



Frigorifero alimentato da
un pannello fotovoltaico

“La modernità ha fallito. Bisogna costruire un nuovo umanesimo altrimenti il pianeta non si salva.” (Albert Einstein)

Luca Calandrucchio
Spai Locarno 2016/17

Sommario

Frigorifero alimentato da un pannello fotovoltaico	1
1 Introduzione	3
1.1 Situazione di partenza	4
1.2 Motivazione	6
2.1 Definizione del progetto e degli scopi	6
2.2 Realizzabilità	7
3. Pianificazione del progetto	7
3.1 Le pietre miliari	7
3.2 Pianificazione dettagliata dei compiti	8
4. Realizzazione	9
5 Calcoli di progettazione	11
5.1 Calcoli di consumo del frigorifero alimentato dalla corrente elettrica	13
6. Analisi del lavoro al progetto	14
6.2 Risultati	14
6.3 Prospettive	15
7. Ringraziamenti	15
8. Sitografia	15

1 Introduzione

Mi chiamo Luca Calandruccio, sto frequentando l'apprendistato come installatore di sistemi di refrigerazione presso la Biaggini SA e la Scuola Artigianale Professionale di Locarno.

A scuola, ci è stato proposto di partecipare al concorso "Laboratorio dell'energia e del clima" per contribuire, nel nostro piccolo, al miglioramento dell'aspetto ecologico. Il lavoro viene svolto durante alcune delle ore di conoscenze professionali, di cultura generale e durante il nostro tempo libero.

Trattandosi di un concorso che si propone di trovare di attuare un comportamento più ecosostenibile è innanzi tutto fondamentale chiarire il significato del termine "ecologia" per capire "di cosa si occupa". Il termine ecologia deriva dal greco *oikos*, cioè "casa" e fu introdotto dal biologo tedesco Ernst Haeckel nel 1886 con la seguente definizione: *"Lo studio dell'economia della natura e delle relazioni degli animali con l'ambiente inorganico e organico, soprattutto dei rapporti favorevoli e sfavorevoli, diretti o indiretti con le piante e con gli altri animali; in sintesi ecologia è lo studio di tutte quelle complesse interrelazioni a cui Darwin si riferisce quando parla di condizioni della lotta per l'esistenza"*¹.

La citazione, parte dagli studi di Charles Darwin, legati alla selezione naturale, e più in particolare alla competizione tra le specie, per in verità toccare il tema ambientale. Ernst Haeckel definisce l'ecologia, come un rapporto complesso di scambi tra la natura, cioè l'ambiente e gli esseri viventi che lo popolano.

Il significato della parola *ecologia* si è però modificato con il passare degli anni. L'ecologia come scienza biologica è stata intaccata da filosofie e politiche sino a non essere più intesa oggi come lo studio dell'ambiente, ma come "guida" verso l'uscita dai problemi ambientali moderni. Ecologia oggi infatti è più che altro sinonimo di studio contro l'inquinamento, la ragione delle sue cause e delle possibili soluzioni; inquinamento idrico, atmosferico o da rifiuti solidi.

Il concorso in questione si interessa più nello specifico di quattro grandi aree legate all'ecologia che rappresentano gli scopi che si vogliono perseguire con la propria ricerca: *energia, sensibilizzazione, innovazione e pianificazione*. Il mio progetto verte sulla categoria *energia*.

Qualsiasi organismo necessita di energia per continuare a vivere. Prendiamo come esempio l'attività cognitiva dell'essere umano. Non ce ne accorgiamo, ma mentre formuliamo ogni nostro singolo pensiero stiamo generando "calore", nonché per l'appunto, energia.

Insomma, l'energia ci circonda in ogni aspetto della nostra vita. In generale, tutta l'energia utilizzabile sul nostro pianeta, deriva dall'acqua, dal vento, dai combustibili fossili (carbone, petrolio e gas naturale) e dalle biomasse come ad esempio la legna. Il sole rimane comunque la fonte di energia principale presente sulla Terra, grazie al suo flusso ininterrotto di energia sono possibili tutti i processi vitali a noi noti. È proprio sullo sfruttamento dell'energia solare e il conseguente risparmio di energia elettrica che ho basato la mia ricerca.

¹<http://olmo.elet.polimi.it/ecologia/dispensa/node5.html>, consultato il 27 novembre 2016.

