

AlpEnergy

Tecnologia e ricerca
a servizio della rete elettrica del futuro

Virtual Power Systems
per promuovere la produzione
e la gestione efficiente
dell'energia elettrica da
fonti rinnovabili



**L'esperienza del partner Valle d'Aosta e la sperimentazione di Saint-Denis:
monitoraggio avanzato, "demand side management" e sistemi di accumulo
per la rete di distribuzione del futuro**



ALP ENERGY

Sommario

1	Introduzione
2	2. Nuove sfide per il sistema elettrico
3	3. Cosa sono i VPS?
6	4. Il progetto AlpEnergy in Valle d'Aosta
7	4.1 Monitoraggio avanzato
8	4.2 Controllo dei carichi
10	4.3 Sistemi di accumulo
13	4.4 Accorgimenti tecnici
14	5. Risultati
15	6. Sinergie
16	7. Conclusioni

Introduzione

AlpEnergy è un progetto di cooperazione territoriale europea finanziato dal Programma Spazio Alpino 2007-2013. AlpEnergy si pone come obiettivo la crescita della competitività e dell'attrattività delle regioni coinvolte attraverso lo studio delle potenzialità e dell'applicabilità, sul territorio alpino, di un nuovo paradigma tecnologico nella distribuzione dell'energia elettrica, usualmente conosciuto come "Smart Grids", che all'interno del progetto è stato inquadrato e ridefinito con l'introduzione di un nuovo concetto: i **Virtual Power Systems (VPS)**.

L'Assessorato regionale Attività produttive, partner del progetto dal dicembre 2009, ha realizzato questo opuscolo tecnico allo scopo di illustrare le tematiche affrontate dal progetto e le attività di sperimentazione svolte sul campo al fine di testare alcune soluzioni tecnologiche d'avanguardia nel campo dei VPS.

2.

Nuove sfide per il sistema elettrico

Negli ultimi anni, la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (fotovoltaico, eolico, idroelettrico, biomassa, ecc.) è cresciuta esponenzialmente e, nel prossimo futuro, sotto la spinta degli obiettivi europei del 20-20-20, è destinata a svilupparsi ulteriormente. L'attuale rete di distribuzione, progettata per veicolare l'energia elettrica dalle grosse centrali di produzione alle utenze (ovvero dall'alta verso la media e bassa tensione), non è predisposta a ricevere, nel senso inverso, un'elevata produzione diffusa di energia generata dalle fonti rinnovabili.

Le fonti rinnovabili hanno, tra le loro caratteristiche, anche quella di essere discontinue e non programmabili e, spesso, la generazione di energia non è contemporanea rispetto al consumo. Considerato che l'energia elettrica può difficilmente essere immagazzinata in modo economico e la trasmissione a grande distanza delle eccedenze genera forti perdite, la generazione e il consumo devono essere, il più possibile, simultanei e locali. Inoltre, la generazione diffusa può indurre sulla rete di distribuzione problemi di sovraccarico, con guasti e rischi di mini black-out.

Per il sistema questi aspetti introducono nuove sfide nella gestione della rete elettrica che dovrà adeguarsi alle mutate esigenze di un uso più razionale dell'energia e alle nuove regole di acquisto e di vendita delle eccedenze prodotte.

Il progetto AlpEnergy raccoglie questa sfida con l'obiettivo di analizzare e testare le possibili soluzioni tecnologiche ed economiche necessarie all'evoluzione delle reti di distribuzione dell'energia elettrica nell'ambito di un territorio difficile come quello alpino.

3.

Cosa sono i VPS?*

Un VPS è un sistema che combina produzione e consumo di energia elettrica distribuiti sul territorio e collegati da una rete elettrica (tipicamente la rete di distribuzione). Tale sistema è completato da un adeguato apparato di comunicazione. L'estensione spaziale di un VPS può andare dai piccoli villaggi di montagna fino ad interessare intere regioni.

Gli elementi che formano un VPS possono essere concentrati in una zona o svilupparsi su un'area più ampia, possono determinare tutta la fornitura di energia elettrica e il consumo di un dato territorio o solo la produzione e il consumo di alcuni impianti e strutture all'interno di un'area. Anche l'attuale sistema di fornitura dell'energia elettrica è, ovviamente, un sistema di produzione di energia e di consumo collegato da una rete elettrica dotata di un sistema di comunicazione. Quello che caratterizza un VPS rispetto al sistema attuale è che la produzione di energia elettrica è più distribuita, cioè fornita da un maggior numero di unità di piccola taglia, e costituita principalmente da sistemi che sfruttano le fonti energetiche rinnovabili e la cogenerazione (CHP). Due sono le principali ragioni che inducono a considerare i VPS:

- **la natura intermittente dell'energia prodotta da fonti rinnovabili (in particolare il solare e l'eolico);**
- **le dimensioni più piccole e la distribuzione diffusa sul territorio degli impianti che sfruttano le fonti di energia rinnovabile rispetto alle tradizionali centrali elettriche.**

Da ciò si desume come un VPS riguardi principalmente, ma non esclusivamente, la parte di distribuzione della rete elettrica.

