84	13,50	-65,25	0 minuti	0,007	0,003
24-feb-10	39,53	32,50	-17,79	15 minuti	0,017	0,007
25-feb-10	40,25	67,70	68,20	5 ore, 5 min	0,036	0,015
26-feb-10	41,00	38,80	-5,36	2 ore, 40 min	0,021	0,009
27-feb-10	41,78	67,50	61,57	5 ore, 5 min	0,036	0,015
28-feb-10	42,58	7,60	-82,15	0 minuti	0,004	0,002
01-mar-10	43,28	53,50	23,61	2 ore, 30 min	0,028	0,012
02-mar-10	43,85	83,90	91,34	6 ore, 35 min	0,045	0,019
03-mar-10	44,41	4,80	-89,19	0 minuti	0,003	0,001
04-mar-10	44,96	16,30	-63,75	0 minuti	0,009	0,004
05-mar-10	45,51	12,20	-73,19	0 minuti	0,007	0,003
06-mar-10	46,05	94,00	104,12	6 ore, 55 min	0,050	0,021
07-mar-10	46,59	12,00	-74,24	0 minuti	0,006	0,003
08-mar-10	47,11	95,10	101,86	6 ore, 40 min	0,051	0,021
09-mar-10	47,63	13,40	-71,87	0 minuti	0,007	0,003
10-mar-10	48,15	0,00	-100,00	0 minuti	0,000	0,000
11-mar-10	48,66	47,10	-3,20	2 ore, 40 min	0,025	0,010
12-mar-10	49,16	66,70	35,68	4 ore, 30 min	0,035	0,015
13-mar-10	49,65	96,20	93,74	7 ore	0,051	0,021
14-mar-10	50,14	95,50	90,46	7 ore, 5 min	0,051	0,021
15-mar-10	50,62	94,50	86,67	6 ore, 55 min	0,050	0,021
16-mar-10	51,10	91,00	78,08	6 ore, 30 min	0,048	0,020
17-mar-10	51,57	78,90	53,00	6 ore	0,042	0,017

18-mar-10	52,03	82,70	58,94	6 ore, 10 min	0,044	0,018
19-mar-10	52,49	76,70	46,13	5 ore, 15 min	0,041	0,017
20-mar-10	52,94	26,30	-50,32	0 minuti	0,014	0,006
21-mar-10	53,38	11,20	-79,02	0 minuti	0,006	0,003
22-mar-10	53,82	10,40	-80,68	0 minuti	0,006	0,002
23-mar-10	54,25	19,80	-63,50	0 minuti	0,011	0,004
24-mar-10	54,67	90,30	65,16	7 ore	0,048	0,020
25-mar-10	55,09	77,10	39,95	4 ore, 45 min	0,041	0,017
26-mar-10	55,50	30,40	-45,23	10 minuti	0,016	0,007
27-mar-10	55,91	89,90	60,81	6 ore, 5 min	0,048	0,020
28-mar-10	56,30	96,30	71,04	6 ore, 50 min	0,051	0,021
29-mar-10	56,69	75,10	32,46	4 ore, 45 min	0,040	0,017
30-mar-10	57,08	52,60	-7,85	2 ore, 30 min	0,028	0,012
31-mar-10	57,46	77,50	34,88	4 ore, 50 min	0,041	0,017
01-apr-10	57,98	56,80	-2,03	2 ore, 55 min	0,030	0,013
02-apr-10	58,62	95,80	63,42	6 ore, 35 min	0,051	0,021
03-apr-10	59,25	57,90	-2,27	2 ore, 50 min	0,031	0,013
04-apr-10	59,85	52,60	-12,11	2 ore, 5 min	0,028	0,012
05-apr-10	60,43	92,40	52,90	6 ore, 30 min	0,049	0,020
TOTALE		22113,50			11,741	4,865

Tabella A.3 – Impianto solare termico “Oltretorrente”- Rilevazioni giorni medi mensili – Aprile-Settembre 2011.