1.1 Situazione di partenza

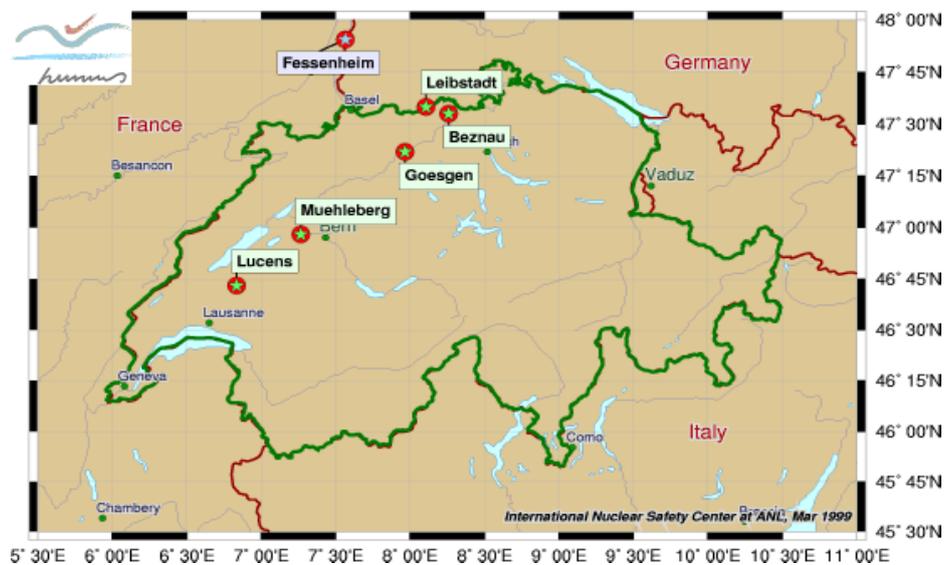
In Svizzera, la produzione di energia elettrica ha una derivazione idroelettrica e nucleare. Piccoli quantitativi di energia provengono da altre fonti come la combustione di fossili. In più, la Svizzera scambia l'energia con alcuni Paesi esteri, come Francia e Italia.

²Nel 2012, la nostra nazione, ha avuto un consumo netto di energia elettrica pari a 58,973 GWh (giga wattora), in aumento dello 0,64% rispetto al 2011, ma un aumento medio dell'1,06% negli ultimi venti anni.

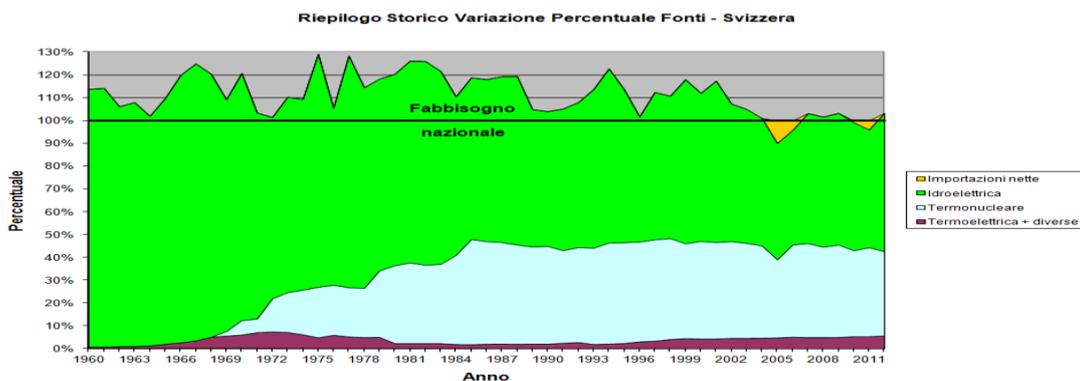
La produzione di energia elettrica in Svizzera si ripartisce essenzialmente in tre gruppi principali: il 60,63% è prodotta da centrali idroelettriche con i bacini o ad acqua fluente, il 36,98% è generato da centrali nucleari, il 5,72% è prodotto da centrali termoelettriche e, in misura minore, dalle nuove fonti di energia rinnovabili, chiamate anche NFER (incenerimenti di rifiuti organici e biomassa, energia geotermica, eolica e solare).

