



Consiglio Nazionale delle Ricerche

PROGETTO



SMART
CITIES

A bar chart with five bars of varying heights and colors: dark grey, medium grey, light grey, orange, and dark orange. The bars are positioned to the right of the word 'PROGETTO'.

Energia da fonti rinnovabili e ICT per la sostenibilità energetica

Vincenzo Antonucci

CNR ITAE "Istituto di Tecnologie Avanzate per l'Energia Nicola Giordano"



Presentazione attività progettuali inerenti la realizzazione di un parcheggio integrante un impianto fotovoltaico su pensilina presso l'Area di Ricerca di Pisa del CNR



Dott. Vincenzo Antonucci



PROGETTO SMART CITIES CNR

CHI COINVOLGE

- Dipartimento Ingegneria ICT Energia e Trasporti;
- Direzione d'Area di Pisa;
- Istituto di Informatica e Telematica di Pisa (IIT);
- Istituto di Tecnologie Avanzate per l'Energia (ITAE) di Messina.

OBIETTIVI

- Riduzione della bolletta energetica
- Riduzione dei consumi
- Migliore fruibilità del parcheggio da parte degli utenti.



PROGRAMMAZIONE ATTIVITA'

In itinere

- Realizzazione di un impianto fotovoltaico su pensilina, a copertura dei parcheggi della zona sud dell'ARP;
- Realizzazione nuovo impianto di illuminazione a LED;
- Predisposizione impiantistica della sensoristica per lo smart parking.

Successive (future)

- Installazione dell'intero sistema di monitoraggio, una volta completata la costruzione delle pensiline fotovoltaiche;



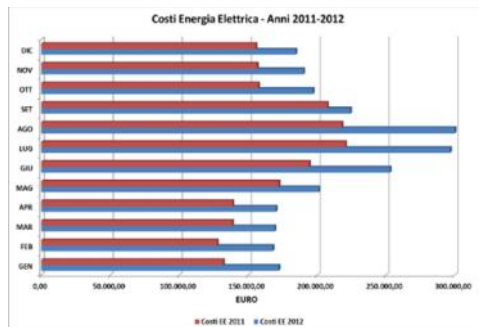
- La progettazione e la costruzione dell'impianto fotovoltaico su pensilina sono oggetto di una gara d'appalto in fase di preparazione, del valore complessivo di poco inferiore a 1 000 000 € a cura dell'ITAE ed in collaborazione con la Direzione d'area (Stazione appaltante).
- Gli studi preliminari (*audit energetico*) condotti dal CNR-ITAE, oltre ad aver messo in luce lo *status quo* relativamente ai consumi ed ai costi energetici dell'ARP, hanno prodotto come output la definizione degli interventi da prevedere, nell'ottica di incrementare l'efficienza energetica e limitare il ricorso all'energia proveniente dalla rete elettrica di distribuzione.



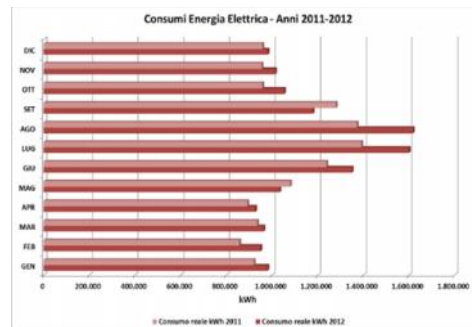
- L'analisi dei consumi energetici dell'Area, della quale si riportano solo i risultati significativi, mette in evidenza il margine di risparmio che può conseguirsi a seguito dell'installazione di un impianto di produzione di energia.



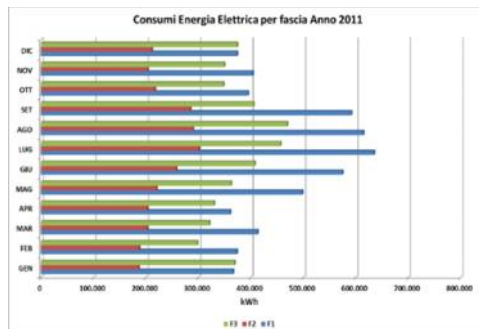
Sulla base dei dati forniti dalla Direzione di Area relativi alle bollette riferite agli anni 2011 e 2012 e agli impianti presenti nell'ARP, agli inizi dell'anno 2014, il CNR-ITAE ha prodotto un audit energetico.