In un VPS l'alimentazione è tipicamente fornita da più di una tecnologia rinnovabile e da più di una centrale elettrica. Tutte le risorse di generazione possono essere raggruppate in un unico profilo di produzione di energia. Se un VPS comprende solo gli impianti di produzione e nessuna unità di consumo, si parla di Virtual Power Plant (VPP). I VPP sono un caso limite di un VPS.

* Estratto del capitolo 3, paragrafo 3.1 del documento **"Virtual Power Systems White Book"**, elaborato all'interno dell'attività di analisi e modellizzazione (WP4) del progetto AlpEnergy e integralmente scaricabile, in lingua inglese, al link http://www.alpenergy.net/images/stories/White_Book_VPS.pdf

Un Virtual Power System integra, gestisce e controlla i generatori e i sistemi di accumulo di energia elettrica diffusi sul territorio e collega il loro funzionamento alla domanda dei consumatori e del mercato elettrico.

Un VPS comprende un certo numero di unità di consumo dotate di sistemi per la misura e il controllo attivo dell'energia assorbita. Questa è la seconda caratteristica distintiva di un VPS rispetto al sistema esistente, che sotto quest'aspetto presenta ancora alcune carenze infrastrutturali nei sistemi di comunicazione legati alla rete di distribuzione e non permette il controllo attivo dei carichi. I carichi possono essere aggregati a formare un unico profilo di consumo energetico. Se un VPS comprende solo le unità di consumo e nessun impianto di produzione, si parla di Virtual Load Plant (VLP). Un VLP rappresenta il caso

limite di un VPS opposto a un VPP. Qui sotto una rappresentazione grafica di tali concetti.

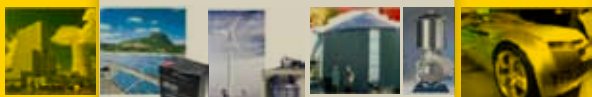
VPS

Virtual Power System

- Regulation of production and demand side (incl. storage)
- Optimal use of grid ("smartgrid")
- New business models (tariffes, services)

VPP Virtual Power Plant

- Multiple power sources ("blocks")
- Optimal, centralized control of all blocks
- Protection of grid against peaks, overloads etc.



VLP Virtual Load Plant

- Multiple consumption equipment
- Load management



Di conseguenza, un VPS, nel senso completo del termine, è composto sia dagli impianti di produzione dell'energia elettrica che dalle unità di consumo e ne consente la gestione congiunta (in termini di bilancio energetico e/o di potenza) al fine di ottenere vantaggi supplementari a quelli di una gestione separata. A tal fine, esso sfrutta una rete di comunicazione adeguata, che possa, in una prospettiva più ampia, evolvere in un sistema ICT concepito su misura per gestire la produzione e il consumo di energia elettrica (ad esempio per far coincidere, quando possibile, i profili di generazione con quelli di utilizzo) e massimizzarne i benefici. Un ulteriore supporto al bilanciamento tra produzione e consumo può venire dagli interventi di risparmio ed efficienza energetica attuati per ridurre la domanda di energia elettrica a parità di livelli di comfort.

I VPS possono comprendere anche unità di accumulo dell'energia elettrica, che consentono di migliorarne le prestazioni in termini di sincronizzazione tra produzione e consumo. I sistemi di accumulo permettono di convertire l'elettricità prodotta in un'altra forma di energia (chimica, cinetica rotazionale, aria compressa, ecc), immagazzinandola per poi riconvertirla in energia elettrica.

Due metodi alternativi per l'accumulo dell'energia elettrica, identificabili lungo la catena di conversione e utilizzo della stessa, sono:

- l'immagazzinamento dell'energia prima della sua conversione in elettricità, ad esempio sotto forma di biomassa o di acqua negli sbarramenti (opzione limitata e già ampiamente utilizzata);
- l'accumulo di "servizi energetici" alimentati da energia elettrica, quali la generazione di energia termica tramite pompe di calore, la produzione di energia frigorifera dai chiller e la ricarica dei veicoli elettrici.