In Svizzera ci sono cinque centrali nucleari: Beznau I & II, Mühleberg, Gösgen e Leibstadt.

Figura 1: La dislocazione delle cinque centrali nucleari in Svizzera



In questo grafico, si possono notare le partizioni di produzioni di corrente in Svizzera.

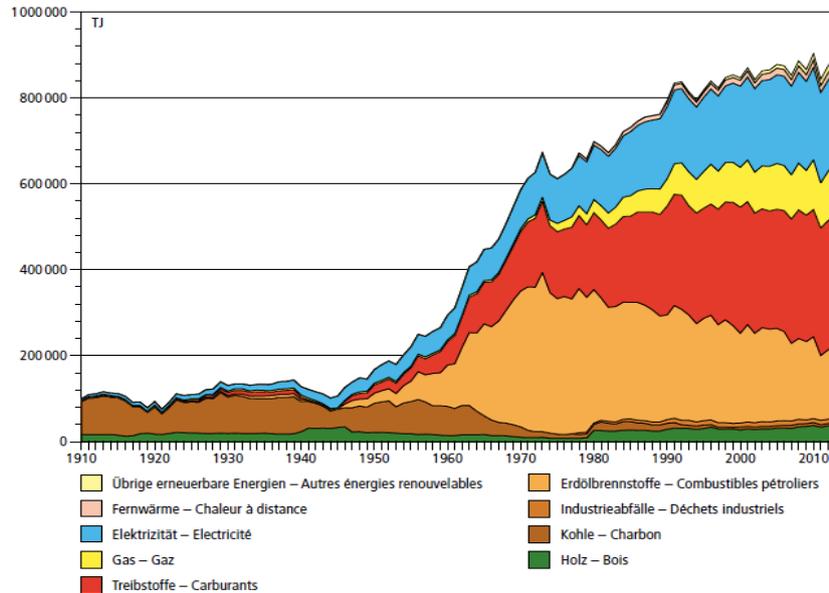


²[https://it.wikipedia.org/wiki/Produzione di energia elettrica in Svizzera#Consumi.2C potenza richiesta e potenz a installata](https://it.wikipedia.org/wiki/Produzione_di_energia_elettrica_in_Svizzera#Consumi.2C_potenza_richiesta_e_potenz_a_installata) consultato il 29 novembre 2016.

Con questi dati possiamo notare che produciamo troppa poca corrente con le energie alternative, ma molta con le centrali nucleari. Negli ultimi anni, tendiamo sempre di più ad usare la corrente in qualsiasi luogo, per esempio per caricare un semplice computer o un telefono.

Inoltre, nel grafico sottostante si può notare l'andamento del consumo della corrente elettrica in Svizzera.

Figura 2: consumo della corrente



Con il mio progetto voglio stimolare la popolazione ad investire soldi ad utilizzare sempre di più le energie alternative. Io abito nel Gambarogno dove il sole arriva da marzo fino a fine settembre. In quei mesi, scaldo l'acqua del sanitaria con i pannelli solari e la resistenza del boiler va soltanto in giornate piovose. Facendo così risparmio molta corrente elettrica.

Se volessi risparmiare ancora della corrente, potrei generarla con dei pannelli fotovoltaici.

Riguardo al riscaldamento climatico globale, nei prossimi decenni la Svizzera si troverà a scontrarsi non solo il problema delle troppe elevate emissioni di gas ad effetto serra, ma soprattutto quello di carenza di energia disponibile. La riduzione del consumo energetico in Svizzera non solo permette di ribattere il riscaldamento climatico globale, ma anche di ridurre delle importazioni di energia dall'esterno.

Il consiglio federale, nel 2007 ha stabilito di creare la propria politica energetica basata su quattro pilastri: *energetica, energie rinnovabili, sostituzione e costruzione di nuove grandi centrali elettriche (anche centrali nucleari) e politica estera in materia energetica.*

La città di *Fukushima*, ha preso un'improvvisa fama mondiale quando, a seguito del terremoto dell'11 marzo 2011, si è riscontrato un grave incidente alla centrale nucleare posizionata a 60 chilometri di distanza.

Il Consiglio federale e il Parlamento hanno deciso di abbandonare gradualmente l'energia nucleare. Il Consiglio federale ha progettato una strategia energetica entro il 2050, che prosegue sulla strategia già stata tracciata del 2007, definendo nuovi obiettivi.