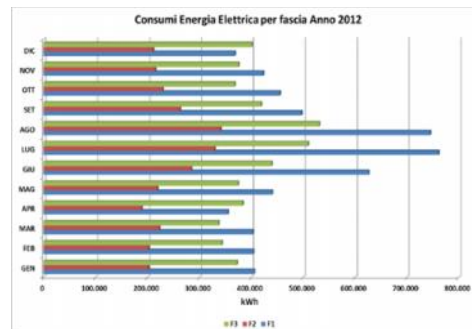
Costi Energia Elettrica Anni 2011 e 2012



Consumi Energia Elettrica Anni 2011 e 2012



Ripartizione dei consumi di energia elettrica per fasce orarie (F1, F2, F3) – Anno 2011



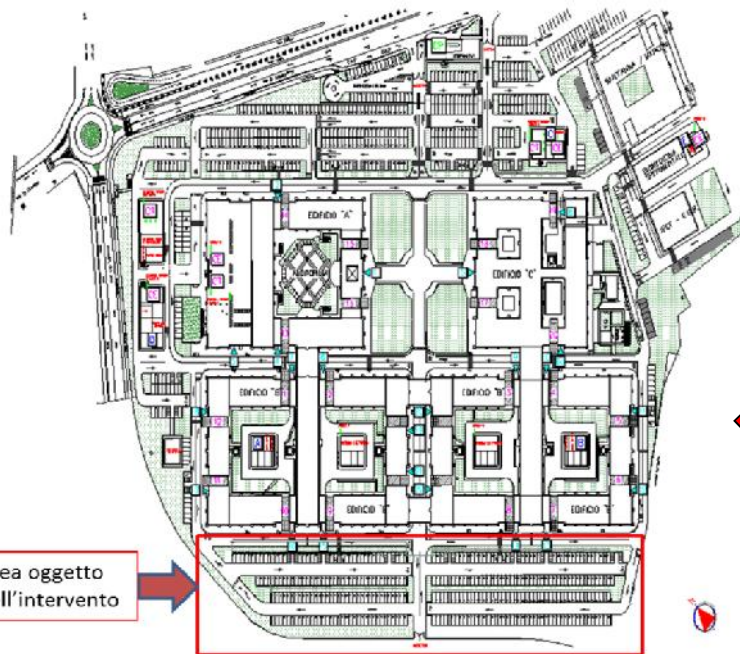
Ripartizione dei consumi di energia elettrica per fasce orarie (F1, F2, F3) – Anno 2012



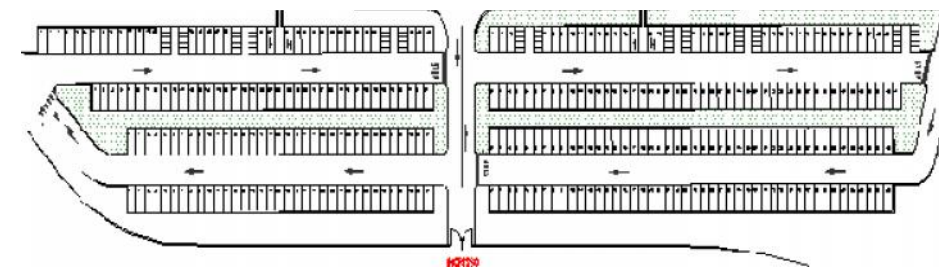
La realizzazione di un impianto di produzione di energia fotovoltaica, la cui di taglia è da considerarsi in prima analisi proporzionale (fino all'espletamento della gara d'appalto e alla definizione della taglia finale) all'importo a base d'asta, sarà ad ogni modo totalmente autoconsumata in loco dalle utenze dell'Area.



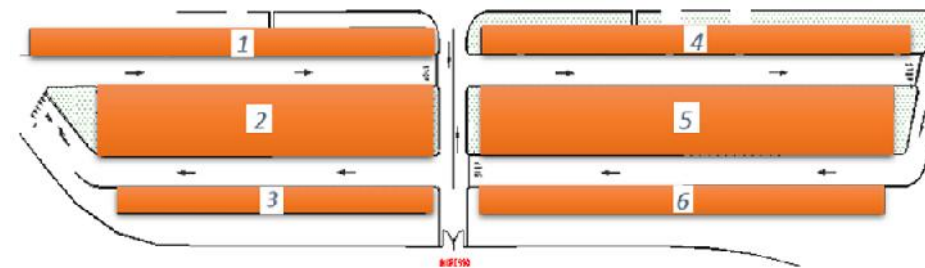
L'area individuata per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico è la zona di parcheggio situata in zona Sud.



Area oggetto dell'intervento

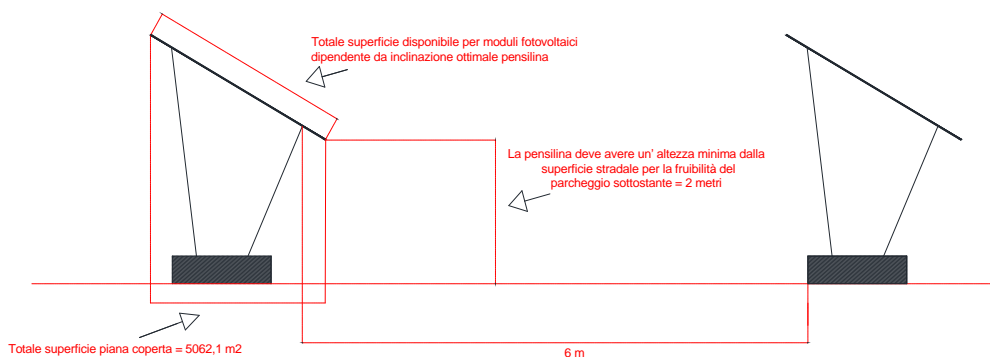


Al fine di evitare possibili interferenze o limitazioni alla viabilità interna, si è scelto di elaborare un'ipotesi progettuale che prevede la copertura dei soli stalli presenti nel parcheggio e delle aiuole pertinenti, tramite pensiline fotovoltaiche (N°6).





