

Il miglioramento delle performance ambientali di un rifugio alpino con l'utilizzo di energie rinnovabili. Il caso del Rifugio Regina Margherita.

Riccardo Beltramo, Barbara Cuzzolin

Università di Torino - Dipartimento di Scienze Merceologiche

Introduzione

Il Rifugio Regina Margherita sorge sulla Punta Gnifetti, a quota 4.559 metri, all'interno del massiccio del Monte Rosa. E' il rifugio più alto d'Europa, ogni anno meta di migliaia di alpinisti. Ha una capienza di circa 80 posti letto ed il servizio offerto¹ è allineato a quello dei rifugi che si trovano a quote inferiori, pur con alcune differenze dovute alla peculiare localizzazione.

Dal 1998 è stato avviato presso il Rifugio un progetto di ricerca, denominato **CRESTA - Capanna REgina Margherita SisTema di Gestione Ambientale** - volto a verificare l'applicabilità di una gestione ambientalmente più attenta dell'attività del rifugio stesso, coerentemente con le norme EMAS ed UNI EN ISO 14001, valutandone le implicazioni tecniche, organizzative ed economiche.

I risultati delle ricerche sono disponibili sul sito <http://web.econ.unito.it/cresta/>.

L'attività di gestione del rifugio crea un fabbisogno energetico che deve essere soddisfatto per garantire il livello di servizio desiderato. L'impossibilità di allacciamento alla rete elettrica ha indotto i gestori a dotare la struttura di due generatori diesel che assicurano, con il loro funzionamento, la copertura del fabbisogno energetico delle utenze principali (illuminazione, pulizia dei locali, conservazione degli alimenti, funzionamento di elettrodomestici vari). Inoltre, sono stati installati presso il rifugio dei pannelli fotovoltaici, per l'alimentazione del telefono di soccorso e della radio.

La produzione di energia con l'utilizzo di combustibili fossili determina un carico ambientale in un ecosistema fragile e determina oneri per la gestione dovuti all'approvvigionamento ed al trasporto dei combustibili. Da queste premesse ha preso avvio il presente lavoro, volto all'identificazione di soluzioni alternative in grado di assicurare lo stesso livello prestazionale, ma con vantaggi ambientali ed economici.

Parte sperimentale

Obiettivo del nostro studio è verificare la fattibilità della copertura energetica del rifugio mediante energia solare (pannelli fotovoltaici o sistemi integrati di energia), quantificandone le implicazioni tecniche, ambientali ed economiche.

Le considerazioni che ci hanno portato a questa scelta tengono conto di numerosi fattori, tra i quali le evoluzioni che hanno caratterizzato il settore del fotovoltaico: *in primis*, il suo sviluppo tecnologico, ma anche la crescita del mercato, la flessibilità e la modularità delle sue applicazioni, la diminuzione dei costi collegati, ecc..

Progetti di questo tipo in Europa sono stati realizzati soprattutto nel corso degli anni '80, ma anche oggi l'elettrificazione di aree rurali o, comunque, non facilmente raggiungibili dalla rete elettrica, rimane oggetto di finanziamenti europei. Rifugi, edifici localizzati in aree montane o all'interno dei Parchi naturali sono soltanto alcuni degli esempi di impianti *stand alone* destinati all'elettrificazione di zone isolate ed attualmente finanziati dall'Unione Europea (Francia, Italia, Portogallo, Regioni alpine europee).

Nel 1995, in tutto il mondo si contavano installazioni di sistemi a isola o stand alone per un valore pari a 324 MW_p, con un ruolo considerevole dell'Europa e dei Paesi Efta Switzerland (complessivamente 31 MW_p, di cui 28 solo europei). Ancora più significativo il ruolo dei Paesi dell'Africa o di quelli appartenenti al NAFTA (per entrambi si segnalano valori prossimi ai 70 MW_p per il 1995).

Particolarmente significativo è un dato relativo alla realtà italiana. Su un patrimonio edilizio del C.A.I. che si aggira intorno ai 720 rifugi, circa 120 utilizzano attualmente energia elettrica prodotta attraverso impianti fotovoltaici. Di questi, 30 sono stati installati con contributi dell'Enel, 2 con contributi dell'Enea, 10 grazie i finanziamenti ottenuti dalle Amministrazioni locali ed i restanti 79 sono stati realizzati impiegando i fondi a disposizione del CAI.²

Un semplice impianto fotovoltaico ad isola è composto dai seguenti elementi^{3,4}:

1. Cella solare: trasforma l'energia solare in energia elettrica. Le celle raggruppate tra loro per aumentarne la potenza vengono orientate verso sud, con un'inclinazione sull'orizzonte (in gradi) che deve essere pari alla latitudine del luogo. Nel Nord d'Italia l'inclinazione sul piano dell'orizzonte è di circa 45°.
2. Regolatore di carica: è un apparecchio elettronico di regolazione della ricarica e della scarica degli accumulatori. Uno dei suoi compiti è di evitare danneggiamenti delle batterie

sia in caso di eccesso di carica (la ricarica si interrompe ad accumulatore pieno) sia in caso di difetto.