La soluzione si pensa possa essere la disattivazione delle cinque centrali nucleari presenti in Svizzera al termine del loro ciclo di vita, stabilito in funzione di criteri di sicurezza tecnici.

Il 4 settembre 2013, il Consiglio federale ha presentato al Parlamento la prima strategia della energetica del 2050. Si baserebbe sul miglioramento dell'energia idrica, solare, eolica, geotermica e della biomassa. Il Parlamento ha approvato il progetto nella votazione finale del 30 settembre 2016.

1.2 Motivazione

Ho scelto di partecipare a questo concorso, perché voglio dimostrare con il mio progetto che è buona cosa investire sulle energie elettriche alternative e intendo inoltre sostenerne i vantaggi.

Anzitutto, le energie alternative che si possono installare in una casa, come per esempio un impianto solare per scaldare l'acqua o un impianto fotovoltaico per generare della corrente, fanno risparmiare molti soldi alle famiglie una volta ammortizzato la spesa iniziale.

Infine, queste non producono sostanze nocive o capaci di inquinare il clima.

Ovviamente questi tipi di metodi per generare energia hanno anche degli svantaggi, che verranno successivamente illustrati.

Con il mio progetto, voglio dimostrare con i calcoli e i dati ricavati dal funzionamento del frigorifero che sono riuscito a risparmiare l'80-90% di elettricità.

2. Ricerca delle idee / Definizione del progetto

Sono stati i miei professori ad invitarmi a partecipare a questo progetto incentrato sull'ecologia e consigliarmelo come lavoro di approfondimento (ricerca obbligatoria all'ultimo anno di apprendistato nella materia *Cultura generale*). All'inizio, ad essere sincero, non ero molto convinto di tale proposta, ero infatti tentato da un'altra tematica.

Poi, casualmente, è capitato un giorno sul posto di lavoro di parlare con un collega che mi ha proposto di costruire un frigorifero magnetico. Purtroppo ho dovuto scartare quest'idea perché la realizzazione era troppo costosa. Ma da quel momento, ho cominciato a pensare a come realizzare un frigorifero alimentato da un'energia innovativa.

Mi sono preso del tempo per approfondire il progetto e valutare se fosse stato davvero fattibile. Ho effettuato le ricerche per conto mio, ma alcune domande le ho sottoposte a un mio collega.

2.1 Definizione del progetto e degli scopi

Il mio progetto è un frigorifero alimentato da un pannello fotovoltaico. Tale lavoro si inserisce nella categoria *Energia* del concorso, come ho già menzionato in precedenza.

Con questo progetto, la mia prima intenzione è di dimostrare come sia possibile ridurre il costo dell'energia utilizzando un sistema energetico alternativo.

Oltre a questo, vorrei invogliare la popolazione ad iniziare ad investirci soldi.

2.2 Realizzabilità

La realizzabilità del progetto si scontra però con alcune problematiche. Bisognerà tenere conto delle limitazioni di tempo e di budget. Per sostenere un lavoro di questo genere occorre tener conto di una spesa pari a 900 franchi.

Questa cifra l'ho scoperta tramite alcuni preventivi che mi sono fatto fare da alcune ditte svizzere.

Come primo passo, ho scritto una lettera alla scuola chiedendo il rimborso dell'intero progetto.

Il direttore ha gentilmente accettato la mia richiesta. Ci siamo in seguito incontrati per chiarire dove posizionare il frigorifero, concordando di metterlo in aula docenti in modo tale che possa essere comodamente utilizzabile anche in futuro.

Infine, con il bidello della scuola, abbiamo valutato dove far passare i fili elettrici.

3. Pianificazione del progetto

Lo scopo principale del progetto è ridurre il consumo energetico nelle abitazioni.

Siccome il funzionamento del sistema è legato ad un pannello fotovoltaico, potrebbero sorgere dei problemi nelle zone meno soleggiate. In questi casi, il frigorifero farà capo alla corrente elettrica.

Il tempo per la realizzazione scarseggia per questo, una volta finita la parte di pianificazione, seguirà immediatamente la parte pratica.

Le difficoltà di calcolo e di costruzione del progetto, sia dal punto di vista pratico che teorico, saranno superate grazie all'aiuto dei docenti e di alcuni colleghi di lavoro.