Al fine di capire quali siano i margini ed i range di potenza installabile sulla superficie disponibile sono state effettuate diverse simulazioni di producibilità; in seguito alla valutazione delle efficienze dei pannelli fotovoltaici in commercio, si è definito *il range di potenza installabile ed energia producibile* dall'impianto, considerando anche i dati d'irraggiamento locali e la superficie disponibile per l'installazione dei moduli.



La superficie lorda disponibile per l'installazione dei pannelli fotovoltaiche risulta di poco superiore ai 5000 m².



Considerando l'eventuale presenza di ingombri, spazi non sfruttabili per necessità costruttive o altri impedimenti, si è valutata una *potenza di picco realizzabile pari a 900 KWp*. Valori elevati di potenza risultano installabili da un punto di vista tecnico ed auspicabili dal punto di vista economico, anche se l'importo a base di gara risulta limitato e consentirà probabilmente l'installazione di potenze inferiori.



La gara per l'affidamento dei lavori si svolgerà in regime di appalto integrato complesso (D.Lgs n°163/2006, Art. 53 lett c), cioè la stazione appaltante fornirà il *progetto preliminare* mentre i concorrenti parteciperanno sottoponendo alla Commissione giudicatrice il *progetto definitivo*. L'impresa aggiudicataria dovrà, oltre a produrre il progetto definitivo, elaborare il *progetto esecutivo*, ricevere tutte le autorizzazioni necessarie e realizzare l'opera.

APPALTO
INTEGRATO
COMPLESSO



Progettazione preliminare
Stazione appaltante



Progettazione definitiva
(da presentare in fase di
gara),
Progettazione esecutiva,
ed realizzazione dell'opera
Impresa aggiudicataria

Il progetto preliminare redatto dal CNR-ITAE farà parte integrante della gara d'appalto e costituirà l'elemento tecnico principale che definisce le condizioni al contorno entro cui le imprese concorrenti potranno presentare offerta.



Nel progetto preliminare, il CNR-ITAE ha definito i *requisiti prestazionali*, nonché quelli soggetti a *premierità* (necessari ai fini dell'attribuzione del punteggio in fase di valutazione del progetto definitivo presentato dalle imprese), degli elementi dell'impianto da realizzarsi, quali:

Elementi

- *Pensilina;*
- *Moduli fotovoltaici;*
- *Inverter e relative cabine;*
- *Impianto elettrico di distribuzione e connessione;*
- *Impianto di illuminazione;*
- *Caratteristiche complessive impianto.*

Premierità

- *Prestazioni impianto fotovoltaico;*
- *Termini di Garanzia;*
- *Caratteristiche estetiche e funzionali impianto di illuminazione e pensilina;*
- *Piano di manutenzione ed assistenza tecnica;*
- *Valutazione Globale Progetto Definitivo;*
- *Ribasso economico sull'importo a base di gara.*



Sono stati definiti i seguenti lavori come parte integrante dell'appalto in questione:

- Lavori di adeguamento dei sistemi di misura esistenti per renderli compatibili con la nuova configurazione d'impianto (nel caso specifico bidirezionale nella cabina di consegna dell'energia, Cabina ENEL);
- Lavori per la connessione dell'impianto di produzione all'esistente, come l'installazione di nuovi quadri elettrici e le adeguate protezioni allo stesso impianto;
- *Lavori per la rimozione dell'impianto di illuminazione esistente nell'Area Sud, che, oltre a risultare obsoleto, di fatto costituisce un vincolo costruttivo per la corretta installazione del nuovo impianto fotovoltaico su pensilina;*
- *Successiva installazione di un nuovo impianto di illuminazione per la viabilità della stessa zona costituito da corpi illuminanti a tecnologia led da porre sulla pensilina, il che comporta anche il rinnovamento nonché il miglioramento della qualità dell'illuminazione della zona specifica;*



- Elaborazione di tutte le pratiche necessarie per la connessione e l'entrata in esercizio dell'impianto di produzione alla rete elettrica di distribuzione;
- Corretta predisposizione per permettere la successiva installazione della sensoristica necessaria per la realizzazione dello "smart parking" in collaborazione con l'Istituto IIT di Pisa.



Consiglio Nazionale delle Ricerche

Pianificazione delle azioni

Grazie ad alcuni incontri tra personale del *CNR-ITAE* di Messina e della *Direzione d'Area di Pisa* si è concordata la seguente scaletta delle azioni da compiere:

- *Redazione in forma definitiva del Progetto Preliminare;*
- *Pubblicazione su Gazzetta Europea (52gg + 8gg);*
- *Assegnazione appalto;*
- *Esecuzione delle opere (6-10mesi);*
- *Collaudo.*

Allo stato attuale si stanno definendo gli ultimi elementi per l'ultimazione degli Elaborati da presentare in sede di gara.



