

Specchi piani verticali semimobili per collettori solari CPC

Lavoro di maturità 2014

Riccardo Destefani e Dimitri Populov

Liceo di Lugano 2

Coordinato dal professore di fisica: Nicolas Cretton

Indice

1	INTRODUZIONE	3
2	UN PO' DI STORIA	5
3	TIPI DI SFRUTTAMENTO DELL'ENERGIA SOLARE	7
	3.1 SFRUTTAMENTO TERMICO	7
	3.1.1 Modelli di collettori solari	9
	3.1.2 Conclusioni	13
	3.2 SFRUTTAMENTO A CONCENTRAZIONE (concentrazione lineare Fresnel) ..	14
	3.2.1 Funzionamento.....	15
	3.2.2 Tipi di specchio.....	16
	3.2.3 Sfruttamento massimo	16
4	COSTRUZIONE DEL PROGETTO	19
	4.1.1 Introduzione alla costruzione.....	19
	4.1.2 Costruzione componenti	20
	4.1.3 Caratteristiche del maylar	21
	4.1.4 Costruzione semimobile	23
	4.1.5 Ipotesi copertura angolare.....	24
5	CONCLUSIONI	28
6	SITOGRAFIA	29
7	INDICE E FONTI DELLE IMMAGINI	30
8	RINGRAZIAMENTI	32

1 INTRODUZIONE

Il nostro lavoro di maturità consiste nella costruzione di riflettori solari semimobili utilizzando come spunto la tecnologia Linear Fresnel Collectors (in italiano collettori lineari Fresnel). Lo scopo di questo progetto è aumentare la concentrazione di raggi solari sui collettori solari termici a tubi sottovuoto, sfruttando la maggiore superficie riflettente data dai nostri specchi, al fine di riscaldare l'acqua sanitaria (ACS) e l'acqua di riscaldamento. L'utilizzo di riflettori è previsto solamente nell'arco del periodo invernale indicativamente tra il 21 ottobre e il 21 marzo, perché l'acqua di riscaldamento assieme ai tubi sono già abbastanza per l'ACS.

Il nostro progetto è stato pensato e coordinato dal professore Nicolas Cretton il quale ci ha incoraggiati a svolgere questo lavoro. Le motivazioni che ci hanno spinto sono il fatto che in questo modo abbiamo potuto lavorare in maniera pratica e concreta, mettendo così a frutto le nozioni teoriche trasmesse dal professore durante la progettazione. Il secondo fattore decisivo è sicuramente l'aspetto ecologico del progetto in quanto crediamo che le tecnologie sfruttanti l'energia solare debbano essere studiate e utilizzate al fine di ottimizzarle e svilupparle, perché potenzialmente il sole è una fonte di energia pulita e soprattutto inesauribile.

Sicuramente il nostro progetto è una notevole semplificazione della tecnologia Fresnel visto che comunque ci si è dovuti limitare ai materiali da noi reperibili a costi contenuti, fatto però stimolante che ci ha permesso di trovare soluzioni alternative e creative, anche se siamo incappati in vari problemi logistici e di realizzazione che hanno allungato i tempi di costruzione. Abbiamo dunque dovuto ingegnarci per risolvere le diverse problematiche sorte durante l'anno che ancor più hanno messo in evidenza le difficoltà, non emerse durante la progettazione teorica, di un lavoro pratico.

La tecnologia Fresnel offre numerosi vantaggi a partire dal costo complessivo della costruzione. Visto che i riflettori utilizzati sono piani, di conseguenza anche più facilmente realizzabili e allo stesso tempo possono offrire prestazioni alquanto simili tramite la dotazione di una moltitudine di specchi posti a formare una curvatura pressoché identica a quella parabolica. Inoltre non è da sottovalutare il fatto che la manutenzione avviene più rapidamente e senza andare a influire sull'intero sistema, dato che i riflettori sono composti da pezzi singoli individualmente smontabili. Per queste sue caratteristiche viene facilitata pure la pulizia delle sue componenti.

Il progetto è stato concepito dal nostro professore, che ha ipotizzato di costruire degli specchi verticali sfruttando anche la morfologia della sua abitazione. Ciò

permetteva di posizionare i riflettori in maniera praticamente ideale per la riflessione dei raggi solari nell'arco della giornata, sfruttando il fatto di avere un grande palo di sostegno posto a breve distanza dal muro sul quale erano posizionati i pannelli (vedi figura 8).

Inizialmente ci eravamo prefissati l'obiettivo di costruire solamente dei riflettori verticali fissi, ma ci siamo accorti che un unico inclinamento, durante l'arco di tutto il periodo necessario, non permetteva di ottimizzare le qualità della struttura, in quanto l'angolazione dell'altezza del sole cambiava in maniera significativa nell'intervallo di tempo per il quale erano stati concepiti i pannelli. Si è pensato di trovare un compromesso tra una relazione completamente statica e quella orientabile, che permette di variare l'angolazione tramite una motorizzazione. Tale progetto però risultava dispendioso e reso difficile dal fatto che gli specchi si trovano in una posizione praticamente sospesa, dalla stabilità e solidità più labile rispetto alla variante fissa. La soluzione è stata quella di costruire dei riflettori semimobili, dove l'angolazione può essere regolata manualmente nel corso dell'anno a intervalli di un mese circa per poterli orientare meglio verso il sole e aumentare così le prestazioni.

Inoltre vi è l'aspetto importante che questo progetto potrebbe avere uno sviluppo futuro, in quanto sarà sempre possibile l'installazione di un motore che permetterebbe di creare una struttura mobile ancor più efficiente.

Ci viene doveroso esplicitare che praticamente tutto il materiale da noi utilizzato per la costruzione ci è stato generosamente finanziato e fornito dal nostro coordinatore e che la struttura finale è operativa nella sua abitazione come ulteriore tecnologia volta a sfruttare un'energia pulita e rinnovabile quale quella solare.

2 UN PO' DI STORIA

È interessante ripercorrere le fasi che hanno condotto ad utilizzare in modo più consapevole il potenziale energetico rappresentato dal sole.

Il principio del collettore solare nasce dal fatto che l'uomo conosce gli effetti che provoca il raggio di sole quando colpisce un corpo. Quando il corpo è chiaro o è uno specchio, l'energia del sole viene riflessa. Quando il corpo è scuro, la radiazione solare viene assorbita e il corpo si riscalda.

Si ritiene che i primi collettori solari termici risalgano all'epoca romana, sebbene non esista alcuna documentazione storica ufficiale. I Romani avevano sviluppato dei sistemi di riscaldamento delle abitazioni e dell'acqua basati sull'utilizzo dell'energia solare e dell'effetto serra creato dal vetro con cui venivano chiuse le finestre delle serre o stanze da bagno.

Nel Cinquecento Leonardo Da Vinci (1452-1519) riuscì ad implementare uno studio di parabole per concentrare l'energia solare.

Passarono molti anni prima che si pensasse di sfruttare in modo sistematico le inesauribili risorse solari.

Il primo collettore solare, chiamato Eliometro, venne inventato nel 1767 dallo svizzero Horace-Bénédict de Saussure (1740-1799), naturalista, geologo e fisico di Ginevra. L'Eliometro era un dispositivo molto semplice, costituito da una scatola di legno rivestita di sughero nero, sulla parte superiore della quale erano applicati tre strati di vetro posti ad opportuna distanza. Con questo oggetto era possibile catturare il calore e portare ad ebollizione l'acqua. La temperatura all'interno raggiungeva i 109°C. I primi pionieri americani usarono questa invenzione per riscaldare l'acqua e cucinare mentre viaggiavano. Il fisico riuscì a dimostrare, durante una spedizione sul Monte Bianco, che a parità di esposizione la temperatura era indipendente dall'altitudine.

L'astronomo inglese John Herschel (1792-1871) perfezionò la scoperta di Horace-Bénédict de Saussure usando un dispositivo analogo per cucinare il cibo durante la sua spedizione in Africa nel 1830. Questa tecnica viene chiamata "*solar cooking*" (vedi figura 1) ed è un sistema ecologico che ottiene buoni risultati e permette a molte popolazioni povere di cucinare evitando la necessità di combustibili.

Il primo sistema commerciale per la produzione di acqua calda per usi domestici fu brevettato, oltre un secolo più tardi, nel 1891, dall'americano Clarence Kemp.

La sua invenzione ebbe un successo tale, che già nel 1897 un terzo delle case di Pasadena, in California, vennero dotate di dispositivi solari per il riscaldamento dell'acqua.

L'inizio della prima guerra mondiale bloccò il progredire di queste ricerche e impedì in parte la diffusione del dispositivo di Kemp.

Dopo la prima guerra mondiale, dal 1920 in poi, si diffuse nelle regioni maggiormente soleggiate degli Stati Uniti come Florida e California, il sistema "*day and night water heater*". Un sistema a circolazione naturale in cui l'acqua viene accumulata in un serbatoio posto più in alto dei collettori solari piani è in grado di fornire ACS 24 ore al giorno.