Per quello che riguarda il collegamento del pannello, un mio compagno di classe mi darà una mano a tirare i cavi elettrici. Inoltre, dovrò costruire un mobiletto sul quale appoggiare il frigorifero e che mi permetta di contenere tutti gli apparecchi elettronici.

3.1 Le pietre miliari

<i>Cosa</i>	<i>Termine</i>
Ricerca di un tema.	Inizio settembre - Fine settembre.
Approfondimento del progetto in classe.	Fine settembre – Fine ottobre.
Consegnare la prima fase: 2. Ricerca delle idee/ Definizione del progetto 2.1 Definizione del progetto e degli scopi 2.2 Realizzabilità 3. Pianificazione del progetto 3.1 Le pietre miliari 3.2 Pianificazione dettagliata dei compiti.	Entro il 16 novembre 2016
Finire una parte della fase tre: 1. L'introduzione 1.1 Situazione di partenza 1.2 Motivazione.	Entro il 25 novembre 2016

Fare la progettazione dei collegamenti Trovare tutto il necessario per l'assemblaggio: <ul style="list-style-type: none"> • Il pannello fotovoltaico, la batteria, l'inverter, la centralina e vari cavi elettrici. 	Entro fine novembre
Alimentare il frigorifero alla corrente elettrica per un mese e fare le misurazioni.	Durante il mese di dicembre
Assemblare tutte le parti per alimentare il frigorifero.	Entro metà gennaio
Consegnare la seconda fase: 4. La realizzazione 5 I calcoli.	Entro il 1 febbraio 2017
Analisi di comparazione dei consumi	Nel periodo di febbraio
Consegnare la fase 3: 6. Analisi del lavoro al progetto 6.1 La retrospettiva 6.2 I risultati 6.3 Le prospettive.	L'8 marzo 2016

3.2 Pianificazione dettagliata dei compiti

Non ci sarà una divisione dei compiti, in quanto svolgerò autonomamente l'intero lavoro.

Ho iniziato la prima fase della ricerca all'inizio di novembre. La conclusione è invece prevista entro fine febbraio, in modo da poter utilizzare il mese di marzo come revisione generale.

Cosa	Chi	Fino a quando
L'assemblaggio del frigorifero alimentato dal pannello fotovoltaico.	Lo assemblerò io. In caso di domande e problemi andrò dal mio docente di conoscenze professionali o da un collega di lavoro.	Da metà gennaio a fine febbraio.
La stesura del documento scritto.	Naturalmente lo scriverò io. In caso di difficoltà, chiederò al docente di cultura generale.	Da inizio novembre a fine febbraio.

4. Realizzazione

L'idea del frigorifero alimentato da un pannello fotovoltaico è un progetto di comune utilizzo in alcune baite in montagna. Tuttavia, la mia intenzione resta quella di crearne uno migliore, più efficace, per ridurre al massimo il consumo di energia elettrica.

Confronto agli altri impianti già esistenti, il mio ha un sistema elettrico differente tramite un "relè" come già spiegato sopra. Inoltre, l'impianto fotovoltaico che creerò va ad alimentare un termometro digitale del frigorifero.

Inizialmente, ho ordinato un apparecchio che misura la corrente per poter misurare il consumo del mio frigo. Domenica 13 novembre 2016, alle ore 14.00, ho attaccato il mio frigorifero per vedere quanto consumasse in un mese.

Come secondo passo, ho iniziato a fare i calcoli di progettazione e farmi fare qualche offerta da varie aziende.

In seguito ho fatto domanda alla scuola per essere sostenuto nel rimborso di tutto il materiale che serviva al progetto. Qui di seguito mostro in quattro foto il processo di costruzione del mobile, di posa dell'impianto fotovoltaico.

Figura 3: costruzione del mobile



Nell'attesa che arrivavano i pezzi, ho costruito un mobile per poterci mettere tutti gli apparecchi e per appoggiarci il frigorifero sopra.

Figura 4: il quadro elettrico



Come quarto passo, ho preparato un quadro elettrico in ditta per far sì che il frigorifero quando non riceve corrente dal pannello fotovoltaico la riceve dalla rete elettrica. Questo procedimento viene eseguito tramite un relè.