La seconda opzione risulta la più promettente e, finora, la meno percorsa. È molto interessante perché utilizza unità di accumulo che sono già legate ad esigenze del carico, come ad esempio i serbatoi inerziali per l'accumulo dell'energia termica (sia frigorifera che calorica) prodotta con sistemi in pompa di calore. Sfruttare l'accumulo di un servizio energetico già fornito richiede, tuttavia, che il carico possa essere controllato, in accordo alla seconda caratteristica distintiva di un VPS. Per questo motivo tale forma di accumulo è generalmente definita come "gestione del carico".

² In numerose pubblicazioni il termine VPP indica non solo sistemi che comprendono i generatori di energia elettrica, ma anche sistemi che includono i carichi. Tuttavia, in letteratura, la definizione non è chiara e omogenea. Per questo motivo AlpEnergy applica il termine VPP ai sistemi che integrano la sola produzione, mentre il termine VPS indica la combinazione tra produzione e consumo.

Il progetto Alpeenergy in Valle d'Aosta

Per l'attuazione delle attività, l'Assessorato regionale Attività produttive, considerato l'ambiente tecnologicamente avanzato che caratterizza i VPS, ha deciso di avvalersi della consulenza scientifica del Laboratorio di Meccatronica del Politecnico di Torino (CSPP-LIM), operativo presso la sede distaccata di Verrès in Valle d'Aosta. Tale collaborazione ha portato a concentrare lo studio e la sperimentazione su alcuni degli aspetti tecnici che stanno alla base dello sviluppo dei VPS:

- 1. il monitoraggio avanzato dei carichi e della produzione di energia da fonti rinnovabili (in particolare il solare fotovoltaico);**
- 2. la sperimentazione di alcune metodologie di gestione dei carichi (demand side management);**
- 3. l'abbattimento dei picchi di assorbimento (peak shaving) attraverso l'impiego di sistemi di accumulo a batteria.**

Il territorio pilota individuato per la sperimentazione è il Comune di Saint-Denis, tipico abitato sparso di montagna con circa 370 abitanti e un'estensione del territorio che va dai 500 m ai 1500 m s.l.m..

Partendo da un modello ideale e a lungo termine di VPS incentrato sul Comune pilota, il progetto si concentra, quindi, sullo sviluppo di alcune sue parti: dal monitoraggio all'elaborazione e analisi dei dati di consumo e di produzione da fonti rinnovabili, fino all'implementazione di diverse modalità di gestione dei carichi e dei sistemi di accumulo.

Uno degli obiettivi più rilevanti è rappresentato dall'impatto sociale del progetto, ossia dal verificare la disponibilità degli utenti a far proprio un nuovo concetto di uso efficiente delle risorse energetiche disponibili a livello locale. Il test non interferisce pesantemente sulle infrastrutture elettriche delle utenze e non richiede modifiche alla rete elettrica di distribuzione esistente. Piuttosto, si concentra sull'interazione con il carico che, reagendo in modo positivo alle comunicazioni fornitegli, contribuirà, insieme al sistema di accumulo energetico, al controllo dei flussi di potenza sulla rete e al coordinamento tra produzione e consumo di energia a livello locale, entrambi elementi indispensabili al funzionamento di un VPS.

4.1 Monitoraggio avanzato



foto 1

Grazie alla collaborazione dell'Amministrazione comunale e di 24 cittadini volontari che hanno messo a disposizione del progetto le proprie utenze domestiche, è stata realizzata un'infrastruttura di monitoraggio in grado di campionare, in modo dettagliato e in tempo reale, i consumi di 2 strutture pubbliche (municipio e centro ecosostenibile Lavesé), 24 edifici privati e la produzione di quattro impianti fotovoltaici (3 pubblici e 1 privato).

A tale fine sono stati installati 27 "data logger" - NxN GT-621 - (vedi foto 1 e 2), che campionano ogni 2 secondi i consumi e le produzioni letti dai trasduttori di corrente connessi tra il contatore elettronico e l'interruttore salvavita dell'impianto elettrico. I dati sono prima registrati nella memoria interna al dispositivo per essere poi inviati al server centrale

tramite rete GPRS. Ogni modulo è, infatti, equipaggiato con una SIM dati che gli permette di utilizzare la rete GSM/GPRS per la trasmissione dati e SMS. Dall'analisi delle diverse infrastrutture di comunicazione disponibili sul territorio, la rete cellulare è risultata quella in grado di assicurare la maggiore copertura territoriale oltre a consentire l'utilizzo di un servizio di messaggistica immediata utile per la successiva fase di gestione dei carichi.



foto 2

I dati, inviati su rete cellulare, sono poi instradati dall'operatore telefonico su rete internet con protocollo TCP/IP fino a giungere al server centrale nella sede del Politecnico di Verrès ed essere messi a disposizione per le relative elaborazioni.