Nel 1935, sempre negli Stati Uniti, viene realizzato il primo edificio in cui l'impianto di riscaldamento utilizza una serie di collettori solari per ottenere il fluido scaldante, divenendo il primo edificio riscaldato tramite un impianto di pannelli solari termici¹.

Gli scaldacqua solari si diffusero particolarmente negli anni '50, grazie all'introduzione di sistemi più efficienti. Si stima che, in quegli anni, in Giappone ci fossero circa 250'000 piccoli impianti, 50'000 negli Stati Uniti (Florida e California soprattutto) e un discreto numero in Australia, Israele e Sud Africa².

La crisi energetica del 1973, con l'aumento considerevole del prezzo del petrolio, diede un nuovo impulso allo sviluppo di questa tecnologia.

Nell'ultimo decennio abbiamo assistito ad un forte sviluppo del solare termico poiché le prestazioni degli impianti sono notevolmente migliorate e la nostra cultura a favore dell'ambiente ha dato un importante impulso ai governi per un maggiore sviluppo di tali tecnologie.

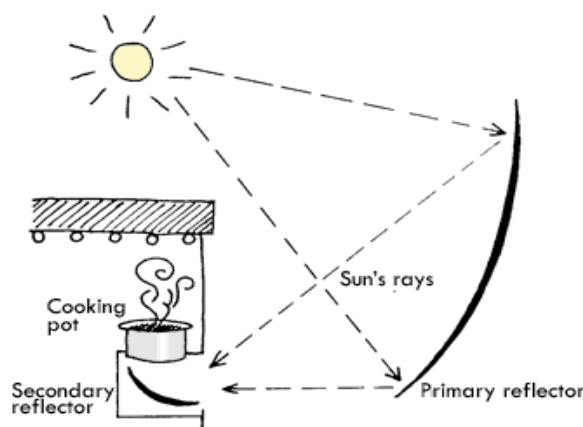


Figura 1: Esempio di "solar cooking"

¹ Citazione secondo Anna De Simone, Idee Green – Primo Collettore Solare

² Citazione secondo STZ Studio – Breve storia sui pannelli solari

3 TIPI DI SFRUTTAMENTO DELL'ENERGIA SOLARE

Il sole è una sorgente di energia alternativa rispetto ai combustibili fossili quali carbone, petrolio e gas. È inesauribile e rappresenta la fonte primaria di energia sul nostro pianeta.

Sulla terra arriva una quantità di energia impressionante tramite le irradiazioni solari: 1366 W/m^2 . Questa energia è distribuita su tutta la superficie del pianeta e quindi risulta essere poco concentrata.

Per poter sfruttare questo bene prezioso è necessario raccogliere le radiazioni dei raggi solari e trasformarli in calore.

Purtroppo i costi per sfruttare l'energia solare sono ancora molto elevati in quanto le tecnologie e i materiali sono cari e inoltre la produzione non è ancora su vasta scala.

Si continua a lavorare per trovare metodi di produzione più economici per far sì che questa energia alternativa possa finalmente essere fruibile a costi accessibili a tutti.

Nel mondo sono finora state messe a punto diverse tecnologie di conversione dell'energia solare atte ad ottenere calore ed elettricità.

Si distinguono tre categorie:

- Sfruttamento termico;
- Sfruttamento fotovoltaico;
- Sfruttamento a concentrazione (il presente studio descrive la concentrazione lineare Fresnel).

3.1 SFRUTTAMENTO TERMICO

Lo sfruttamento termico del sole avviene grazie all'utilizzo di pannelli solari termici anche chiamati collettori solari.

Essi rappresentano la tecnologia che permette di sfruttare le radiazioni solari convertendole direttamente in energia termica utile per l'attività dell'uomo.

L'energia creata da questo tipo di sfruttamento può venir accumulata sotto forma di acqua calda in contenitori opportunamente termicamente isolati, di modo da poter essere utilizzata in un secondo momento.

Si distinguono due sistemi per produrre energia termica tramite collettori solari:

- Collettori a circolazione naturale;

- Collettori a circolazione forzata.

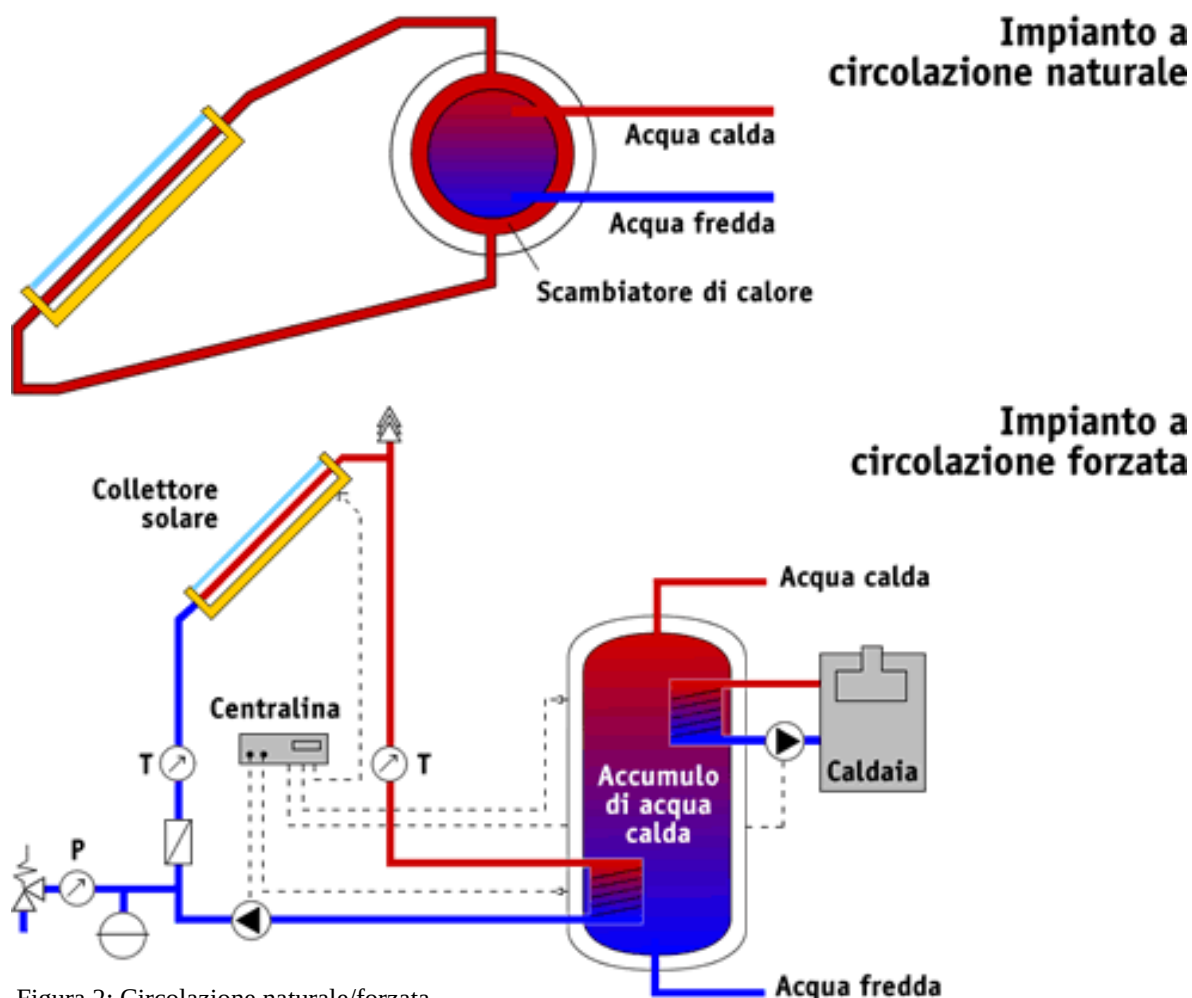


Figura 2: Circolazione naturale/forzata

La circolazione naturale è il sistema più semplice e, fatto molto importante, necessita unicamente dell'energia fornita direttamente dal sole.

Il pannello solare termico, in questo tipo di funzionamento a circuito chiuso, sfrutta la circolazione naturale dovuta alla presenza di masse d'acqua a diversa temperatura.

Avviene così il fenomeno fisico della convezione, ossia la propagazione del calore prodotta dal movimento di un fluido (principalmente acqua) che funge così da veicolo.

In un circuito chiuso formato da un accumulatore (boiler) e da un collettore solare opportunamente posizionati avviene quanto segue: l'acqua riscaldata dall'irradiazione solare catturata tramite il collettore si scalda ed espandendosi diminuisce di densità tendendo a posizionarsi sopra quella più fredda (figura 2).

Grazie a queste variazioni di temperatura e di densità si instaurano i moti convettivi grazie ai quali l'acqua riscaldata potrà essere attinta ed utilizzata, in quanto posta più in alto rispetto a quella fredda. Si ottiene ciò semplicemente

posizionando il boiler in zona rialzata rispetto ai collettori solari, di modo da agevolare per gravità i moti convettivi che verranno a crearsi per effetto della differenza di temperatura nel fluido.