Figura 5: il pannello fotovoltaico



Una volta arrivato il pannello e il resto del materiale, l'ho posizionato sul tetto della Scuola Artigianale di Locarno. Dal pannello partono due cavi che gli ho collegati al regolatore di carica.

Figura 6: progetto concluso



In quest'ultima foto si può notare il frigorifero che funziona tramite l'energia prodotta con il sole.

5 Calcoli di progettazione

Calcolo del consumo giornaliero del frigorifero:

Prima cosa da fare è calcolare quanto consuma giornalmente il frigorifero. Per trovare questo dato, ho effettuato le misurazioni con un apparecchio apposito. Il dato trovato era 380Wh/giorno. Per sicurezza, ho letto le misurazioni del consumo del compressore sulla sua targhetta: risultava 70 Watt.

Parlando con il progettista elettrico della Biaggini SA, abbiamo trovato un calcolo per capire quanti Wh/giorno consuma. Si esegue in questo modo:

70 Watt (potenza del compressore) x 6 ore (funzionamento del frigo in una giornata), si trova un totale di 420 Wh/giorno.

Conoscendo il consumo di 420Wh/giorno, posso eseguire il calcolo del pannello fotovoltaico.

Figura 7: il frigo



Calcolo del pannello fotovoltaico:

- Si prendono i Wattora/giorno e si divide per 4 volte, poi il totale va moltiplicato per un fattore pari a 1,4.
- Nel mio caso il calcolo è così: $(420:4) \times 1.4 = 147$ Watt

Nel mio caso ho dovuto scegliere un pannello da 150 Watt.

Figura 8: il pannello fotovoltaico



Calcolo dell'inverter:

Dopo aver scelto il pannello fotovoltaico, il prossimo apparecchio da calcolare è un inverter.

Il dimensionamento dell'inverter dipende dalla corrente in entrata (12VDC) e da quella in uscita (230VAC) e dalla potenza che deve erogare. Per questo è bastato conoscere la potenza del frigorifero ed aggiungerci il 30% di sicurezza per i picchi di corrente: $70 \times 1,3 = 91 \text{ W}$.

Dopo di che, questo risultato va moltiplicato per 3 volte siccome il compressore del frigorifero quando parte ha degli spunti di corrente molto alti. Il calcolo finale è il seguente: $91 \times 3 = 273 \text{ Watt}$.

Se l'inverter è male dimensionato, si brucerà. Per questo motivo va scelto un inverter di minimo 285 W.

Figura 9: l'inverter



Calcolo della batteria:

Come quarta cosa va calcolata la giusta batteria. La batteria si calcola nel seguente modo:

Si deve sapere quanto consuma il frigorifero al giorno, decidere per quanti giorni deve durare la batteria (2:12) e usare due fattori. Facendo così si trovano gli Ampere ora.

Il calcolo è il seguente: $(420 \text{ Wh} \times 2:12): (0,7 \times 1,1) = 90 \text{ Ah}$

Figura 10: la batteria



Regolatore di carica:

Il regolatore di carica mostra la percentuale di carica della batteria.

Nel regolatore di carica si collegano i due cavi del pannello fotovoltaico, due cavi della batteria e due cavi dell'inverter. Esso mostra anche se ci dovessero essere degli errori di cablaggio.

Figura 11: il regolatore di carica



5.1 Calcoli di consumo del frigorifero alimentato dalla corrente elettrica

Il frigorifero è stato alimentato dalla corrente elettrica per 31 giorni.

Tramite il misuratore di corrente ho potuto scoprire di aver consumato 18.57 kWh. Il prezzo medio al centesimo è pari a 0.20 franchi.

Dopo di che si esegue questo calcolo: $18.57 \times 0.20 = 3.714$ franchi.

Con il frigorifero alimentato alla corrente di rete ho speso 3.714 franchi.

Nella tabella qua sotto si può notare quanta emissione di CO2 serve per produrre energia elettrica per alimentare il frigorifero.

³

Energia (kWh)	CO2 grammi/kWh	CO2 kg d'emissioni
1000	500	500 kg
18.57	500	9.29 kg

La sorgente che ha generato la corrente per fare funzionare il mio frigorifero ha emesso 9,29 kg di CO2.

³ <http://www.sunearthtools.com/it/tools/CO2-emissions-calculator.php> consultato il 3 gennaio 2017.

