



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia
e lo sviluppo economico sostenibile



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Caratterizzazione di un sistema ibrido rappresentativo di una Micro-grid
di prova per la valutazione delle funzionalità e potenzialità di software
dedicati per la gestione energetica

L. de Santoli, F. Fraticelli, F. Giamminuti, G. Lo Basso, A. Spirito



CARATTERIZZAZIONE DI UN SISTEMA IBRIDO RAPPRESENTATIVO DI UNA MICRO-GRID DI PROVA PER LA VALUTAZIONE DELLE FUNZIONALITA' E POTENZIALITA' DI SOFTWARE DEDICATI PER LA GESTIONE ENERGETICA

Livio de Santoli, Fabio Fraticelli, Fabrizio Giamminuti, Gianluigi Lo Basso, Aldo Spirito (Sapienza Università di Roma, Centro Interdipartimentale Territorio Edilizia Restauro Architettura)

Settembre 2012

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica

Progetto: Studi e valutazioni sull'uso razionale dell'energia: strumenti e tecnologie per l'efficienza energetica nel settore dei servizi

Responsabile Tema: Ilaria Bertini, ENEA

Indice

Introduzione	2
1. Descrizione del sistema ibrido realizzato e caratteristiche dei componenti	3
Impianto di cogenerazione	6
Elettrolizzatore alcalino	10
Sistema di miscelazione per la produzione dell'idrometano	12
Unità di purificazione dell'idrogeno e sistema di ricarica dei serbatoi	13
Compressore per il rifornimento di idrometano per autotrazione	14
Impianto fotovoltaico	16
Impianto solare termico	16
Impianto di micro cogenerazione	19
Sistema di analisi fumo in continua	22
Caratteristiche piscina	23
2. L'applicazione di IOC-IBM per la gestione di sistemi energetici distribuiti	28
IOC e l'energia	36
IOC e la Sapienza	37
IOC e la micro grid del CUS	38
Conclusioni	48
3. Logiche di gestione	49
Obiettivi e risultati prefissati	49
Impianti, sistemi e apparati	50
Funzionamento	52
Logiche di Gestione	55

Introduzione

Il presente lavoro costituisce la relazione delle attività svolte dal CITERA per la realizzazione del sistema di generazione di energia ibrido e delle a prima fase di sviluppo dell'applicazione di software di gestione per l'ottimizzazione e il controllo delle smart grid.

Questa operazione si configura come la prima applicazione in Italia di un sistema ibrido che impiega, in modo sinergico e razionale, le tecnologie della cogenerazione, del solare termico, del fotovoltaico, della produzione di idrogeno a bassa pressione mediante processo elettrolitico, dello stoccaggio di idrogeno mediante serbatoi ad idruri metallici, e delle fuel cell di piccola potenza ad uso di *range extender* per veicoli elettrici/ibridi.

Allo stesso tempo costituisce un'anteprima non solo nazionale, ma probabilmente europea l'applicazione del software IOC di IBM, progettato per tutte le diverse applicazioni di monitoraggio e controllo e qui sviluppato per la gestione di sistemi energetici complessi.

Questa relazione si articola di tre parti: nella prima si descrive il sistema hardware realizzato presso il CUS Tor di Quinto della Sapienza, nella seconda il software IOC di IBM, le fasi di sviluppo e la presentazione dei primi risultati, nella terza parte le logiche di gestione che si sta cercando di implementare al sistema completo.

1 DESCRIZIONE DEL SISTEMA IBRIDO REALIZZATO E CARATTERISTICHE DEI COMPONENTI

In questo lavoro viene presentata la realizzazione di un sistema di generazione complesso, installato presso il Centro Sportivo Universitario (CUS) della Sapienza, che integra al suo interno cicli termici ed impianti di conversione da fonti rinnovabili e che, di fatto, si configura come un laboratorio scientifico “*open air*” volto alla sperimentazione sul campo delle nuove tecnologie disponibili, delle strategie di controllo dei flussi energetici e della gestione di una rete di distribuzione ed utilizzo dell’energia elettrica e termica. L’impianto del CUS Roma di Tor di Quinto rappresenta un nodo attivo che si colloca all’interno di un progetto più ampio e già avviato, denominato “*smart grid* La Sapienza”. Tale progetto infatti ha già operato la suddivisione della città Universitaria in 8 isole energetiche, distinte e nello stesso tempo interconnesse tra di loro attraverso la rete elettrica del distributore ACEA ed il sistema di teleriscaldamento della Città Universitaria. Attualmente è in corso lo sviluppo di un sistema di gestione intelligente rivolto alla identificazione di linee guida per la progettazione e messa in opera di un sistema di controllo decentralizzato e gerarchico, composto da sistemi locali di misura, di interfacciamento, di calcolo, di pre-elaborazione dei dati, e corredato da una infrastruttura di telecomunicazione digitale sicura ed affidabile. In tale contesto, inoltre, si è provveduto alla implementazione di una serie di procedure per la gestione delle contingenze in condizioni di funzionamento standard ed anomale degli apparati, ed il monitoraggio in continuo del livello di inquinamento, inteso come emissione di gas che possano alterare il clima. Date l’eterogeneità e le peculiarità delle tecnologie presenti nel Centro Sportivo Universitario, la nona isola energetica della Sapienza si è dimostrata a tutti gli effetti una *Micro-Grid* nella *Smart Grid* ed è per questo che nell’attuale fase del progetto di ricerca si è scelto di testare il comportamento dell’ ICT e della piattaforma software deputata al controllo, in un ambiente demo di piccola scala, per poi estendere il tutto alle altre isole implementando, ovviamente, logiche di gestione dedicate.

In questo quadro generale, il laboratorio del CUS Roma, sebbene distante fisicamente dal complesso edilizio relativo alla città Universitaria, è rappresentativo del primo sistema ibrido realizzato in Italia che impiega, in modo sinergico e razionale, le tecnologie della cogenerazione, del solare termico, del fotovoltaico, della produzione di idrogeno a bassa pressione mediante processo elettrolitico, dello stoccaggio di idrogeno mediante serbatoi ad idruri metallici, e delle fuel cell di piccola potenza ad uso di *range extender* per veicoli elettrici/ibridi.

In particolare, il progetto di ricerca associato alla realizzazione degli impianti all’interno della nona isola energetica consta di tre fasi, di cui le prime due sono sostanzialmente terminate:

- Fase 1: valutare le prestazioni energetiche ed ambientali di un motore a combustione interna in assetto cogenerativo, alimentato da miscele di idrometano di composizione modulabile nel range 0 - 10% in volume;
- Fase 2: Realizzazione di un distributore domestico per la ricarica di autoveicoli alimentati a metano ed idrometano con tenore di idrogeno in miscela variabile tra 0% e 30%; istituzione di tavoli tecnici con gli enti competenti per definire procedure, autorizzazioni e norme tecniche specifiche; Test condotti su una FIAT Panda, modificata per accettare idrometano fino al 30% vol., secondo i cicli

standard di omologazione e nelle condizioni reali di traffico su un percorso fissato all'interno della città di Roma;

- Fase 3: Realizzazione di una stazione di purificazione dell'idrogeno integrata ad un sistema di ricarica di piccoli serbatoi ad idruri metallici per testare il comportamento di autoveicoli elettrici plug-in che montano a bordo una piccola cella a combustibile per aumentare l'autonomia delle batterie.

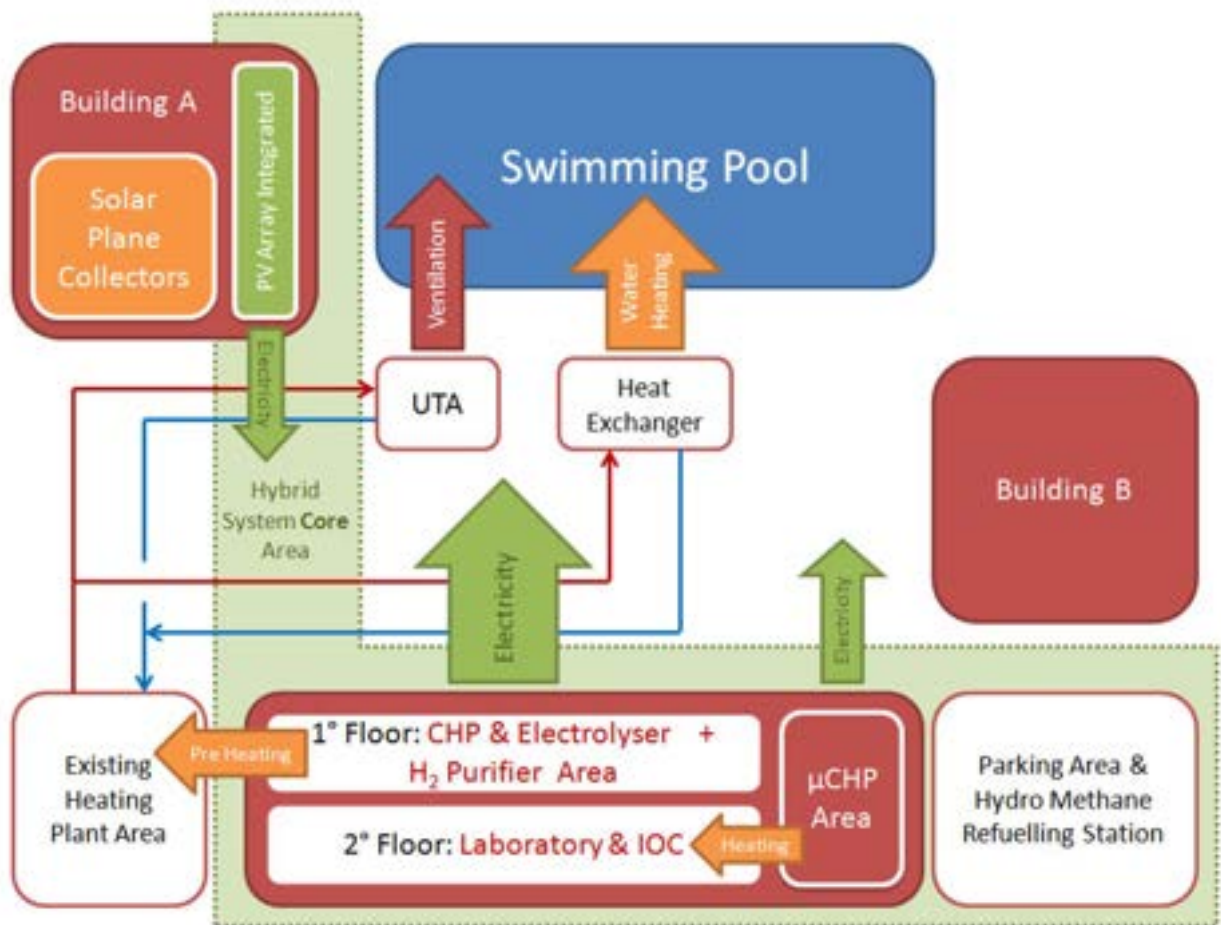


Fig. 1 – Schema delle connessioni degli impianti tecnologici installati presso il centro sportivo.

Il Centro Sportivo di Tor di Quinto (Fig.1) è costituito da due palazzine, realizzate su piani pilotis, adibite ad uso uffici amministrativi, a palestre ed a spogliatoi. La realizzazione di questi due edifici non è stata contemporanea pertanto ogni unità immobiliare ha un suo impianto di riscaldamento che provvede autonomamente al soddisfacimento del fabbisogno termico per la climatizzazione e che, per la produzione di acqua calda sanitaria, è assistito da stringhe di collettori solari piani. Sono presenti poi quattro campi da tennis, due di calcio, due da calcetto, uno di rugby ed una pista di atletica, tutti opportunamente illuminati per lo svolgimento delle attività anche in orari serali e che sono responsabili, quando accesi, del 50% della potenza elettrica impegnata. Infine, è presente una piscina coperta realizzata all'interno di una struttura pressostatica che necessita, per il suo sostentamento, di ventilazione continua. Il ventilatore della termoventilante e altri ausiliari collegati su quella sezione del quadro elettrico, impegnano tra il 9 - 12 % della potenza elettrica complessiva in relazione alle condizioni di carico. Il riscaldamento dell'acqua della

vasca e dell'aria interna è garantito da due caldaie da 350 kW_{th} che funzionano normalmente una come *back up* dell'altra e ad integrazione sui picchi.

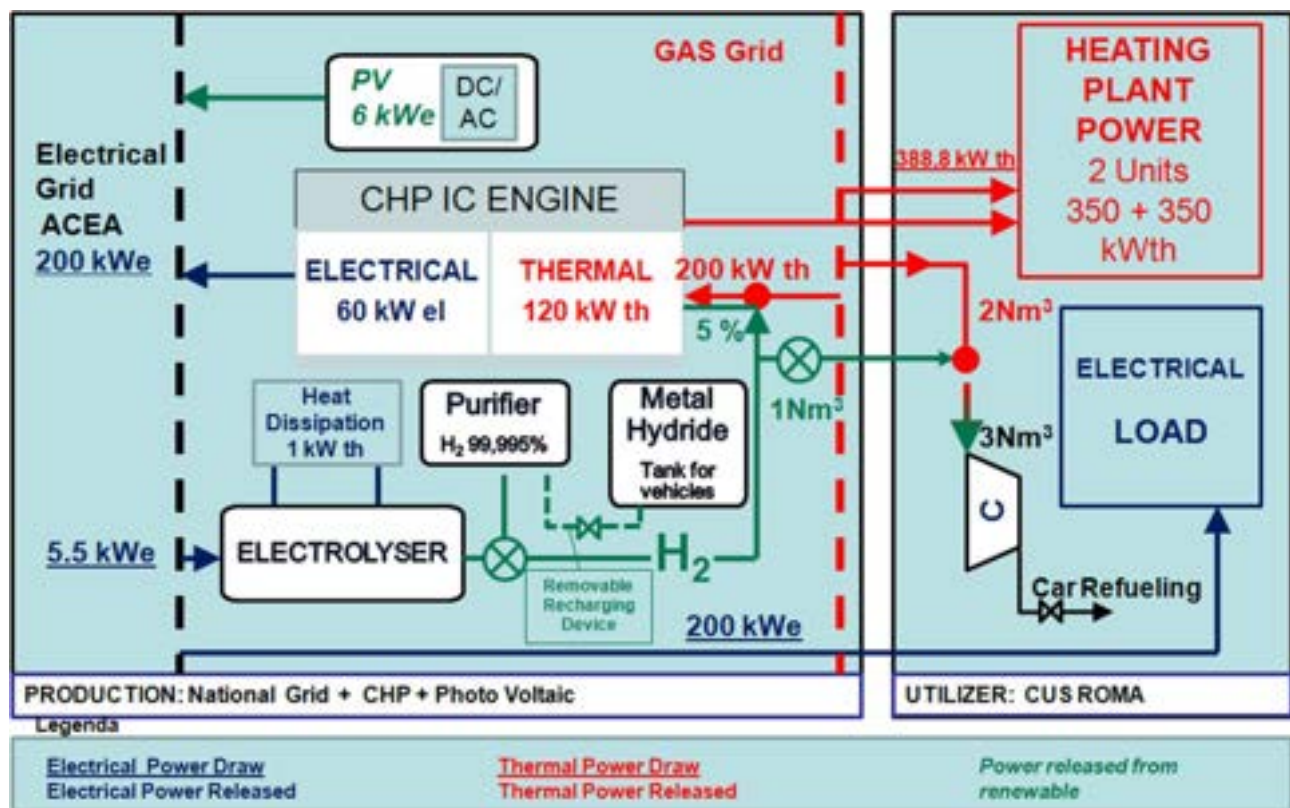


Fig. 2 – Schema funzionale del nucleo principale del sistema ibrido.

Nella Fig. 2 è mostrato il diagramma funzionale con i flussi di potenza relativi al nucleo tecnologico principale dell'impianto ibrido realizzato.

L'idrogeno prodotto da energia rinnovabile può seguire percorsi differenti in relazione alle esigenze dettate dalla conduzione di prove sperimentali orientate alla valutazione delle prestazioni di un macchinario piuttosto che un altro; in una fase successiva, invece, la scelta del percorso è gestita dall'intelligenza artificiale che ha il compito di intervenire automaticamente su tutti gli attuatori al fine di ottenere le migliori prestazioni ambientali ed energetiche in relazione alle mutevoli condizioni al contorno. Osservando la Fig. 2 il primo possibile uso finale dell'idrogeno consiste nella produzione in *real time* delle miscele di idrometano 0%-10% vol. per l'alimentazione del cogeneratore da 60 kW_{el}. Alternativamente la miscela di idrometano può essere dirottata verso la stazione di rifornimento per autoveicoli consentendo il riempimento dei serbatoi con un tenore di idrogeno in miscela fino al 30% vol. Inoltre, dallo stesso tronco di linea di alimentazione del combustibile che collega il cogeneratore con la stazione di rifornimento è stato recentemente realizzato uno stacco per alimentare anche il micro cogeneratore da 5 kW_{el}, con miscele che possono arrivare fino al 50% vol. di H₂. Queste differenze di tenore di idrogeno in miscela sono causate dal fatto che le portate volumetriche di alimentazione delle varie macchine sono differenti tra loro, pertanto a parità di idrogeno rinnovabile disponibile, il risultato finale della miscelazione è diverso. Infine l'ultimo percorso possibile è quello che vede dirottata l'intera produzione di idrogeno verso il sistema di purificazione e ricarica di serbatoi ad idruri metallici.

La caratteristica vincente di questo sistema ibrido risiede nel fatto che la miscela viene prodotta quando serve (*just in time*) sicché, non avendo stoccaggio permanente, sono stati evitati problemi sia tecnici che normativi. Infine l'energia elettrica necessaria per il funzionamento dell'elettrolizzatore è prodotta da fonte rinnovabile, mediante un impianto fotovoltaico totalmente integrato. Tale impianto (ubicato nel Building A di Fig.1), essendo fisicamente distante dalla centrale termica che ospita l'elettrolizzatore, è stato realizzato in modalità *grid-connected* per sfruttare la normativa vigente in termini di incentivi alla produzione da fonti rinnovabili, garantendo, da un lato la remuneratività dell'impianto ai fini del ritorno economico dell'investimento, dall'altro, un vantaggioso saldo per l'utenza finale tra le partite fisiche di energia in prelievo ed immissione, transitanti sulla rete per il funzionamento dell'elettrolizzatore stesso.

Nei paragrafi successivi sono state riportate le caratteristiche tecniche delle macchine installate e gli schemi di dettaglio delle connessioni termoidrauliche.

Impianto di cogenerazione



Fig. 3 – Caldaie esistenti da 350 kW_{th}, ciascuna

Fig. 4 – Cogeneratore da 60 kW_{el}.

Il motore installato è un VALMET 634 G originariamente costruito per il funzionamento a gasolio e convertito per operare come ciclo Otto alimentato a gas metano. La Tab. 1 riporta in sintesi le caratteristiche principali, mentre la Tab. 2 mostra i set up motoristici applicati e le condizioni operative effettive. All'albero è collegato un generatore asincrono che consente la produzione di energia elettrica solamente in parallelo alla rete. Questa configurazione non permette la funzionalità del gruppo in assenza di tensione di rete, nel senso che il cogeneratore non può assolvere la funzione di sistema di emergenza in caso di *black out*.

Il motivo di questa scelta è da ricercarsi in primo luogo nella mancata necessità di disporre di un sistema di emergenza, in secondo luogo nei minori costi del quadro di parallelo cui è correlata una protezione di interfaccia, con la rete del distributore locale, più semplice.

Il rendimento di conversione di tale generatore elettrico è, da scheda tecnica, pari al 93,5% a pieno carico, che si traduce in una potenza elettrica effettivamente resa di circa 60,7 kW. L'installazione dell'impianto di cogenerazione è stata realizzata, dal punto di vista termoidraulico, in serie alle due caldaie assolvendo così la funzione di preriscaldamento per le stesse (Fig. 5). Nella Fig. 6 invece è riportato lo schema del recupero termico del gruppo. Osservando tale figura è possibile notare il disaccoppiamento tra il circuito lato utenza e quello di raffreddamento del motore, realizzato mediante l'interposizione di uno scambiatore a piastre.

Questo tipo di architettura consente di evitare l'installazione di un radiatore che per dissipazione deve controllare la temperatura dell'acqua di raffreddamento del motore (circuito olio, circuito pareti cilindri). La valvola a tre vie ha il compito, in fase di avviamento del motore, di bypassare lo scambiatore a piastre fino al raggiungimento della temperatura di esercizio (la valvola apre verso lo scambiatore quando la temperatura dell'acqua è pari a 75 °C). Come sistema di protezione dell'apparato, in caso di sovra temperatura sul circuito lato utenza un sensore comanda al PLC lo spegnimento automatico del motore con l'invio di un allarme.