Il sistema di funzionamento della circolazione forzata è più complesso rispetto a quello della circolazione naturale. Esso non utilizza solamente l'energia delle radiazioni prodotte dal sole, ma necessita di un apporto di energia esterna (elettricità), utile a far funzionare la pompa idraulica e gestire una regolazione a sensori.

Nel sistema a circolazione forzata il fluido contenuto all'interno del collettore solare, solitamente composto da acqua più glicole propilenico atossico (pure noto come antigelo) o etere, viene messo in circolazione da una pompa idraulica solo quando la sua temperatura è maggiore a quella dell'acqua contenuta nel boiler.

Questo tipo di funzionamento è possibile grazie a termosensori elettrici che misurano le differenze di temperatura presenti all'interno circuito chiuso, gestendo così il sistema secondo necessità.

A differenza del sistema a circolazione naturale, il boiler di accumulazione può venir posto più distante nonché in posizione indifferente rispetto ai collettori solari, non essendo più necessario favorire i moti convettivi, dato che tutto il processo di circolazione del fluido sarà gestito dalla pompa idraulica.

3.1.1 Modelli di collettori solari

Attualmente sono in produzione i seguenti tipi di collettori solari:

- Collettori solari sottovuoto;
- Collettori solari vetrati;
- Collettori solari non vetrati;
- Collettori solari ad aria.

Il pannello dei collettori sottovuoto permette rendimenti maggiori, con il raggiungimento di temperature superiori ai 100°C. Ha il vantaggio di avere un rendimento anche in condizioni climatiche sfavorevoli.

Sono detti “sottovuoto” in quanto sono termicamente isolati verso l'atmosfera esterna grazie al “vacuum” (assenza di aria e soprattutto di umidità) creato fra due tubi di vetro concentrici in cui in quello interno, trattato con speciale rivestimento in grado di assorbire al meglio le radiazioni solari, scorre il fluido da riscaldare.

Esistono due tipi di collettori solari sottovuoto:

a) Heat pipe (tubi di calore)

È un tipo di collettore sottovuoto che scambia il calore con differenze minime di temperatura. È composto da due tubi di rame contenuti al suo interno (vedi figura 3), nei quali è contenuto il fluido (generalmente etere) che permetterà di scaldare l'acqua. Il tubo di rame è chiuso alle due estremità e viene scaldato tramite le radiazioni solari. Il fluido termoconvettore contenuto al suo interno evapora e andrà a cedere calore all'estremità superiore del tubo, per trasmetterla tramite opportuno scambiatore di calore, all'acqua contenuta nel circuito del boiler.

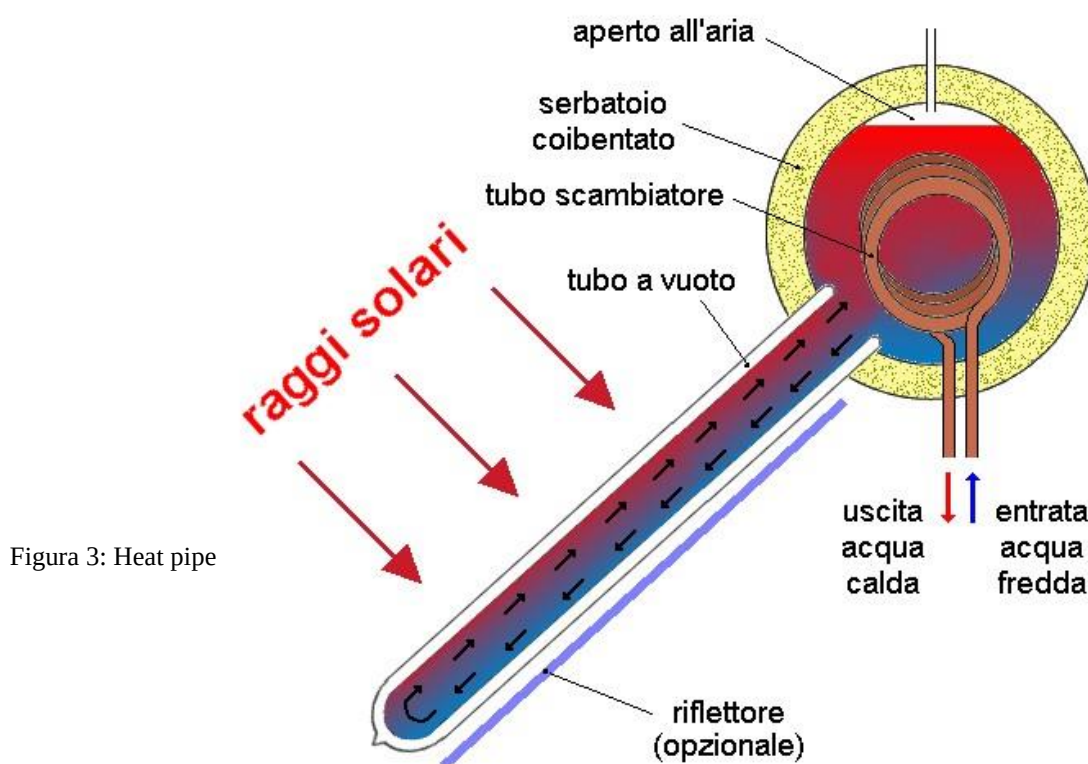


Figura 3: Heat pipe

b) Collettore composto con tubo a forma “U”

A differenza degli Heat pipe, in essi è contenuto il fluido che circola liberamente e che assorbe direttamente il calore delle radiazioni solari.

È chiuso solamente nella parte inferiore (vedi figura 4), mentre la parte superiore è aperta e in questo modo si permette al fluido di circolare liberamente per andare a scaldare l'acqua contenuta nel boiler.

I pannelli solari termici sottovuoto hanno un'elevata efficienza energetica, ma pure un costo molto elevato, per via delle complesse tecniche necessarie per la loro fabbricazione (esempio: la capacità termica di 15 tubi³ è di 14,09 kJ/m² K e il prezzo minimo di un tubo si aggira attorno ai 40 euro⁴).

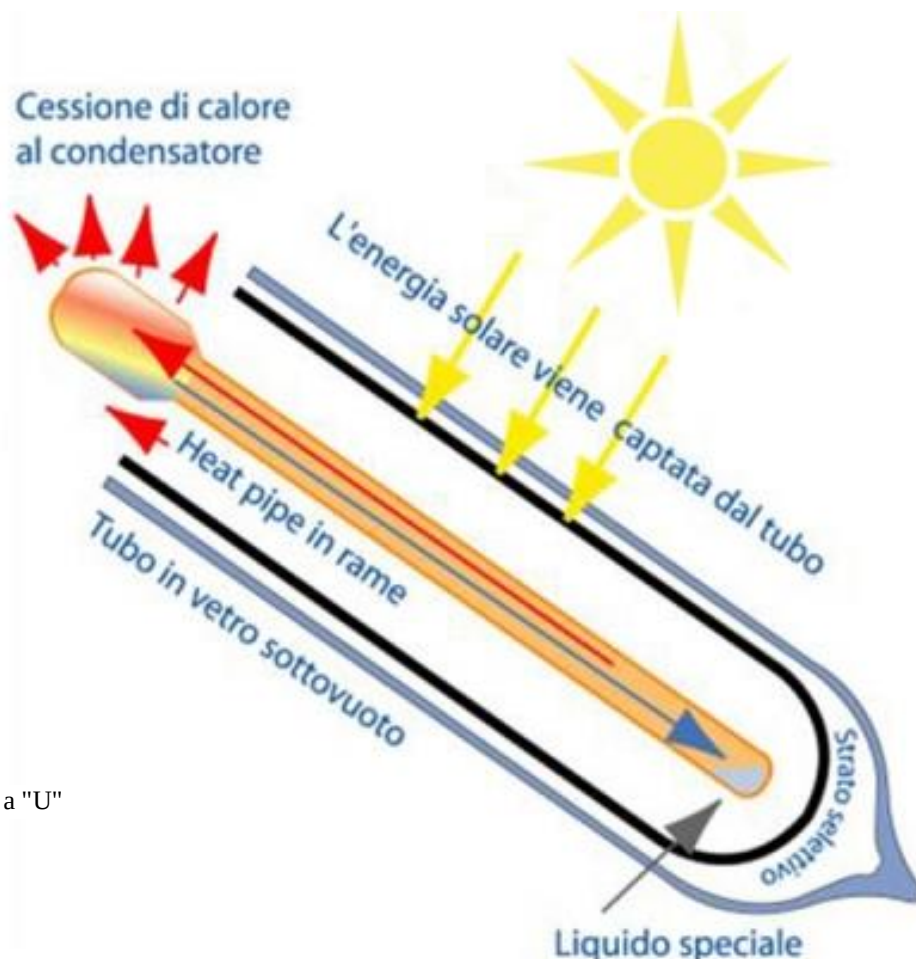


Figura 4: Tubo a "U"

c) Collettori solari vetrati

Il pannello solare vetrato è noto anche con il nome di “collettore piano”.