Inoltre, grazie alla cooperazione con la Deval S.p.A., maggiore distributore di energia elettrica presente sul territorio regionale, è in corso l'acquisizione, con cadenza mensile, dei dati di consumo di tutte le utenze (425) presenti sul territorio del Comune di Saint-Denis dotate di contatore elettronico. Tale monitoraggio permette di eseguire alcune simulazioni sullo schema di VPS a lungo termine ipotizzato per il Comune pilota.

Infine, grazie ai dati raccolti, è stato creato un archivio storico dei consumi delle utenze e delle produzioni degli impianti fotovoltaici, con l'obiettivo di realizzare un modello che esemplifichi tutte le realtà connesse alla rete locale utile per future simulazioni.

4.2 Gestione dei carichi

Trascorso un primo periodo di campionamento e configurazione del sistema, il 1° aprile 2011 è iniziata la fase di interazione con i cittadini. Ogni modulo assolve, oltre alla raccolta dei dati e invio al server, le seguenti funzioni:

- **comunicazione luminosa dello stato dei consumi;**
- **comunicazione via SMS di consumi elevati.**

In particolare ogni modulo è stato equipaggiato nella parte frontale di due led luminosi, uno verde e uno rosso, per comunicare all'utente, visivamente e in tempo reale, lo stato dei propri consumi. I led vengono accesi solo su comando del server centrale che analizza, in tempo reale, i dati campionati. Inoltre, in caso di consumi elevati, cioè oltre una specifica soglia impostata secondo la fascia oraria, ogni modulo invia a un numero di cellulare configurato, solitamente quello dell'utente che partecipa al progetto, un SMS di notifica di consumi elevati. In questo modo l'utente è avvisato, anche se non si trova nei pressi del modulo per vedere le segnalazioni luminose.

Sempre a servizio dei cittadini che hanno aderito al progetto è stato sviluppato un sito internet dedicato (www.polito.it/alpenenergy) dove, accedendo ad un'area personale protetta, gli stessi possono controllare, con diverse possibilità di visualizzazione, i propri profili di consumo dall'inizio del progetto fino al momento della consultazione (vedi figura 2).

Il tutto è destinato allo studio e all'analisi del comportamento degli utenti sottoposti a diversi tipi di sollecitazioni, al fine di valutare le potenzialità del sistema implementato a livello di gestione del carico, con particolare riferimento allo spostamento dei picchi di consumo e al coordinamento tra consumo e produzione di energia. Sul sito si possono inoltre ottenere informazioni sullo stato del progetto e sulla produzione in tempo reale dei tre impianti fotovoltaici comunali monitorati (vedi figura 3).