Progetto CNR "Energia da fonti rinnovabili e Ict per la sostenibilità energetica"

Agordo (Belluno): vincitore nella categoria "Comune con una popolazione residente pari o inferiore a 7.000 abitanti"

Agordo è un comune italiano di 4.165 abitanti della provincia di Belluno, in Veneto.





Attività del gruppo di lavoro: CNR ITAE, Consorzio BIM e comune di Agordo

Obiettivi del progetto

Realizzazione di interventi finalizzati all'utilizzo più razionale dell'energia, la fornitura di servizi innovativi al cittadino, un miglioramento della sicurezza energetica attraverso l'impiego delle risorse energetiche autoctone, tramite sistemi ICT avanzati e soluzioni energetiche a basso impatto ambientale

Attività preliminare

Individuazione aree di intervento in base alle diverse esigenze delle utenze e del comune in collaborazione con il consorzio BIM (Bacino Imbrifero del Piave)



**Sito di
Sperimentazione:
MALGA FRAMONT**

Attività svolte

- Audit energetico delle utenze presenti nella malga
- Raccolta dati (Schemi elettrici, planimetrie, vincoli paesaggistici o idrogeologici, ecc) presso l'ufficio tecnico del comune di Agordo
- Installazione di un analizzatore di rete presso la Malga, al fine di misurare i consumi elettrici effettivi delle utenze
 - Studio e test in laboratorio su diverse tecnologie di accumulo elettrochimico
- Simulazioni di producibilità dell'impianto PV e simulazioni in ambiente Simulink di integrazione Sistema
 - Rilievo plano-altimetrico dell'intera area di riferimento dalla Malga

Attività in itinere

- Contatti con aziende e predisposizione delle gare per acquisti apparecchiature



Malga Framont

La malga Framont è una fattoria situata nel Comune di Agordo a 1575m s.l.m..

Principali attività



- Pascolo;
- Mungitura di mucche e capre tramite un sistema automatico;
- Produzione e vendita di prodotti caseari;
- Servizio di ristorazione con piatti freddi tipici di montagna.

Durante le altre stagioni (da settembre a maggio) la malga è inattiva, causa le temperature rigide (temperature invernali tipiche: -25°C) e le frequenti nevicate.



Casera

Stalla



Casera

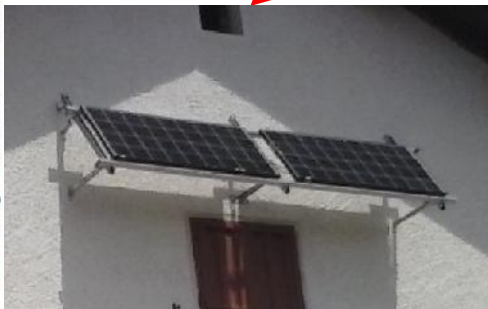
La struttura non è servita dalla rete elettrica, pertanto attualmente le due uniche fonti di energia disponibili sono costituite da un **gruppo elettrogeno da 30kVA alimentato a gasolio** e da **due piccoli moduli fotovoltaici** impiegati per garantire l'illuminazione interna della casera tramite lampade a risparmio energetico e un sistema stand alone con **batterie al piombo acido**.



Principali installazioni al momento esistenti:

- Apparecchi di illuminazione alimentati dal gruppo elettrogeno o dal sistema stand alone PV + batterie;
- Deumidificatore;
- Condizionatore;
- Prese;
- Boiler e cucina a legna.

I carichi elettrici, ad eccezione dell'illuminazione interna, vengono alimentati solo quando è attivo il gruppo elettrogeno.



Stalla

Installazioni presenti nella stalla

- Mungitrice automatica con un consumo di circa 6 kW;
- Generatore di vapore a gasolio (consumo inferiore ad 1 kWe);
- Apparecchiature ausiliari, tra cui un boiler elettrico per l'acqua calda.



Mungitrice



Boiler elettrico



Generatore di vapore





Analisi dell'esistente

Malga:

E' un punto di partenza per escursioni e percorsi di arrampicata. In quest'ottica il Comune di Agordo intende potenziarne le funzionalità ed i servizi offerti ai turisti che la affollano durante la stagione estiva.

La struttura è attiva tre mesi l'anno a causa della presenza di neve e temperature molto basse prossime ai -25 °C

Casera:

- La struttura è adibita ad abitazione e ne usufruisce la persona che ha ricevuto in concessione stagionale la struttura;
- Presenta un locale adibito alla conservazione dei prodotti caseari e salumi prodotti in loco → Tale locale presenta particolari necessità termiche e di umidità e attualmente non è refrigerato;
- Gli infissi sono in legno e privi di taglio termico.