Sono in grado di portare il fluido a temperature attorno agli 80°C – 90°C, più che sufficienti per il riscaldamento dell'acqua a scopi sanitari.

Esistono vari modelli di questi collettori con varie caratteristiche precise.

Tutti sono composti da una copertura in vetro che fa passare le radiazioni solari e limita la dispersione di calore tramite un assorbitore di calore composto da una lamiera verniciata di nero e da dei tubi di rame (ottimo conduttore termico) nel quale circola il fluido termovettore che verrà riscaldato dall'assorbitore (vedi figura 5). A sua volta l'assorbitore andrà a cedere calore all'acqua contenuta nel

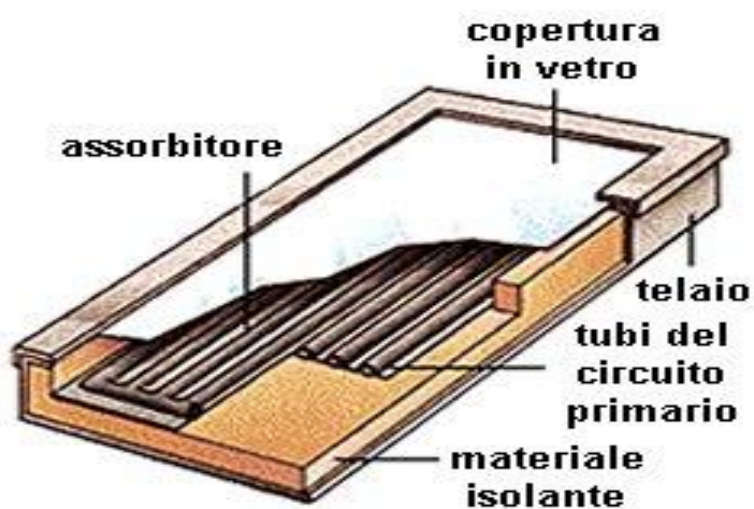
³ Indicazione trovata su: http://www.caldaie-climatizzatori.com/download/109_documento.pdf

⁴ Indicazione trovata su: <http://www.powersolarsystem.it/TERMICI.HTML>

circuito del boiler protetto da un isolante posto sul fondo e sui lati del collettore per impedire dispersioni termiche. Tutto il sistema è assemblato grazie ad un telaio metallico in lega leggera.

I pannelli solari vetrati sono i più diffusi sul mercato globale, hanno un'alta affidabilità, hanno un'efficienza più scarsa (esempio: la capacità termica⁵ è di 12,501 KJ/m²K) rispetto ai collettori sottovuoto poiché non c'è il vuoto come isolante. In compenso hanno un prezzo abbastanza accessibile (esempio: il prezzo per 2x1m è di 196 euro⁶).

Figura 5: Collettore vetrato



d) Collettori solari non vetrati

Noti anche col termine di “collettore scoperto”. I pannelli solari non vetrati sono realizzati senza un isolamento creato dal vetro. Sono composti da materiale plastico come polipropilene, neoprene, PVC e altre plastiche sintetiche. Trattasi semplicemente di tubi di plastica nei quali scorre direttamente l'acqua che verrà riscaldata ed infine utilizzata.

Hanno bisogno di un'ottima condizione atmosferica con molto irraggiamento solare e con temperature dell'ambiente esterno che raggiungono come minimo i 20°C.

Essendo privi di isolante disperdono una grande quantità di calore, non hanno un alto rendimento ed infatti raggiungono al massimo la temperatura di 40°C.

Questo impianto è molto semplice da installare e anche il più economico, ma bisogna tenere in considerazione che può venir impiegato esclusivamente con

⁵ Indicazione trovata su: http://www.caldie-climatizzatori.com/download/109_documento.pdf

⁶ Indicazione trovata su: http://www.aliexpress.com/price/solar-collector-glass_price.html

condizioni climatiche favorevoli, vista la mancanza di isolamento che ne limita così il loro rendimento.

e) Collettori solari ad aria

La particolarità di questo modello è che esso non riscalda l'acqua come tutti gli altri collettori, ma l'aria. L'aria che si scalda grazie a questo pannello termico, permette il raggiungimento di temperature-ambiente di ca. 20°C e i 30°C. Come si può notare le temperature non sono elevate perché è più difficile far avvenire gli scambi di calore con l'aria che con l'acqua.

Quest'aria calda viene impiegata per scaldare ambienti o per deumidificare.

I collettori solari ad aria (vedi figura 6) possiedono caratteristiche di costruzione simili ai collettori solari piani/vetrati e sono anche esteriormente molto simili. Essi sono composti da un assorbitore di radiazioni solari, da una copertura in vetro che funge da isolante e da una intelaiatura metallica che racchiude il tutto.

Il vantaggio di questo sistema è che l'aria che viene riscaldata arriva direttamente dall'ambiente esterno e quindi non è necessario un contenitore di accumulo a differenza degli altri collettori solari termici.

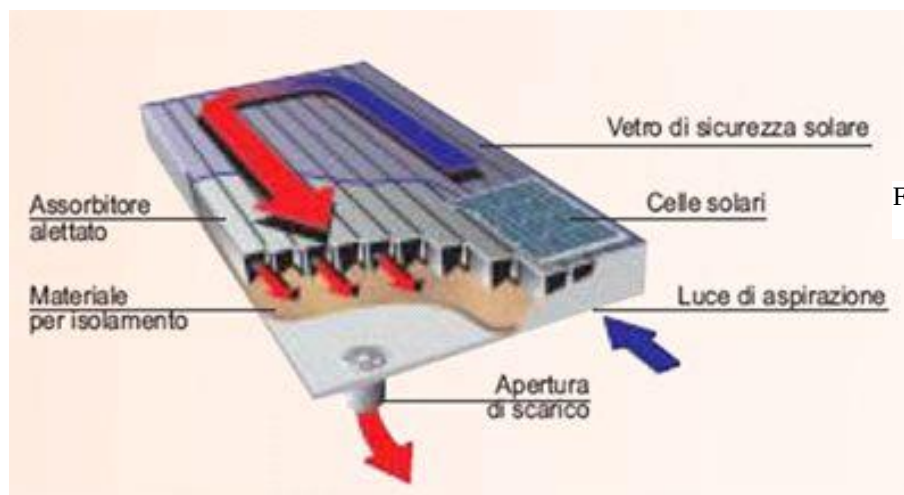


Figura 6: Collettore ad aria

3.1.2 Conclusioni

Lo sfruttamento dell'energia solare di tipo termico ha dei grandi vantaggi per quanto concerne l'ambiente: l'impatto sull'ambiente è molto limitato: non ci sono emissioni di CO₂ nell'atmosfera e non vengono utilizzati combustibili fossili.

Non dobbiamo poi assolutamente dimenticare che il fatto di non dipendere più, o meno, dal mercato energetico che regola i prezzi a suo piacimento è un vantaggio enorme per il consumatore.

3.2 SFRUTTAMENTO A CONCENTRAZIONE (concentrazione lineare Fresnel)



Figura 7: Concentratore lineare Fresnel

In questo nostro lavoro ci limitiamo a presentare la concentrazione Fresnel. Per altri tipi di concentrazioni è possibile consultare il LAM di “gronde” e “antenna”⁷.

Lo sfruttamento a concentrazione del sole è una tecnica che può venir utilizzata sia per gli impianti termici sia per gli impianti fotovoltaici.

Questo tipo di sfruttamento utilizza le leggi fisiche di ottica per quanto riguarda la riflessione e la rifrazione per concentrare le radiazioni solari in un fuoco il quale potrebbe essere composto da pannelli fotovoltaici o termici a dipendenza del tipo e dell'uso di energia che si vuole ottenere e generare.

Anche in questo settore esistono varie tecniche di concentrazione solare, ma noi ci soffermiamo su quella lineare di Fresnel in quanto da essa abbiamo preso spunto per la costruzione e la progettazione dei nostri specchi.

⁷ http://www.nicolascrétton.ch/LM/LAM_Navonne_Newland.pdf

3.2.1 Funzionamento

L'inventore della concentrazione lineare Fresnel (vedi figura 8), fu l'italiano Giovanni Francia (1911-1980), il quale notò che l'energia solare arriva sulla Terra in grande quantità, ma dispersa sulla superficie.