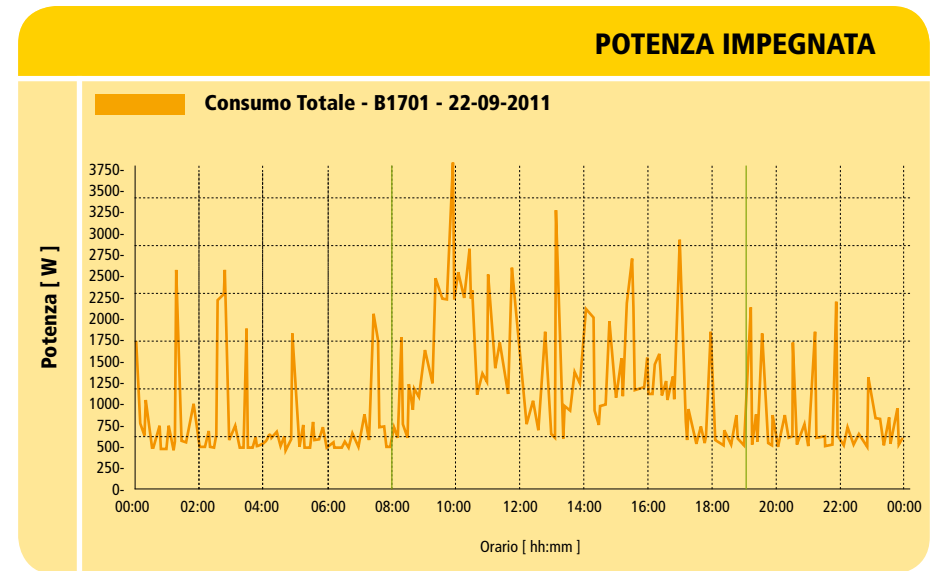


figura 2

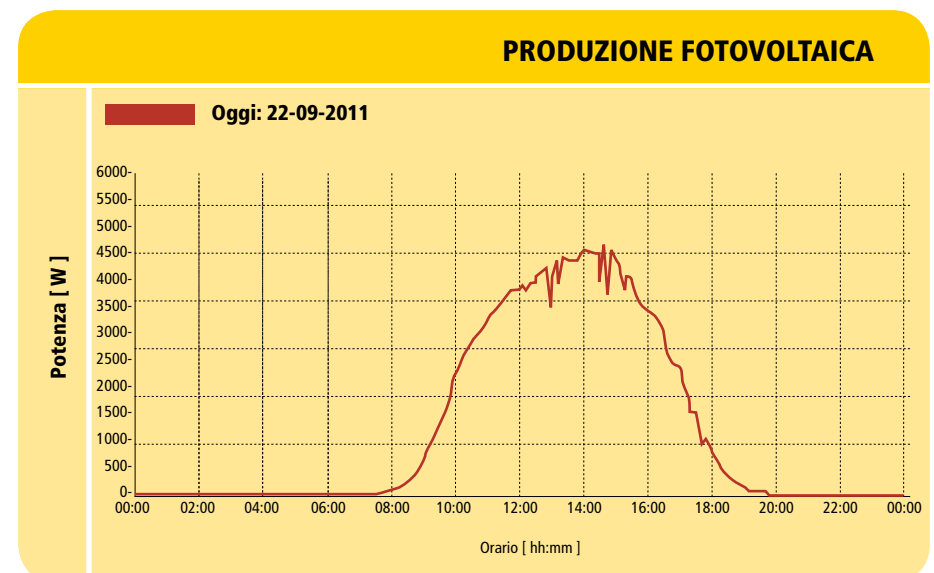


figura 3

4.3 Sistemi di accumulo

Ultima fase prevista dal progetto è l'installazione dei sistemi di accumulo (vedi foto 3) in modalità **peak shaving**, ossia per la soppressione dei picchi di assorbimento dovuti al normale utilizzo delle apparecchiature elettriche.

L'assorbimento di energia elettrica può variare durante la giornata raggiungendo, nelle fasi di maggior consumo, dei picchi di potenza che possono superare la soglia garantita dal contratto di fornitura con il distributore. I sistemi di accumulo, oltre a consentire questa potenzialità, permettono anche di esercitare una sollecitazione minore sulla rete di distribuzione, con un'erogazione più omogenea ed efficiente da parte del fornitore.