Possibilità di ampliamento dei servizi offerti dalla struttura

Riscaldamento delle camere da letto, utilizzo prolungato della struttura per alcuni mesi in più rispetto a quanto previsto attualmente, possibilità di fornire pasti caldi e bibite fresche

Stalla:

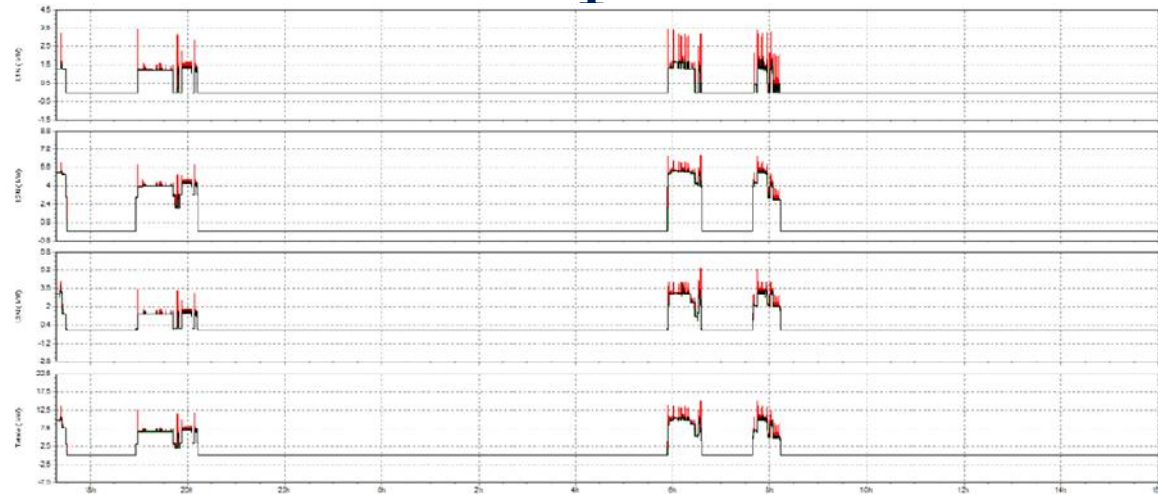
Vengono effettuate due operazioni di mungitura giornaliere → Durante tali operazioni, le apparecchiature vengono alimentate dal gruppo elettrogeno (Rumoroso, inquinante e caratterizzato da consumi di gasolio consistenti)

La malga è totalmente distaccata dalla rete elettrica di distribuzione



Indagine energetica

Andamenti della potenza assorbita dai carichi della malga



Massima potenza assorbita: **12 kW**

Potenza media assorbita durante la mungitura: **10 kW**

Energia media consumata

25 kWh/gg



Obiettivo finale →

Rendere la struttura energeticamente indipendente ed autosufficiente per il periodo più lungo possibile (intero anno) mediante l'utilizzo di fonti di energia rinnovabili e di sistemi di accumulo elettrochimico in grado di rilasciare energia nei momenti in cui le rinnovabili non sono presenti.

Principali risorse energetiche sfruttabili in loco

Energia idroelettrica



Energia solare



Criticità

- **Indisponibilità in loco di una rete elettrica di distribuzione;**
- **Assenza di una connessione dati cablata o di segnale;**
- **Precipitazioni frequenti anche nel periodo estivo che riducono la producibilità dell'impianto fotovoltaico;**
- **Presenza sia in direzione sud che sud-est di montagne rocciose che creano fenomeni di ombreggiamento sulla valle in cui è presente la malga;**
- **Temperature rigide fino a -25 °C soprattutto nei mesi invernali;**
- **Formazione di neve con incremento del peso puntuale sulla copertura sia della casera che della stalla;**
- **Impossibilità di effettuare rilievi e sopralluoghi in loco nei mesi invernali per presenza di neve e ghiaccio sull'unica strada percorribile per raggiungere la malga;**
- **Indisponibilità, nei mesi invernali dell'acqua proveniente dal torrente per presenza ghiaccio.**