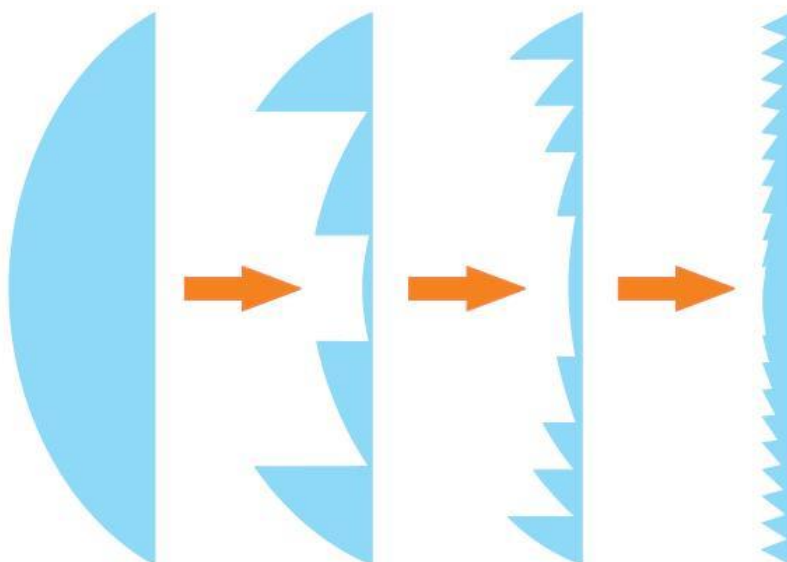
Prendendo spunto dalla lente di Fresnel (inventata nel 1827), inventò e progettò una struttura a concentrazione lineare.

Costruì una parabola costituita da segmenti di specchi piani posti l'uno accanto all'altro, inclinati secondo i principi fisici dell'ottica in modo da focalizzare la radiazione solare su dei tubi stazionari, pieni d'acqua, i quali erano posti in modo orizzontale. Con la sua costruzione riuscì a portare ad ebollizione l'acqua nei tubi generando alte temperature e alte pressioni.

Oggi questo tipo di impianto a specchi è stato perfezionato tramite un sistema di tracking solare, il quale permette di allineare la parabola a specchi rispetto alla radiazione solare, nel corso della quotidiana rotazione terrestre.

Con questo sistema si riesce a concentrare in maniera altamente precisa e diretta le radiazioni solari su un tubo contenente il fluido termovettore posto come ricevitore fisso, il quale immagazzina l'energia termica che gli arriva sotto forma di radiazioni solari per poi venire estratta per produrre energia (figura 7).

Figura 8: Lente di Fresnel



3.2.2 Tipi di specchio

La struttura è composta da specchi piani i quali sono poco costosi e hanno un'alta proprietà riflessiva grazie al materiale utilizzato che può essere di due tipi:

- Specchio a polimero alluminato (mylar);
- Specchio di vetro.

a) Lo specchio a polimero alluminato (mylar) ha una capacità di riflessione maggiore del 90%⁸.

La durata è relativamente limitata in quanto è più soggetto al deterioramento da parte degli agenti atmosferici e in genere dell'ambiente esterno, essendo costituito da un adesivo incollato su di una lastra di alluminio.

Lo specchio composto mylar ha bisogno di un'intensa e costante manutenzione, perché il pulviscolo presente nell'atmosfera si deposita su di esso con estrema facilità e pulendolo si rischia di opacizzarlo (come succede d'altronde anche con lo specchio di vetro). La sua manutenzione richiede pertanto estrema attenzione e cautela. Ha il vantaggio di essere molto leggero ed elastico.

b) Lo specchio di vetro ha una durata maggiore al degrado dell'ambiente esterno ed ha un'ottima riflessione, circa del 90%-95%⁹.

Il maggior problema di questi specchi è la loro fragilità. Non sono resistenti alle intemperie tipo grandine o forti raffiche di vento ed essendo molto rigidi e friabili, rischiano di rompersi con facilità.

Anche loro hanno bisogno di una costante manutenzione e pulizia per avere un rendimento costante ed elevato.

3.2.3 Sfruttamento massimo

La concentrazione, per essere massimizzata, viene affiancata da un concentratore secondario attorno ad un tubo fisso.

Il tubo fisso si trova esattamente nel punto focale in modo da non disperdere radiazioni solari. Queste radiazioni vengono riflesse dagli specchi grazie ad un angolo che le indirizza al tubo.

⁸ Indicazione trovata su: <http://www.botanicaurbana.com/growshop/illuminazione-indoor/telo-mylar-argentato/>

⁹ Indicazione trovata su: <http://it.wikipedia.org/wiki/Specchio>

Il secondo dispositivo riflettente (vedi figura 9 e 10) di concentrazione deve essere costruito tramite dei materiali termoresistenti perché in questa zona della struttura vengono raggiunte temperature molto elevate.

I problemi da affrontare per la costruzione di concentratori lineari sono diversi:

- La necessità di avere un grande spazio a disposizione poiché più la superficie è grande, maggiore sarà la radiazione solare captata, riflessa e concentrata per produrre energia;
- Il problema dell'ombreggiamento che deriva dagli specchi medesimi i quali, essendo l'uno accanto all'altro, rischiano di crearsi delle ombre a vicenda;
- L'ombreggiatura del tubo posto al di sopra degli specchi.

Per risolvere questi problemi si cerca di posizionare gli specchi con una certa angolatura per massimizzare l'energia riflessa e aumentare la distanza del tubo rispetto agli specchi.

È necessario tener presente che queste modifiche richiedono uno spazio ancor maggiore.

Con questo sistema di sfruttamento (Fresnel) ci sono sia vantaggi che svantaggi che possiamo riassumere nel modo seguente:

a) Vantaggi

- La costruzione è semplice da installare;
- Il basso costo economico;
- L'ottima quantità di energia che si produce (l'impianto è in grado di generare temperature superiori ai 270°C e pressioni maggiori di 40 bar);
- La possibilità di spostare il fuoco, variando l'angolazione degli specchi, se le temperature sono troppo elevate.

b) Svantaggi

- Una costante manutenzione e pulizia degli specchi altrimenti l'efficienza del sistema diminuisce in modo incisivo;
- È necessario avere un sistema che permette di seguire lo spostamento dell'irraggiamento solare per massimizzare la concentrazione.

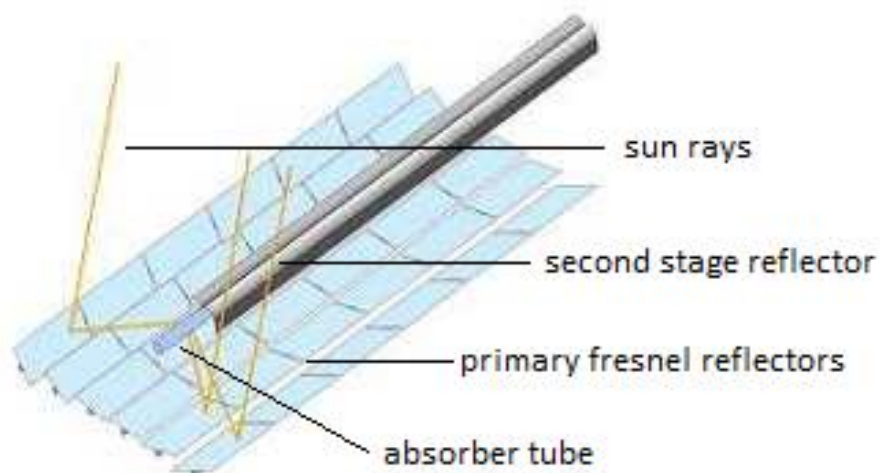


Figura 9: Secondo dispositivo della concentrazione Fresnel

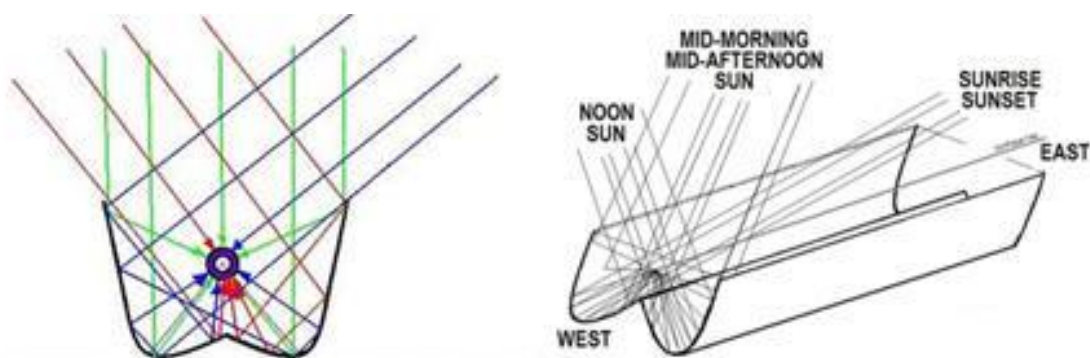


Figura 10: Fresnel con un concentratore secondario

4 COSTRUZIONE DEL PROGETTO



Figura 11: Specchio piano verticale semi-mobile per collettori cpc

4.1.1 Introduzione alla costruzione

Il nostro progetto consisteva praticamente nella realizzazione di riflettori solari piani posti in maniera verticale rispetto al suolo.