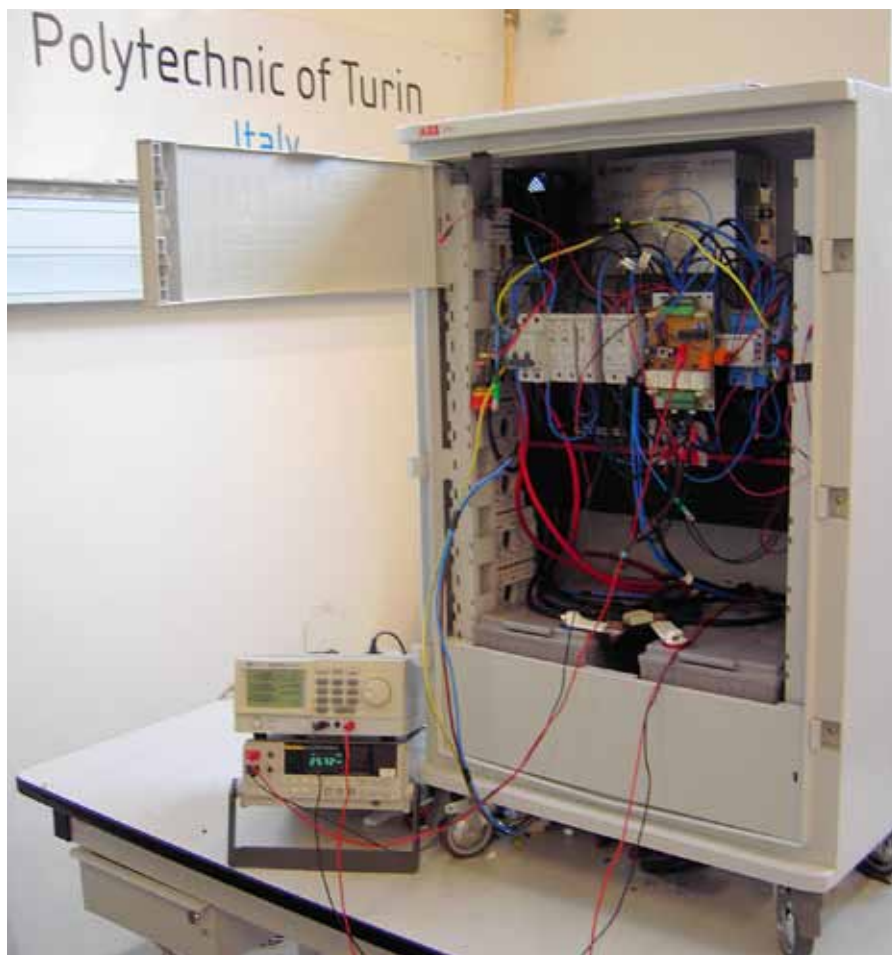


foto 3

Tale sistema, interposto tra l'utente e il contatore elettronico, ha la capacità di alleggerire la rete in caso di sovraccarichi, garantendo al cittadino un approvvigionamento energetico ottimale, sia per continuità sia per livello di qualità del servizio. Quando i consumi restano sotto a una soglia di assorbimento predeterminata, programmata attraverso un relé che integra un monitor di corrente, l'utente è connesso direttamente alla rete elettrica nazionale e l'energia è prelevata da questa; oltrepassata tale soglia, si ha la commutazione verso il sistema ausiliario, con presa di potenza sull'inverter che va a compensare le richieste di energia oltre soglia attingendo da un accumulatore a batterie (vedi figura 4).