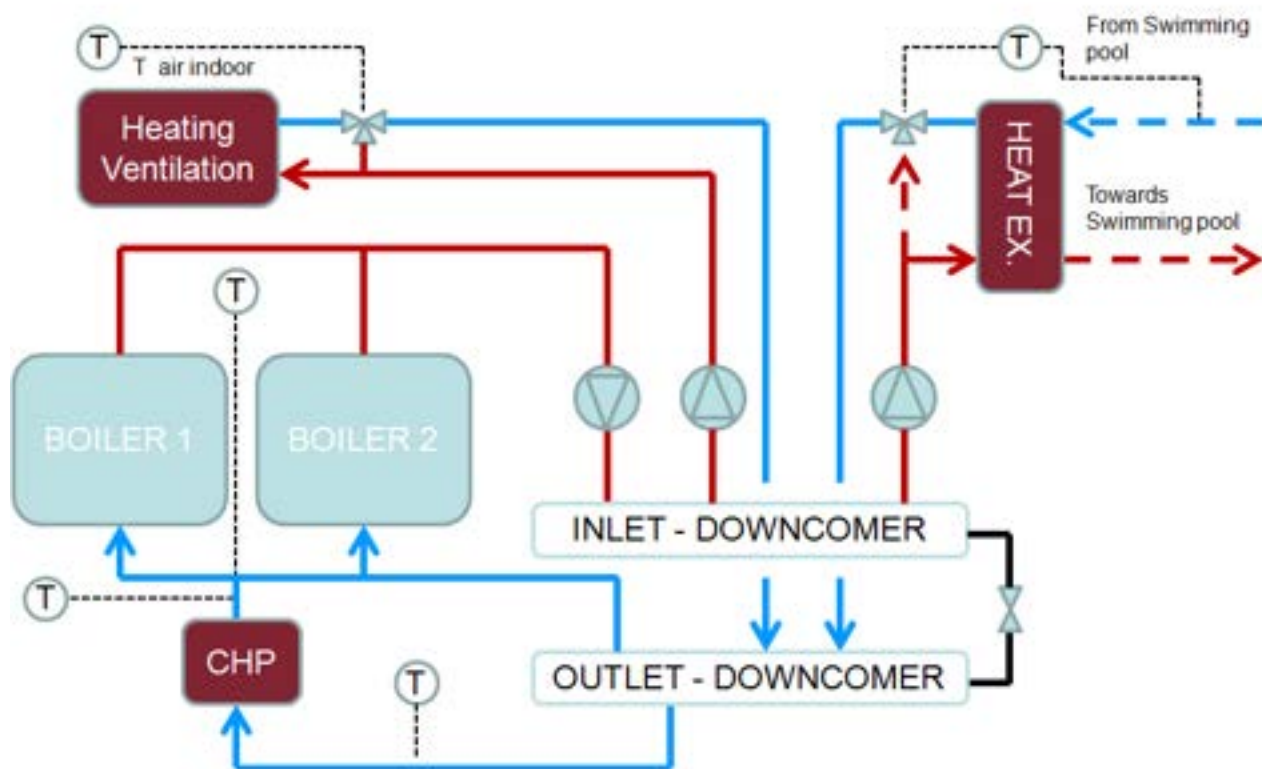


Fig. 5 – Schema di collegamento del cogeneratore da 60 kW_{el.} alla centrale termica esistente.

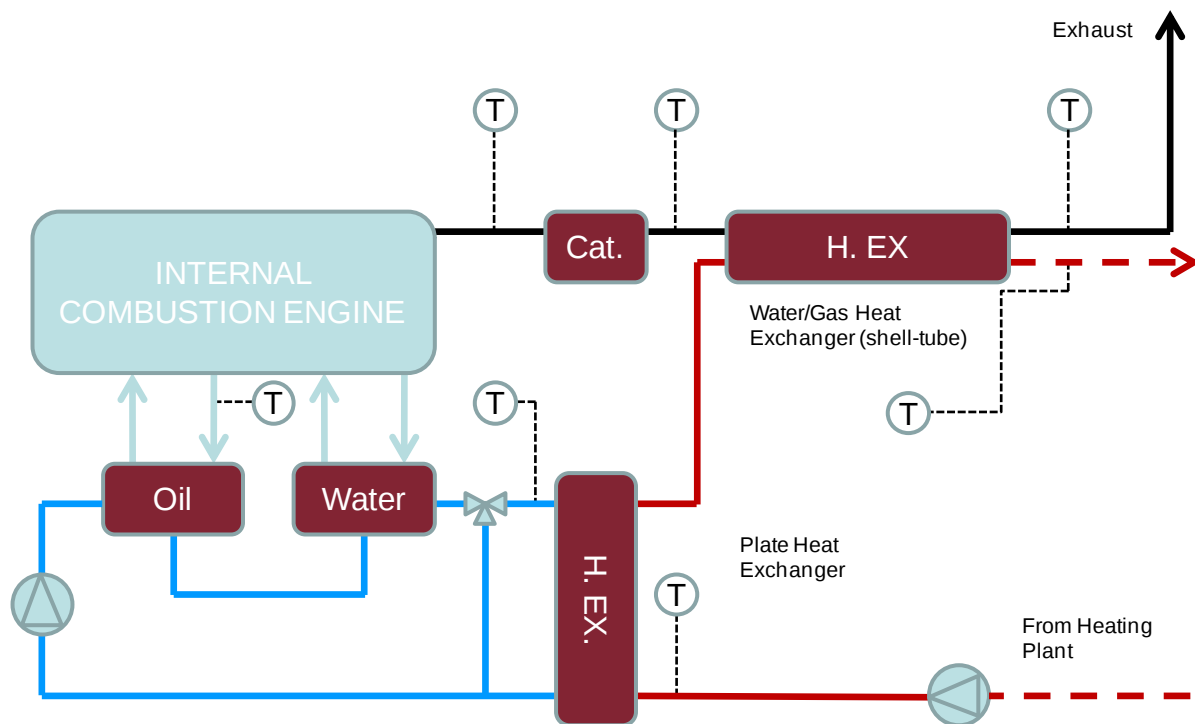


Fig. 6 – Architettura del recupero termico del cogeneratore

Tab.1 – Scheda tecnica del cogeneratore

Net Power output @ a 1,500 rpm	65	kW
Supply System	aspirated	-
Displacement	7,400	cm ³
Cycle	4 strokes	-
Cylinders	6	-
Compression Ratio	9.5	-
Bore	108	Mm
Stroke	134	Mm
Minimum Feeding Pressure	18	Mbar
Thermal Power from Fuel ¹ (*)	200	kW
Rec. Cooling Water + Oil ³	70	kW
Rec. Exhaust Gas (at 120 °C) ³	50	kW
Heat Lost to the Surface	6	kW
Inlet Water Temperature ⁵	70	°C

Outlet Water Temperature ⁵	90	°C
T max Exhaust Gas (downstream catalyst)	533	°C
Exhaust Gas Mass Flow Rate	287	kg/h
Electrical Generator Data		
Model/Type	WEG 250 S/M	asynchronous
Rated Power ²	60	kW
Voltage	400	V
Rated Current (cosφ = 0.82)	105.6	A
Power Factor	0.82	Cosφ
Frequency	50	Hz
Rotational speed	1500	Rpm
Rated Efficiency (cosφ = 0.82)	93.5	%
Environment Temperature	50	°C
Insulation Class	F	-
Protection Degree	IP 54	-
CHP Efficiencies		
Electrical Efficiency	30	%
Thermal Efficiency	60	%
First Law Efficiency ⁴	90	%
Electrical Indicator (P _{El.} /P _{Th.})	50	%
Reference Standards and Testing Requirements		
(*)LHV: 34,53 MJ/Nm³ ¹According to DIN-ISO 3046 and DIN 6271 referred to standard conditions and design rotational speed (tolerance +5%). ²According to regulation VDE 0530 REM/IEC - 34.1, with electrical Power Factor cosφ= 0,82 (tolerance - 3%). ³For total power with tolerance +/-8%. ⁴ According to the conditions under paragraphs 1,2,3. ⁵Temperature Difference related to water flow rate equal to 5,3 m³/h, with engine operating at full load and inlet fluid temperature equal to 70 °C. Fluid Output Temperature tolerance is equal to -3% .		

Tab.2 – Set Up del motore e Condizioni di funzionamento reali

External air Temperature Range	10 - 22.6	°C
Atmospherical Pressure	1,010	Mbar
Supply	CH ₄ (from National grid) / H ₂	-
H ₂ content in blend	0 - 5 - 8 - 10	% vol.
Feeding Pressure	20	Mbar
Reference Relative Equivalence Ratio	1 .0 - 1.4	Λ
Employed Spark Advance	17 - 18	c.a °
Load Conditions	55	kW _{el.}
Rotational Speed	1500	Rpm
Average Water Flow rate in secondary loop	8.97	m ³ /h
CHP Inlet Water Temperature Range (from Heating Plant)	59 - 62	°C

Elettrolizzatore alcalino



Fig. 7 – Elettrolizzatore Alcalino

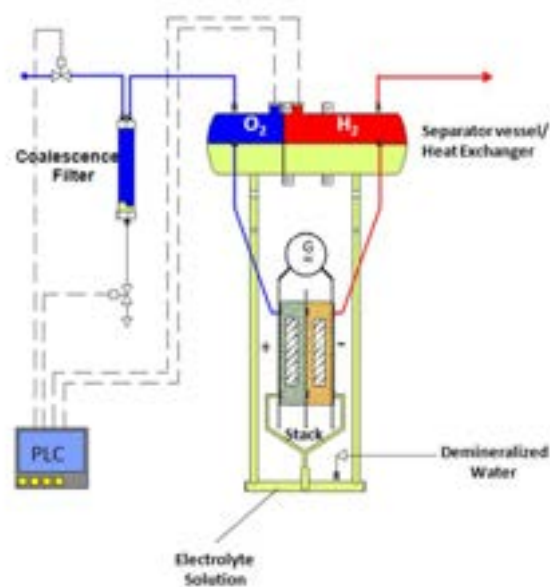


Fig. 8 – Schema della sezione elettrolisi

Il processo di separazione dell'acqua è realizzato da un elettrolizzatore alcalino (Figg. 7-8) di potenzialità massima 1.1 Nm³/h di idrogeno. L'elettrolita impiegato è una soluzione acquosa di KOH di concentrazione in massa pari al 30%. Lo stack è realizzato da una serie di celle bipolari che ha la cosiddetta configurazione a filtro – pressa ed ogni compartimento di cella è attraversato da un flusso di soluzione elettrolitica che ha lo

scopo di fornire l'acqua demineralizzata come materia prima e di asportare il calore generato dai fenomeni irreversibili secondari all'elettrolisi. A tale scopo sono stati previsti due gruppi compatti di dissipazione costituiti da due scambiatori acqua aria a circuito chiuso, alimentati da una soluzione glicolata per garantire il corretto funzionamento anche nel periodo invernale. A valle della sezione di produzione sono stati realizzati due sistemi di purificazione distinti per l'idrogeno e l'ossigeno (Fig. 9).

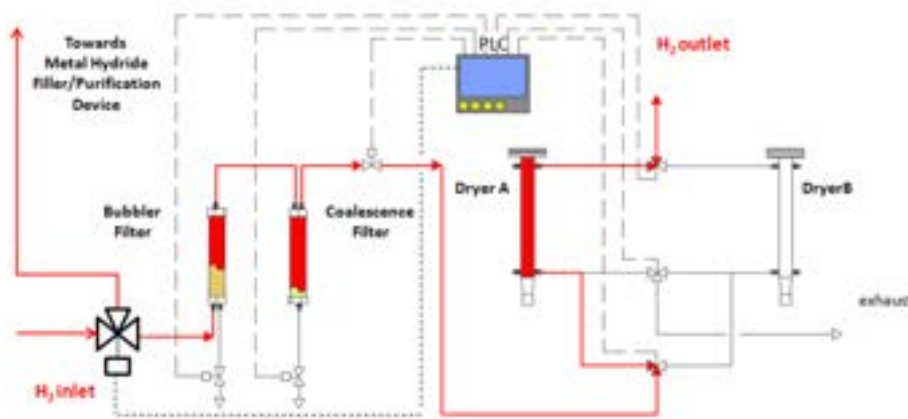


Fig. 9 – Schema di funzionamento del purificatore di idrogeno ed ossigeno interno all'elettrolizzatore.

Quest'ultimo essendo considerato, ai fini della sperimentazione attuale, un prodotto di scarto, viene filtrato per recuperare il contenuto residuo di soluzione elettrolitica e successivamente scaricato in atmosfera. L'idrogeno invece attraversa due differenti sistemi di filtraggio in serie; il primo ha il compito di recuperare i residui di soluzione, mentre il secondo provvede all'essiccazione del gas realizzando idrogeno con grado di purezza pari al 99,8%. Una volta purificato l'idrogeno viene stoccato temporaneamente in un buffer pressurizzato a 15 bar di capacità pari a 60 litri, che ha il compito di disaccoppiare dinamicamente la produzione dalla richiesta di combustibile del cogeneratore.

Infine, l'ultimo ausiliario collegato alla produzione è il sistema di demineralizzazione in continuo che garantisce l'approvvigionamento di acqua con caratteristiche di conducibilità elettrica pari a $5 \mu\text{S}/\text{cm}$.

Dal punto di vista energetico, per produrre una quantità di idrogeno pari alla potenzialità massima dell'elettrolizzatore, sono necessari $5 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{Nm}^3$, i quali, se prodotti da fonte rinnovabile, garantiscono la sostenibilità del processo di trasformazione vista la gratuità dell'energia primaria a disposizione.

In particolare, data la configurazione attuale dell'impianto, è possibile produrre complessivamente circa $1,115 \text{ Nm}^3$ di idrogeno rinnovabile cui corrispondono, in termini di "energia termica immagazzinata", $3,357 \text{ kWh}$ da impiegare all'interno dei motori in assetto cogenerativo, oppure per gli autoveicoli, per migliorarne soprattutto le prestazioni ambientali; inoltre, da tale energia, si possono ottenere $1,014 \text{ h/anno}$ in termini di ore equivalenti di funzionamento con una miscela di idrometano al 5% di concentrazione di idrogeno per il gruppo di cogenerazione da $60 \text{ kW}_{\text{el}}$.

Sistema di miscelazione per la produzione dell' idrometano

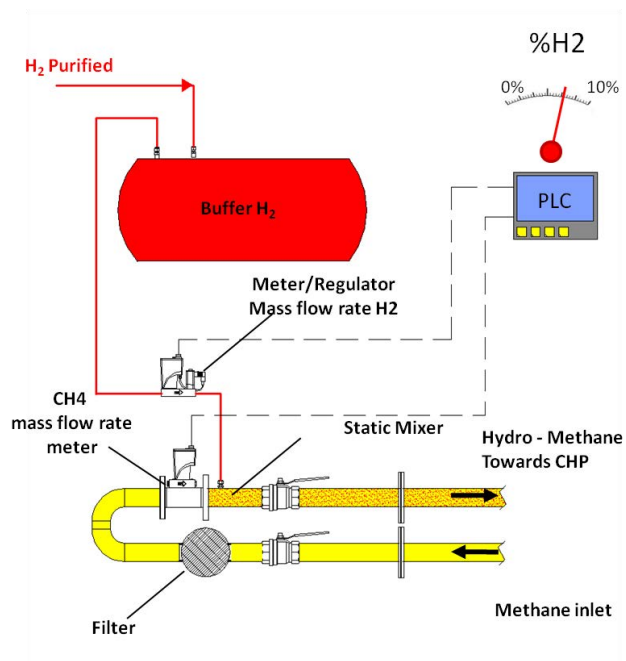


Fig. 10 – Schema del dispositivo di miscelazione ed immagini del complessivo montato.

Nella Fig. 10 è invece stato rappresentato il diagramma funzionale del dispositivo di miscelazione. La portata di metano è la variabile principale, che può essere prefissata in modo indipendente mediante il loop costituito da un trasmettitore di flusso e da un regolatore, che agisce su una valvola automatica di controllo. Il segnale analogico di portata del metano regola il set del regolatore in modo che il flusso di idrogeno, trasmesso da un secondo trasmettitore di flusso, venga regolato in rapporto al metano mediante una seconda valvola automatica.

Unità di purificazione dell' idrogeno e sistema di ricarica di serbatoi ad idruri metallici integrato

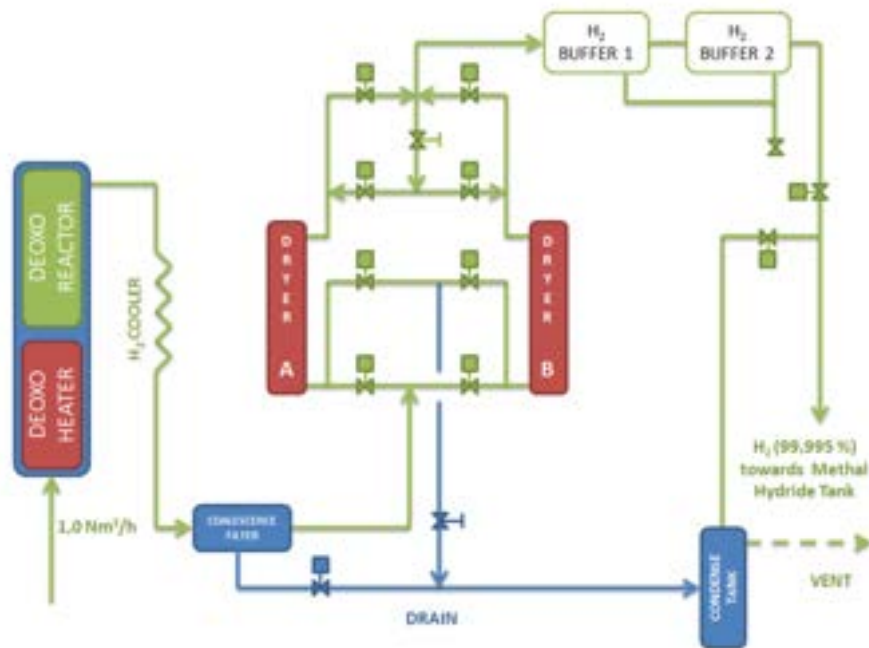


Fig. 11 – Schema semplificato dell'unità di purificazione e ricarica di idrogeno puro.

Desiderando idrogeno molto puro, ovvero con contenuto di ossigeno e di acqua nell'ordine delle decine di ppm, il gas viene sottoposto ad un processo di purificazione in una sezione di impianto dedicata a questo scopo, come riportato in Fig. 11. La sezione si compone essenzialmente di un reattore catalitico per la deossidazione dell'idrogeno, seguito da un sistema di essiccamento del gas mediante adsorbimento dell'umidità su apposito materiale granulare (generalmente il letto è composto da Palladio ed Allumina). Il reattore DEOXO viene opportunamente riscaldato attraverso una termo resistenza allo scopo di accelerare la cinetica chimica della reazione; all'interno della parte attiva il DEOXO provoca la reazione della piccola frazione di O₂ presente, con una quantità stechiometrica di H₂, producendo acqua che viene condensata nella spirale di refrigerazione (Hydrogen Cooler). Successivamente una parte di questa condensa viene scaricata direttamente dal gruppo filtro-scaricatore automatico (Coalescence Filter). A questo punto l'idrogeno deossidato, saturo di umidità, viene inviato ad uno dei due essiccatori operanti in modo alternativo: mentre il primo (Dryer A) viene investito dall'idrogeno da essiccare, che rilascia la propria umidità sul letto granulare (di Allumina), il secondo (Dryer B) è in fase di rigenerazione. La rigenerazione avviene secondo schema TSA ovvero mediante cicli di temperatura il cui scopo è quello di strappare l'umidità al materiale adsorbente. Durante la rigenerazione una piccola frazione di idrogeno viene impiegata per purgare il letto e successivamente viene scaricata in ambiente. L'idrogeno così purificato (99,995% di purezza) viene infine inviato ai due buffer di stoccaggio temporaneo (3 litri di volume per ognuno) per il completamento delle operazioni di riempimento del serbatoio ad idruri metallici. L'impiego dei buffer è stato pensato per evitare che, le fluttuazioni di pressione presenti durante il processo di produzione dell'idrogeno all'interno dell'elettrolizzatore, rendessero pulsante il processo di ricarica dei serbatoi ad idruri metallici. La pressione di ricarica, misurata a valle dei buffer, può essere controllata ed impostata mediante apposita valvola elettro-comandata dal PLC dell'unità di trattamento. Infine dato che nel progetto di ricerca è stato stabilito che tali serbatoi siano smontabili dal veicolo, e dato che le portate in

gioco sono piccole, che il tempo di ricarica è comunque fissato nell'ordine dei 60 minuti, si è deciso di non installare alcun sistema di refrigerazione dell'idruro anche per evitare ulteriori costi.

Compressore domestico per il rifornimento di idrometano per autoveicoli



Fig. 12 – Compressore idrometano in funzione



Fig. 13 – Compressore Gas/idrometano

La stazione di rifornimento “domestica” è stata realizzata per aumentare il grado di utilizzazione del sistema di produzione dell'idrogeno e migliorarne l'ammortamento. Data la portata di gas trattabile dal compressore ($3 \text{ Nm}^3/\text{h}$) è possibile ricaricare un autoveicolo, come quello riportato in Fig. 12, in un tempo di circa cinque ore, a metano puro (in realtà metano di rete) oppure con miscele arricchite di idrogeno fino al 30 % vol. Questi compressori sono costituiti da quattro stadi inter - refrigerati ad aria in condizioni ambiente, con temperatura di esercizio compresa tra -40°C e $+45^\circ \text{C}$, e consentono di vincere una contropressione di ricarica del serbatoio pari a 215 bar. Inoltre, sono dotati di un sistema di compensazione automatica della temperatura e si spengono una volta raggiunta la massima pressione di riempimento determinata dalla temperatura ambiente percepita dal sensore posto nel condotto di ingresso dell'aria (come riportato in Tab. 3).

Il sistema di ventilazione dell'apparecchio funziona tramite una ventola situata nella parte inferiore interna, prelevando l'aria da una griglia posta sul lato posteriore del guscio, scaricandola tramite la griglia posta frontalmente.

Il guscio ha una apertura a perni che permette un facile accesso ai vari moduli dell'unità oltre che al dispositivo di sgancio rapido dei tubi di rifornimento.