Date	System date	Temperature Sensor 2 [°C]	Temperature Sensor 4 [°C]	Irradiance [W/m ²]	Flow [l/h]	Energy [Wh]
15/04/2011	ven,06:00	30,20	25,20	0,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,06:05	30,20	25,20	0,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,06:10	30,20	25,20	0,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,06:15	30,10	25,10	2,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,06:20	30,10	25,10	3,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,06:25	30,10	25,10	3,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,06:30	30,10	25,00	4,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,06:35	30,10	25,00	4,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,06:40	30,00	25,00	5,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,06:45	30,00	25,00	6,00	0,00	58412
15/04/2011	ven,06:50	29,80	24,90	7,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,06:55	29,70	24,90	9,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,07:00	29,60	24,80	11,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,07:05	29,60	24,80	12,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,07:10	29,80	24,80	11,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,07:15	29,90	24,80	13,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,07:20	30,10	24,80	15,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,07:25	30,10	24,90	16,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,07:30	30,10	24,90	18,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,07:35	30,00	25,00	25,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,07:40	30,00	25,10	26,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,07:45	30,00	25,10	30,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,07:50	30,00	25,10	35,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,07:55	30,10	25,20	38,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,08:00	30,10	25,20	29,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,08:05	30,20	25,20	27,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,08:10	30,30	25,30	23,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,08:15	30,40	25,30	25,00	0,00	584122

15/04/2011	ven,08:20	30,60	25,30	24,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,08:25	30,80	25,40	41,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,08:30	30,90	25,50	60,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,08:35	31,00	25,50	47,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,08:40	31,10	25,50	48,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,08:45	31,30	25,60	31,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,08:50	31,50	25,60	48,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,08:55	31,60	25,60	40,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,09:00	31,80	25,70	30,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,09:05	31,90	25,80	43,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,09:10	32,00	25,80	73,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,09:15	32,10	25,80	132,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,09:20	32,20	25,80	175,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,09:25	32,20	25,80	142,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,09:30	32,40	25,80	42,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,09:35	32,50	25,80	31,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,09:39	32,60	26,00	49,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,09:44	32,70	26,00	65,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,09:49	32,80	26,00	84,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,09:54	32,90	26,10	78,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,09:59	32,90	26,20	120,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,10:04	33,00	26,20	313,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,10:09	32,90	26,20	209,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,10:14	32,80	26,00	234,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,10:19	32,70	26,10	112,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,10:24	32,80	26,20	124,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,10:29	32,90	26,30	150,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,10:34	33,00	26,30	179,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,10:39	33,00	26,40	244,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,10:44	32,80	26,50	184,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,10:49	32,10	26,80	348,00	0,00	584122