La nostra struttura è di fatto costituita da sei lastre di alluminio, tre lunghe 2 metri e tre lunghe 1 metro, ricoperte dal mylar fissate da dei cavi al muro da una parte e a un palo di legno dall'altra in maniera da formare tre fila da 3 metri ciascuna (2+1)

Bisogna esplicitare che la scelta di tutti i materiali è stata basata sulla loro reperibilità e soprattutto sui loro costi in quanto le risorse finanziarie erano comunque limitate. Ovviamente la necessità principale era la realizzazione di un progetto per uso domestico, con l'utilizzo di materiali non specializzati e nel limite del possibile facilmente reperibili. Si è quindi optato per un compromesso tra il costo dei materiali e la loro qualità, elemento comunque fondamentale visto che sarebbero stati utilizzati in condizioni outdoor e soggetti dunque a tutte le intemperie dovute alla natura. Era dunque necessario optare per prodotti abbastan-

za resistenti e non ossidabili dato che uno dei problemi maggiori che sorgono in ambienti esterni è sicuramente l'acqua e la conseguente ossidazione di taluni materiali.

La nostra scelta si è quindi soffermata principalmente sull'alluminio che oltre ad essere anti ossidabile aveva altre caratteristiche a noi indispensabili quali la sua leggerezza, la flessibilità in condizioni di forte vento e la semplicità di lavorazione. Altre componenti come le bride, i dadi e i morsetti sono realizzati in acciaio anti ossidante che però comporta una spesa maggiore, anche se le sue qualità soprattutto di resistenza lo rendevano il materiale perfetto. I ganci sono zincati e i cavi plastificati che inibiscono dunque l'azione ossidante dell'acqua. Come elemento riflettente abbiamo deciso di utilizzare il mylar per via della sua pressoché totale capacità di riflessione della luce (95%) e per il fatto che poteva essere applicato su una superficie da noi definita.

In più per la manipolazione dei vari elementi abbiamo usufruito degli utensili in dotazione all'officina scolastica che ci hanno permesso un'ottimale lavorazione.

4.1.2 Costruzione componenti

Innanzitutto bisogna esplicitare che nel complesso il nostro progetto era formato da tre specchi riflettenti posti uno sopra l'altro ad angolature variabili e totalmente indipendenti fra di loro, basati infatti sulla tecnologia Fresnel.

I tre specchi erano realizzati dall'unione di sei lastre di alluminio lunghe rispettivamente uno e due metri. Le lastre inizialmente avevano le seguenti caratteristiche: 2 metri di lunghezza, 50 centimetri di larghezza e 8 millimetri di spessore. È stato dunque necessario un nostro intervento al fine di dimezzare la lunghezza di una lasta visto che il posizionamento di esse permetteva l'utilizzo di una superficie con lunghezza approssimata a 3 metri che era indicativamente la distanza in linea d'aria perpendicolare tra il muro e il palo al quale abbiamo deciso di fissare i cavi. L'utilizzo dell'alluminio in questo caso era giustificato dal suo ottimo rapporto tra resistenza e leggerezza, assolutamente necessario nel nostro caso data la struttura sospesa.

Ogni lastra è fissata a due cavi paralleli che fungono praticamente da ossatura dell'intera costruzione. Le lastre lunghe 2 metri sono fissate in otto punti tramite dei morsetti (vedi figura 12), mentre quelle da un metro in sei punti. Questi morsetti-passacavi sono realizzati in acciaio a forma di U con due dadi posti agli estremi filettati che permettono il fissaggio. Per evitare una diretta pressione dei gancetti sulla lastra abbiamo dovuto realizzare delle ranelle rettangolari in alluminio di misura approssimativa di 3x1.5 centimetri. Questa è stata la prima fase

del lavoro durante la quale abbiamo dovuto realizzare un numero totale di 42 pezzi, uno per ciascun punto di aggancio.

La tappa successiva del nostro lavoro era di realizzare i fori (vedi figura 13) sia sulle lastre che sui cuscinetti per permettere di ancorare il tutto.



Figura 13: Morsetto



Figura 12: Fori nella lastra

4.1.3 Caratteristiche del mylar

Il passaggio successivo richiedeva l'applicazione del mylar sulle nostre lastre.

Il mylar è una pellicola di poliestere chiamata polietilene tereftalato (PET) inventata negli anni '50 ed ha da subito avuto un grande successo dovuto alle sue caratteristiche che lo rendevano un prodotto fortemente competitivo sul mercato. La pellicola viene poi ricoperta da un sottilissimo strato di alluminio tramite la vaporizzazione.

La sua principale caratteristica è l'enorme capacità di riflessione pari a poco più del 95% della luce che arriva sulla superficie. Inoltre possiede una notevole resistenza tensile e con il fatto di avere uno spessore minimo lo rende un materiale ideale per il nostro lavoro.

Inizialmente a nostra disposizione vi era unicamente un normale mylar non adesivo, che comportava dunque il fatto di riuscire a trovare il modo di fissarlo alla lastra. I primi tentativi furono assolutamente fallimentari e non portarono ad alcun risultato utile se non quello di aver rovinato certi materiali.

Il tentativo successivo mirava a distribuire meglio il collante e quindi abbiamo provato ad utilizzare una colla spray. Ad un primo avviso, questo metodo ci aveva incoraggiato visto che sul modello di prova di dimensioni ridotte sembrava funzionare. Purtroppo anche questa volta il risultato non fu migliore visto che

dopo un certo lasso di tempo si formavano numerose bolle sotto lo strato di polietilene. Successivamente abbiamo capito che era necessaria una meticolosa pulizia delle lastre al fine di evitare la formazione di imperfezioni dovute alla presenza di sporcizia e di polvere, perciò abbiamo utilizzato un solvente universale. Anche prendendo queste misure di precauzione non siamo riusciti ad ottenere un risultato quantomeno soddisfacente. Abbiamo inoltre provato a comprimere una lastra ed ad inarcarla per poi avere un'adesione migliore, ma il risultato è sempre stato desolante.

Il problema principale che sorgeva era la formazione di bolle dovuta principalmente ad una non uniforme distribuzione della colla che di conseguenza creava residui sottostanti allo strato di mylar. La problematica delle bolle consisteva nel fatto che creavano una superficie tridimensionale che riflette la luce in tutte le direzioni e non segue l'angolatura da noi voluta. Questo ovviamente diminuisce la quantità di raggi solari che arrivano sui collettori e conseguentemente anche l'energia prodotta da essi. Era dunque necessario ridurre al minimo il numero di bolle presenti sulla lastra e la loro dimensione.

A questo punto dopo numerose prove ci siamo ritrovati ad un punto morto e quindi insieme al professor Cretton abbiamo deciso che vi era la necessità di acquistare il mylar autoadesivo che avrebbe risolto buona parte dei nostri problemi. Venne allora comandato un rotolo da 100 metri quadrati di mylar autoadesivo, di 200 metri di lunghezza lineare e 50 centimetri di larghezza, esattamente corrispondente a quella a noi necessaria (vedi figura 14). Il mylar è stato comandato dal sito di vendita merci online alibaba.com.

Una volta arrivato il materiale abbiamo iniziato la nuova fase lavorativa con l'applicazione sulle nostre lastre. Per avere un'adesione precisa ed uniforme era necessario tenere in costante tensione il foglio di mylar togliendo regolarmente la carta di protezione dell'adesivo e mettendo una forte pressione sulla superficie appena incollata (vedi figura 15). Questo procedimento permette di avere una superficie con il minimo numero di bolle, ovviamente prima è necessaria un'accurata pulizia e un'ottima adesione del polietilene alla superficie dell'alluminio. Per esercitare la pressione abbiamo utilizzato a seconda del caso uno straccio pulito grazie al quale si poteva applicare la necessaria forza senza recare danno al foglio di mylar, oppure un pesante rotolo di cartone che aveva il vantaggio di ricoprire la totalità della larghezza della lastra senza però adattarsi alle lievi differenze che presentava l'alluminio non essendo perfettamente piatto. Con questo metodo abbiamo ottenuto un risultato finalmente soddisfacente anche se delle piccole bolle erano ancora presenti tra pellicola e lastra senza però essere eccessivamente nocive per i nostri scopi. Un altro considerevole vantag-

gio del mylar adesivo consiste nel fatto che é ricoperto da una pellicola plastica protettiva da togliere a lavoro ultimato, a scanso di danni allo strato riflettente.



Figura 14: Rotolo di Mylar



Figura 15: Lastra di alluminio con Mylar

4.1.4 Costruzione semimobile

Una volta terminata la lunga parte di applicazione ci siamo resi conto che il nostro lavoro di maturità poteva avere un incremento o una specie di evoluzione diventando un progetto di riflettori da fissi a semimobili. A questo punto abbiamo utilizzato uno scarto di profilato di alluminio a sezione rettangolare (che in seguito chiameremo goniometro), per incidervi la scanalatura che funge da regolatore dell'angolazione e dell'inclinazione dei nostri pannelli. Ci siamo basati su un modello precedentemente preparato dal professore incidendo un arco dal raggio di 47,5 centimetri (distanza effettiva tra i due cavi paralleli) e con un ampiezza di 20° gradi (vedi figure 16 e 17). Era necessario realizzarne una per ogni livello di lastre.