Tab. 3 – Valori della pressione massima di arresto in funzione della temperatura ambiente

Pressione di Arresto	Vs. Temperatura Ambiente
207 ± 7.0 bar	21° C o superiore
183 ± 7.5 bar	10° C
166 ± 8.0 bar	0° C
150 ± 8.5 bar	- 10° C
133 ± 9.0 bar	- 20° C
116 ± 9.5 bar	- 30° C
100 ± 10.0 bar	- 40° C

Il tubo di rifornimento è dotato di mandrino di tipo 3 approvato ISO 15501-1/2:2000 (AGA/CGA) NGV1. Il mandrino è, inoltre dotato di una valvola di non ritorno normalmente chiusa che impedisce l'entrata di aria tramite il tubo nel vaso di espansione, ed allo stesso tempo, non permette al gas presente nel vaso di espansione di uscire in condizione di Stand-By. Al termine di ogni rifornimento il tubo viene automaticamente depressurizzato nel vaso di espansione interno al package per facilitare lo sgancio del mandrino dall'autoveicolo. Il vaso di espansione è stato progettato per contenere il volume di gas presente nel mandrino e nel tubo di rifornimento. Nel caso di due tubi collegati non si può superare una lunghezza massima di nove metri, permettendo così di avere una pressione interna massima di 3 bar. In caso di un volume di gas maggiore, si apre automaticamente la valvola di sicurezza posta all'interno del vaso di espansione scaricando la pressione in eccesso, mentre i mandrini che possono essere impiegati devono avere un volume di gas interno non eccedente i 5 cm³. La stazione di compressione è inoltre provvista di una linea di sfiato (spurgo) che permette l'evacuazione di sovra pressioni all'interno del sistema, e quindi, è estremamente importante che sia mantenuta sempre libera da sporco, materiali o ghiaccio.

Il sistema è pre-impostato per un funzionamento di rifornimento diretto, quindi il software monitorizza costantemente l'incremento della pressione del tubo di rifornimento mentre è in fase di ricarica per controllare eventuali perdite dovute a situazioni anomale (es. tubo di rifornimento rotto, connettore del veicolo o mandrino difettosi). L'apparecchio considera una "perdita", quando la pressione non si incrementa di un determinato valore in un determinato tempo e questo valore viene calcolato via software tramite algoritmo. Il sistema è pre-impostato per un volume massimo di riempimento di 280 lt. Se i tipi di veicoli da rifornire lo consentono, è consigliabile modificare l'impostazione per un volume massimo di rifornimento minore (140 lt.). Difficilmente si superano i 280 lt. di volume massimo da rifornire, solo in caso di assoluta necessità, o se l'apparecchio è collegato ad un sistema di stoccaggio che superi i 280 lt., bisognerà modificare il parametro di Monitoraggio dell'Incremento di Pressione.

Impianto fotovoltaico

Tab. 4 – Caratteristiche dell' impianto PV

Tipologia Celle	Silicio Monocristallino
Dimensione Celle	156 mm
Potenza di Picco	148 W _p /m ²
Superficie esposta	40 m ²
Potenza totale	5.9 kW _p
Tilt	90 °
Azimut	Sud
Producibilità annua	5,575.5 kWh/anno



Fig. 14 – Vetri fotovoltaici semitrasparenti.

Così come per il cogeneratore, la connessione alla rete elettrica dei pannelli è stata realizzata per ottenere il parallelo con la rete nazionale, e la modalità di ritiro dell'energia prodotta è regolata dal GSE con la convenzione dello "scambio sul posto". In particolare, l'installazione risale ad un precedente intervento di riqualificazione energetica di una delle palazzine del centro sportivo (Building A come da Fig. 1) che risulta essere adibita ad ospitare la nuova palestra al pian terreno. Con l'integrazione di un elettrolizzatore nel sistema ibrido, pertanto, l'intera produzione fotovoltaica viene ora impiegata per autoconsumo totale. Nella Tab. 4 vengono riportate le caratteristiche tecniche principali della *facciata fotovoltaica*.

A livello costruttivo i pannelli sono stati realizzati incapsulando le celle di silicio tra due fogli di PVB da 0,76 mm che garantiscono la sicurezza in caso di rottura accidentale, una maggiore resistenza meccanica unitamente a leggerezza e buona trasparenza; infine il *sandwich* è chiuso da due lastre di vetro, dello spessore di 5 mm ciascuno, superiormente ed inferiormente.

Impianto solare termico



Fig. 15 – Impianto solare a collettori piani.



Fig. 16 – Centrale Termica edificio A.

La realizzazione dell' impianto solare termico è stato il primo intervento di riqualificazione energetica effettuato sulla palazzina A e risulta essere antecedente anche all'installazione dei pannelli fotovoltaici. Lo scopo principale di questo impianto è quello di produrre acqua calda sanitaria per i quattro spogliatoi ubicati al primo piano dell'edificio. Data la superficie disponibile sul lastrico solare si è provveduto a massimizzare la superficie captante installabile che consta di 30 pannelli orientati perfettamente a Sud, con inclinazione di 45°, organizzati in 6 stringhe in parallelo, per una estensione dal valore complessivo di 72 m². Lo stoccaggio di energia termica proveniente dal circuito solare è assicurato dalla presenza di 6 serbatoi a stratificazione, ognuno dei quali di capacità pari a 1000 litri (vedi Fig. 17). Osservando lo schema di collegamento si può notare che mancano le connessioni termo idrauliche delle caldaie di integrazione e soccorso ai serbatoi di stratificazione. Questo è dovuto al fatto che la centrale termica esistente è ubicata al livello spogliatoi e uffici, pertanto, trattandosi di una installazione postuma, è stato necessario adottare una soluzione dedicata per contenere i costi.

La centrale termica, originariamente, è stata progettata per soddisfare il fabbisogno di energia per il riscaldamento dei locali della palazzina A e della produzione di acqua calda sanitaria. Le due caldaie, di potenzialità complessiva pari a 180 kW, hanno ciascuna 2 bruciatori, per un totale di 4 fuochi, che garantiscono una modulazione del carico discretizzata; il circuito idraulico per la cessione dell'energia termica prevede due scambiatori a serpentina integrati all'interno di due serbatoi inerziali di accumulo da 2 m³ ciascuno, che garantiscono una cospicua riserva di acqua calda, e a valle di questi ultimi è presente una diramazione che alimenta i corpi scaldanti installati all'interno dei locali.

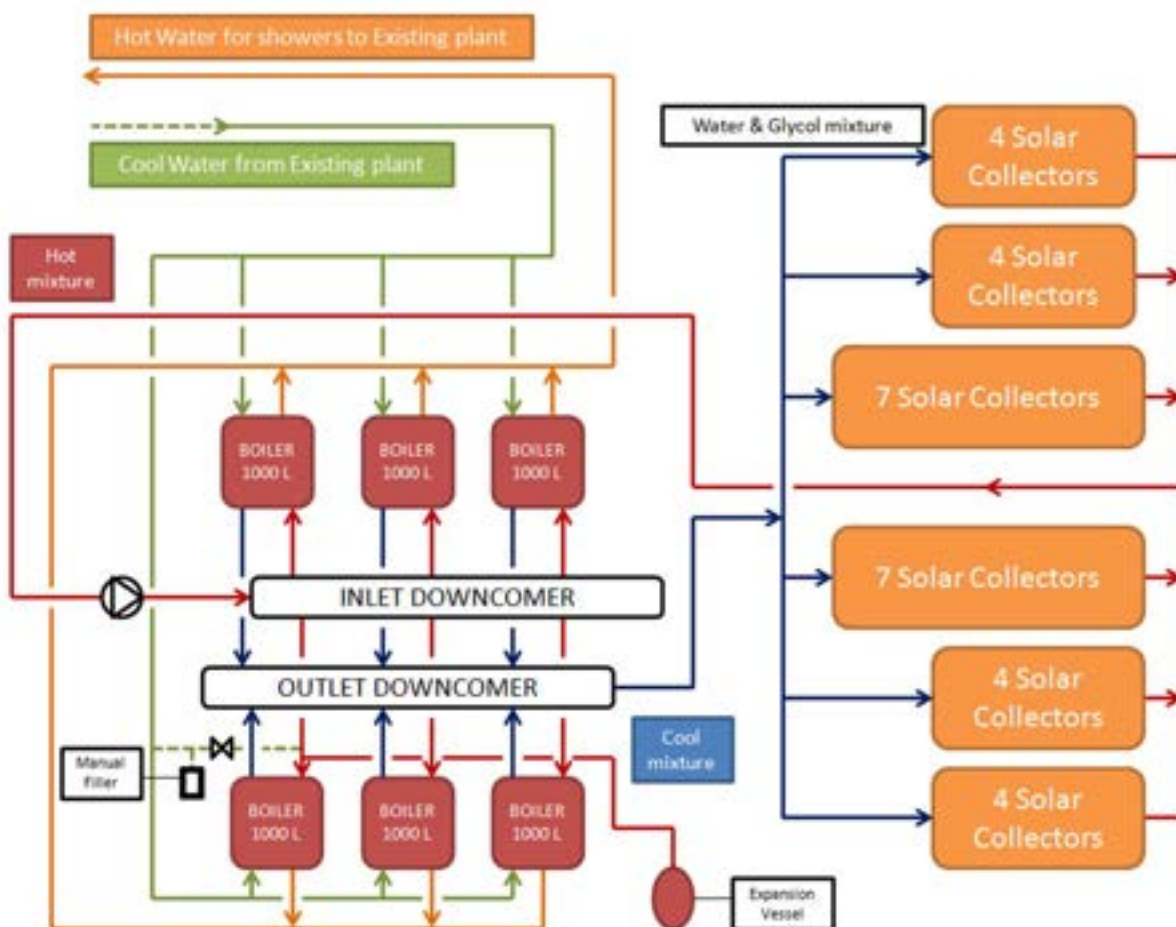


Fig. 17 – Schema di collegamento del circuito solare con il circuito di acqua calda sanitaria.

Prima della realizzazione dell'impianto solare, l'acqua fredda proveniente dalla rete idrica comunale, veniva direttamente immessa alla base dei serbatoi inerziali per poter essere riscaldata dalle caldaie ed inviata alle varie utenze degli spogliatoi. Dopo l'intervento di riqualificazione è stata montata una saracinesca sulla tubazione di acqua fredda, che impedisce il flusso di ricarica continua degli accumuli inerziali, ma a valle di questa è stato montato l'innesto della tubazione di mandata dell'acqua calda proveniente dai collettori solari. Praticamente, ad oggi, l'acqua fredda viene inviata direttamente ai serbatoi a stratificazione dell'impianto solare per essere preriscaldata, ed infine essere dirottata verso gli accumuli inerziali al piano inferiore come riportato nella Fig. 17. Il sistema di regolazione, tenendo conto di tutte le temperature degli stoccaggi e della temperatura dell'acqua calda sanitaria impostata a 45 °C , gestisce anche il circuito di ricircolo per il mantenimento della temperatura nel caso di mancata richiesta da parte delle utenze.

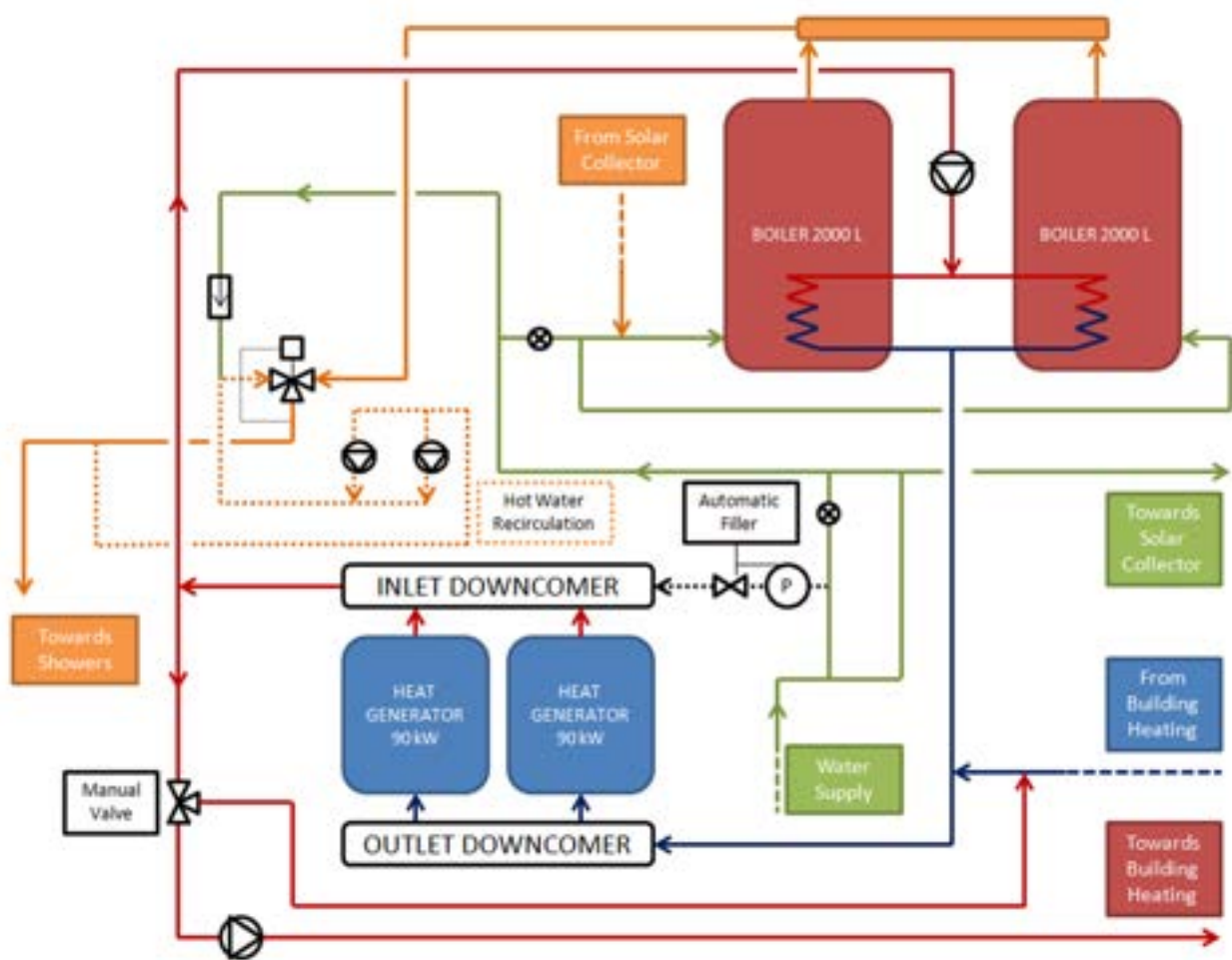


Fig. 18 – Schema di collegamento dell'impianto solare alla centrale termica esistente.

Tab. 5 – Dati energetici caratteristici dell’impianto termico

Superficie netta della palazzina A	308 m ²
Volume riscaldato	924 m ³
Fabbisogno giornaliero di ACS (a 45 °C)	3.000 litri/giorno
Fabbisogno di Energia Termica per ACS	36,63 MWh/anno
Fabbisogno di Energia per Riscaldamento	35,42 MWh/anno
Producibilità Netta Impianto Solare	46,8 MWh/anno
Efficienza impianto solare	49 %
Frazione Solare sul fabbisogno totale	0,65

Impianto di micro – cogenerazione



Fig. 19 – Vista del Package commerciale



Fig. 20 – Rendering dell’unità

Questa macchina è attualmente rappresentativa dell’ultimo upgrade del sistema ibrido realizzato. La sua installazione rientra nell’ambito di un progetto di ricerca congiunto con l’università cinese di Tonji, incluso sempre nel progetto Smart Grid, il cui fine è quello di valutare il comportamento di questo prototipo in condizioni operative reali prima della fase di commercializzazione vera e propria su larga scala.

In questa sezione vengono presentate le caratteristiche di funzionamento dell’unità di micro-cogenerazione modulante e a condensazione interna.

Il motore è di tipo monocilindrico, 4 tempi ciclo Otto, con basamento in lega di alluminio pressofuso e canna in ghisa ed è dotato di controllo elettronico del rapporto di combustione in retroazione mediante sonda Lambda. Ha una cilindrata di 499 cc , un regime di rotazione variabile tra 1500 rpm e 2100 rpm, un generatore elettrico sincrono ed inverter a doppio ponte attivo ad elevato rendimento con funzione di

pilotaggio trascinamento in modalità avviamento motore; comunicazione dei parametri di sistema su CAN BUS; funzionamento in isola con inseguimento di carico e disinserzione automatica dalla rete e ri-sincronizzazione a black-out concluso; funzione Black-start.

Il sistema di raffreddamento interno impiega come refrigerante lo stesso olio di lubrificazione che successivamente cede il calore, per mezzo di un piccolo scambiatore a piastre saldo brasato completamente realizzato in acciaio inox, al circuito di acqua calda dell'impianto di riscaldamento. La scelta del raffreddamento ad olio è stata dettata, oltre che dalla necessità di rendere estremamente compatta l'unità, dal fatto di poter sfruttare il basso valore del calore specifico dell'olio rispetto a quello dell'acqua, per rendere meno sensibile il rendimento di conversione del motore alle fluttuazioni di temperatura che possono verificarsi nel circuito utilizzatore dell'acqua calda, a seguito della termoregolazione negli ambienti. Inoltre, la pregevole architettura di recupero termico che prevede, oltre al raffreddamento dei fumi di scarico, il raffreddamento dello statore del generatore elettrico e del collettore di aspirazione, consente di mantenere la temperatura all'interno del package a 35 °C permettendo all'operatore della manutenzione di mettere le mani su qualsiasi componente senza correre il rischio di scottature. Infine, sono presenti, per la distribuzione due valvole in testa comandate ad aste e bilancieri, un sistema di decompressione elettronico per la fase di avviamento ed un albero motore rinforzato con volano maggiorato.

Tab. 6 – Scheda tecnica gruppo di micro cogenerazione.

Potenza elettrica nominale	0,5 – 5 kW
Potenza termica nominale	5 – 15 kW
Potenza termica introdotta	19,2 kW
Rendimento Elettrico	26 %
Rendimento Termico (in condensazione)	78 %
Rendimento di primo principio	104 %
Temperatura max mandata	75 °C
Temperatura max ritorno	65 °C
Portata acqua impianto (Pompa modulante PWM)	600 – 1.200 litri/h
Capacità coppa olio	25 litri
Generatore Elettrico	
Tensione di uscita	300 – 470 V ac
Frequenza	120 – 190 Hz
Potenza Nominale	6 kW
Potenza di Picco	9 kW
Rendimento	97 %
Durata di progetto	50.000 h
Cadenza temporale interventi di manutenzione	2.500 h

Tab. 7 – Scheda tecnica inverter gruppo di micro cogenerazione.

Inverter	
Tensione di uscita 3+N	400 V ac
Frequenza	50 Hz
Rendimento	96 %
Potenza Nominale	5 kW
Potenza di Picco	8 kW

Dal punto di vista funzionale il micro cogeneratore è stato installato per soddisfare il fabbisogno di energia termica necessaria al riscaldamento del locale ad uso laboratorio, ubicato al piano superiore del vano adibito a centrale termica di cogenerazione ad idrometano. Come è possibile notare dallo schema di connessione termoidraulica riportato in Fig. 20, l'impianto di riscaldamento del laboratorio è costituito da due fan coil; al fine della conduzione della campagna di misura sul motore è stato previsto uno stacco sui montanti per la connessione in parallelo di un dissipatore con inverter collegato al motore della ventola che consente, compatibilmente al derating ambientale, la regolazione della temperatura dell' acqua di ritorno dall'impianto di riscaldamento, in modo da poter esercire il gruppo di cogenerazione anche in regime di condensazione.

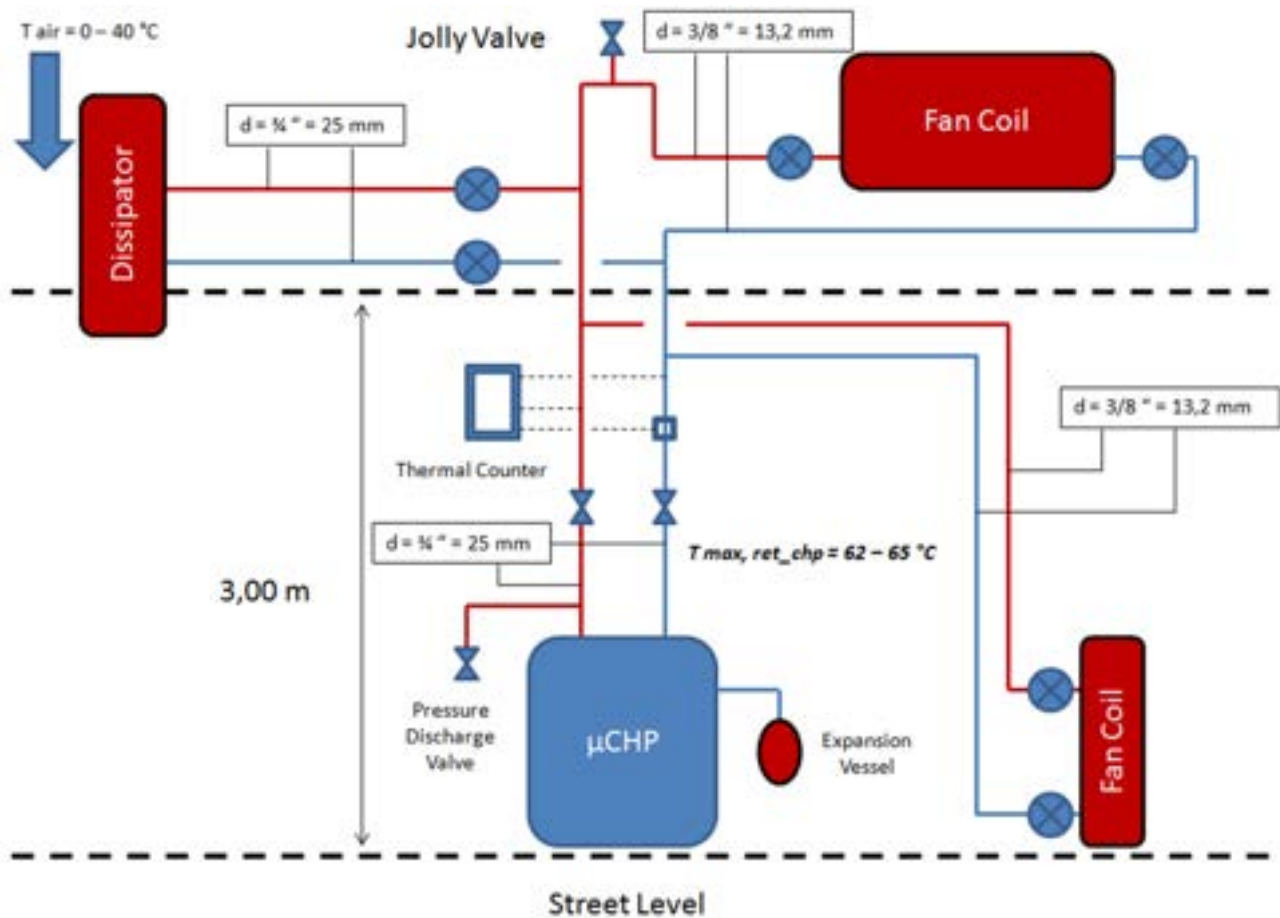


Fig. 21 – Schema della connessione termo idraulica del micro cogeneratore.