3. Accumulatori: immagazzinano l'energia prodotta in eccesso dall'impianto fotovoltaico durante il giorno. Intervengono, fornendo energia elettrica, quando manca l'irradiazione solare.
4. Invertitore: trasforma la corrente continua proveniente dai moduli e/o dagli accumulatori in corrente alternata convenzionale a 230V.
5. Utenti: apparecchi alimentati dall'impianto fotovoltaico. Queste possono funzionare sia a corrente alternata, sia a corrente continua. In questo caso il sistema fotovoltaico stand alone non necessita di inverter.

Spesso vengono impiegati anche degli impianti composti. Per esempio impianti fotovoltaici in combinazione con gruppi elettrogeni a motore Diesel. In questo caso l'impianto FV fornisce la potenza base utilizzata di solito. Per consumi elevati a breve durata (o in caso di emergenza) viene inserito il gruppo elettrogeno.

Dimensionamento dell'impianto fotovoltaico per il Rifugio Regina Margherita

Il fabbisogno energetico del Rifugio Regina Margherita viene oggi soddisfatto dall'energia fornita da due motori diesel¹ e dai pannelli fotovoltaici. Il funzionamento dei due generatori determina un consumo annuo di combustibile che, per il 1997, è stato calcolato essere pari a 1600 l di gasolio, dalla cui combustione deriva un carico inquinante espresso dalla *Tabella A*¹.

Consumo gasolio	Stima/misura	Inquinanti prodotti	
	1600 l. ca.1330 Kg.	CO ₂	4.670 kg
		SO _x	7 kg
		NO _x	84 kg
		Particolato	1,9 kg
		Composti organici volatili	29 kg

Tabella A

Oltre al carico ambientale collegato all'immissione di inquinanti nell'atmosfera, elemento che è fonte, tra l'altro, di cattivi odori intensi, il funzionamento del generatore provoca inquinamento acustico, percepibile sia all'interno sia all'esterno della struttura. Si tratta sia di

un fattore di disturbo per gli ospiti, sia di un'alterazione non trascurabile nel fragile ecosistema nel quale il Rifugio Regina Margherita è inserito.

La produzione di elettricità da pannelli fotovoltaici attualmente ha un ruolo secondario per il rifugio, non tanto in considerazione della destinazione dell'elettricità generata, quanto della sua entità. Le cellule fotovoltaiche vengono impiegate per la ricarica delle batterie del telefono e della radio. Il fabbisogno energetico degli impianti per la comunicazione è integralmente soddisfatto dalle celle; ne deriva che l'energia solare di nuova installazione dovrebbe coprire la quota oggi soddisfatta dai motori diesel.

Il calcolo per il dimensionamento di un impianto fotovoltaico che diminuisca considerevolmente l'impiego del generatore diesel o che, addirittura, ne renda superfluo il suo utilizzo, relegandolo a situazioni di emergenza, parte dalla determinazione dell'effettivo fabbisogno di energia elettrica richiesta dal Rifugio Regina Margherita. Preliminare alla scelta di un sistema per la produzione di energia elettrica a basso impatto ambientale, è stata compiuta un'analisi critica del fabbisogno energetico. La prevenzione dei consumi, infatti, rappresenta di per se stessa un miglioramento.

Il dato di partenza per il dimensionamento dell'impianto (pannelli ed accumulatori) è il consumo medio giornaliero di energia. E' stato rilevato come tale valore dipenda dalla presenza dei gruppi di ricerca scientifica presso il rifugio, dalla tipologie delle ricerche compiute e dal consumo energetico delle apparecchiature scientifiche impiegate. E' possibile, infatti, riscontrare notevoli differenze nella durata dell'orario di accensione del generatore, che risente delle esigenze dei ricercatori. Pertanto vengono introdotti due scenari. Il primo scenario, caratterizzato dalla presenza di team scientifici presso il Rifugio Regina Margherita, determina il funzionamento del generatore principale per un ammontare complessivo di 15 h al giorno, con un consumo medio giornaliero di energia pari a circa 12,5 KWh (stima). Il secondo scenario, contraddistinto dall'assenza di team scientifici presso il Rifugio Regina Margherita, nel quale l'orario di accensione del generatore è pari al solo tempo necessario per fornire energia elettrica per il funzionamento del rifugio. Si tratta complessivamente di 8 h al giorno, per un consumo di energia pari a circa 6,6 KWh.