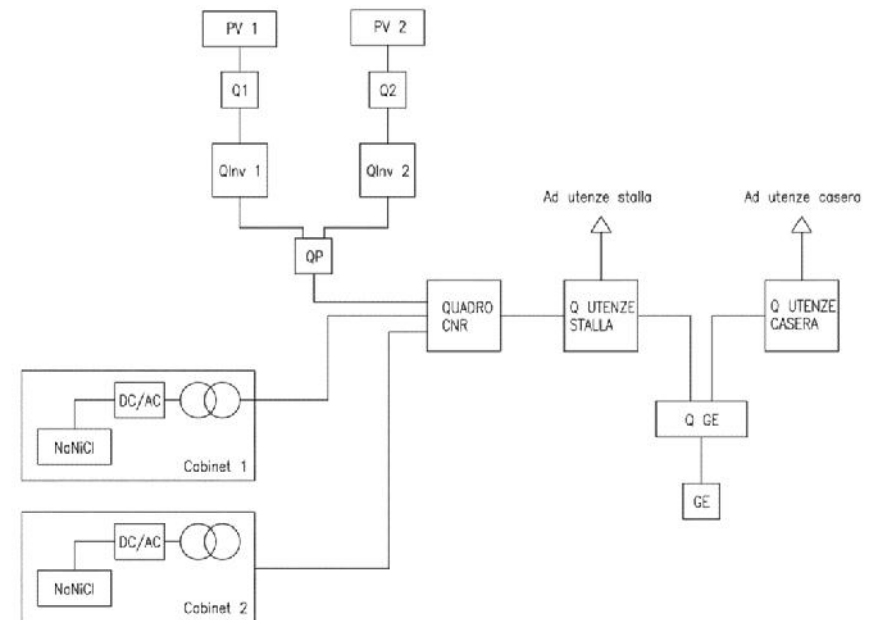
Soluzione progettuale

Produzione ed accumulo di energia elettrica

- Installazione di un sistema di accumulo (Energia nominale: 141,260 kWh) con batterie Sodio Nichel Cloruro (NaNiCl_2) con un involucro opportunamente progettato e dotato di inverter bidirezionale di tipo Off - Grid;
- Installazione di un impianto fotovoltaico (Potenza nominale: 48,30 kWp) installato su due tettoie in legno con pannelli ad alta efficienza;
- Installazione di un sistema di eliminazione della neve e/o ghiaccio dalle apparecchiature esposte all'aria ambiente.

ICT

- Centralina meteo per il rilevamento delle condizioni climatiche della malga;
- Sistema di controllo per il monitoraggio ed il controllo dei singoli dispositivi e dell'intero sistema;
- Automazione del gruppo elettrogeno attualmente presente nella malga ed installazione di un nuovo serbatoio di gasolio sovradimensionato per garantire la ricarica periodica delle batterie nei mesi invernali in assenza di sole;
- Creazione di un ponte radio attraverso una triangolazione del segnale proveniente dal comune di Agordo.



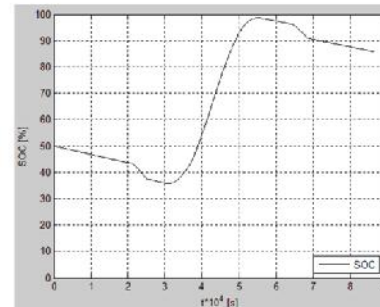
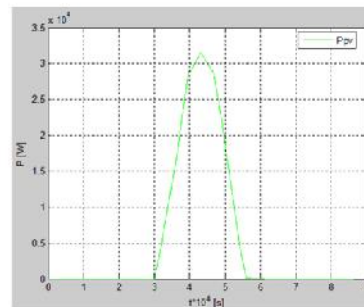
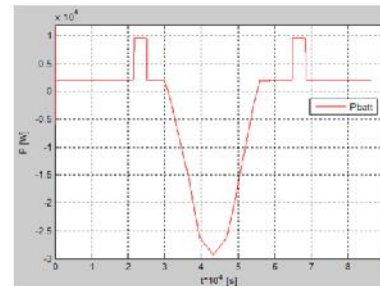
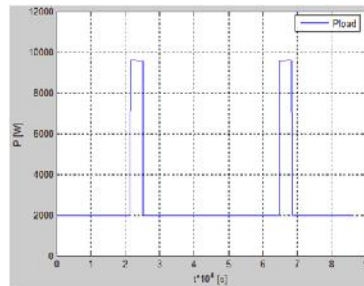
Tre modalità di funzionamento

- Stagione calda
- Stagione fredda
- Emergenza





Gestione impianti: Tre modalità di funzionamento

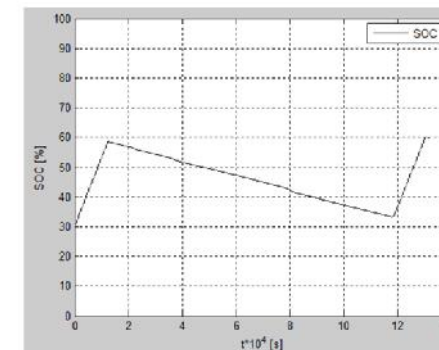
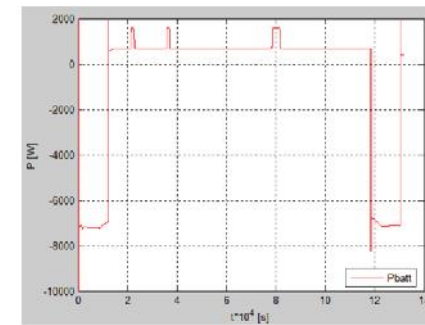
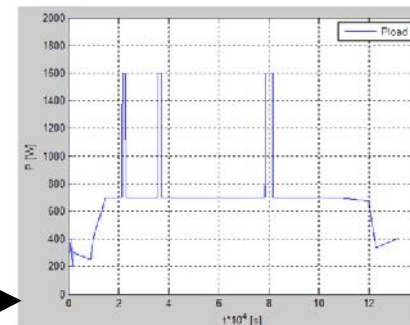


Stagione calda

- Raddoppio dei consumi previsti rispetto al consumo attuale → **60 kWh (due picchi di consumo dovuti alle fasi di mungitura)**
- 6 moduli batteria attivi
- Alimentazione utenze con sistema di accumulo e ricarica con fotovoltaico