Sistema di analisi fumi in continuo

Anche il sistema di analisi fumi è stato concepito per sottostare alla stessa logica controllo. Esso consente la misura, l'elaborazione, la lettura e la registrazione in continuo dello stato di ossigeno, monossido e biossido di carbonio (CO e CO₂), temperature dei fumi, pressione e depressione, con possibilità di impostazione dei setpoints di allarme eccesso/difetto, rendimento di combustione, eccesso di aria e indicazione del combustibile utilizzato. Il sistema è dotato di autodiagnostica intelligente per la segnalazione di eventuali guasti o anomalie, al fine di eliminare i tempi di fermo in attesa dell'assistenza, e di adeguata memoria statica per la registrazione e archiviazione di tutti gli eventi di combustione (normali parametri, allarmi, anomalie, ecc.) per un periodo di circa 2.600 ore di funzionamento pari a circa 80.000 registrazioni. Il fluido viene prelevato allo scarico, trasportato all'unità di drenaggio potenziata da una pompa peristaltica, deumidificato e ricondizionato a mezzo di cella di Peltier e inviato per l'analisi ai rispettivi sensori. La misura dell'ossigeno avviene per mezzo di una cella elettrochimica, la misura del CO per via elettrochimica, le misure di temperatura a mezzo di termo resistenze PT100 e le misure delle pressioni per trasduttori piezoresistivi. Il biossido di carbonio viene invece misurato con apposita sonda ad infrarossi NDIR con campo di misura 0%-20% vol.

I parametri di combustione sono poi letti dal sistema ogni secondo e ogni 120 secondi ne viene registrata la media su specifica memoria; i dati quindi sono resi disponibili sul PLC dell'analizzatore e quindi fruibili attraverso il sistema di acquisizione in remoto.

Caratteristiche piscina



Fig. 22 – Piscina in funzionamento invernale.



Fig. 23 – Piscina in funzionamento estivo.

La piscina realizzata presso il centro sportivo universitario è impiegata per la pratica del nuoto libero e per i corsi di perfezionamento destinati agli studenti universitari, ai dipendenti dell'università con i rispettivi familiari ed in minima parte ad altri utenti privati. Questa informazione apparentemente superflua risulta essere, invece, di vitale importanza dal punto di vista della gestione energetica dell'impianto natatorio. Infatti la normativa vigente prevede che, per uso non agonistico, la temperatura dell'acqua all'interno della vasca debba essere mantenuta sempre a 29 °C anziché i 27 °C -28 °C previsti per il caso di piscine destinate ad ospitare competizioni o sedute di allenamento per gli atleti. Pertanto, una differenza di temperatura di un grado nella conduzione della vasca si traduce in una consistente maggiorazione degli oneri di gestione dell'impianto di riscaldamento. Altro aspetto importante è il controllo della temperatura dell'acqua per garantirne la salubrità; infatti l'innalzamento di due gradi della temperatura incrementa del 25% la velocità di proliferazione della carica batterica rendendo necessario un maggior apporto di cloro per la disinfezione, aumentando il valore del pH (tipicamente compreso tra 7,2 e 7,6) responsabile delle irritazioni alla pelle e all'apparato visivo. Inoltre si ottengono, come risultati collaterali, un riscaldamento dell'aria che rende l'ambiente meno confortevole, un aumento degli odori ed infine un incremento del valore di umidità relativa che può portare a condense e deterioramenti. Le norme igienico-sanitarie in materia di qualità dell'acqua impongono, inoltre, un ricambio giornaliero pari al 10% del volume della vasca. Pertanto l'impianto di riscaldamento deve generalmente compensare le perdite di calore per evaporazione, il raffreddamento dovuto alla miscelazione con la portata di rinnovo e la climatizzazione dell'ambiente. Nel caso in esame, il reintegro di acqua giornaliero viene fatto aprendo una saracinesca manuale posizionata sulla condotta principale di alimentazione proveniente dalla rete idrica comunale, dalle ore 7:00 del mattino alle ore 12:00.

La piscina del centro sportivo universitario è un impianto versatile in quanto, durante l'inverno, è coperta da una struttura pressostatica (vedi Fig. 21) che per il suo sostentamento necessita di una continua ventilazione nelle 24 ore; nel periodo estivo, invece, la struttura viene rimossa (vedi Fig. 22) ed il

mantenimento della temperatura dell'acqua è garantito dall'irraggiamento solare. Risulta evidente che, questo tipo di soluzione per la copertura, volta a rendere utilizzabile la piscina per tutto l'anno, sia energeticamente dispendiosa ed induca il funzionamento dell'impianto di riscaldamento per la ventilazione durante tutta la notte nei giorni invernali.

Di seguito vengono riportate le grandezze caratteristiche e le connessioni idrauliche (Fig. 23):

Lunghezza: 33 m

Larghezza: 16,5 m

Volume vasca: 1.089 m³

Portata di rinnovo: 109 m³/giorno

Sistema di Purificazione acqua: Cloratrice automatica + 2 filtri Culligan ad alga Diatomea

Volume Ambiente riscaldato: 15.300 m³

Temperatura aria interna: 24 °C

Temperatura acqua: 29 °C

N° Pompe di alimentazione vasca: 2

Prevalenza max pompa: 19,5 m

Portata massima pompa: 210 m³/h

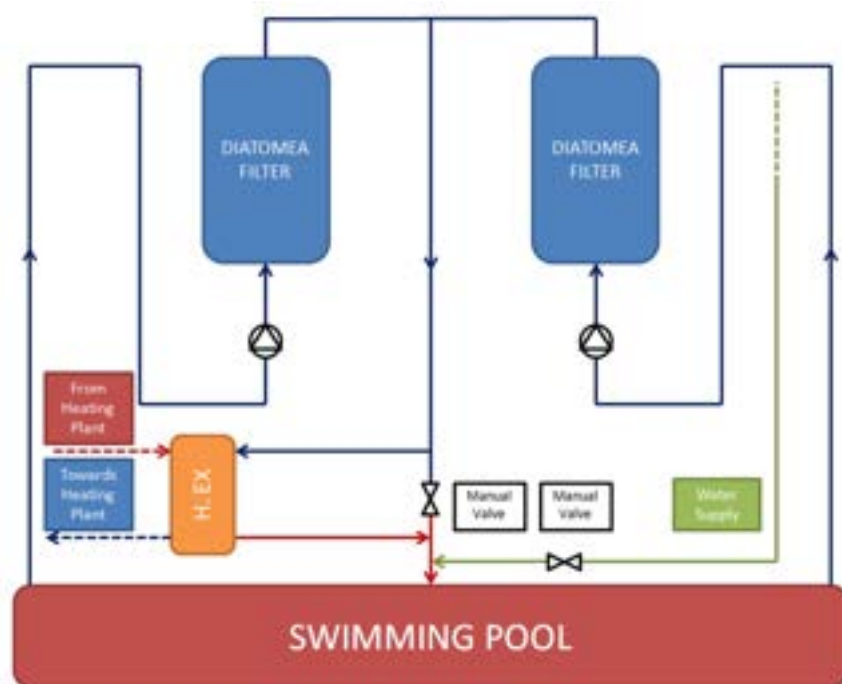


Fig. 24 – Schema idraulico del riscaldamento e trattamento dell'acqua della vasca.

Unità di trattamento aria e scambiatore acqua/acqua

Per completare la trattazione inerente agli impianti tecnologici a servizio della gestione energetica della piscina, nella presente sezione vengono riportate le caratteristiche tecniche delle batterie di scambio termico impiegate per la termoventilazione e per il mantenimento della temperatura dell'acqua della vasca.



Fig. 25 – Termoventilante Piscina.



Fig. 26 – Scambiatore Acqua/Acqua.

Il sistema di regolazione della temperatura dell'aria all'interno della struttura pressostatica avviene mediante una valvola a tre vie motorizzata posta sulla tubazione di ritorno alla centrale termica, che ha il compito di bypassare la termo ventilante quando i sensori di temperatura rilevano la temperatura di *set point* posta a 24 °C. Il medesimo accorgimento tecnico per la regolazione è stato applicato anche allo scambiatore che però ha come variabile di controllo la temperatura dell'acqua misurata sulla tubazione di ritorno lato vasca a valle dei filtri a Diatomea (vedi Fig. 23).

Dal punto di vista energetico è utile rilevare che con questa taglia dello scambiatore il tempo necessario per il ripristino dell'esercizio dell'impianto dopo il fermo estivo consta di circa 9 giorni completi, con funzionamento delle caldaie/cogeneratore per tutte le 24 ore, dato che sono necessari circa 19,78 MWh di energia termica per garantire il salto di temperatura di 17 °C.

Tab. 8 – Caratteristiche di targa della termo ventilante.

Motore elettrico	
Potenza assorbita	9,2 kW
Tensione di alimentazione	Trifase 400V
Corrente	20 A
Termoventilante	
Potenzialità Max	465 kW
Portata Aria	35.000 m ³ /h

Portata Acqua	40 m ³ /h
Perdita di carico	1,8 m c.a.
Temperatura Acqua Ingresso	80 °C
Temperatura Acqua Uscita	70 °C
Prevalenza	20 mm c.a.
% Ricircolo Aria	50%

Tab. 9 – Caratteristiche di targa dello scambiatore a piastre.

Scambiatore a Piastre	
Contenuto d'acqua	4,2 litri
Temperatura massima di esercizio	100 °C
Pressione massima di esercizio	10 bar
Potenza Termica Scambiata	150

Infrastruttura ict di primo livello per il monitoraggio e controllo dei dati

Come accennato nella parte introduttiva, La Sapienza ha già avviato un programma di ricerca volto allo sviluppo di una Smart Grid. In questo momento le isole energetiche attive all'interno della Città Universitaria sono monitorate da un sistema di acquisizione centrale che fornisce tutte le grandezze tecniche di interesse. Il Centro Sportivo Universitario, in qualità di nuovo nodo di produzione, è stato connesso a questo network esistente con lo schema concettuale rappresentato in Fig. 26 I blocchi all'interno dell'area tratteggiata fanno capo al gruppo di misura realizzato contestualmente alla costruzione dell'impianto ibrido, mentre quelli esterni sono stati aggiunti solo recentemente e si stanno ultimando tutte le operazioni di cablaggio. E' da notare che i segnali di misura delle grandezze monitorate non sono omogenei; infatti sono presenti tre differenti protocolli di comunicazione (MODBUS, MBUS ed Impulsi) che, per essere gestiti dalla piattaforma informatica hanno richiesto l'installazione di convertitori di segnale digitali, al fine di poter trasmettere i dati attraverso la rete Ethernet ed essere finalmente acquisiti e manipolati. Le periferiche di questa rete sono sostanzialmente costituite dai sensori di misura montati sulle singole macchine, che a loro volta sono rimandati ai propri PLC, e da una serie di multimetri commerciali che invece registrano i prelievi e le immissioni di energia elettrica delle utenze collegate ai vari quadri e sottoquadri.

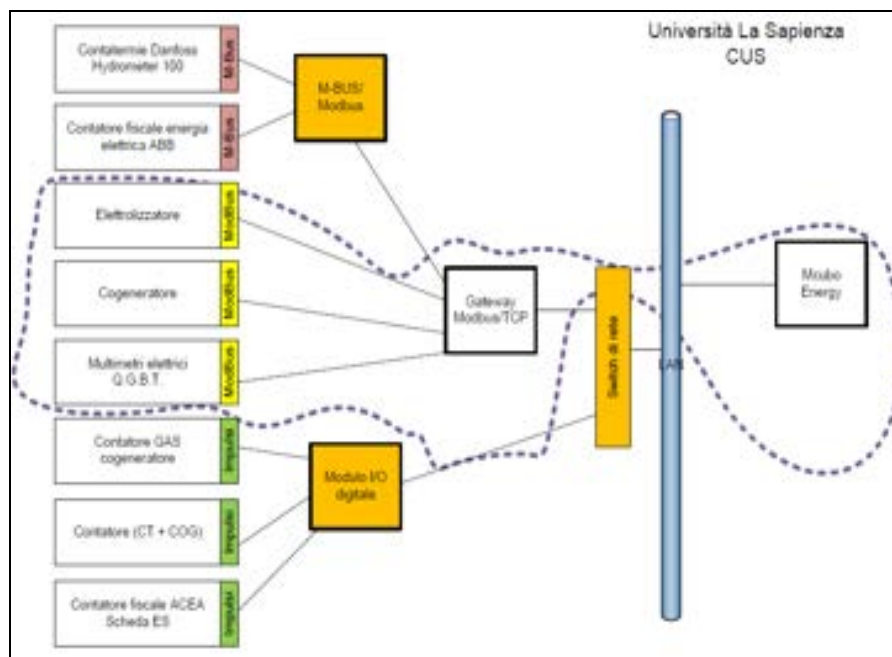
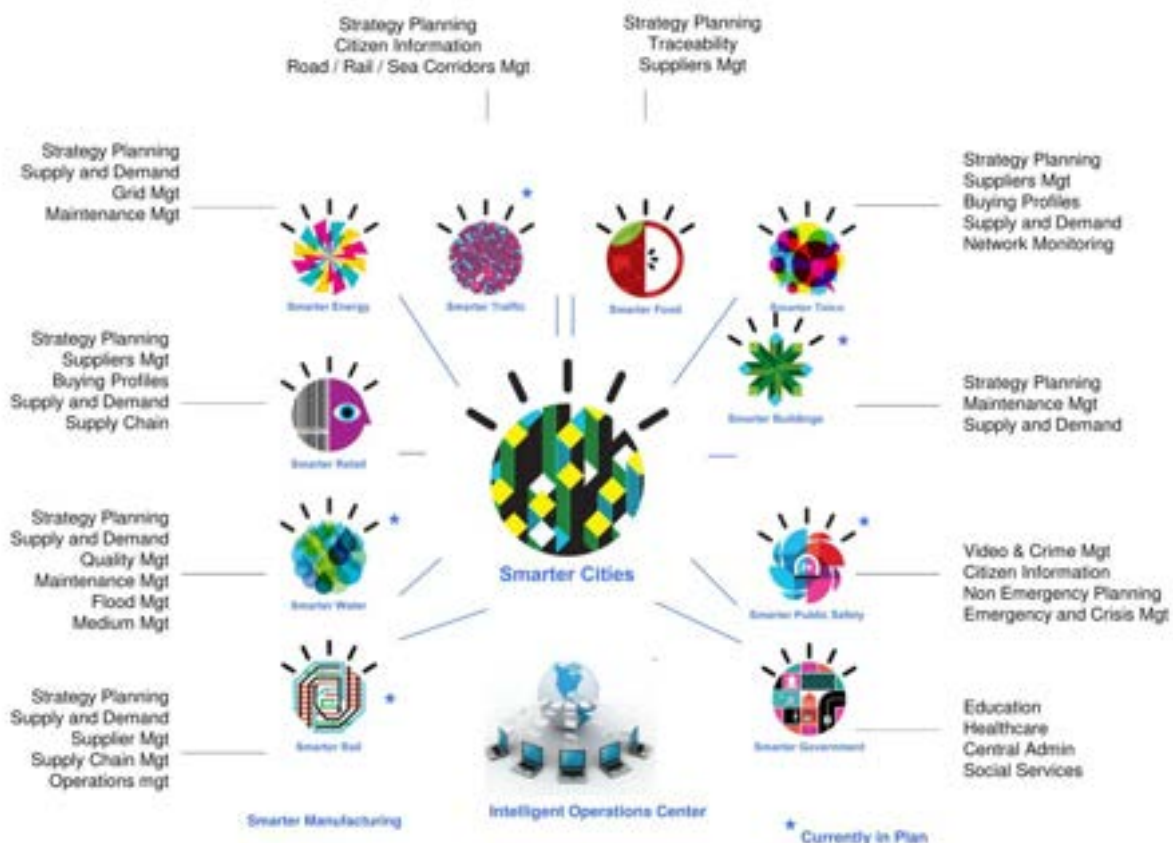


Fig. 27 – Schema logico del sistema di monitoraggio.

2 L'APPLICAZIONE DI IOC-IBM PER LA GESTIONE DI SISTEMI ENERGETICI DISTRIBUITI

L' "Intelligent Operations Center" (IOC) è una soluzione sviluppata da IBM Industry Solutions Software per le Smart city che consente una visione generale di tutte le questioni relative ad un dato ambiente che potrebbe essere una città, un sistema d'acqua, un sistema di trasporto, un aeroporto, un ampio mondo produttivo aziendale ecc. La semplicità di utilizzo del Intelligent Operations Center consente all'utente di avere una comprensione piena di un problema o un potenziale problema in termini di "che cosa", "dove", "chi", "perché". Ad esempio il sistema di "Intelligent Transportation", raccogliendo ed organizzando le informazioni relative alle reti del traffico consente di ricreare un sistema informativo centralizzato denominato "Traffic Information Hub" che permette di pianificare in maniera ottimale le reti di trasporto in relazione ad eventi che si possono verificare sul territorio; il sistema "Intelligent Water" consente di ottimizzare la gestione delle infrastrutture di gestione delle acque, sempre più essenziali per la vita urbana, evitando sprechi e malfunzionamenti.

Per comprendere meglio l'utilità dei sistemi intelligenti di gestione è necessario considerare cosa sia veramente la città e cosa sia una "Smart City". Una città è un insieme di individui che hanno scelto di vivere e lavorare insieme nella convinzione che la loro produzione combinata sarà superiore alla somma di quella dei singoli individui presi separatamente. La coesione urbana infatti facilita notevolmente l'interazione tra persone e imprese, a vantaggio di entrambe le parti nel processo nella gestione dei servizi pubblici. Una "Smart City" è il modello su cui indirizzare l'evoluzione dei nostri nuclei urbani, verso una città capace di soddisfare le proprie esigenze sociali, commerciali ed ambientali, ottimizzando le risorse di cui dispone per il bene dei suoi cittadini. Questo attraverso sistemi avanzati per la gestione dell'energia, della pubblica sicurezza, dell'edilizia, delle risorse idriche, dei sistemi di trasporto, delle telecomunicazioni che consentano di migliorare l'efficienza nella gestione delle risorse riducendo gli sprechi.



Le città attuali sono basate su domini separati che non consentono una gestione della città come un unico organismo in quanto i sistemi sono specifici del dominio e non tengono conto delle interferenze tra i diversi domini e delle conseguenze di un evento sui diversi domini. Non esiste quindi un unico centro informativo capace di raccogliere in tempo reale le numerosissime informazioni che vengono generate quotidianamente nelle città e di estrarne informazioni significative per la pubblica amministrazione.