Per il dimensionamento e la definizione delle caratteristiche tecniche dell'impianto fotovoltaico, ci si è avvalsi della collaborazione della Società Sasso s.n.c. di Cuneo, che ci ha messo a disposizione alcuni dati rilevati presso il Rifugio Regina Margherita nel corso della

realizzazione di un progetto mirante a valutare la fattibilità di un'introduzione più incisiva dell'energia solare e, più in generale, dell'energia da fonte rinnovabile nel funzionamento del rifugio più alto d'Europa.

L'ipotesi di partenza è la riduzione dei consumi energetici, accompagnata da un minor ricorso all'uso del generatore per soddisfare tale domanda energetica. Pur nel rispetto delle normative vigenti e delle reali esigenze di gestione del Rifugio, si è ipotizzato di limitare al massimo i carichi energetici, sia in termini di punti luce sia in termini di forza motrice.

L'innovazione più rilevante riguarda l'illuminazione, per la quale si è previsto un sistema innovativo che consente di avere un'illuminazione tradizionale con consumi ridottissimi, riducendo inoltre la necessità di manutenzione ed il rischio di combustione.* Tale sistema potrebbe essere adottato nei locali comuni, nella sala da pranzo, nei corridoi, nell'ingresso, in cucina e nel locale generatore, per i motivi di cui sopra. Solo nei dormitori potrebbe essere mantenuto l'uso delle lampade tradizionali, che potrebbero tuttavia essere a basso consumo.

Il progetto elaborato dalla Sasso s.n.c. prevede che l'alimentazione dell'impianto forza motrice sia garantita dai gruppi elettrogeni in grado di avviarsi in modo automatico ed indipendente. Il gruppo elettrogeno, inoltre, alimenta una speciale apparecchiatura ad alto rendimento che gestisce automaticamente sia la ricarica del parco batterie, sia l'alimentazione, anche simultanea, degli utilizzatori.

Per la generazione dell'energia elettrica necessaria al funzionamento del Rifugio Regina Margherita è stata prevista la realizzazione di un sistema di produzione ibrido (fotovoltaico ed eolico), dove entrambi i sistemi sono caratterizzati da elevato rendimento. In particolare, il sistema eolico che si è ipotizzato è del tipo ad asse verticale, sperimentato, con ottimi risultati, su situazioni ambientali estreme simili a quelle riscontrabili presso il Rifugio Regina Margherita.

L'impianto, così come è stato dimensionato, non è soltanto in grado di coprire l'assorbimento di energia giornaliera del rifugio, ma è in grado anche di assicurare un surplus energetico che potrebbe essere impiegato per mantenere in efficienza il sistema, considerate le condizioni ambientali alle quali esso si troverebbe ad operare (formazioni di neve e ghiaccio che riducono l'efficienza dell'impianto).

* Non c'è propagazione di calore, energia elettrica ed ultravioletto; ciò rende utilizzabile l'impianto anche dove i sistemi convenzionali risultano pericolosi.

Per procedere al dimensionamento dell'impianto, il primo passo ha riguardato la definizione del bilancio dei consumi quotidiani da soddisfare con un sistema ibrido fotovoltaico-eolico (Cfr. *Tabella B*).

Ipotesi: Tensione dell'installazione: 24 V - Inverter: 230 V

Bilancio dei consumi

Vani da illuminare o apparecchi da alimentare	N° apparecchi	Tipo apparecchi	Potenza unitaria (W)	Tempi (h) di funzionamento	Consumo Wh/giorno	Consumo Ah/giorno
Luci camere	14	Speciali	10	4	560	23.33
Segnalazione rifugio	1	Speciali	7	24	168	7.00
Luce locali deposito	1	Speciali	35	4	140	5.83
Centralina antincendio	1	Speciali	10	24	240	10.00
Luce + emergenza cucina	1	Speciali	50	6	300	12.50
Emergenza 1° piano	1	Speciali	35	1	35	1.46
Emergenza 2° piano	1	Speciali	35	1	35	1.46
Luce + emergenza sala	1	Speciali	50	6	300	12.50
Luce 1° piano	1	Speciali	50	2	100	4.17
Luce 2° piano	1	Speciali	50	2	100	4.17
Radio locale cucina	1	Speciali	5	24	120	5.00
Radio locale motore	1	Speciali	5	24	120	5.00
Radio soccorso	1	Speciali	5	24	120	5.00
Luce locale inv. Rialzato	1	Speciali	50	4	200	8.33
Luce locale inv. Dormitori	1	Speciali	50	2	100	4.17