Stagione fredda

- Riduzione carico elettrico → 10% consumo stagione calda (Picchi di consumo dovuti all'attivazione del sistema antineve attivo)
- Disattivazione programmata moduli → 3 moduli batteria attivi
- Condizioni normali: Alimentazione utenze da batterie e PV, con rimozione ghiaccio e neve
- **Emergenza:** Assenza di radiazione > 3 giorni → Ricarica automatica da GE se $SOC_{batterie} < 30\%$ (Ricarica fino a SOC 60% in modo da avere un margine di ricarica da PV in caso di presenza sole)





Impianto fotovoltaico

E' stata valutata come adeguata una *taglia d'impianto* pari a 50 kWp, da installare su due *pensiline fotovoltaiche*, così costituite:

Una pensilina con inclinazione pari a 30° (*tilt*) e azimuth ottimale (considerando la zona di installazione) pari a 6° *rispetto al SUD in direzione EST*; su tale struttura verranno adottati degli accorgimenti atti a minimizzare i problemi relativi al *cumulo della neve* sull'impianto; le soluzioni che saranno adottate sono di due tipi:

- *Sistema antineve passivo;*
- *Sistema antineve attivo di rimozione.*

Il *sistema antineve passivo* consiste in una copertura in vetro dei pannelli opportunamente studiata per proteggere gli stessi e di uno strato polimerico depositato sulla copertura a base di *politetrafluoroetilene (PTFE)* il quale consente di limitare la formazione di cristalli di ghiaccio sul vetro e di facilitare la sua rimozione.

Il *sistema antineve attivo* è composto da un sistema motorizzato movimentato su cremagliere ed installato al di sopra dell'impianto fotovoltaico (il sistema viene attivato e, traslando lungo le cremagliere e attraverso le spazzole messe in rotazione dal motore, consente lo scivolamento della neve verso il basso)

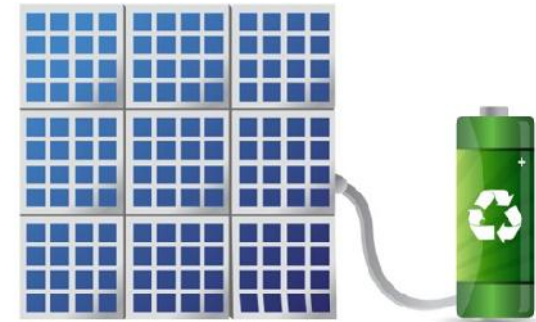


La *seconda pensilina* con inclinazione pari a 50° (*tilt*), dotata di sistema antineve passivo; tale inclinazione rispetto al piano orizzontale permette, di fatto, uno scivolamento naturale della neve, scongiurandone l'accumulo.



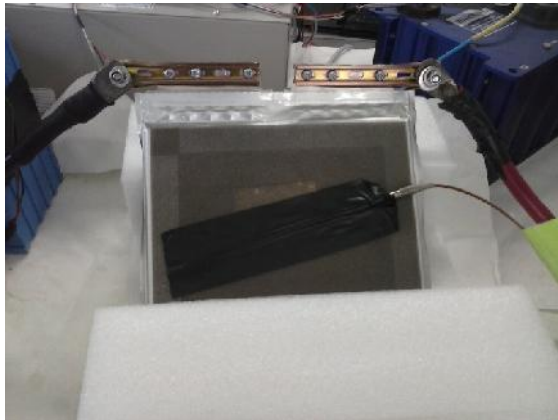
Sistema di accumulo

L'installazione di un sistema di accumulo consentirà di *assorbire il surplus di energia prodotta dall'impianto PV e alimentare le utenze nelle ore in cui la radiazione solare è assente.*



Tre chimiche analizzate

Litio Polimeri → Elettrolita solido



Litio Ferro Fosfato
 LiFePO_4 → Elettrolita Liquido



Batteria ad alta temperatura
(Sodio Nichel Cloruro)
 NaNiCl → Elettrolita ceramico