Molte azioni nelle città attuali si basano sulla teoria della contingenza la quale sostiene che non esiste un unico modo ottimale per prendere le decisioni ma che queste siano variabili in funzione delle situazioni esterne. Inoltre la capacità di comprendere le conseguenze di certe azioni e di utilizzare workflow predeterminati spesso manca nelle nostre città, mentre per consentire uno sviluppo positivo è fondamentale adottare un sistema che consenta di valutare gli esiti delle scelte da intraprendere, facilitando l'adozione di quelle positive. È necessario adottare un sistema improntato sulle 4 E:

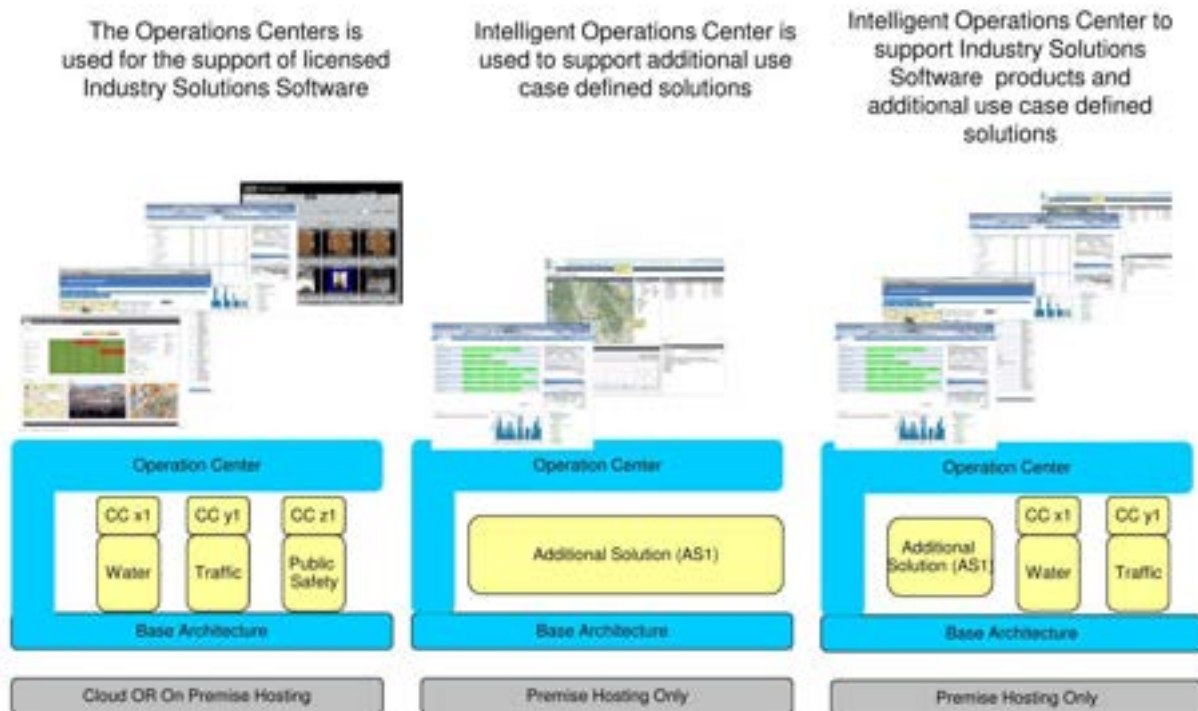
- Efficiency, efficienza nell'utilizzo delle risorse
- Effectiveness, efficacia nel raggiungimento degli obiettivi fissati
- Economic, economia di gestione
- Environment, per la minimizzazione degli effetti nocivi sull'ambiente

L'adozione di una gestione Smart può portare notevoli benefici a una città, in qualsiasi situazione: che si tratti di un nucleo di nuova costruzione in cui sia necessaria un'attenta pianificazione iniziale per garantire una struttura ottimale per gli sviluppi futuri, di un nucleo in evoluzione da centro industriale a centro di servizi per la delocalizzazione di attività produttive, di un nucleo affetto da problematiche irrisolvibili come l'inquinamento e la congestione, di un nucleo che cerchi di applicare nel modo più coerente fondi

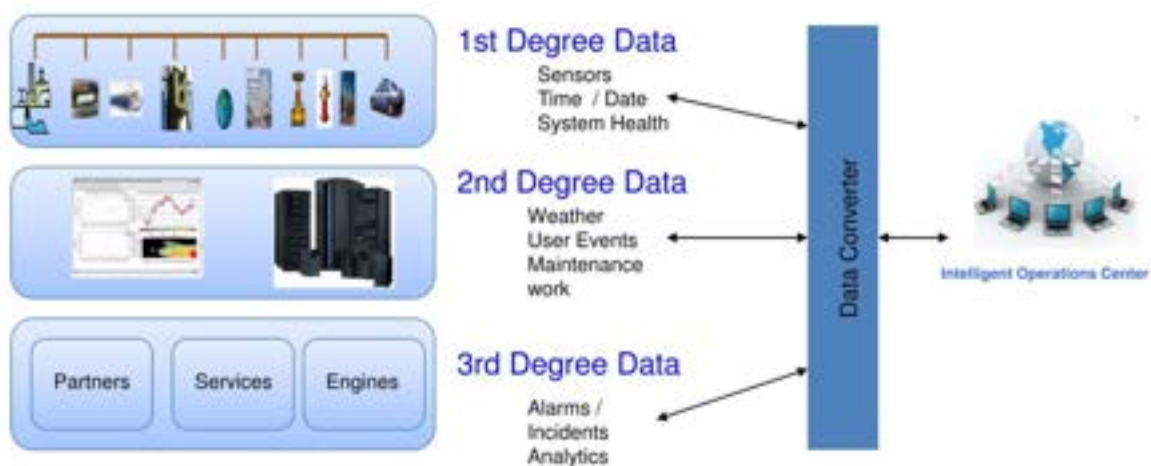
straordinari per lo sviluppo, di un nucleo che si prepari ad un evento rilevante come le olimpiadi o ad eventi calamitosi previsti.

A tal scopo la struttura dell'IOC può essere adattata in funzione delle caratteristiche del sistema analizzato, adattandosi alle specifiche soluzioni locali. Il software inoltre può essere implementato attraverso tool già esistenti come "Intelligent Transportation" e "Intelligent Water" o in fase di sviluppo.

Industry Solutions Software Products, Possible Configurations

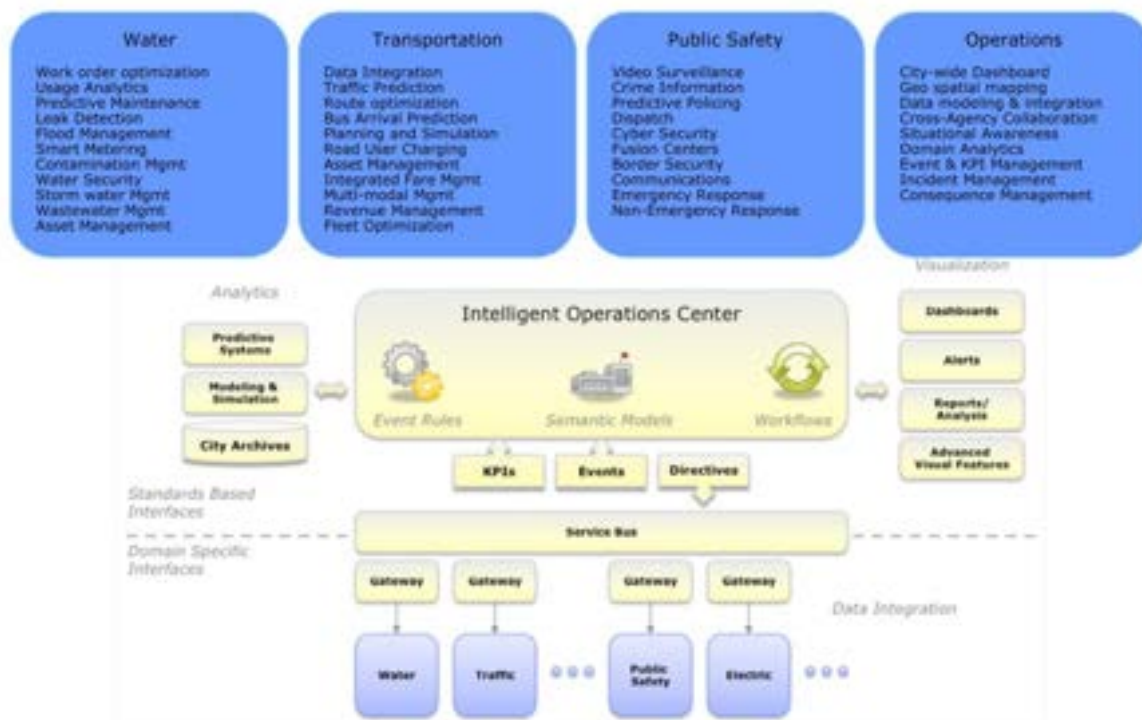


L'IOC permette di ricreare un punto centrale unico per la gestione delle informazioni presenti nei singoli domini individuali. Il potere di IOC è nel cuore della sua struttura di gestione dei dati, capace di organizzare le informazioni su diversi livelli e di collegarle mediante complessi sistemi di mappatura.



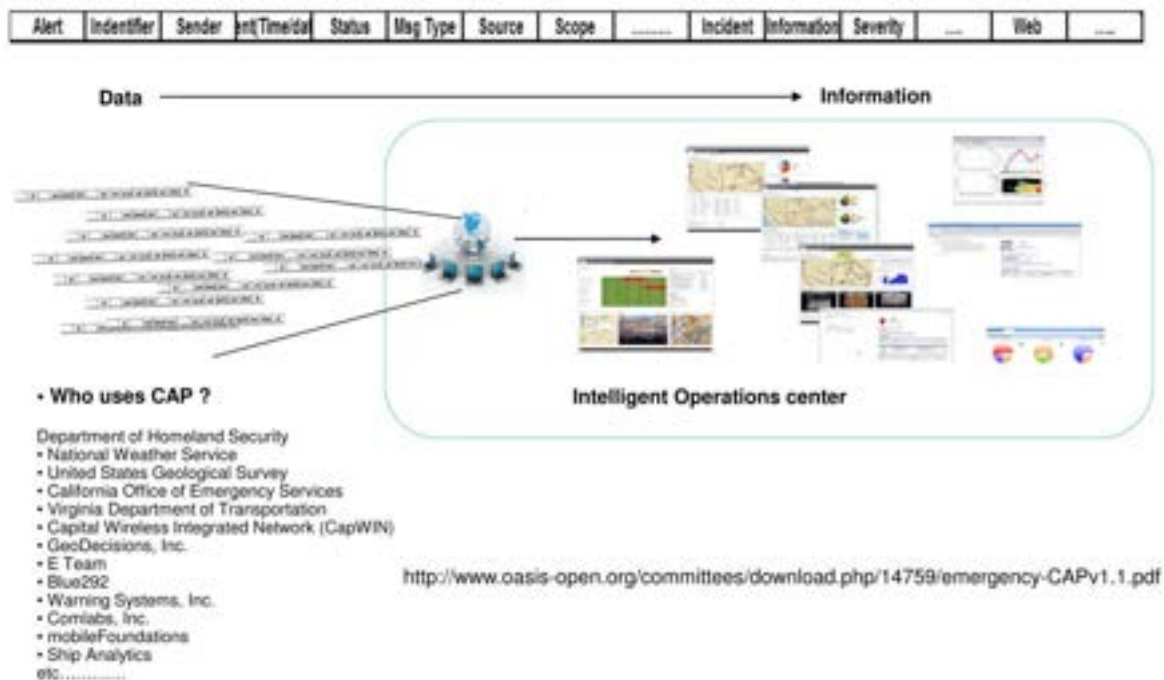
In tal modo l'IOC permette di

- fornire informazioni chiave per le decisioni di business,
- di organizzare in maniera sinergica dati provenienti da diverse fonti al fine di garantire informazioni chiare e precise ai diversi operatori del dominio,
- avere una visione approfondita e dettagliata delle informazioni di dominio mediante dati coerenti, accurati e immediati,
- fornire un'interfaccia di facile utilizzo per l'accesso al dominio
- consentire una esercizio del dominio tramite modelli di gestione del lavoro di business



I componenti base del software sono l'informazione ed il monitoraggio sugli incidenti, l'informazione ed il report sulla situazione aggiornata in tempo reale, la collaborazione in tempo reale, l'abilitazione cloud.

La struttura fondamentale di elaborazione dati del Centro intelligente Operations si basa sugli standard internazionali del "common alert protocol" (CAP). Il Common Alert Protocol è un sistema adottato da diverse amministrazioni che permette di gestire con consapevolezza le azioni di emergenza, per garantire un'efficiente risposta alle situazioni critiche attraverso informazioni dettagliate e geo-localizzate che consentano l'adozione di scelte esatte. Consideriamo per esempio il caso in cui si abbia un incendio in una porzione di città in cui gli idranti pubblici siano fuori servizio per opere di manutenzione straordinaria, in tal caso il common alert protocol consentirà, nel momento in cui si verifichi l'emergenza, di avere in tempo reale informazioni sullo stato delle infrastrutture e consentirà quindi ai pompieri di scegliere l'attrezzatura più idonea alle situazioni d'intervento. In assenza di un sistema capace di collegare informazioni provenienti da diverse agenzie quali l'ente incaricato della manutenzione delle reti ed i vigili del fuoco, l'azione di soccorso sarebbe stata meno efficace in quanto meno informata sullo scenario di intervento. L'organizzazione delle informazioni per categorie e l'informatizzazione geo-localizzata consente un immediato confronto tra dati differenti per una corretta gestione delle emergenze.



Il sistema si compone di varie finestre che possono consentire sia una visione geografica mediante “map viewer” una mappa con informazioni geolocalizzate che una visione delle informazioni in tempo reale in forma testuale dettagliata mediante il “city status”. Alla schermata principale si aggiungono schermate secondarie: “alert views” una finestra di allarme che costituisce gli occhi e le orecchie del sistema riportando informazioni urgenti in tempo reale, una finestra di “instant messaging” che consente di scambiare informazioni con altri utenti anche attraverso la creazione di gruppi di esperti abbattendo le

barriere tra i diversi settori, “drill down” una finestra di ricerca per ottenere informazioni di dettaglio su uno specifico dominio .

Tutte le informazioni possono inoltre essere facilmente esportate in formato html o CSV per successive lavorazioni anche mediante altri software, mentre il sistema può essere consultato sia mediante desktop che mediante smartphone.

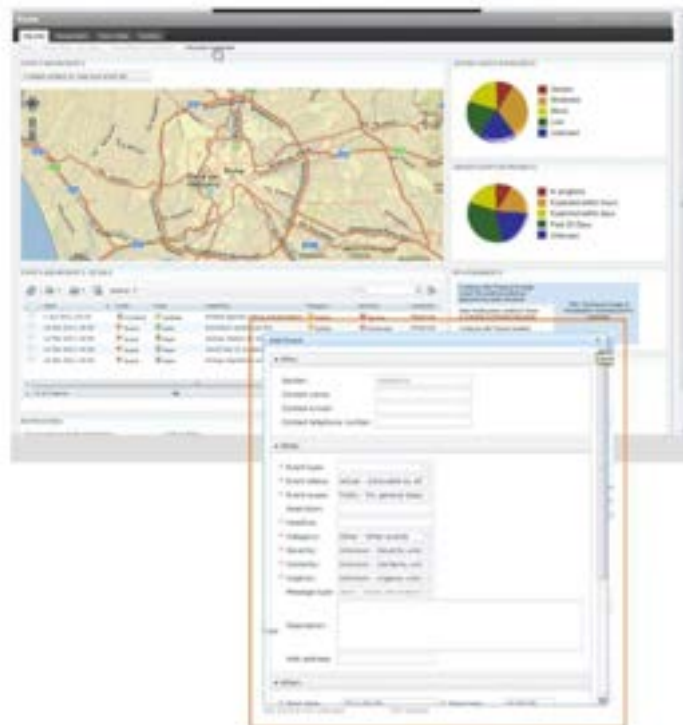


Tutte le informazioni disponibili inoltre sono organizzate mediante moduli “evento” organizzati secondo i campi “dove”, “chi”, “quando” e “come” per una più rapida ed immediata consultazione da parte degli utenti.

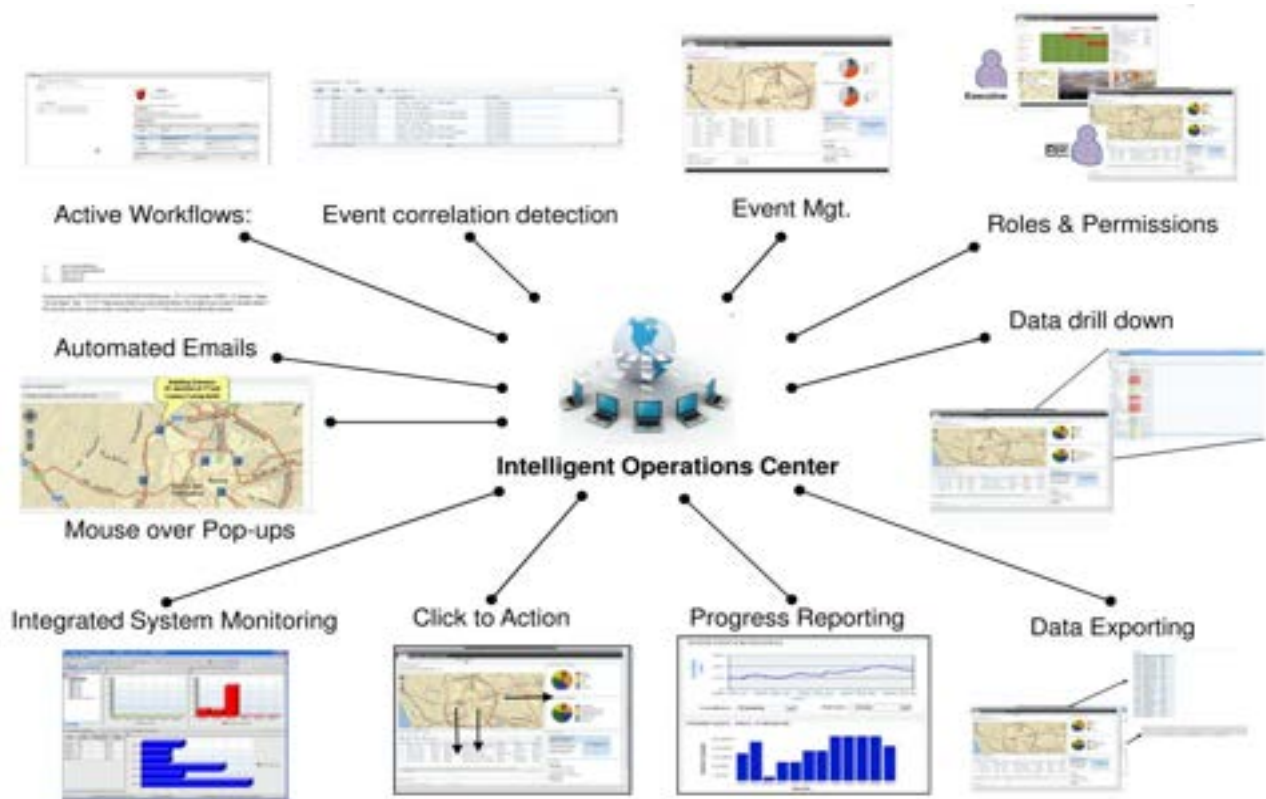
Esistono inoltre dei comandi che consentono, nel caso di un’informazione sbagliata generata dall’errore di un operatore, di dare il via ad “active Workflow “ predefinito, che consente l'accesso alle informazioni contestuali agli operatori tramite link web integrati al sistema avanzato per convalidare le loro decisioni.

Nel workflow possono essere attivate anche avvisi di notifica e-mail automatici.

In conclusione l’IOC è una soluzione completamente integrata, dotata di strutture di supporto, casi d’uso completamente testati e guide di programmazione documentate.



In questa figura rappresentiamo il riepilogo delle funzioni di IBM IOC



IOC E L'ENERGIA

Considerando le caratteristiche di duttilità di IOC, la Sapienza ne esplora le potenzialità con le applicazioni per le smart grid e la generazione distribuita dell'energia. Lo sviluppo del piano energetico della Sapienza e la sua trasformazione in isole energetiche si sta avviando ormai alla conclusione in merito agli aspetti hardware, cioè alla realizzazione delle centrali di cogenerazione e il completamento dell'anello di teleriscaldamento a fronte di interventi già significativamente operativi come il fotovoltaico della palazzina delle segreterie generali e la centrale di rigenerazione di farmacologia.

In questa fase di avanzamento, il premio IBM si sposa perfettamente con la necessità di sviluppare la parte di gestione, controllo e tuning del sistema complesso che si verrà così a creare e che porterà il sistema energetico di Sapienza ad essere uno dei più avanzati al mondo in termini di efficienza, gestione e ottimizzazione, con evidenti vantaggi ambientali ed economici.

Tra le potenzialità di IOC, che si configura come uno strumento informatico che produce messaggi di alert per un operatore decisionale, le applicazioni per l'energia risultano interessanti e propedeutiche allo sviluppo di un sistema di gestione articolato e soprattutto autonomo sulla base delle logiche che vengono impostate dagli operatori. In questa fase IOC si limita a produrre una reportistica attraverso Key Performance Indicator (KPI) che sono costruiti sulla logica padre-figlio per risalire lungo un albero genealogico fino ad arrivare al segnale di ingresso che si distingue per essere un messaggio di tipo CAP (Common Allert Protocol). Già in questa fase si delinea quindi la prima problematica nello sviluppo del sistema: la necessità di importare messaggi di tipo CAP a partire dalla sensoristica a bordo dei sistemi energetici.

Definiti i segnali in ingresso, nella fattispecie i valori di potenza prelevati dalle macchine ed etichettati con un riferimento temporale, questi vengono raccolti e archiviati sul database interno per essere rielaborati e recuperati al fine di generare dei KPI ai quali assegnare dei valori di riferimento come elemento di valutazione di una data situazione; facciamo un esempio: il consumo di una struttura nel suo utilizzo normale avrà una banda di oscillazione contenuta attorno ad un valore medio con una certa distribuzione. Nel momento in cui ci si allontana dai valori di distribuzione di riferimento, IOC produrrà un segnale di alert modificando sul monitor dell'operatore predisposto il segnale da verde a giallo o rosso in base alla variazione apportata al valore di riferimento impostato. Se ad esempio è avvenuto un picco di consumo dovuto ad un assorbimento temporaneo che però può propagare eventi conseguenti si potrà associare al KPI un valore giallo, mentre se il disturbo introdotto causa eventi istantanei si potrà associare un valore rosso. Nell'istante di estinzione del disturbo, con il ripristino dei valori di riferimento, il KPI tornerà a presentare l'indice di riferimento, contraddistinto dal colore verde. Si può così introdurre la problematica di ordine superiore nello sviluppo di un dispositivo di gestione siffatto: la corretta definizione dei KPI, perché saranno questi a rappresentare la situazione monitorata.