Tabella B

Consumo tot.: 2638 Wh/die A 24 V: 109,92 Ah/die Corrente di scarica massima: 24,04 A

Si è poi passati al dimensionamento dell'impianto tenendo conto delle caratteristiche del luogo nel quale è localizzato il Rifugio Regina Margherita (altitudine, latitudine, longitudine, condizioni di irraggiamento al suolo, temperatura massima e minima, velocità del vento, ecc.) e delle sue esigenze energetiche nel caso dell'introduzione degli accorgimenti tecnici precedentemente segnalati.

Applicando la soluzione precedentemente descritta, siamo arrivati a caratterizzare da un punto di vista tecnico l'impianto fotovoltaico da installare sul Rifugio Regina Margherita (Cfr. *Tabella C, D e E*).

Sistema ibrido fotovoltaico – eolico

Fotovoltaico			Eolico		Tensione	Capacità
Potenza	Corrente	N° Totale	Potenza	Funzionamento	Tensione	Capacità
60 W _p .	3.26 A/Modulo	5 Stringhe*	100 W	15 h/giorno	24	600 Ah C10

* La stringa è un insieme di moduli o pannelli collegati elettricamente in serie per ottenere la tensione di lavoro del campo fotovoltaico.

Tabella C

Periodo utilizzo anno	Percentuale utilizzo mese	Irradiaz. giorno	Produtz energia eol+ idro	Produtz. Energia FV	Consumo medio/G utilizzo	Produtz. / consumo	Surplus deficit mensile
Mese	%	Wh/m ² /g	Ah/g	Ah/g	Ah/g		Ah
Gennaio	30	1806	63	24	18	4.8	2108
Febbraio	30	2389	63	31	18	5.2	2344
Marzo	30	3861	63	50	18	6.3	2939
Aprile	30	4778	63	62	18	6.9	3310
Maggio	30	5583	63	73	18	7.5	3635
Giugno	100	6167	63	80	60	2.4	2566
Luglio	100	6306	63	82	60	2.4	2623
Agosto	100	5278	63	69	60	2.2	2207
Settembre	100	3917	63	51	60	1.9	1657
Ottobre	30	2944	63	38	18	5.6	2569
Novembre	30	1944	63	25	18	4.9	2164
Dicembre	30	1194	63	16	18	4.3	1861
Media	53	3847	63	50	32	4.5	2499

Tabella D

Descrizione del parco di accumulo

Tipo batteria: Speciale; Tensione nominale: 24 V; Capacità parco 1: 600 Ah; Capacità parco 2: 0 Ah; Capacità totale 600 Ah; T° min locale: 0 °C

Caratteristiche	A 20 °C	A T° minima
% capacità utile	106%	80%
Capacità utile (Ah)	636	480
Scarica giornaliera	17%	23%
Scarica d'autonomia	138%	183%
Ah dopo autonomia	-243	-399
Scarica Max ammessa	80%	80%
Autonomia reale (h)	111	84

Tabella E

Il sistema sin qui delineato, le sue caratteristiche tecniche e, quindi, il suo dimensionamento, sono stati messi a confronto con un secondo tipo di sistema che non prevede, a differenza del primo, la realizzazione di un'applicazione di tipo ibrido, ma la soddisfazione dei fabbisogni energetici del Rifugio Regina Margherita attraverso un impianto esclusivamente fotovoltaico. A tal fine ci si è avvalsi di un software, "Photovoltaics", messo a punto dalla Società Geox di Roma, per il dimensionamento degli impianti fotovoltaici.

Il programma permette di individuare in modo rapido le caratteristiche tecniche di un impianto fotovoltaico per assicurare la copertura di un certo fabbisogno energetico. Il software provvede a calcolare l'assorbimento di elettricità da parte delle utenze del sistema, attraverso

l'inserimento di alcuni dati tecnici: la tensione di alimentazione, l'intensità di corrente ed il numero di ore di funzionamento previste. Per assicurare coerenza all'impostazione del calcolo si sono impiegati dati desumibili dalla tabella relativa al bilancio dei consumi quotidiani.