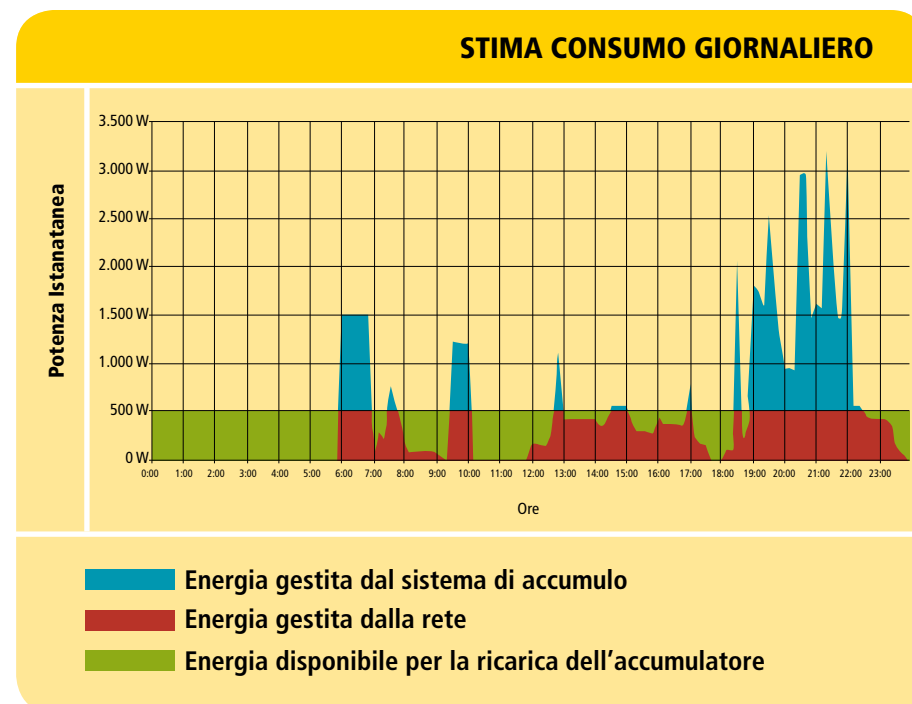
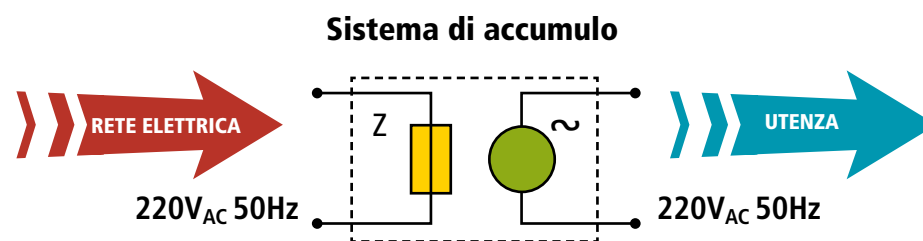
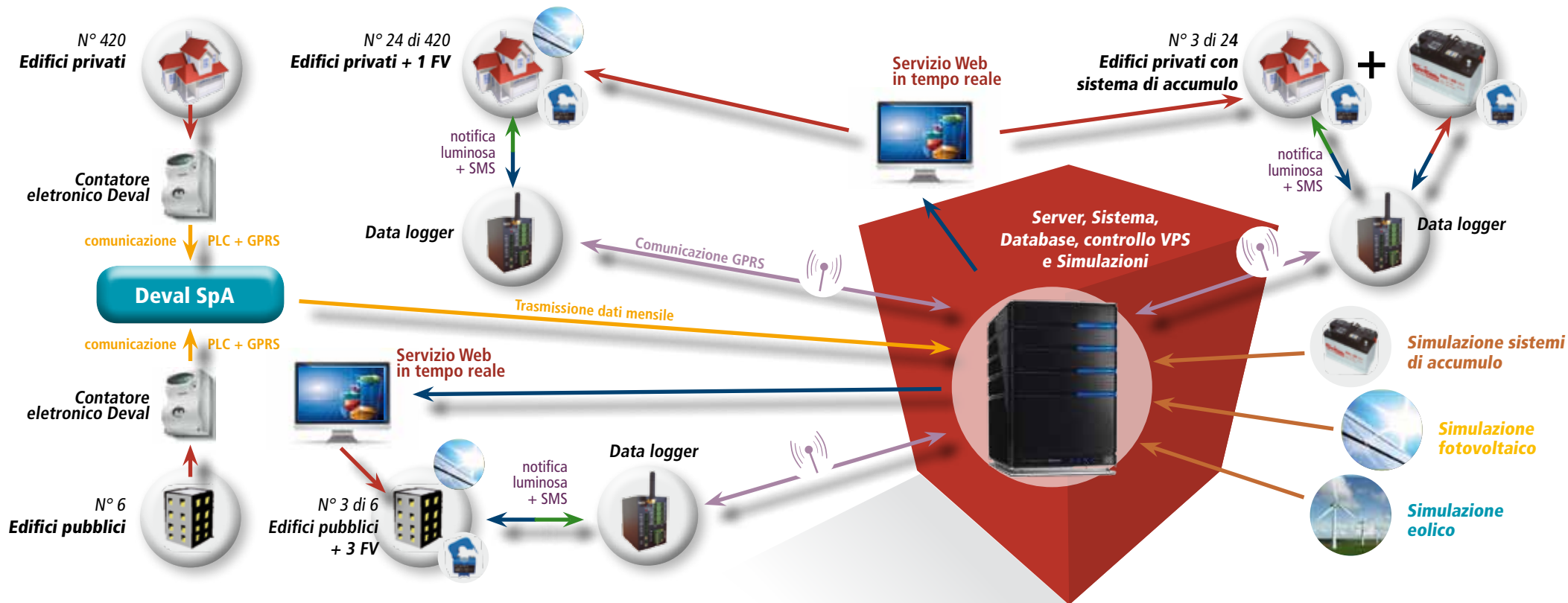


figura 4



Se l'assorbimento di potenza scende nuovamente sotto la soglia imposta (previa opportuna scelta d'isteresi), l'utente torna a prelevare potenza direttamente dalla rete e l'accumulatore viene ricaricato, di norma nelle ore in cui l'energia ha un costo minore o quando è presente sulla rete locale un surplus di energia prodotta da fonti rinnovabili.

Lo schema generale del sistema implementato, con evidenziate le interconnessioni tra i sottosistemi di monitoraggio e controllo, è rappresentato qui sopra.