Sub-zero freezing test su diverse tipologie di batterie

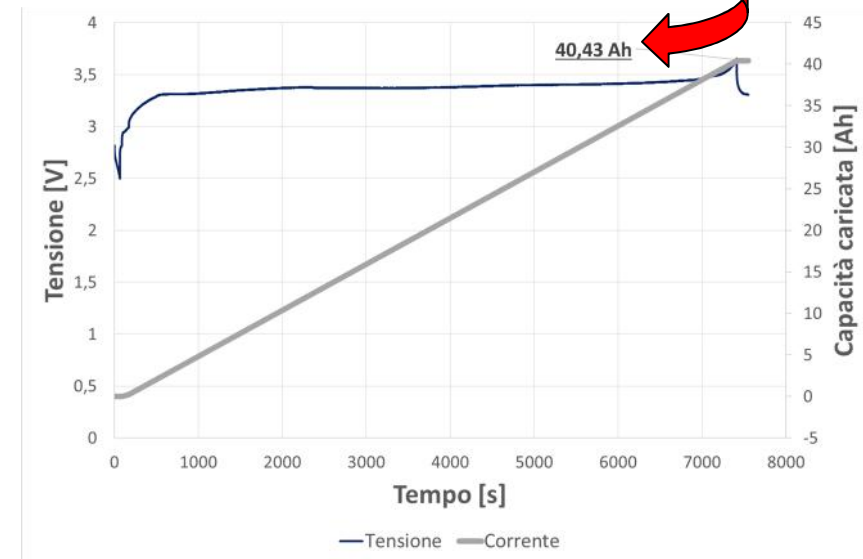
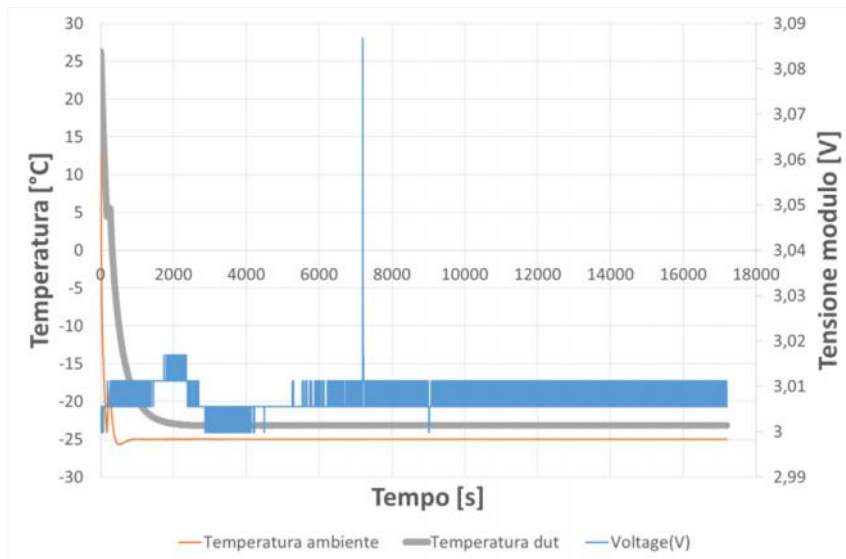


Il CNR ITAE ha effettuato test termici in laboratorio (in camera climatica e di sicurezza) al fine di verificare il comportamento delle celle selezionate al variare delle condizioni climatiche (Temperatura ed umidità).

Test termico a - 25°C su cella LiFePO4

Storage@ -25 °C/5 ore

Carica@ 25 °C/20 A





Selezione sistema di accumulo

Le *rigide temperature* previste nei mesi invernali comportano condizioni di funzionamento critiche per le batterie. Diverse tecnologie di accumulo sono state valutate in relazione soprattutto alla temperatura ambiente prevista ed in particolare: *Ioni di litio con elettrolita liquido, Ioni di litio con elettrolita polimerico e Sodio Nichel Cloruro.*

Dopo aver condotto i test di prestazione riproducendo le condizioni ambientali (**subzero freezing test**), può concludersi:

- Nelle batterie ad elettrolita liquido (*LiFePO4*) temperature di esercizio sotto lo zero provocano cambiamenti nella viscosità dell'elettrolita e dunque degradazione delle performance;
- I componenti polimerici all'interno delle celle (celle Li-Poly) tendono a diventare fragili.

La batteria che presenta le migliori performance risulta quella con chimica **sodio-nichel-cloruro**. L'involucro coibentato termicamente consente di minimizzare l'energia necessaria per riscaldare e tener caldi gli elementi e ridurre lo scambio termico con l'ambiente circostante.

Il sistema di accumulo scelto è composto da 6 moduli batteria NaNiCl_2 racchiusi in due cabinet e connessi in parallelo.



| Parametro | Valore |
|--|-----------------|
| Capacità nominale [Ah] | 152 |
| Energia nominale [kWh] | 141,36 |
| OCV (0-15 DOD) [V] | 620 |
| Voltage range [V] | 500 – 700 |
| Densità di energia [Wh/kg] | 119 |
| Potenza specifica [W/kg] | 169 |
| Temperatura di funzionamento a regime [°C] | 270 |
| Temperatura ambiente [°C] | -40/+60 |
| Perdite di potenza a regime [W] | <105 |
| Numero di cicli di vita | 4500 at 80% DOD |



Stazione meteo e servizi per il cittadino

Installazione di una centralina meteo, connessa in real-time con il sito del comune di Agordo, che permetterà di tracciare una mappatura delle condizioni climatiche della malga



Servizi per il comune e per il cittadino

- Monitoraggio in real-time dei parametri ambientali
- Individuazione di situazioni meteo critiche → Info utili per escursionisti ed operatori del comune



Necessità di estendere la connessione dati Wi-fi del comune attualmente non presente nella malga attraverso un ponte radio





Conclusioni

Il prototipo di impianto finale costituirà uno showcase che potrà essere esteso a luoghi montani aventi problematiche ed esigenze simili

Cronoprogramma attività

Novembre 2015 – Maggio 2016

- Redazione Progetto, Ordini materiali, Espletamento Gare.

Giugno 2016 – Settembre 2016

- Apertura cantiere, Realizzazione degli interventi, Verifiche finali