15/04/2011	ven,10:54	72,00	41,30	252,00	478,00	584392
15/04/2011	ven,10:59	54,00	47,00	478,00	478,00	584762
15/04/2011	ven,11:04	54,90	48,00	305,00	481,00	585099
15/04/2011	ven,11:09	53,70	48,30	204,00	478,00	585382
15/04/2011	ven,11:14	57,10	48,00	510,00	481,00	585622
15/04/2011	ven,11:19	59,10	48,80	170,00	483,00	586013
15/04/2011	ven,11:24	51,20	49,00	67,00	478,00	586298
15/04/2011	ven,11:29	49,10	47,80	363,00	481,00	586354
15/04/2011	ven,11:34	47,90	46,30	545,00	0,00	586354
15/04/2011	ven,11:39	46,90	45,20	474,00	0,00	586354
15/04/2011	ven,11:44	74,90	46,00	480,00	469,00	586458
15/04/2011	ven,11:49	58,10	49,60	421,00	481,00	587179
15/04/2011	ven,11:54	55,20	49,10	182,00	480,00	587564
15/04/2011	ven,11:59	55,20	48,60	483,00	481,00	587766
15/04/2011	ven,12:04	52,80	49,50	278,00	478,00	588061
15/04/2011	ven,12:09	58,60	49,10	555,00	480,00	588308
15/04/2011	ven,12:14	57,70	49,40	129,00	482,00	588763
15/04/2011	ven,12:19	49,90	48,00	85,00	474,00	588967
15/04/2011	ven,12:24	48,50	46,60	121,00	474,00	589035
15/04/2011	ven,12:29	47,80	45,70	100,00	0,00	589079
15/04/2011	ven,12:34	46,80	44,40	165,00	0,00	589079
15/04/2011	ven,12:39	45,80	43,50	580,00	0,00	589079

15/04/2011	ven,12:44	45,00	42,60	544,00	0,00	589079
15/04/2011	ven,12:49	44,20	43,00	433,00	480,00	589092
15/04/2011	ven,12:54	58,70	49,70	581,00	485,00	590041
15/04/2011	ven,12:59	53,90	48,90	326,00	481,00	590393
15/04/2011	ven,13:04	55,00	48,60	20,00	478,00	590652
15/04/2011	ven,13:09	47,80	48,30	2,00	476,00	590713
15/04/2011	ven,13:14	46,00	46,60	2,00	0,00	590713
15/04/2011	ven,13:19	45,10	45,40	3,00	0,00	590713
15/04/2011	ven,13:24	44,20	44,30	6,00	0,00	590713
15/04/2011	ven,13:29	43,40	43,30	8,00	0,00	590713
15/04/2011	ven,13:34	42,70	42,40	10,00	0,00	590713
15/04/2011	ven,13:39	42,00	41,60	12,00	0,00	590713
15/04/2011	ven,13:44	41,40	40,80	12,00	0,00	590713
15/04/2011	ven,13:49	40,80	40,10	12,00	0,00	590713
15/04/2011	ven,13:54	40,20	39,30	13,00	0,00	590713
15/04/2011	ven,13:59	39,80	38,70	15,00	0,00	590713
15/04/2011	ven,14:04	39,30	38,10	18,00	0,00	590713
15/04/2011	ven,14:09	38,90	37,40	28,00	0,00	590713
15/04/2011	ven,14:14	38,50	36,70	35,00	0,00	590713
15/04/2011	ven,14:19	38,20	36,30	36,00	0,00	590713
15/04/2011	ven,14:24	37,90	35,70	37,00	0,00	590713
15/04/2011	ven,14:29	37,70	35,20	39,00	0,00	590713
15/04/2011	ven,14:34	37,60	34,80	43,00	0,00	590713
15/04/2011	ven,14:39	37,40	34,30	49,00	0,00	590713
15/04/2011	ven,14:44	37,20	33,90	57,00	0,00	590713
15/04/2011	ven,14:49	37,00	33,60	59,00	0,00	590713
15/04/2011	ven,14:54	36,80	33,30	66,00	0,00	590713
15/04/2011	ven,14:59	36,60	32,90	66,00	0,00	590713
15/05/2011	dom,06:00	36,70	31,50	0,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,06:05	36,60	31,40	3,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,06:10	36,60	31,40	7,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,06:15	36,60	31,40	2,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,06:20	36,60	31,40	7,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,06:25	36,50	31,30	2,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,06:30	36,50	31,30	4,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,06:35	36,40	31,30	4,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,06:40	36,30	31,20	4,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,06:45	36,10	31,10	3,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,06:50	35,90	31,00	6,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,06:55	35,90	30,80	3,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,07:00	36,00	30,90	4,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,07:05	