In realtà così come è a tutt'oggi strutturato, l'IOC termina le sue utilità perché si limita a generare dei valori di riferimento che dovranno essere monitorati da apposito operatore e che sarà il soggetto che dovrà mettere in atto le azioni per il ripristino delle condizioni di normalità. Le potenzialità di IOC non si limitano però a questo livello perché consente di inserire e costruire su questa base sia dei processi di ottimizzazione, attraverso il tool C-PLEX, sia dei processi di verticalizzazione che consentiranno allo strumento software di agire in luogo dell'operatore.

La verticalizzazione sarà la futura fase di sviluppo dell'IOC.

La definizione dei KPI viene così ad essere, insieme al sistema di acquisizione dati, la scelta fondamentale per l'implementazione di un sistema completamente automatico di gestione per la realizzazione della smart grid.

IOC E LA SAPIENZA

La smart grid energetica della Sapienza è il luogo di elezione per la sperimentazione dell'IOC ai fini energetici.

L'ambizioso piano consiste delle seguenti fasi:

1. Sperimentazione IOC su micro grid CUS Tor di Quinto
2. Sviluppo sistema di acquisizione dati sensori per conversione in messaggio CAP da implementare ad IOC
3. Sviluppo KPI per la Città Universitaria
4. Ottimizzazione dei KPI attraverso l'uso del tool C-PLEX
5. Sviluppo soluzioni di verticalizzazione per l'automazione delle logiche di gestione della smart grid energetica
6. Ulteriore applicazione di IOC per altri elementi di interesse della città universitaria, come gestione dell'acqua, della mobilità e della sicurezza interna

La sperimentazione di IOC sulla micro grid del CUS di Tor di Quinto consiste nell'approcciare l'utilizzo di IOC ad un sistema energetico relativamente complesso e suscettibile di integrazioni e che viene caratterizzato dalla presenza di elementi di produzione e di consumo energetico, così come descritto nello specifico capitolo. In questa fase si sperimenta l'acquisizione dati, lo sviluppo dei KPI e la loro analisi di significatività. La parte successiva di questo report è proprio il resoconto di questa attività.

La successiva applicazione consiste nello sviluppo di applicazioni per l'interfaccia tra hardware e software, cioè nel dispositivo informatico per l'acquisizione dei dati provenienti dai sensori di tutti i punti energetici della Sapienza al fine di produrre i messaggi CAP da dare all'IOC. Questa fase è particolarmente delicata perché si rende necessario definire anche i tempi di acquisizione delle grandezze interessate: il sistema risulta essere "near – real time", perché i segnali vengono campionati con una discretizzazione che dovrà essere tale da non perdere significato nella descrizione del fenomeno interessato.

La definizione dei KPI richiederà un'analisi di tutti i possibili segnali di acquisizione e lo sviluppo di elementi di reportistica che dovranno rispondere ad esigenze di controllo, sia per l'operatore predisposto al monitoraggio che per le eventuali applicazioni di controllo automatico da dover implementare successivamente (la cosiddetta verticalizzazione). I KPI verranno prodotti sulla base del monitoraggio istantaneo, con medie mobili o su periodi più estesi in base al tipo di grandezza che viene monitorata, all'analisi che vuole essere condotta, alla ricerca applicata che viene eseguita. Con questi strumenti sarà

possibile capire il funzionamento delle isole, i valori di autoproduzione, i valori di consumo e condurre le analisi per predisporre eventuali interventi, sia istantanei che strutturali.

Lo sviluppo delle verticalizzazioni sarà poi la seconda fase della ricerca applicata tra Sapienza e IBM: sviluppare il controllo dalla base di un sistema già collaudato di monitoraggio.

I risultati finali attesi sono senza dubbio di altissimo profilo proprio nell'ottica delle 4E (efficienza, efficacia, economia e environment) e consentiranno di avere probabilmente la smart grid energetica più avanzata in Europa.

IOC E LA MICRO GRID DEL CUS

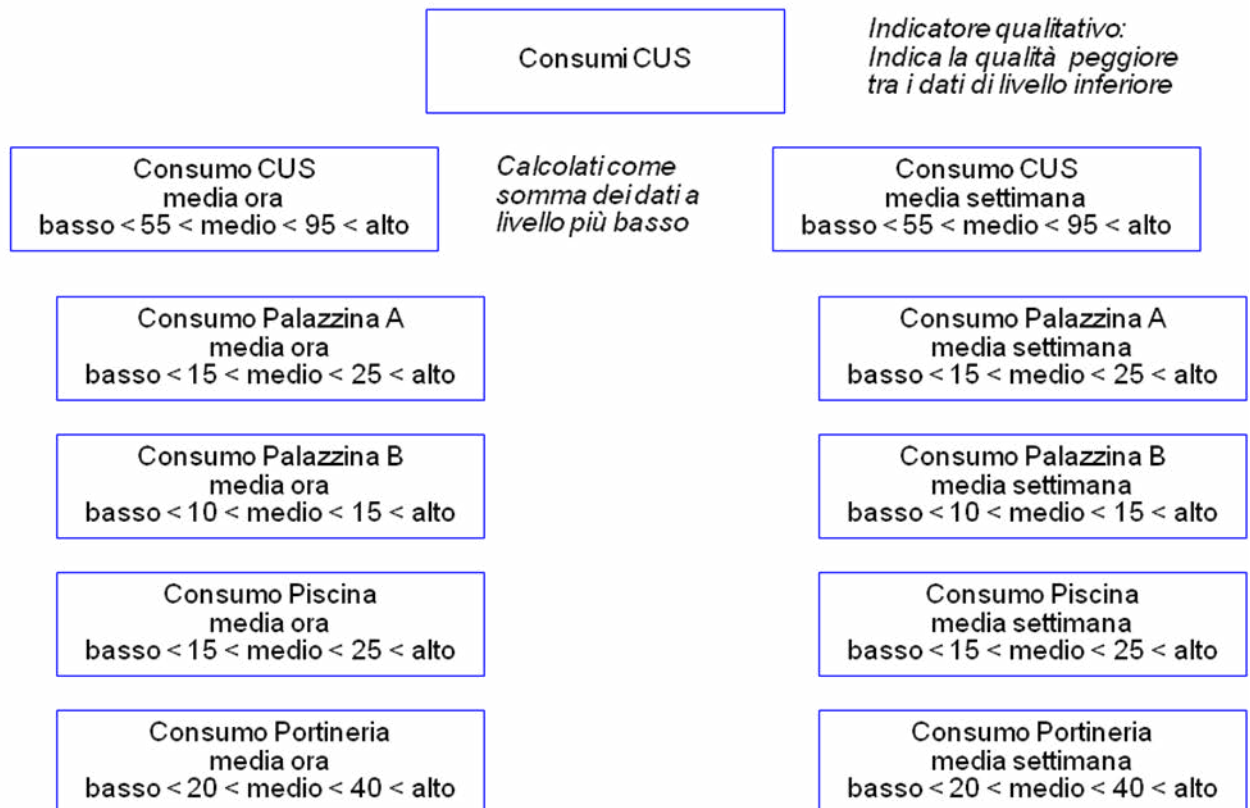
- Il sottosistema di KPI inserito all'interno di IBM Intelligent Operations Center permette di avere a disposizione una visualizzazione grafica dello stato del sistema sotto osservazione e delle sue componenti
- I valori dei KPI vengono aggiornati costantemente man mano che pervengono le misure dei sensori sul campo

IOC definisce una struttura ad "albero" dei KPI.

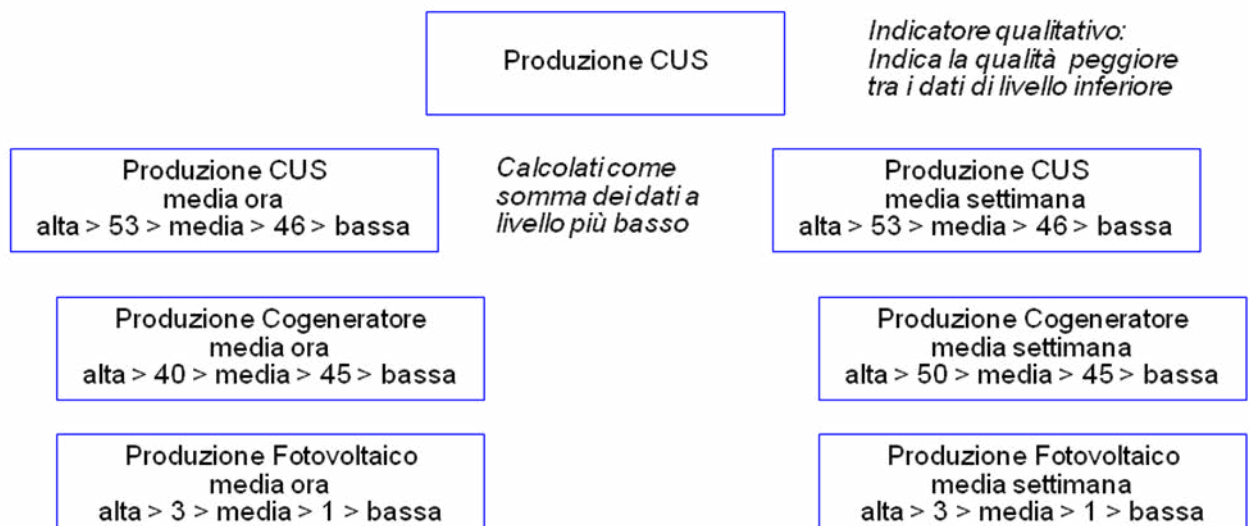
Di seguito si rappresenta il sistema funzionale del monitoraggio del bilancio elettrico del CUS Roma

- Punti di misura
 - Consumo elettrico
 - Palazzina A
 - Palazzina B
 - Piscina
 - Portineria
 - Produzione elettrica
 - Cogeneratore
 - Fotovoltaico
- Osservazione della media mobile oraria e settimanale di consumo e produzione dei singoli punti di misura
- Osservazione della media mobile oraria e settimanale del consumo e della produzione complessiva
- Osservazione della media mobile oraria e settimanale del bilancio elettrico come differenza dei dati del punto precedente

KPI Consumo elettrico



KPI Produzione elettrica



Di seguito si riportano come titolo di esempio i dati acquisiti dal sistema di monitoraggio relativi al giorno 21 febbraio 2012 dalle ore 10 alle 14. Per ogni campionamento si legge la data, l'ora, il valore in kW e il periodo di campionamento.

Cogeneratore:

2012-02-21T10:01:56	54.9	340
2012-02-21T10:05:11	54.8	200
2012-02-21T10:08:11	54.8	180
2012-02-21T10:11:12	55.3	180
2012-02-21T10:19:57	54.8	530
2012-02-21T10:23:11	54.9	190
2012-02-21T10:26:11	54.7	180
2012-02-21T10:29:11	54.9	180
2012-02-21T10:32:12	54.8	180
2012-02-21T10:35:11	54.8	180
2012-02-21T10:38:11	55.1	180
2012-02-21T10:41:11	55.2	180
2012-02-21T10:49:56	55.0	530
2012-02-21T10:53:12	54.8	200
2012-02-21T10:56:12	54.9	180
2012-02-21T11:01:56	55.4	340
2012-02-21T11:05:12	54.8	200
2012-02-21T11:08:11	55.2	180
2012-02-21T11:11:12	54.9	180
2012-02-21T11:19:56	54.7	520
2012-02-21T11:23:12	55.0	200
2012-02-21T11:26:12	55.4	180
2012-02-21T11:31:57	55.1	350
2012-02-21T11:35:12	54.9	200
2012-02-21T11:38:11	54.9	180
2012-02-21T11:41:12	54.9	180
2012-02-21T11:46:56	54.9	340
2012-02-21T11:50:11	54.8	200
2012-02-21T11:53:12	55.0	180
2012-02-21T11:56:11	55.0	180
2012-02-21T12:01:56	54.8	350
2012-02-21T12:05:11	54.6	200
2012-02-21T12:08:11	55.4	180
2012-02-21T12:11:11	55.1	180
2012-02-21T12:16:56	54.7	350
2012-02-21T12:20:11	55.0	200
2012-02-21T12:23:12	54.7	180
2012-02-21T12:26:11	55.0	180
2012-02-21T12:31:57	55.3	350
2012-02-21T12:35:11	55.3	190
2012-02-21T12:38:11	55.1	180
2012-02-21T12:41:11	54.6	180

2012-02-21T12:49:56	54.7	530
2012-02-21T12:53:12	54.7	200
2012-02-21T12:56:12	55.0	180
2012-02-21T13:01:57	54.8	350
2012-02-21T13:05:11	54.8	190
2012-02-21T13:08:11	54.9	180
2012-02-21T13:11:11	55.2	180
2012-02-21T13:19:57	55.0	530
2012-02-21T13:23:11	55.0	190
2012-02-21T13:26:11	55.0	180
2012-02-21T13:31:56	55.3	350
2012-02-21T13:35:11	55.0	200
2012-02-21T13:38:12	54.9	180
2012-02-21T13:41:11	55.1	180
2012-02-21T13:49:57	55.1	530
2012-02-21T13:53:12	54.5	200
2012-02-21T13:56:11	34.4	180
2012-02-21T13:59:12	54.7	180

Fotovoltaico

2012-02-21T10:01:24	1,29	300
2012-02-21T10:06:24	1,08	300
2012-02-21T10:11:24	1,18	300
2012-02-21T10:16:25	1,53	300
2012-02-21T10:21:24	1,83	300
2012-02-21T10:26:25	1,94	300
2012-02-21T10:31:24	1,99	300
2012-02-21T10:36:24	1,97	300
2012-02-21T10:41:24	2,25	300
2012-02-21T10:46:24	2,28	300
2012-02-21T10:51:24	2,29	300
2012-02-21T10:56:24	2,24	300
2012-02-21T11:01:25	2,41	300
2012-02-21T11:06:25	2,45	300
2012-02-21T11:11:24	2,66	300
2012-02-21T11:16:24	2,65	300
2012-02-21T11:21:25	2,84	300
2012-02-21T11:26:25	2,68	300
2012-02-21T11:31:24	2,79	300
2012-02-21T11:36:24	2,98	300
2012-02-21T11:41:25	2,98	300
2012-02-21T11:46:24	2,98	300
2012-02-21T11:51:24	2,86	300
2012-02-21T11:56:24	2,78	300
2012-02-21T12:01:25	3,01	300
2012-02-21T12:06:24	3,12	300
2012-02-21T12:11:24	3,09	300
2012-02-21T12:16:25	3,09	300
2012-02-21T12:21:24	3,10	300
2012-02-21T12:26:24	3,09	300
2012-02-21T12:31:25	3,1	300

2012-02-21T12:36:24	3,09	300
2012-02-21T12:41:25	3,09	300
2012-02-21T12:46:24	3,09	300
2012-02-21T12:51:25	3,09	300
2012-02-21T12:56:24	3,09	300
2012-02-21T13:01:24	3,08	300
2012-02-21T13:06:24	3,02	300
2012-02-21T13:11:24	3,03	300
2012-02-21T13:16:25	3,03	300
2012-02-21T13:21:24	3,01	300
2012-02-21T13:26:24	3,01	300
2012-02-21T13:31:24	2,85	300
2012-02-21T13:36:25	2,79	300
2012-02-21T13:41:24	2,93	300
2012-02-21T13:46:24	2,92	300
2012-02-21T13:51:25	2,88	300
2012-02-21T13:56:29	2,82	300

Palazzina A

2012-02-21T10:07:11	9.240	600
2012-02-21T10:17:11	9.180	600
2012-02-21T10:27:11	9.150	600
2012-02-21T10:37:12	10.380	600
2012-02-21T10:47:12	10.050	600
2012-02-21T10:57:11	10.260	600
2012-02-21T11:07:11	9.870	600
2012-02-21T11:17:12	9.750	600
2012-02-21T11:27:11	11.100	600
2012-02-21T11:37:11	9.840	600
2012-02-21T11:46:56	9.780	590
2012-02-21T11:57:11	9.720	620
2012-02-21T12:07:12	9.990	600
2012-02-21T12:16:56	9.900	580
2012-02-21T12:27:11	8.880	620
2012-02-21T12:37:12	10.110	600
2012-02-21T12:47:11	10.140	600
2012-02-21T12:57:11	10.050	600
2012-02-21T13:07:11	10.230	600
2012-02-21T13:17:11	10.080	600
2012-02-21T13:27:11	9.990	600
2012-02-21T13:37:11	10.170	600
2012-02-21T13:47:12	9.060	600
2012-02-21T13:57:11	8.970	600

Palazzina B

2012-02-21T10:03:11	6.180	600
2012-02-21T10:13:11	5.940	600
2012-02-21T10:23:12	5.730	600

2012-02-21T10:33:11	5.640	600
2012-02-21T10:43:11	7.140	600
2012-02-21T10:53:12	5.850	600
2012-02-21T11:03:11	6.690	600
2012-02-21T11:13:11	7.020	600
2012-02-21T11:23:12	6.690	600
2012-02-21T11:33:11	6.630	600
2012-02-21T11:43:11	6.480	600
2012-02-21T11:53:12	19.740	600
2012-02-21T12:03:11	6.570	600
2012-02-21T12:13:11	6.240	600
2012-02-21T12:23:12	6.030	600
2012-02-21T12:33:11	8.430	600
2012-02-21T12:43:11	8.100	600
2012-02-21T12:53:12	9.390	600
2012-02-21T13:03:11	9.150	600
2012-02-21T13:13:12	9.240	600
2012-02-21T13:23:12	5.820	600
2012-02-21T13:33:12	7.140	600
2012-02-21T13:43:12	6.990	600
2012-02-21T13:53:12	7.320	600

Piscina

2012-02-21T10:05:11	14.700	600
2012-02-21T10:15:11	14.820	600
2012-02-21T10:25:11	15.480	600
2012-02-21T10:35:12	14.760	600
2012-02-21T10:45:11	14.760	600
2012-02-21T10:55:12	14.760	600
2012-02-21T11:05:12	14.100	600
2012-02-21T11:15:11	14.250	600
2012-02-21T11:25:11	15.150	600
2012-02-21T11:35:12	14.310	600
2012-02-21T11:45:11	14.250	600
2012-02-21T11:55:11	14.460	600
2012-02-21T12:05:12	15.150	600
2012-02-21T12:15:11	14.490	600
2012-02-21T12:25:11	14.580	600
2012-02-21T12:35:12	14.460	600
2012-02-21T12:45:11	15.210	600
2012-02-21T12:55:12	15.150	600
2012-02-21T13:05:11	14.580	600
2012-02-21T13:15:11	14.640	600
2012-02-21T13:25:11	14.490	600
2012-02-21T13:35:11	15.390	600
2012-02-21T13:45:11	15.270	600
2012-02-21T13:55:11	14.460	600

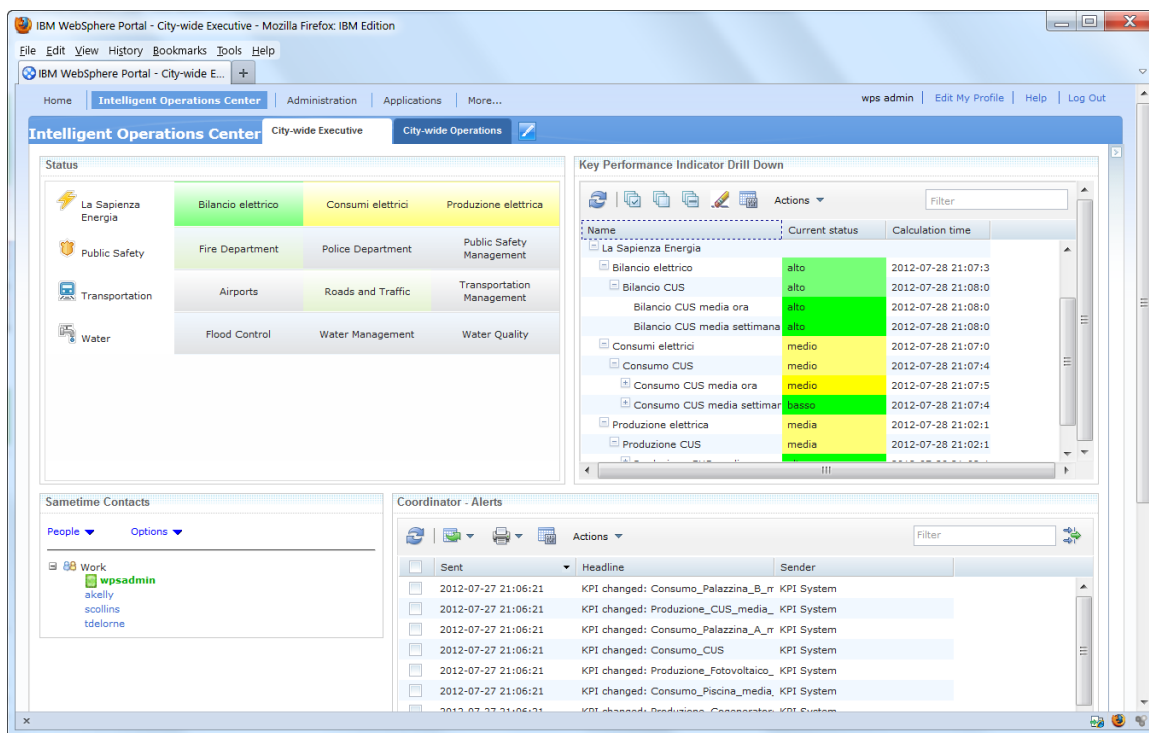
Portineria

2012-02-21T10:07:11	42.750	600
2012-02-21T10:17:11	42.250	600
2012-02-21T10:27:12	39.850	600
2012-02-21T10:37:12	46.950	600
2012-02-21T10:47:12	50.550	600
2012-02-21T10:57:11	53.100	600
2012-02-21T11:07:11	47.650	600
2012-02-21T11:17:12	49.750	600
2012-02-21T11:27:11	50.750	600
2012-02-21T11:37:11	35.350	600
2012-02-21T11:47:11	36.850	600
2012-02-21T11:57:11	41.100	600
2012-02-21T12:07:12	37.300	600
2012-02-21T12:17:11	38.500	600
2012-02-21T12:27:11	30.300	600
2012-02-21T12:37:12	35.850	600
2012-02-21T12:47:11	34.500	600
2012-02-21T12:57:11	30.700	600
2012-02-21T13:07:11	32.800	600
2012-02-21T13:17:11	28.900	600
2012-02-21T13:27:11	33.600	600
2012-02-21T13:37:12	33.200	600
2012-02-21T13:47:12	33.500	600
2012-02-21T13:57:11	37.300	600

Come si può vedere gli istanti di campionamento non corrispondono quasi mai, né tantomeno i periodi. Il sistema dei KPI ci viene incontro perché consente di monitorare non solo i valori istantanei, che in tal caso vengono a perdere parte della loro significatività nel contesto di non contemporaneità, ma le medie mobili, che acquistano invece la necessaria robustezza come indicatore del trend di consumo o produzione dei singoli elementi della micro grid del CUS.