Figura 17: Arco d'angolazione



Figura 16: Goniometro con angolo di 20° posizionato sull'arco d'angolazione

Da una parte le scatole che permettono la variazione dell'angolo vengono fissate direttamente al muro tramite due fori presenti sul retro. Dall'altra parte abbiamo un palo che ci funge da sostegno e di conseguenza non era possibile fissare semplicemente i goniometri. Perciò si è provveduto a costruire degli archi di alluminio della misura del palo in maniera da avere un punto di fissaggio solido sul quale posizionare le scatole precedentemente preparate. Questi archi di alluminio sono poi fissati al palo tramite delle bride anti ossidanti. Visto che era necessario mantenere una posizione centrale di esse per fissarle in modo stabile, è stato necessaria la costruzione di altri archi forati al centro con in esso una vite che permettesse il fissaggio dei cavi non più al centro, ma in modo che l'angolatura rimanesse la medesima di quella del muro.



Figura 18: Archi che fissano goniometri e cavi fissi

4.1.5 Ipotesi copertura angolare

Il problema nel quale ci siamo imbattuti è stato il fatto che un arco di queste misure non permetteva di coprire la completa escursione dell'altezza del sole, considerando l'angolo zenitale, nel periodo dal 21 ottobre al 21 marzo nel quale è previsto l'utilizzo dei pannelli riflettori. Abbiamo perciò ritenuto più importante

un'ottimizzazione della produzione di energia nel periodo più freddo quantunque in un periodo di soleggiamento minore. Inoltre a fine pomeriggio non c'è più insolazione diretta, in quanto il sole sia già tramontato dietro la montagna sovrastante il paese di Gaggio, con pure l'ingombro di vegetazione che impedisce un sufficiente irraggiamento della superficie pannellata. Per questo motivo i picchi di altezza nel mese di marzo sono ritenuti trascurabili, come pure il tardo pomeriggio. La nostra inarcatura deve quindi ricoprire una fascia media e di elevata utilità per ottimizzare la resa degli specchi. È però importante considerare il bilancio energetico totale durante il periodo di utilizzo della struttura e anche il maggior tempo di soleggiamento durante i mesi antecedenti e seguenti al solstizio d'inverno del 21 dicembre. Un'altra osservazione necessaria è che la nostra struttura usa come sostegno un palo di legno posizionato a un angolo di 120° sull'asse azimutale (vedi figure 19). Perciò le prime ore mattutine quando il sole non ha ancora superato la linea formata dai nostri riflettori non è da considerare e di conseguenza pure i gradi più bassi erano rilevanti in maniera alquanto minore.

Per trovare la posizione ideale ci siamo basati su un grafico delle traiettorie del sole durante l'anno. Ovviamente abbiamo rilevato unicamente le traiettorie concernenti il periodo che ci interessava. Per simulare la traiettoria del sole e vedere i momenti in cui sorge ci siamo affidati a delle simulazioni effettuate con i programmi Google Earth e l'applicazione Sun Seeker confrontandole poi con osservazioni empiriche del territorio che ci hanno permesso di avere un quadro più completo della situazione.

Basandoci su queste considerazioni abbiamo provato a formulare un'ipotesi su quale fosse la posizione ideale per il posizionamento degli specchi. È assolutamente necessario esplicitare che sono solo delle ipotesi che non hanno nessun fondamento legato a fatti concreti che si possono ottenere unicamente tramite una simulazione su un programma in maniera da avere dei dati precisi e certi.

La soluzione al problema è arrivata grazie al fondamentale aiuto di Davide Apolloni che ha sviluppato un programma per computer che è in grado di simulare l'andamento solare durante il periodo da noi esaminato. Il programma funziona in maniera da proiettare i raggi solari sulla superficie dei nostri pannelli in base al movimento del sole durante le giornate. Grazie a questa simulazione siamo riusciti a trovare l'angolazione ideale dei vari specchi cosicché i raggi colpiscano i collettori e aumentino di conseguenza l'efficacia del nostro progetto. Abbiamo così potuto avere dei dati certi e l'angolazione precisa di ciascuno specchio per i mesi da ottobre a marzo.

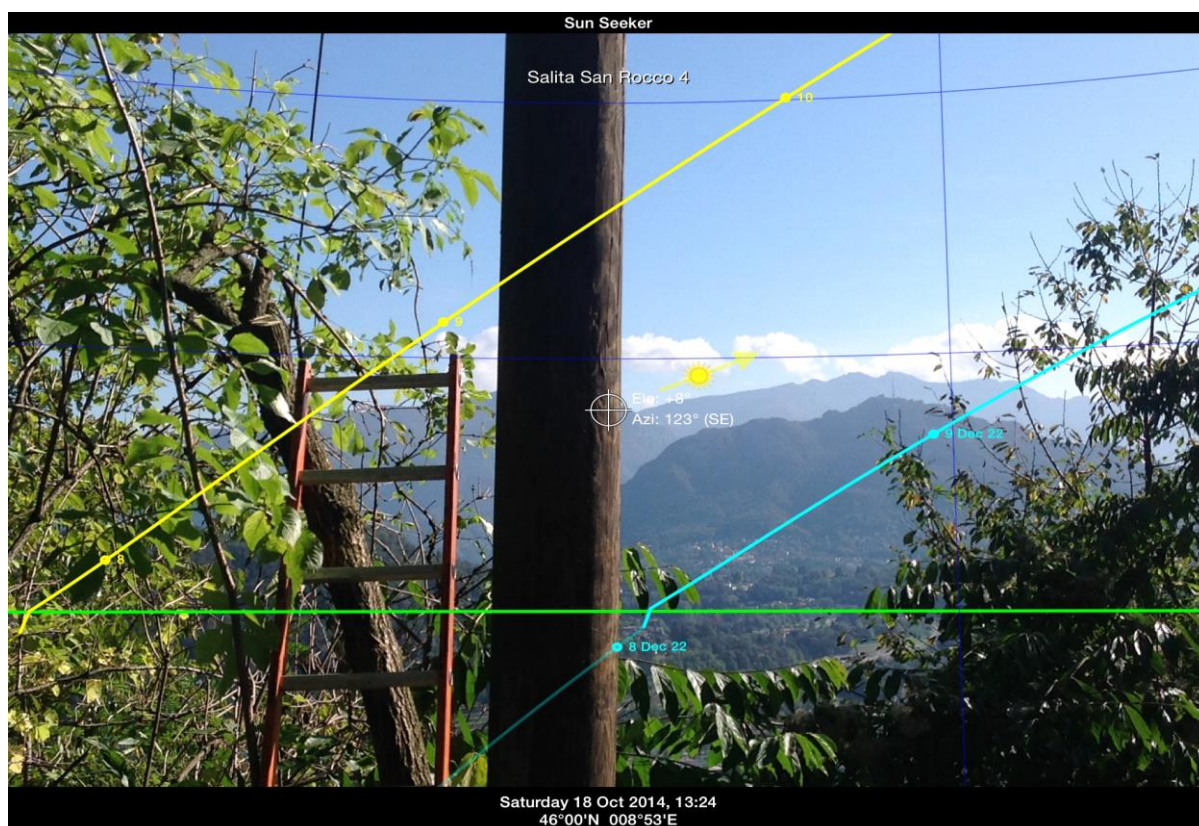


Figura 19 Asse azimutale

Qui sono riportati gli angoli per ciascun mese:

Specchio 1 (il più basso):	Specchio 2 (in mezzo):	Specchio 3 (il più alto):
Ottobre: 68°	Ottobre: 72°	Ottobre: 75°
Novembre: 72°	Novembre: 76°	Novembre: 78°
Dicembre: 72°	Dicembre: 76°	Dicembre: 78°
Gennaio: 68°	Gennaio: 72°	Gennaio: 75°
Febbraio: 62°	Febbraio: 67°	Febbraio: 70°

Una volta ottenuti questi dati abbiamo potuto procedere all'installazione definitiva delle scatole per la regolazione dell'angolo dei pannelli riflettenti. Visto che le scatole riescono a coprire un'angolatura massima di 20° si è deciso che la soluzione ottimale fosse di posizionare il goniometro in una posizione tale da coprire l'intervallo tra 60°-80° in modo da coprire i mesi interessati.

Il grafico sottostante si riferisce all'energia in kWh generata dall'impianto CPC in condizioni normali senza gli specchi fino al 8 gennaio e dal primo febbraio invece con gli specchi. I picchi di produzione vengono raggiunti nelle giornate soleggiate. Le differenze di produzione sono da attribuire a giornate più fredde, in quanto parte del calore si disperde più facilmente, non essendo i tubi perfettamente isolati. Possiamo notare che se la resa media energetica dal 20 dicembre fino l'8 gennaio, con una bella giornata di sole, era di 22 kwh, adesso con l'installazione dei nostri specchi si sono raggiunti il 36 kwh che rappresenta un aumento notevole, quasi del 60 %.