36,00	30,80	8,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,07:10	36,00	30,80	4,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,07:15	36,00	30,80	7,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,07:20	35,90	30,80	6,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,07:25	35,90	30,90	8,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,07:30	35,70	30,80	11,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,07:35	35,60	30,90	21,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,07:40	35,50	30,90	18,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,07:45	35,50	30,80	19,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,07:50	35,40	30,80	11,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,07:55	35,40	30,80	11,00	0,00	1243992

15/05/2011	dom,08:00	35,40	30,80	14,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,08:05	35,40	30,80	20,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,08:10	35,40	30,80	18,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,08:15	35,40	30,80	18,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,08:20	35,40	30,80	22,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,08:25	35,50	30,80	21,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,08:30	35,50	30,80	21,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,08:35	35,50	30,80	16,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,08:40	35,60	30,80	7,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,08:45	35,70	30,80	6,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,08:50	35,70	30,80	4,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,08:55	35,70	30,80	5,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,09:00	35,80	30,90	12,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,09:05	35,80	31,00	24,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,09:10	35,90	30,80	12,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,09:15	36,00	30,90	5,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,09:20	36,00	31,00	6,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,09:25	36,00	31,00	9,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,09:30	36,00	31,00	11,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,09:35	36,00	30,90	10,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,09:40	36,10	31,00	7,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,09:45	36,10	31,00	4,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,09:50	36,10	31,00	4,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,09:55	36,10	31,00	5,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,10:00	36,10	31,00	5,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,10:05	36,10	31,00	6,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,10:10	36,10	31,00	6,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,10:15	36,20	31,00	7,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,10:20	36,10	31,00	8,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,10:25	36,20	30,90	7,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,10:30	36,20	30,90	13,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,10:35	36,20	30,90	16,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,10:40	36,30	30,80	24,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,10:45	36,30	30,90	32,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,10:50	36,20	30,80	36,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,10:55	36,10	30,70	26,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,11:00	36,10	30,70	35,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,11:05	36,00	30,70	35,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,11:10	36,00	30,70	44,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,11:15	36,00	30,60	46,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,11:20	36,10	30,60	60,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,11:25	36,10	30,60	151,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,11:30	36,10	30,50	142,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,11:35	36,10	30,40	150,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,11:40	36,00	30,40	201,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,11:45	36,00	30,20	236,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,11:50	35,90	30,20	462,00	0,00	1243992