IOC riceve questi dati e li elabora per aggiornare i KPI così come indicati sopra.

La schermata che si presenterà all'operatore sarà così:

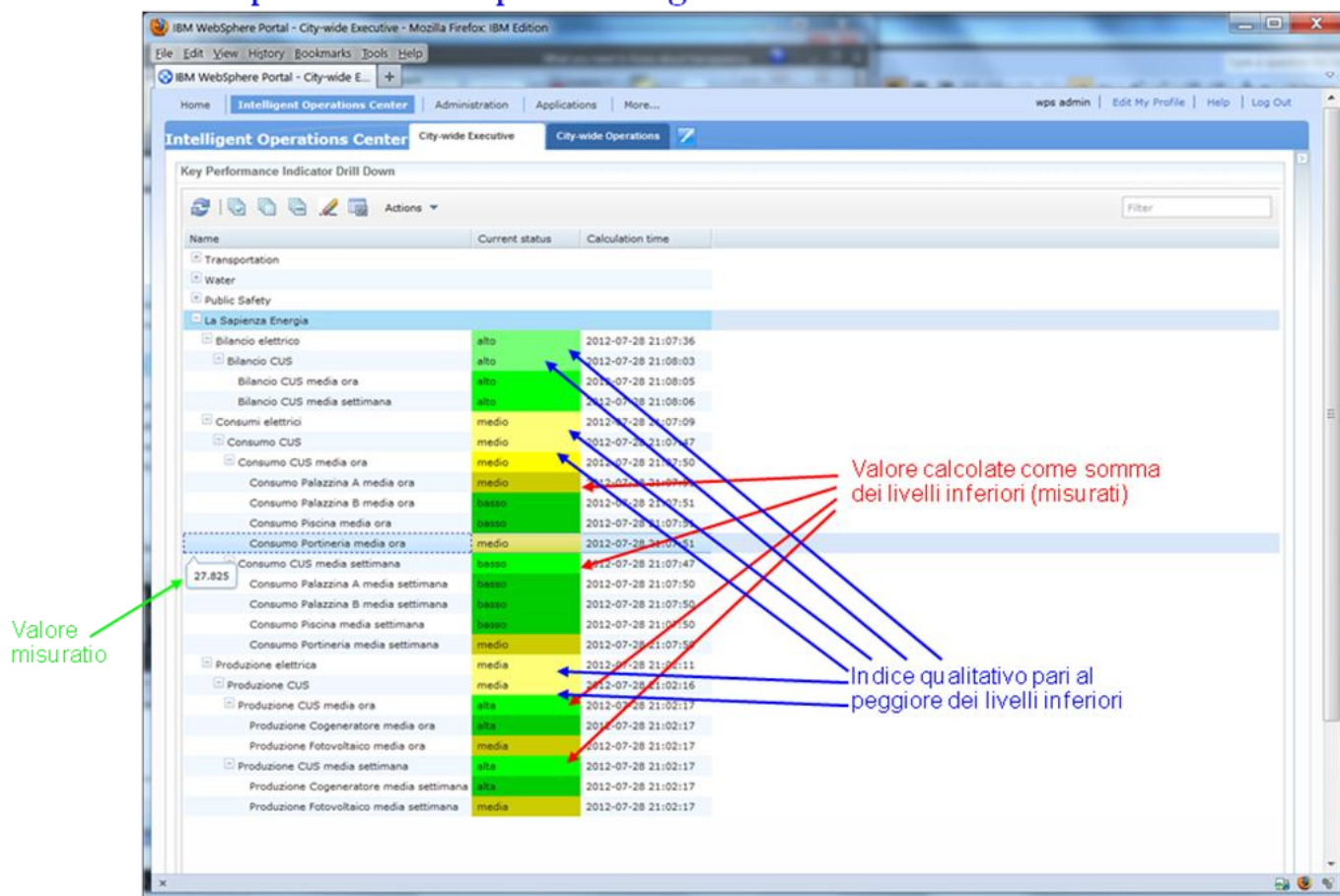


I riquadri più significativi sono quelli in alto.

In quello a sinistra c'è la rappresentazione sinottica dei KPI principali: bilancio, consumo e produzione, con un colore attribuito sulla base delle indicazioni impostate.

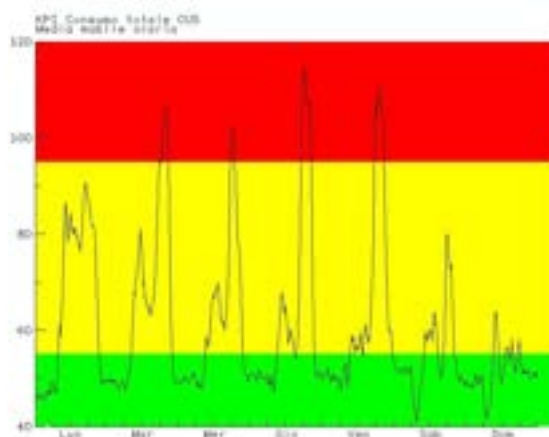
In quello a destra c'è il drill down dei KPI, di seguito allargato:

L'albero completo dei KPI per l'energia elettrica

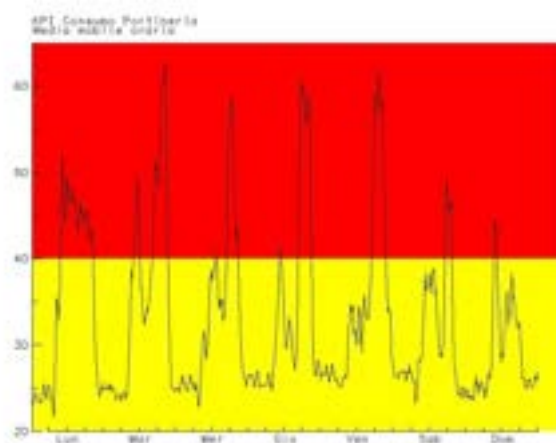
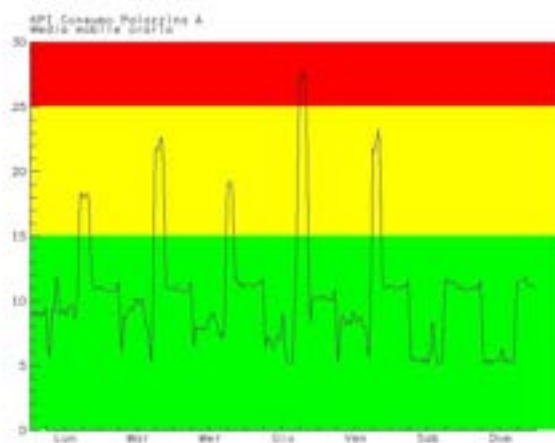
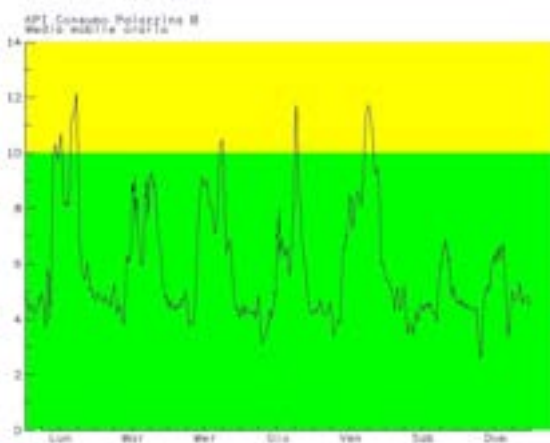
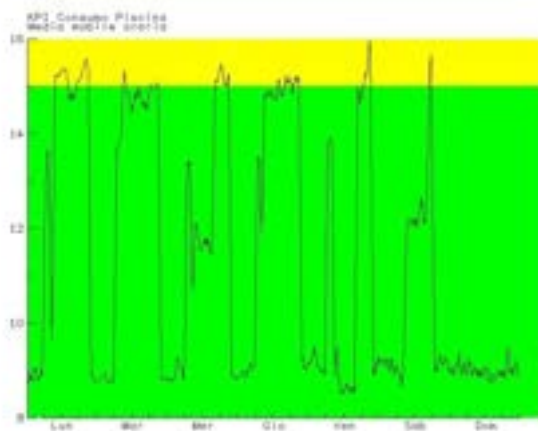


Come si può vedere, IOC fornisce un'indicazione dello stato dei KPI a partire da valori misurati, come il consumo della portineria evidenziato nella schermata, oppure come valore calcolato a partire dai livelli inferiori (la produzione o il consumo di tutto il centro) o attribuendo l'indice qualitativo sulla base dei livelli inferiori.

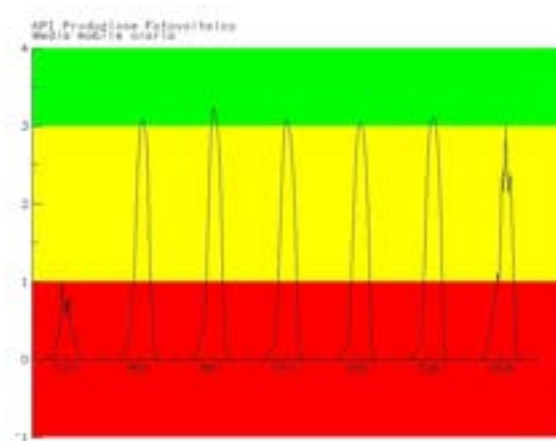
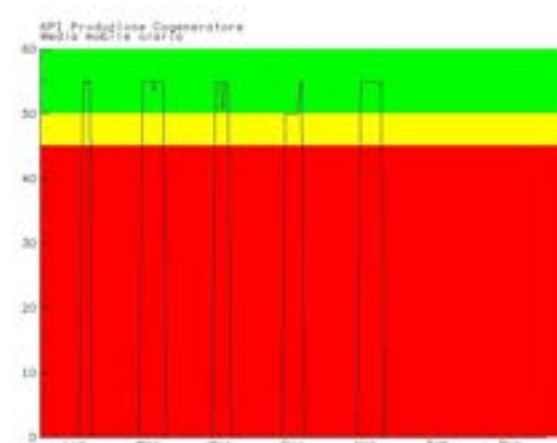
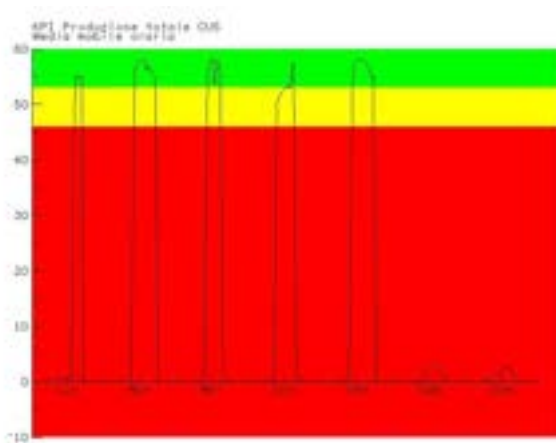
Di seguito si riportano i valori dei KPI relativi ad una settimana campione (le unità di misura sono i kW).



Nella prima figura si riporta il bilancio (produzione meno consumo), nella seconda il solo consumo.
Di seguito si rappresentano i consumi della piscina, della palazzina B, della palazzina A e della portineria



Infine si rappresenta la produttività dei sistemi energetici: produzione totale, produzione del cogeneratore e del fotovoltaico



CONCLUSIONI

Lo stato attuale di sviluppo del sistema IOC per la Sapienza consente di monitorare costantemente la smart grid del CUS in via Tor di Quinto.

Le analisi di sensitività del sistema sono ancora in corso e solo prossimamente la ricerca si muoverà lungo due direttrici principali:

1. L'ottimizzazione del sistema
2. L'estensione di IOC a tutta la rete della Sapienza

Una volta terminata questa fase si potrà accedere allo sviluppo del sistema per il controllo attivo della smart grid e per l'estensione ad ambiti di attività non solo energetici.

Il sistema dovrà poi essere completato nelle parti mancanti e in via di realizzazione (come il micro CHP) ed esteso all'analisi di altre grandezze che verranno monitorate come tutte le grandezze termiche. L'obiettivo finale sarà il monitoraggio di tutti gli aspetti energetici del laboratorio CUS Tor di Quinto come caso studio da estendere a sistemi energetici più complessi.

3 LOGICHE DI GESTIONE

Obiettivi e risultati prefissati

L'elaborazione dei criteri di gestione logica del sistema, in forza di opportuni indicatori chiave di prestazione e/o di processo (Key Performance Indicators), consentirà il raggiungimento dei prefissati risultati richiesti al sistema di gestione energetica (Energy Management System)

L'obiettivo è dotare il sistema di una propria intelligenza che gli consenta di gestire i flussi di energia dentro il sistema interno con l'intento di utilizzare criteri di priorità e precedenza che consentano di privilegiare alcuni aspetti rispetto ad altri (come ad esempio l'utilizzo di energie pulite e di sistemi a maggior efficienza) ottimizzando le tecniche di stoccaggio dell'energia e i tempi di risposta dei vari processi coinvolti

Ciò accadrà per fasi tramite vari livelli di perfezionamento che consentiranno progressivamente la verifica dell'attendibilità e la capacità del sistema di rispondere alle varie sollecitazioni.

Livelli di perfezionamento del sistema

I livelli di perfezionamento ipotizzati sono tre e risultano tarati sui tempi di risposta:

1. conoscenza approfondita del sistema e dei tempi di accensione, riscaldamento e funzionamento; definizione dei vari eventi con caratteristiche scatenanti per l'attuazione di processi previsti
2. capacità del sistema di reagire entro 5 minuti distinguendo eventi scatenanti corretti da eventi scatenanti correlati al processo con controllo dei tempi di attuazione dei processi previsti
3. capacità del sistema di prevedere l'evento scatenante, preallertarsi e reagire con attuazione dei processi previsti entro 5 minuti

Caratteristiche e criteri

Viste le premesse è bene riassumere le caratteristiche di contorno primarie, proprie del laboratorio energetico in argomento

Definizioni

Grandezze in ingresso: saranno le quantità di energia, comprensive delle loro proprietà caratteristiche, che il sistema acquisisce dall'esterno

Grandezze in uscita: saranno le quantità di energia, comprensive delle loro proprietà caratteristiche, che il sistema cede all'esterno

Valori ambientali: sono tutti i valori caratterizzanti la particolare situazione ambientale ed energetica nel momento esaminato, comprensivi dello storico dei medesimi valori su cui far riferimento per l'elaborazione di criteri proporzionali e/o integrali

Controlli di flusso: sono i sistemi demandati a restituire i valori propri delle energie, comprensive delle loro proprietà caratteristiche, durante il loro passaggio attraverso l'interno del sistema

Modulazione dei cicli: sono i sottosistemi di intelligenza e automazione propri di ciascuna apparecchiatura “intelligente” che opera autonomamente all’interno del sistema (PLC di ogni apparato tecnologico considerato) per svolgere il proprio ruolo tecnologico

Comandi e attuatori: sono gli organi di regolazione e controllo (servocomandi, interruttori, etc) che svolgono il ruolo di esecuzione e/o attuazione dei comandi stabiliti dall’elaborazione

Impianti, sistemi e apparati

Apparati di rilevamento dati energetici e ambientali: interni ed esterni

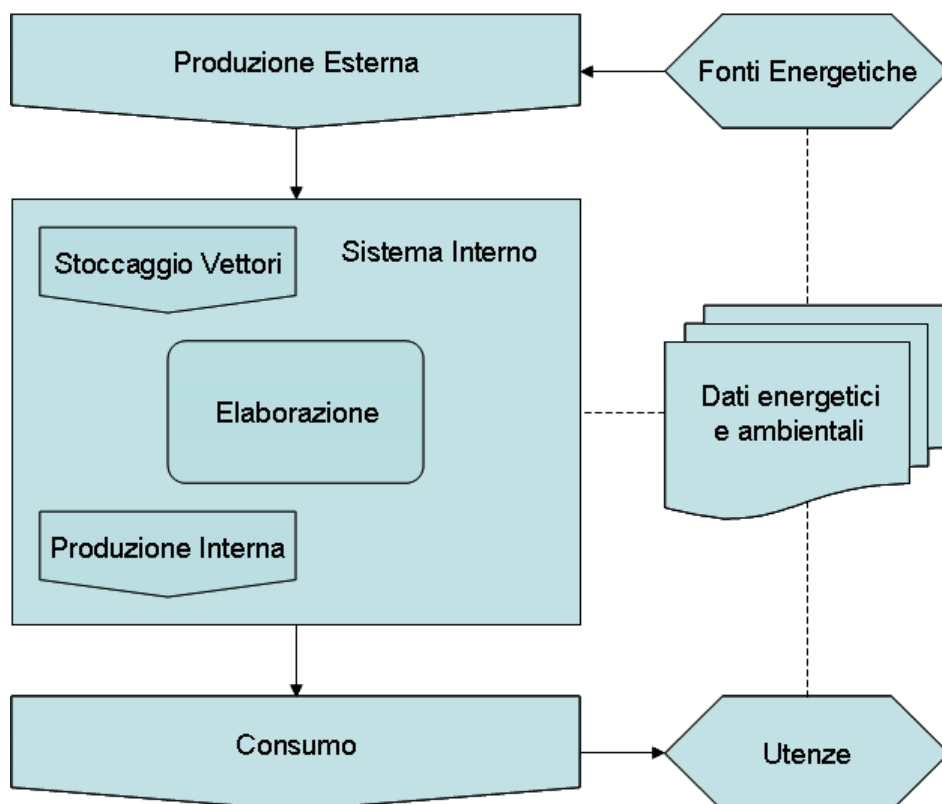
Apparati di produzione e integrazione dell’energia: esterni (e interni quali vettori energetici)

Sistemi di stoccaggio dell’energia: interni (vettori energetici)

Impianti di utenza per il consumo dell’energia: esterni (e ausiliari interni)

Sistemi di elaborazione e controllo: interni

Figura 1 - Schema di riferimento del sistema energetico



Tecnologie in esame

- Apparati di rilevamento dati energetici e ambientali:
 - Interni
 - Tensioni
 - Correnti

- Temperature vettori
- Pressioni
- Portate
- Emissioni
- Dati PLC secondari
- Esterni
 - Temperatura esterna
 - Umidità aria
 - Temperature ambienti
 - Temperatura acqua piscina
 - Radiazione solare
 - Temperatura pannelli
 - Velocità vento
 - Direzione vento
 - Velocità fiume
 - Temperatura fiume
- Apparati di produzione e integrazione dell'energia:
 - Esterni
 - impianto fotovoltaico di produzione di energia elettrica da fonte solare
 - impianto solare di produzione di energia termica da fonte solare
 - impianto microeolico ad asse verticale di produzione di energia elettrica da fonte eolica
 - impianto microidro di produzione di energia elettrica da acqua fluente
 - rete elettrica (soccorso): parallelo con Distributore locale
 - rete gas naturale (integrazione): punto di consegna da Distributore locale
 - Interni quali vettori energetici
 - impianto di produzione di idrogeno da elettrolisi
 - impianto di purificazione di idrogeno
 - impianto di miscelazione gas naturale e idrogeno (idrometano)
 - impianto di produzione combinata di energia elettrica ed energia termica (cogenerazione, CHP) alimentato a miscela idrometano
 - impianto di produzione di energia elettrica da cella a combustibile alimentato ad idrogeno (HFC)
 - impianto di produzione di energia elettrica da microturbina alimentata ad aria compressa
- Sistemi di stoccaggio dell'energia:
 - Interni (vettori energetici)
 - stoccaggio di energia elettrica con batteria di accumulo
 - stoccaggio di energia termica con serbatoi di accumulo
 - stoccaggio di idrogeno con bombole a idruri metallici
 - stoccaggio di aria compressa tramite compressore volumetrico
- Impianti di utenza per il consumo dell'energia:
 - Esterni
 - Utenze Privilegiate
 - Utenze Continue
 - Utenze Discontinue

- Ausiliari interni
 - ausiliari (cella elettrolitica, compressore, dissipatori, elettropompe, etc)
 - servocomandi
 - illuminazione
- Sistemi di elaborazione e controllo:
 - Interni
 - Primari
 - Secondari

Funzionamento

Principi di funzionamento

Descrizione sommaria del sistema energetico

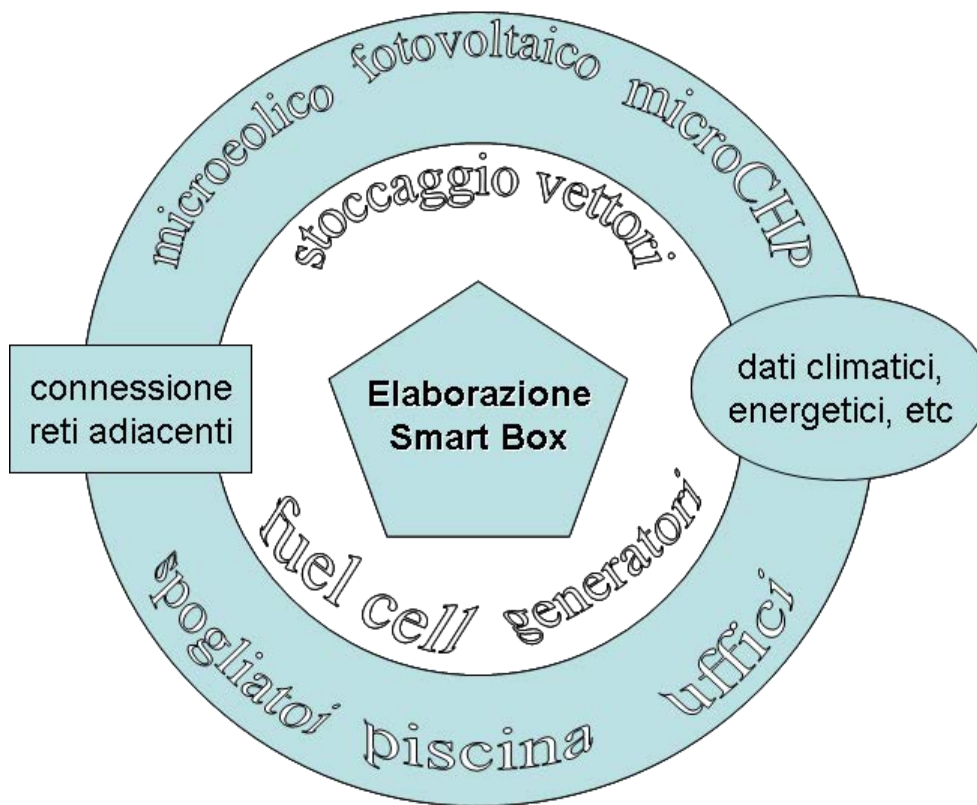
Il sistema energetico in esame è demandato al riscaldamento di ambienti e locali di servizio (uffici, palestre, spogliatoi, piscina coperta) e alla fornitura dell'energia elettrica necessaria al funzionamento delle varie apparecchiature: questi impianti di utenza finale sono ubicati nell'anello esterno del sistema.