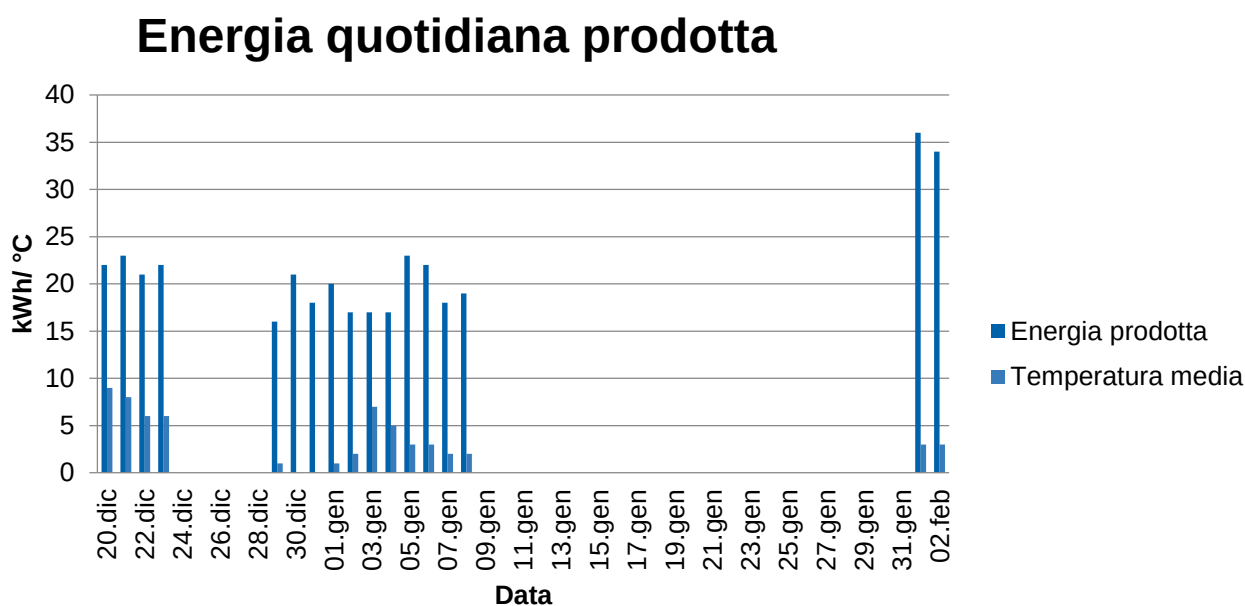


Figura 20: Grafico dell' energia prodotta

5 Conclusioni

All'inizio del nostro lavoro di maturità ci eravamo prefissati degli obbiettivi, quali la realizzazione di tutte le componenti della struttura da noi progettata ed il suo fissaggio.

Lo scopo principale è aumentare la produzione di energia dell'impianto di collettori solari già presente, cercando di rendere il sistema energetico dell'abitazione più indipendente e soprattutto più ecosostenibile, grazie ad una maggiore efficienza e ad uno sfruttamento di un'energia illimitata come quella solare.

Siamo riusciti a raggiungere gli obbiettivi che ci eravamo prefissati. Siamo infatti riusciti a realizzare tutte le componenti della struttura e l'abbiamo interamente montata sul posto, ottenendo un miglioramento dell'energia prodotta di quasi il 60%.

Anche se al momento della chiusura redazionale si disponeva di dati riguardanti l'efficienza del nostro progetto relativi a due sole giornate di insolazione, questi devono comunque essere considerati indicativi e rappresentativi per l'effettivo incremento di energia prodotta.

Un prossimo stadio di sviluppo del progetto potrebbe essere quello di rendere l'impianto totalmente mobile e motorizzato, tanto da ulteriormente ottimizzare lo sfruttamento dell'irradiazione solare.

6 Sitografia

- http://www.nicolascretton.ch/LM/LAM_Navonne_Newland.pdf
- http://it.wikipedia.org/wiki/Pannello_solare_termico
- <http://www.solariaenergia.it/it/solare-termico>
- http://www.ilportaledelsole.it/index.asp?id_pagina=0011&avanti=true&cat=0025
- http://www.topten.ch/italiano/consigli/consigli_per_collettori_e_sistemi_solari.html&fromid=
- http://dma.ing.uniroma1.it/users/m_ener_c1/Solare_Termico_BT.pdf
- <http://www.nextville.it/index/689>
- http://it.wikipedia.org/wiki/Modulo_fotovoltaico
- http://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/climatizzazione-rinnovabili/rds-254.pdf
- <http://www.ubisol.it/comefunziona.html>
- <http://www.deltaenergie.it/solare-fotovoltaico/pannelli-fotovoltaici>
- <http://www.ideegreen.it/primo-collettore-solare-35898.html>, Anna De Simone
- <http://www.secmol.org/img/solarCookersIllustration.gif>
- <http://www.kloben.com/schede-prodotti/K-FRESH.pdf?PHPSESSID=f4cce904eceacf68d7f77eeb4efe62ce>
- <http://www.powersolarsystem.it/TERMICI.HTML>
- http://www.caldaie-climatizzatori.com/download/109_documento.pdf
- http://www.aliexpress.com/price/solar-collector-glass_price.html
- http://www.stzstudio.it/breve_storia_pannelli_solari_termici.html
- <http://www.botanicaurbana.com/growshop/illuminazione-indoor/telomylar-argentato/>
- <http://it.wikipedia.org/wiki/Specchio>

7 Indice e fonti delle immagini

a) Indice

Figura 1: Esempio di "solar cooking"	6
Figura 2: Circolazione naturale/forzata.....	8
Figura 3: Heat pipe	10
Figura 4: Tubo a "U"	11
Figura 5: Collettore vetrato	12
Figura 6: Collettore ad aria.....	13
Figura 7: Concentratore lineare Fresnel	14
Figura 8: Lente di Fresnel	15
Figura 9: Secondo dispositivo della concentrazione Fresnel	18
Figura 10: Fresnel con un concentratore secondario	18
Figura 11: Specchio piano verticale semi-mobile per collettori cpc.....	19
Figura 12: Fori nella lastra	21
Figura 13: Morsetto	21
Figura 14: Rotolo di Mylar.....	23
Figura 15: Lastra di alluminio con Mylar	23
Figura 16: Goniometro con angolo di 20° posizionato sull'arco d'angolazione .	23
Figura 17: Arco d'angolazione	23
Figura 18: Archi che fissano goniometri e cavi fissi	24
Figura 19 Asse azimutale	26
Figura 20: Grafico dell' energia prodotta.....	27

b) Fonti

Figura 1: <http://www.secmol.org/img/solarCookersIllustration.gif>

Figura 2:

<http://www.comune.udine.it/opencms/opencms/release/ComuneUdine/cittavicina/territorio/Urbanistica/pianoenergetico/casamia/infotecniche.html?style=1>

Figura 3: <http://educazionetecnica.dantect.it/2012/02/15/fotovoltaico/>

Figura 4: http://it.wikipedia.org/wiki/Pannello_solare_termico

Figura 5: <http://climartsrl.com/il-pannello-solare-come-e-fatto-e-come-funziona.html>

Figura 6: <http://www.etstudio.it/mostrasezione.asp?idsezione=pannelli+solari>

Figura 7: <http://aspecks.com/blog/eclectics/concentrated-solar-power-saves-the-world/>

Figura 8:

http://www.tecnotticaconsonni.it/phpThumb/phpThumb.php?src=../images/prodotti/3864_Lente%20di%20Fresnel.png&w=800&h=600

Figura 9: http://www.solarconcentrators.eu/thermodynamic/images/conc-sol/coll-sol-a-conc_html_m463b6554.jpg, modificata con „Paint“

Figura 10: http://blog.crit-research.it/wp-content/uploads/2011/06/ottiche_linefocus.jpg

Figura 11: Nostra fotografia del progetto

Figura 12: Nostra fotografia del progetto

Figura 13: Nostra fotografia del progetto

Figura 14: Nostra fotografia del progetto

Figura 15: Nostra fotografia del progetto

Figura 16: Nostra fotografia del progetto

Figura 17: Nostra fotografia del progetto

Figura 18: Nostra fotografia del progetto

Figura 19: Applicazione Sun Seeker

Figura 20: Nostro grafico progettato con Exel

8 Ringraziamenti

Il nostro lavoro di maturità è stato possibile grazie all'aiuto del nostro docente coordinatore, il professor Cretton. Effettivamente è stata sua l'idea che sta alla base del nostro lavoro.

Il suo contributo principale è stato il totale finanziamento del progetto, ci ha fornito tutti i materiali necessari per la costruzione. Inoltre non solo ha messo a nostra disposizione le conoscenze già da lui acquisite in altre esperienze nell'ambito delle energie rinnovabili, ma si è anche reso disponibile durante il suo tempo libero aiutandoci a reperire dei dati, a costruire le componenti e a fissarle.

Un altro ringraziamento va fatto al Liceo di Lugano 2 per aver messo a disposizione gli attrezzi presenti nell'officina della sede.

Per quanto riguarda la parte informatica ringraziamo Davide Apolloni per averci aiutato con il suo programma che ha sviluppato durante il suo lavoro permettendoci di aver dei dati concreti.