15/05/2011	dom,11:55	31,80	32,80	174,00	467,00	1243998
15/05/2011	dom,12:00	50,50	48,80	100,00	474,00	1244561
15/05/2011	dom,12:05	49,50	47,20	80,00	472,00	1244664
15/05/2011	dom,12:10	47,60	46,20	73,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,12:15	46,60	45,10	104,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,12:20	45,90	44,20	88,00	0,00	1244699

15/05/2011	dom,12:25	45,20	43,40	193,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,12:30	44,50	42,60	102,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,12:35	43,80	42,00	90,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,12:40	43,20	41,40	100,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,12:45	42,60	40,80	97,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,12:50	42,00	40,20	95,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,12:55	41,60	39,70	128,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,13:00	41,10	39,30	73,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,13:05	40,70	38,80	80,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,13:10	40,40	38,40	91,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,13:15	40,10	38,00	101,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,13:20	39,80	37,60	112,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,13:25	39,50	37,20	111,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,13:30	39,30	36,90	130,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,13:35	39,10	36,60	94,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,13:40	38,90	36,30	74,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,13:45	38,80	36,00	99,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,13:50	38,70	35,70	102,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,13:55	38,60	35,40	109,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,14:00	38,50	35,20	100,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,14:05	38,40	35,00	85,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,14:10	38,30	34,80	72,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,14:15	38,10	34,60	78,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,14:20	38,00	34,60	69,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,14:25	38,00	34,40	78,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,14:30	37,80	34,20	81,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,14:35	37,80	34,00	74,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,14:40	37,70	34,00	86,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,14:45	37,70	33,80	93,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,14:50	37,70	33,60	74,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,14:55	37,80	33,40	66,00	0,00	1244699
15/05/2011	dom,15:00	37,70	33,30	59,00	0,00	1244699
15/06/2011	mer,06:03	36,60	31,10	31,00	0	1849468
15/06/2011	mer,06:08	36,60	31,10	34,00	0	1849468
15/06/2011	mer,06:13	36,60	31,10	37,00	0	1849468
15/06/2011	mer,06:18	36,60	31,10	40,00	0	1849468
15/06/2011	mer,06:23	36,60	31,10	46,00	0	1849468
15/06/2011	mer,06:28	36,60	31,10	110,00	0	1849468
15/06/2011	mer,06:33	36,60	31,00	133,00	0	1849468
15/06/2011	mer,06:38	36,60	31,10	132,00	0	1849468
15/06/2011	mer,06:43	36,60	31,00	97,00	0	1849468
15/06/2011	mer,06:48	36,40	31,00	95,00	0	1849468
15/06/2011	mer,06:53	36,30	30,90	96,00	0	1849468
15/06/2011	mer,06:58	36,00	30,90	92,00	0	1849468
15/06/2011	mer,07:03	35,90	30,80	95,00	0	1849468
15/06/2011	mer,07:08	36,00	30,80	94,00	0	1849468
15/06/2011	mer,07:13	36,20	30,80	97,00	0	1849468
15/06/2011	mer,07:18	36,30	30,90	98,00	0	1849468
15/06/2011	mer,07:23	36,30	30,90	93,00	0	1849468
15/06/2011	mer,07:28	36,20	30,90	87,00	0	1849468
15/06/2011	mer,07:33	36,10	30,90	88,00	0	1849468
15/06/2011	mer,07:38	36,00	31,00	88,00	0	1849468

15/06/2011	mer,07:43	35,90	31,00	89,00	0	1849468