Analoghe considerazioni valgono per quanto riguarda i dati relativi alla località in cui sorge il Rifugio Regina Margherita (latitudine, altitudine, valori medi mensili della radiazione totale giornaliera su piano inclinato di 45°).

Il Programma elabora i dati in input sulla base di alcune ipotesi relative al rendimento di conversione dell'impianto: Ng: 0,08, Nmod: 0,13, Nga: 5, nb: 0,8, DOD: 0,8.

I risultati ottenuti sono i seguenti*:

Assorbimento totale giornaliero (Wh/die): 2637,3

Giorni di autonomia dell'impianto senza alcun apporto dal generatore fotovoltaico: 5 giorni

Superficie minima totale dei moduli (m²): 27,6

Energia giornaliera media annua (Wh/die): 8497,4

Potenza di picco (W_p): 3589,4

Capacità batteria (Wh): 20604,3

Pari a 1717 Ah con batteria a 12 Volt

e pari a 858,5 Ah con batteria a 24 Volt

Confrontando il dimensionamento dell'impianto ibrido (fotovoltaico-eolico) con quello ottenuto attraverso l'applicazione del software emergono alcune differenze.

Partendo da un assorbimento giornaliero comune si arriva ad un dimensionamento maggiore dell'impianto fotovoltaico nella seconda ipotesi, dal momento che in questo caso l'applicazione fotovoltaica è l'unica fonte di energia prevista per il rifugio*. L'assenza di eolico e di generatore di supporto è motivato dal fatto che il programma Photovoltaics è un software che viene utilizzato per il dimensionamento di impianti fotovoltaici *stand-alone*

* Il dimensionamento viene effettuato supponendo di dover determinare la potenza del generatore fotovoltaico e la capacità della batteria in modo da alimentare il carico con indisponibilità di altre forme di alimentazione (rete, cogenerazione, ecc.). Nel software si ipotizza, inoltre, che in ogni mese l'energia giornaliera media annua prodotta dal generatore (Eg, espressa in Wh/die) sia sempre maggiore o uguale alla corrispondente richiesta dal carico elettrico (Ec, espressa in Wh/die). Eg = Energia giornaliera media mensile prodotta dal generatore Wh/die. Ec = Energia giornaliera media richiesta dal carico Wh/die.

* Se si fosse scelto di ipotizzare la realizzazione di un impianto che fruttasse soltanto l'energia del sole e non quella del vento, si sarebbe arrivati ad un dimensionamento dell'impianto fotovoltaico all'incirca pari ad 1-1,5 KW di potenza???? installati, rispetto agli attuali 600 W.

classici e non estremi e con esigenze specifiche e molto particolari, come è il caso del Rifugio Regina Margherita.

La tendenza, tuttavia, soprattutto nei rifugi di montagna, è verso lo sfruttamento integrato e congiunto di tutte le risorse energetiche rinnovabili a disposizione. Tali risorse sono tra l'altro molto spesso complementari (spesso quando non c'è sole c'è vento e viceversa) e questo è a maggior ragione vero in un luogo come quello sul quale sorge, a 4559 m, il Rifugio Regina Margherita. A motivare queste scelte concorrono spesso considerazioni anche di tipo economico, dal momento che la tecnologia eolica è allo stato attuale più "competitiva" del fotovoltaico rispetto alle fonti energetiche tradizionali.

Ridurre le esigenze di impiego del generatore non significa, tuttavia, eliminarne del tutto il suo utilizzo. La lontananza dalla rete elettrica, il posizionamento degli edifici in luoghi isolati e difficilmente raggiungibili, l'altitudine e le condizioni meteorologiche spesso avverse che contraddistinguono questi luoghi rendono irrinunciabile la presenza di un generatore che garantisca la copertura della "carica pesante" e la ricarica della batteria.

Bibliografia

1. R. Beltramo, B. Cuzzolin, R. Pes - *Turismo, Ambiente, Strutture ricettive. Sistema di Gestione Ambientale per il Rifugio Regina Margherita* - Dip. Scienze Merceologiche , gennaio 1998, Torino.
2. Editoriale - *Energia pulita: nuove tecnologie si stanno diffondendo ad alta quota* - Lo Scarpone, n. 1 gennaio 1998.
3. <http://www.ises.italia.it>
4. Editoriale- *Speciale fotovoltaico* - Isoletrecentosessantagradi, ISES ITALIA, II, 4 giugno 1995