5.2 Calcoli del frigorifero alimentato dal pannello fotovoltaico

Purtroppo ho scontrato vari problemi con alcuni collegamenti elettrici. Per questo motivo ho solo tre settimane di dati positivi. Per tre settimane consecutive il frigorifero è andato con il fotovoltaico come mi ero prefissato all'inizio della ricerca.

6. Analisi del lavoro al progetto

Con il mio progetto sono riuscito ad affermare che le energie alternative sono molto utili e molto funzionali; nonostante abbia avuto dei problemi tecnici siccome ho dato per scontato un paio di consigli di un mio collega.

6.1 Retrospettiva

Grazie alla grinta ed una grande voglia di raggiungere i miei obiettivi, sono riuscito a fare funzionare il progetto nonostante alcune difficoltà.

Durante la prima messa in funzione ho avuto un problema. Il relé a 230 volt "AC" che avevo messo faceva molto rumore siccome veniva alimentato dalla corrente sporca generata dall'inverter. Per sistemare il guasto, ho ordinato un relé a 12 volt "DC", inserendolo prima dell'inverter.

Una volta sistemato tutto, ho riaperto l'impianto ma ho notato che il regolatore di carica si era bruciato a causa di un mio errore siccome avevo collegato due poli nel senso opposto e questo ha generato un corto circuito. Per risolvere il secondo guasto, ho ordinato un nuovo regolatore di carica.

Sistemando tutto, ho notato che l'inverter non reggeva abbastanza lo spunto del compressore del frigorifero, dunque il regolatore di carica mi andava in allarme.

Allora come terzo passo, ho comprato un inverter forte da tenere gli spunti di corrente dai compressori.

Per risolvere questi guasti, mi sono consultato con Jeya, un collega di lavoro, che si è mostrato molto interessato a questo tipo di progetto.

6.2 Risultati

Grazie a questo progetto sono riuscito a capire il valore di quello che ci circonda. Sono riuscito a non mollare nonostante alcune difficoltà.

Sono molto soddisfatto di questa esperienza perché ho costruito qualcosa che darà un'idea alle persone di come funzionano le energie alternative. Per esempio, a scuola, i professori erano molto interessati a questo progetto e due docenti mi hanno domandato se conoscevo delle aziende che potevano installare questo sistema nelle loro abitazioni.

6.3 Prospettive

Questo progetto, come ho detto precedentemente, è solo l'inizio di qualcosa di grande per il nostro pianeta. Alimentando un semplice elettrodomestico con un pannello fotovoltaico si risparmiano soldi e non si fa produrre corrente ad una centrale nucleare.

Se dovessi vincere il progetto, alcuni soldi gli userò per coprire alcune spese che ho dovuto fare per riparare il frigorifero e l'altra parte la userò per costruire un altro progetto, basato sempre sulle energie alternative.

Concludo dicendo che tutta la voglia, il tempo, i soldi e la grinta che ci ho messo, non sono andati persi ma guadagnati in realizzazione per il mio futuro.

7. Ringraziamenti

I ringraziamenti vanno rivolti ad alcune persone come a **JeyaThambinathan** (tecnico/installatore di sistemi di refrigerazione presso la Biaggini SA), **Gianni Visentin** (ingegnere elettrico presso la Biaggini Sa) e **Paola Calandruccio** (studente universitaria di letteratura presso Cagliari).

Ringrazio anche i miei professori **Nicolas Bortot**, **Danila Ostinelli** e **Paolo Balestra**.

Infine, tengo a porgere i miei ringraziamenti alla **Scuola Professionale Artigianale Industriale SPAI Locarno** per avermi concesso l'opportunità di partecipare al concorso, assumendosi i costi del mio impianto fotovoltaico e concedendomi inoltre la possibilità di lavorare in aula docenti dove si è deciso di installare il mio frigorifero.

8. Sitografia

1. <http://www.eniscuola.net/argomento/conoscere-lenergia/le-fonti-di-energia/che-cose-lenergia/>
2. https://it.wikipedia.org/wiki/Produzione_di_energia_elettrica_in_Svizzera#Consumi.2C_potenza_richiesta_e_potenza_installata
3. <http://www.bfe.admin.ch/themen/index.html?lang=it>
4. <http://www.sunearthtools.com/it/tools/CO2-emissions-calculator.php>