15/06/2011	mer,07:48	35,80	31,00	88,00	0	1849468
15/06/2011	mer,07:53	35,70	31,00	90,00	0	1849468
15/06/2011	mer,07:58	35,60	31,10	95,00	0	1849468
15/06/2011	mer,08:03	35,50	31,10	97,00	0	1849468
15/06/2011	mer,08:08	55,90	40,70	99,00	466	1849604
15/06/2011	mer,08:13	47,90	45,00	102,00	467	1849779
15/06/2011	mer,08:18	49,00	45,70	106,00	467	1849923
15/06/2011	mer,08:23	49,70	46,10	109,00	469	1850074
15/06/2011	mer,08:28	50,30	46,40	114,00	469	1850232
15/06/2011	mer,08:33	50,90	46,80	118,00	469	1850400
15/06/2011	mer,08:38	51,50	47,10	121,00	472	1850578
15/06/2011	mer,08:43	52,00	47,40	125,00	476	1850772
15/06/2011	mer,08:48	52,60	47,70	129,00	474	1850972
15/06/2011	mer,08:53	53,10	47,90	132,00	476	1851190
15/06/2011	mer,08:58	53,70	48,20	137,00	476	1851419
15/06/2011	mer,09:03	54,20	48,50	145,00	477	1851659
15/06/2011	mer,09:08	54,60	48,60	148,00	480	1851904
15/06/2011	mer,09:13	55,10	48,90	158,00	478	1852167
15/06/2011	mer,09:18	55,50	48,90	168,00	480	1852441
15/06/2011	mer,09:23	55,90	49,10	172,00	480	1852726
15/06/2011	mer,09:28	56,20	49,10	180,00	480	1853025
15/06/2011	mer,09:33	56,50	49,20	195,00	481	1853337
15/06/2011	mer,09:38	56,80	49,20	205,00	482	1853657
15/06/2011	mer,09:43	57,10	49,30	214,00	480	1853987
15/06/2011	mer,09:48	57,40	49,30	220,00	482	1854327
15/06/2011	mer,09:53	57,60	49,40	221,00	481	1854688
15/06/2011	mer,09:58	57,70	49,50	234,00	481	1855039
15/06/2011	mer,10:03	58,00	49,50	243,00	481	1855399
15/06/2011	mer,10:08	58,40	49,70	253,00	482	1855768
15/06/2011	mer,10:13	58,80	49,80	254,00	483	1856149
15/06/2011	mer,10:18	59,00	49,90	266,00	483	1856546
15/06/2011	mer,10:23	59,50	50,10	274,00	485	1856946
15/06/2011	mer,10:28	59,70	50,30	272,00	483	1857355
15/06/2011	mer,10:33	59,50	50,30	277,00	483	1857766
15/06/2011	mer,10:38	59,80	50,40	283,00	485	1858165
15/06/2011	mer,10:43	60,40	50,50	284,00	485	1858593
15/06/2011	mer,10:48	60,50	50,60	288,00	486	1859020
15/06/2011	mer,10:53	60,90	50,70	308,00	485	1859460
15/06/2011	mer,10:58	61,20	51,00	318,00	487	1859902
15/06/2011	mer,11:03	61,60	51,10	320,00	487	1860361
15/06/2011	mer,11:08	61,40	50,50	329,00	487	1860812
15/06/2011	mer,11:13	61,10	50,20	333,00	486	1861301
15/06/2011	mer,11:18	61,20	50,50	347,00	486	1861763
15/06/2011	mer,11:23	61,50	50,80	348,00	489	1862238
15/06/2011	mer,11:28	61,90	51,10	345,00	489	1862713
15/06/2011	mer,11:33	62,30	51,40	348,00	489	1863192
15/06/2011	mer,11:38	62,50	51,50	361,00	489	1863664
15/06/2011	mer,11:43	62,90	51,70	366,00	490	1864156
15/06/2011	mer,11:48	62,90	51,80	367,00	490	1864647
15/06/2011	mer,11:53	63,00	51,90	367,00	491	1865139
15/06/2011	mer,11:58	63,10	52,30	370,00	491	1865625
15/06/2011	mer,12:03	63,70	52,90	385,00	491	1866103

15/06/2011	mer,12:08	64,50	53,30	388,00	491	1866595
15/06/2011	mer,12:13	64,80	53,30	384,00	491	1867090
15/06/2011	mer,12:18	64,40	52,50	381,00	491	1867611
15/06/2011	mer,12:23	63,50	52,00	371,00	491	1868131
15/06/2011	mer,12:28	63,30	51,90	376,00	489	1868630
15/06/2011	mer,12:33	63,10	52,30	384,00	490	1869119
15/06/2011	mer,12:38	63,80	52,50	388,00	490	1869597
15/06/2011	mer,12:43	63,70	52,90	395,00	493	1870087
15/06/2011	mer,12:48	64,40	53,10	422,00	490	1870569
15/06/2011	mer,12:53	64,60	53,40	411,00	491	1871072
15/06/2011	mer,12:58	64,60	53,60	419,00	491	1871564
15/06/2011	mer,13:03	65,20	53,70	420,00	490	1872062
15/06/2011	mer,13:08	65,20	54,00	394,00	490	1872567
15/06/2011	mer,13:13	65,20	54,00	395,00	493	1873061
15/06/2011	mer,13:18	65,40	54,20	368,00	493	1873555
15/06/2011	mer,13:23	65,30	54,30	347,00	491	1874045
15/06/2011	mer,13:28	65,30	54,40	329,00	490	1874534
15/06/2011	mer,13:33	65,40	54,60	306,00	490	1875020
15/06/2011	mer,13:38	65,40	54,60	301,00	490	1875488
15/06/2011	mer,13:43	65,40	54,80	288,00	489	1875968
15/06/2011	mer,13:48	65,10	54,90	281,00	489	1876432
15/06/2011	mer,13:53	64,80	54,80	279,00	489	1876882
15/06/2011	mer,13:58	64,80	54,70	266,00	489	1877329
15/06/2011	mer,14:03	64,10	54,80	40,00	487	1877737
15/06/2011	mer,14:08	63,90	54,80	36,00	489	1878146
15/06/2011	mer,14:13	63,60	54,80	33,00	489	1878539