4.4 Accorgimenti tecnici

Il sistema implementato, dai data logger agli accumulatori, è composto da dispositivi commerciali facilmente reperibili sul mercato con tempistiche e costi ridotti. Tale scelta ha consentito la realizzazione, in breve tempo, di un sistema altamente **replicabile**, esente dalla progettazione di nuovi apparati e dalle procedure di certificazione che questi avrebbero dovuto soddisfare per essere installati a casa degli utenti finali. Altro elemento qualificante è l'elevata **interoperabilità** dei dispositivi che ne permette l'impiego sinergico con altri sistemi. L'unico componente interno ai sistemi di accumulo realizzato ad hoc per il progetto è l'unità di supervisione che si occupa dell'interfaccia utente, attraverso la segnalazione luminosa dello stato del sistema, e dell'interfaccia con il data logger, per reperire i parametri di funzionamento in remoto e agire sugli accumulatori automaticamente senza l'intervento manuale in loco. Inoltre, i sistemi di accumulo sono montati all'interno di un quadro elettrico appositamente dotato di ruote per facilitarne il trasporto e l'installazione, e con grado di protezione IP 66 che ne consente l'utilizzo anche in un ambiente difficile come quello alpino (es: temperature tra -20°C e +45°C in ambiente esterno esposto parzialmente agli agenti atmosferici).

5.

Risultati

Alla data di pubblicazione del presente opuscolo la sperimentazione, le simulazioni e l'attività di analisi dei dati raccolti sono ancora in fase di svolgimento. Al termine di tutte queste attività, sarà possibile valutare nel dettaglio l'impatto sulla rete di distribuzione delle diverse soluzioni adottate, sia in termini di loro potenziale nel controllo dei flussi di potenza sulla rete sia nel coordinamento tra produzione e consumo di energia a livello locale.

Sebbene la sperimentazione sia stata condotta su un numero ristretto di utenze e, quindi, su una piccola porzione di rete elettrica, la disponibilità di dati di funzionamento reali permetterà una valutazione puntuale dei benefici, sia tecnici sia economici, delle soluzioni proposte, oltre ad offrire importanti informazioni alle simulazioni di funzionamento dei sistemi VPS in termini di settaggio dei dati e validazione dei risultati.

L'aggiornamento ai contenuti dell'opuscolo e i risultati finali del progetto saranno disponibili sul sito internet ufficiale della Regione Valle d'Aosta

www.regione.vda.it/energia/alpenenergy

e sui siti ufficiali del progetto AlpEnergy

www.polito.it/alpenenergy

www.alpenenergy.net



6.

Sinergie

Grazie ad AlpEnergy, l'Assessorato ha avuto l'opportunità di coinvolgere diversi attori, operanti a livello locale, interessati allo sviluppo dei temi affrontati dal progetto: enti pubblici, istituti di ricerca, PMI e singoli cittadini/utenti della rete elettrica.

Oltre al coinvolgimento diretto del Laboratorio di Meccatronica del Politecnico di Torino e della Deval S.p.A., è stata svolta un'azione di coordinamento che ha permesso la creazione di importanti sinergie su alcune progettualità in fase di realizzazione.

La più significativa di queste è senza dubbio quella tra il progetto pilota "Smart Grids" della Deval S.p.A., finanziato dall'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas, e il progetto sulla mobilità elettrica "RêVE - Grand Paradis" della Fondation Grand Paradis, finanziato dal Programma Operativo Competitività Regionale POR FESR 2007-2013. Grazie a tale sinergia, sarà così possibile testare sul campo l'impatto della mobilità elettrica sul sistema elettrico, anche in termini di controllo e gestione dei veicoli come sistemi di accumulo distribuiti sulla rete.



7.

Concludendo

Obiettivo finale dell'Assessorato regionale Attività produttive è sostenere, sul proprio territorio, una visione condivisa delle opportunità offerte dall'avvento delle "Smart Grids", visione che coinvolga tutti gli attori implicati nel processo di modernizzazione del sistema elettrico e che garantisca una maggiore integrazione tra mondo della ricerca e sistema produttivo.

AlpEnergy

Tecnologia e ricerca
a servizio della rete elettrica del futuro

**NUOVE SFIDE PER IL SISTEMA ELETTRICO
SMART GRIDS IL PROGETTO ALPENERGY IN
VALLE D'AOSTA IL MONITORAGGIO AVANZATO
SISTEMI DI ACCUMULO VIRTUAL POWER
SYSTEMS PRODUZIONE
E GESTIONE EFFICIENTE
DELL'ENERGIA ELETTRICA DA
FONTI RINNOVABILI**

PER MAGGIORI INFORMAZIONI



www.alpine-space.eu/
www.spazio-alpino.it
www.alpenenergy.net

Région Autonome
Valle d'Aoste



Regione Autonoma
Valle d'Aosta

Assessorat des Activités
productives
Assessorato Attività
produttive

ALP ENERGY

www.regione.vda.it/energia
infoenergia@regione.vda.it
industria_artigianato_energia@regione.vda.it

AlpEnergy.net