15/06/2011	mer,14:18	63,20	54,80	32,00	489	1878905
15/06/2011	mer,14:23	62,70	54,90	32,00	487	1879264
15/06/2011	mer,14:28	62,20	54,80	31,00	489	1879602
15/06/2011	mer,14:33	61,60	54,60	30,00	486	1879914
15/06/2011	mer,14:38	61,20	54,60	28,00	483	1880215
15/06/2011	mer,14:43	60,80	54,50	28,00	485	1880493
15/06/2011	mer,14:53	59,50	54,20	26,00	485	1880994
15/06/2011	mer,14:58	59,00	54,10	26,00	483	1881214
15/06/2011	mer,15:03	58,40	53,90	26,00	483	1881417
15/09/2011	gio,08:27	53,20	43,10	243,00	462	4263596
15/09/2011	gio,08:32	51,20	46,60	255,00	463	4263750
15/09/2011	gio,08:37	51,50	47,30	259,00	466	4263933
15/09/2011	gio,08:42	52,30	47,70	273,00	468	4264120
15/09/2011	gio,08:47	52,90	48,00	285,00	469	4264318
15/09/2011	gio,08:52	53,60	48,50	313,00	469	4264527
15/09/2011	gio,08:57	54,20	48,80	331,00	471	4264750
15/09/2011	gio,09:02	54,90	49,10	339,00	473	4264990
15/09/2011	gio,09:07	55,30	49,30	350,00	473	4265233
15/09/2011	gio,09:12	55,80	49,70	357,00	473	4265491
15/09/2011	gio,09:17	56,30	49,90	355,00	474	4265754
15/09/2011	gio,09:22	56,80	50,10	352,00	476	4266037
15/09/2011	gio,09:27	57,20	50,10	367,00	476	4266324
15/09/2011	gio,09:32	57,50	50,30	378,00	474	4266633
15/09/2011	gio,09:37	57,70	50,30	387,00	476	4266943
15/09/2011	gio,09:42	58,10	50,40	399,00	476	4267267
15/09/2011	gio,09:47	58,40	50,50	407,00	476	4267602

15/09/2011	gio,09:52	58,60	50,50	417,00	478	4267938
15/09/2011	gio,09:57	58,90	50,70	428,00	477	4268290
15/09/2011	gio,10:02	59,20	50,70	438,00	478	4268649
15/09/2011	gio,10:07	59,50	50,90	441,00	477	4269015
15/09/2011	gio,10:12	59,70	51,00	446,00	477	4269386
15/09/2011	gio,10:17	60,00	51,20	455,00	478	4269753
15/09/2011	gio,10:22	60,30	51,30	467,00	480	4270140
15/09/2011	gio,10:27	60,60	51,40	481,00	481	4270532
15/09/2011	gio,10:32	60,90	51,60	500,00	481	4270931
15/09/2011	gio,10:37	61,20	51,70	518,00	481	4271338
15/09/2011	gio,10:42	61,50	51,80	543,00	480	4271750
15/09/2011	gio,10:47	61,80	52,00	560,00	480	4272181
15/09/2011	gio,10:52	62,00	52,00	586,00	483	4272606
15/09/2011	gio,10:57	62,20	52,20	603,00	482	4273034
15/09/2011	gio,11:02	62,50	52,40	619,00	481	4273466
15/09/2011	gio,11:07	62,70	52,50	632,00	481	4273903
15/09/2011	gio,11:12	62,90	52,60	658,00	483	4274341
15/09/2011	gio,11:17	63,10	52,80	673,00	483	4274798
15/09/2011	gio,11:22	63,40	52,90	659,00	485	4275249
15/09/2011	gio,11:27	63,70	53,10	680,00	485	4275701
15/09/2011	gio,11:32	63,90	53,20	671,00	483	4276174
15/09/2011	gio,11:37	63,90	53,30	655,00	482	4276631
15/09/2011	gio,11:42	64,10	53,50	666,00	485	4277095
15/09/2011	gio,11:47	64,20	53,70	651,00	486	4277552
15/09/2011	gio,11:52	64,40	53,80	691,00	483	4278019
15/09/2011	gio,11:57	65,00	53,90	668,00	485	4278489
15/09/2011	gio,12:02	64,70	54,20	658,00	483	4278950
15/09/2011	gio,12:07	64,60	54,40	708,00	483	4279401
15/09/2011	gio,12:12	65,30	54,40	705,00	485	4279873
15/09/2011	gio,12:17	65,20	54,60	723,00	485	4280331
15/09/2011	gio,12:22	65,10	54,60	747,00	485	4280800
15/09/2011	gio,12:27	65,00	54,80	760,00	483	4281248
15/09/2011	gio,12:32	64,60	54,80	762,00	483	4281679
15/09/2011	gio,12:37	64,20	54,80	730,00	481	4282099
15/09/2011	gio,12:42	64,00	54,90	722,00	482	4282496
15/09/2011	gio,12:47	63,30	54,90	713,00	481	4282876
15/09/2011	gio,12:52	63,00	54,90	718,00	482	4283234
15/09/2011	gio,12:57	61,90	54,80	688,00	481	4283554
15/09/2011	gio,13:02	62,20	54,60	638,00	480	4283872
15/09/2011	gio,13:07	61,70	54,60	632,00	478	4284199
15/09/2011	gio,13:12	61,70	54,60	617,00	481	4284500
15/09/2011	gio,13:17	61,50	54,50	607,00	480	4284803
15/09/2011	gio,13:22	60,80	54,50	59,00	480	4285086
15/09/2011	gio,13:27	60,30	54,40	59,00	476	4285347
15/09/2011	gio,13:32	59,10	54,30	48,00	478	4285572
15/09/2011	gio,13:37	58,50	54,20	47,00	478	4285770
15/09/2011	gio,13:42	57,90	54,00	45,00	477	4285939
15/09/2011	gio,13:47	57,50	53,90	44,00	476	4286098
15/09/2011	gio,13:52	56,90	53,70	43,00	474	4286242
15/09/2011	gio,13:57	56,40	53,60	42,00	476	4286368
15/09/2011	gio,14:02	55,20	53,40	41,00	474	4286468
15/09/2011	gio,14:07	54,20	53,10	40,00	471	4286531