Il sistema prevede apparati di produzione e/o integrazione dell'energia ubicati anch'essi nell'anello esterno.

Il cuore, o centro del sistema energetico, è costituito dal controllo dei flussi energetici e dalla regolazione degli stessi con relativa attuazione dei processi previsti dalle logiche di gestione: in tale centro è previsto anche l'accumulo dell'energia in diverse tipologie di vettori energetici.

Sia al centro, sia nell'anello esterno, sono presenti sensori e apparecchiature per il rilevamento di parametri energetici, ambientali e climatici.

Figura 2 - Anello esterno e cuore del sistema



Accenno delle logiche di funzionamento preesistenti

Il sistema così costituito, che in tale configurazione definiremo come “non” intelligente, prevede che la fornitura di energia sia regolata dai sistemi di funzionamento automatico normalmente a corredo di ciascuna apparecchiatura: a volte il criterio di “richiesta” discende da termometri e termostati più o meno sofisticati (regolazione a intervalli di temperature in utilizzo), in altre è addirittura manuale (regolazione a temperature fisse in produzione)

Non è previsto alcun controllo di conferma o di errore, nonché sono assenti eventuali sistemi di esclusione delle alimentazioni, per cui il sistema è soggetto anche a possibili malfunzionamenti di varia natura (sovratemperature o blocchi altrimenti prevedibili) nonché sprechi energetici di ogni tipo (fornitura di energia termica o elettrica anche se non necessario)

Alcune criticità meritevoli di supporto

Se il funzionamento prevedesse procedure e metodi, anche se inizialmente molto semplificati, tali da automatizzare con “intelligenza” alcuni dei processi più comuni, il beneficio in termini energetici ed economici sarebbe subito evidente nonché facilmente quantificabile.

Basti pensare ai grandi quantitativi di acqua calda prodotta con i pannelli solari termici gestiti in modo separato tra spogliatoi e impianto di riscaldamento: il semplice controllo di tali flussi, ricavandone le logiche precise di funzionamento e le modalità standard di utilizzo, consentirebbe sia un forte risparmio sia un forte impulso alla gestione ottimizzata di tutto il complesso.

Analogamente, l’esclusione o la parzializzazione automatica di utenze di illuminazione nei transitori di intervento di sistemi di produzione alternativa più efficiente, oltre al comprensibile risparmio

consentirebbe facilmente di sviluppare una importante base procedurale per le c.d. Smart Grid di piccola taglia.

I citati semplici esempi introducono la possibilità di ragionare per livelli, studiando e trovando soluzioni sempre più articolate in grado di essere “integrate” nel sistema.

Raggruppamento di componenti aggregabili energeticamente

Si provvederà pertanto a ragionare per “moduli” e per zone o aree aggregate energeticamente, seguendo criteri di similitudine di utilizzo almeno in prima approssimazione.

Tale procedimento implica di una più approfondita conoscenza dei flussi energetici, del loro studio, e della verifica nel tempo dell’applicabilità delle soluzioni volta per volta ipotizzate o prescelte.

L’importanza di un lavoro per modelli applicati consentirà sì il paragone tra modelli e loro potenziale utilizzo in casi analoghi o comunque simili per caratteristiche energetiche, nonché di creare procedure per il raggiungimento delle performance energetiche richieste con relativa analisi e validazione scientifica.

Logiche e criteri di priorità nel funzionamento

(identificazione delle isteresi e dei tempi di ritardo accettabili)

Entrando nel dettaglio, bisogna considerare che l’inerzia energetica di alcuni sistemi dove da un lato consente di lavorare in sicurezza prima che i parametri di comfort escano dal campo “accettabile”, altresì dall’altro ritarda notevolmente un’analisi accurata dei tempi di risposta dei sistemi sui comandi forniti.

A titolo di esempio, il riscaldamento dell’acqua della piscina prevede la temperatura dell’acqua possa aumentare di circa 1 °C a fronte della fornitura di circa 1000 kWh tenere sotto controllo il fabbisogno energetico per il mantenimento della temperatura della piscina è il primo termine essenziale a corredo di una logica di gestione ottimale del sistema, specie se poi, ogni giorno, è previsto (per legge) l’integrazione/ricambio del 5-10% dell’acqua dove l’acqua di reintegro arriverà a temperature sicuramente inferiori alla temperatura prevista per la piscina; da qui discende sia la tempistica in cui effettuare il reintegro sia la scelta del sistema più efficiente a cui affidare la fornitura dell’energia necessaria (se, ad esempio, in cogenerazione o tramite solare termico).

Sempre a titolo di esempio, vien da sé che la produzione di energia elettrica soprattutto se effettuata tramite fonti non programmabili, quali sole e vento, (ma anche nel caso più generale di programmabilità) implica due casi tipici:

1. viene prodotta più energia elettrica di quanto l’utenza finale ne richieda di consumare in quel momento: surplus di produzione di energia che deve
 - a. o essere dirottata alla “rete” più vicina (condivisione energia tra isole)
 - b. o essere accumulata in sistemi di accumulo tradizionali (al limite tramite la rete nazionale se è possibile operare in regime di scambio sul posto)
 - c. o essere immagazzinata in qualche modo in idonei vettori energetici
2. viene prodotta meno energia elettrica di quanto l’utenza finale ne richieda di consumare in quel momento: deficit di produzione di energia che deve
 - a. o essere integrata tramite la rete più vicina (al limite la rete nazionale anche se non si opera in regime di scambio sul posto)
 - b. o sfruttando l’accumulo effettuato in precedenza

- c. o essere prodotta sul momento sfruttando l'eventuale immagazzinamento di vettori energetici effettuato in precedenza

In questo contesto assume molta importanza la chiara necessità di avere sotto controllo immediato il fatto che ricorra uno dei due casi citati (surplus o deficit) nonché poter decidere nel più breve tempo possibile quale soluzione adottare per evitare sia sprechi sia il ricorso a sistemi meno efficienti di altri ovvero semplicemente meno convenienti (più costosi).

Appare inoltre chiaro che il sistema, almeno inizialmente e specialmente se sperimentale,

- i. o non possa essere autosufficiente in senso rinnovabile stretto e quindi ricorra la necessità di integrare l'energia necessaria con sistemi di produzione tradizionali più o meno efficienti
- ii. o ricorra la necessità di privilegiare il ricorso ad una fonte rinnovabile rispetto ad un'altra
- iii. o comunque occorra scegliere con quale sistema l'integrazione debba essere effettuata: infatti, in presenza di più sistemi di produzione tradizione non rinnovabile, occorrerà scegliere quello più idoneo allo scopo nonché dotato di un livello di efficienza il più alto possibile (considerato al momento della richiesta stessa)

L'obiettivo è trovare, eventualmente considerando una "calibrazione" su più livelli di precisione, una gestione ottimale dei flussi energetici all'interno del sistema al fine di garantire un automatismo del funzionamento dell'isola energetica considerata a sua volta all'interno del distretto energetico di appartenenza.

Importante è anche prevedere che il sistema sia in grado di auto-apprendere su quali linee preferenziali sia opportuno regolarsi nel futuro immediato, confrontandosi continuamente con i valori registrati rispetto ai valori attesi alla luce dell'andamento storico degli stessi.

Logiche di Gestione

Nel contesto descritto, bisogna quindi passare ad un'automazione "intelligente" che consenta al sistema di poter rispondere efficacemente ai bisogni e alle sollecitazioni.

Vien da se che la fase di sperimentazione necessaria per calibrare opportunamente i vari sistemi alle esigenze specifiche di ogni complesso finale, deve comunque essere verosimilmente ipotizzata come abbastanza lunga nel tempo, almeno sino a quando non sarà possibile definire degli standard di comportamento accettabili che includano anche tutti i componenti (sensori e attuatori) correlati.

Livelli di perfezionamento

Come già accennato inizialmente, si prevede che gli obiettivi vengano raggiunti con 3 livelli progressivi di perfezionamento del sistema:

1. conoscenza approfondita del sistema e dei tempi di accensione, riscaldamento e funzionamento; definizione dei vari eventi con caratteristiche scatenanti per l'attuazione di processi previsti
2. capacità del sistema di reagire entro un tempo limitato (target 5 minuti) distinguendo eventi scatenanti corretti da eventi scatenanti correlati al processo con controllo dei tempi di attuazione dei processi previsti
3. capacità del sistema di prevedere l'evento scatenante, preallertarsi e reagire con attuazione dei processi previsti entro un tempo limitato (target 5 minuti)

Tabella 1 – Obiettivi programmatici di calibrazione progressiva del sistema

		Sensori	Monitoraggio	Eventi	Tempi	
1	conoscenza	Taratura	Impostazione	Manuali	Controllo	
2	ragionamento	Verifica	Implementazione	Semiautomatici	Taratura	
3	intelligenza	Scelta	Collaudo	Automatici	Verifica	

I tre livelli di perfezionamento del sistema, differenziati rispetto ai tempi di risposta, rappresentano un approccio per ottenere già dalla prima fase un criterio accurato per la regolazione del sistema, e costituiscono altresì un viatico per le successive implementazioni di ogni particolare modulo, consentendo a ciascun elemento di potersi inserire nel processo logico senza dover rimettere in discussione il tutto dal suo principio.

Il primo livello (conoscenza) è necessario vista l'importanza di conoscere con precisione le c.d. inerzie dei singoli componenti sia in relazione ai propri tempi caratteristici di accensione, sia in ordine alla durata dei transitori necessari affinché il componente stesso possa essere ritenuto pronto a svolgere il processo previsto: per tale fase il monitoraggio svolge un ruolo fondamentale unitamente all'accuratezza dei valori energetici e climatici registrati dai sensori.

Il secondo livello (ragionamento) è quello in cui vengono messi a punto i criteri con cui il sistema deve ragionare e discriminare tra le varie possibili situazioni energetiche e climatiche che si possono venire a creare, al fine di identificare quelle corrette nonché controllare che le scelte effettuate siano veramente quelle giuste e non vengano attivati processi non richiesti che potenzialmente potrebbero essere controproducenti o addirittura dannosi. Il target previsto è che il sistema sia in grado di trovare la soluzione giusta in 5 minuti (anche se i processi necessiteranno verosimilmente di ulteriori tempi per la loro attivazione).

Il terzo e ultimo livello (intelligenza) è quello che consente al sistema un vero e proprio funzionamento automatico intelligente, anche se ancora prototipale e magari rudimentale, ma comunque di buona approssimazione. In tale contesto il sistema imparerà progressivamente dalla propria esperienza vissuta avendo al suo interno modelli storici di riferimento ma calibrandosi progressivamente con le specifiche esigenze locali. Importante sarà la progressiva diminuzione dei tempi necessari per l'attivazione reale dei processi (il target previsto è di 5 minuti)

Elementi guida

Gli elementi su cui verranno effettuati i controlli e le scelte saranno:

Priorità: ogni metodo applicato ha un valore inizialmente impostato a 2 (valori da 1 a 3)

Criticità: ogni metodo applicato ha un valore inizialmente impostato a 2 (valori da 1 a 3)

Tempi di risposta: proprietà con valore differenziato su criticità

Scelte obbligate: salti condizionati su priorità e criticità

Scelte consigliate: salti condizionati su priorità e tempi

Allarmi: status di oggetto

Previsioni: proprietà (parametri) sui tempi

Verifica previsioni: status di metodo

Condizioni: insieme di proprietà

Eventi: metodi applicati

Soccorso: metodo applicato

Sicurezza: metodo applicato

Smart box: dati

Si vuole ora delineare un esempio campione semplificato al fine di chiarire la metodologia di applicazione dei vari casi energetici con l'obiettivo di un trattamento programmatico dell'evoluzione del sistema.

Componenti

Connessioni reti: rete elettrica, rete gas naturale

Anello Esterno: fotovoltaico, microCHP

Centro Interno: batterie, elettrolizzatore, miscelatore, purificatore, stoccaggio, fuel cell

Dati ambientali: temperatura esterna, radiazione solare

Valori

Rete elettrica: energia elettrica attiva, energia elettrica passiva, tensione elettrica

Rete gas naturale: potere calorifico, pressione, portata

Apparato di produzione da energia solare fotovoltaica: energia elettrica prodotta, tensione elettrica, temperatura pannelli, energia elettrica dispersa

Apparato di produzione combinata da gas naturale: energia consumata, energia termica prodotta, energia elettrica attiva prodotta, energia elettrica passiva prodotta, energia elettrica consumata, tensione elettrica, temperatura aria, temperatura acqua, temperatura olio, temperatura fumi allo scarico, eccesso d'aria, O₂, CO₂, CO, NO_x

Sistema di stoccaggio energia elettrica: livello ricarica, differenza di potenziale, energia accumulata, temperatura batteria

Apparati di produzione e integrazione energia – elettrolizzatore: energia elettrica consumata, tensione elettrica stack, intensità corrente stack, temperatura soluzione, portata idrogeno prodotto, pressione idrogeno buffer elettrolizzatore, status intervento dissipatore, status pressione azoto, status riserva acqua demi, status filtro coalescenza idrogeno, status filtro gorgogliamento idrogeno, temperatura dryer idrogeno, pressione dryer idrogeno,

Apparati di produzione e integrazione energia – miscelatore: portata gas naturale in ingresso, pressione gas naturale in ingresso, pressione idrogeno buffer miscelatore, portata idrogeno in ingresso, portata gas miscelato, status filtro gas naturale in ingresso

Apparati di produzione e integrazione energia – purificatore: energia elettrica consumata, portata idrogeno, temperatura deOxy, pressione deOxy, pressione idrogeno buffer purificatore, status valvola carcamento

Apparati di produzione e integrazione energia – stoccaggio: pressione idrogeno tank, temperatura idrogeno tank

Apparati di produzione e integrazione energia – fuel cell: portata idrogeno, energia elettrica prodotta, tensione elettrica, temperatura cella,

Impianti di utenza per il consumo di energia – interruttore carichi privilegiati (NON interrompibili): energia elettrica attiva consumata, energia elettrica passiva consumata, tensione elettrica,

Impianti di utenza per il consumo di energia – interruttore carichi discontinui (interrompibili): energia elettrica attiva consumata, energia elettrica passiva consumata, tensione elettrica, status criticità

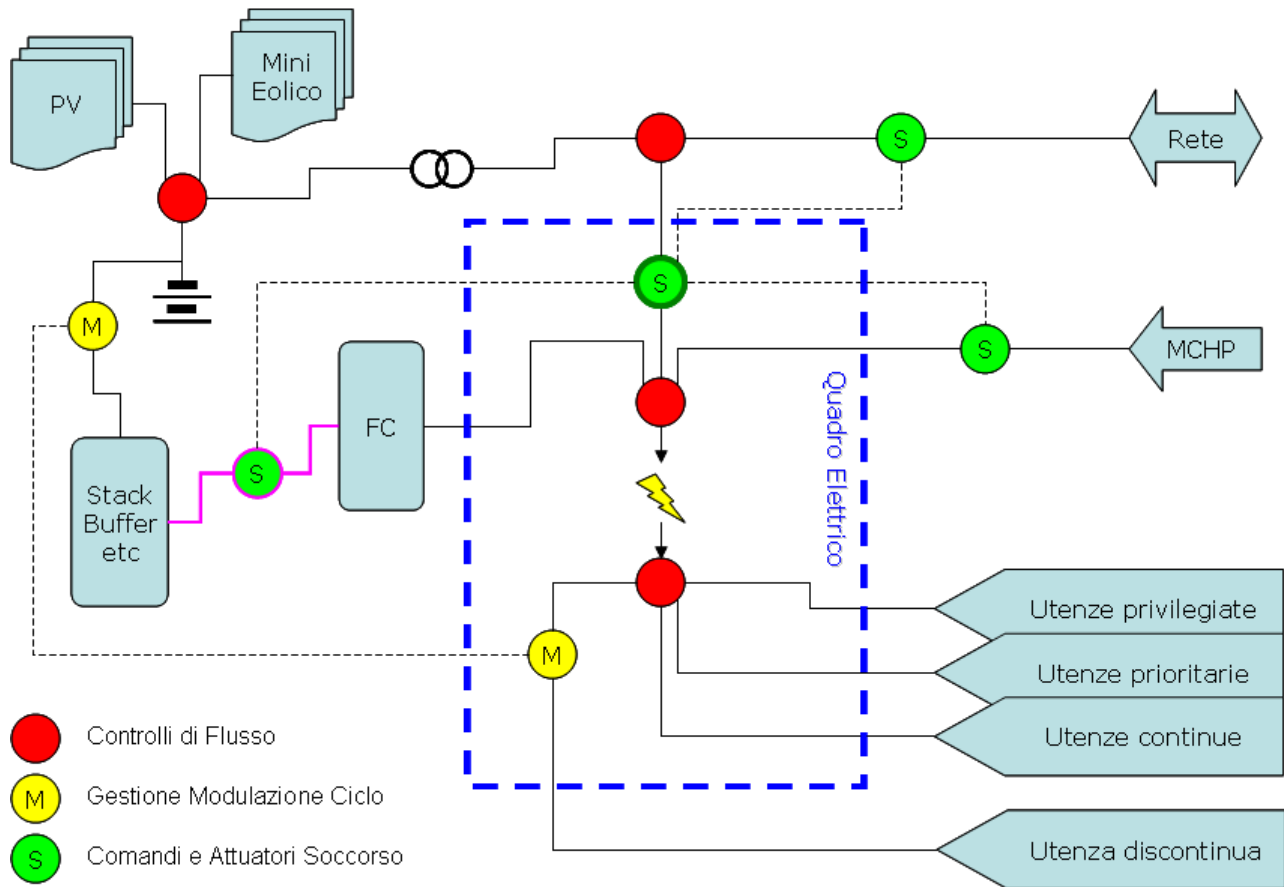
Sistema di elaborazione e controllo: status funzionamento

Apparati di rilevamento dati energetici e ambientali: temperatura aria esterna, umidità relativa aria esterna, pressione barometrica aria esterna, radiazione solare, luminosità,

Smart box: processo

Si vuole ora analizzare, quale esempio metodologico, il processo di funzionamento visto dal lato del fabbisogno elettrico, trattando le relative logiche dei flussi elettrici in ingresso e in uscita, tralasciando per ora quelli termici (se non per valutazioni di sensibilità).

Figura 3 – Schema logico semplificato dei flussi di energia elettrica



N.B. – Non sono segnati inverter e dispositivi di interfaccia

Il processo di funzionamento può essere suddiviso nelle seguenti fasi principali, ognuna con la valorizzazione delle proprietà dei componenti interessati

1. test preliminari
 - a. presenza tensione rete elettrica
 - b. presenza pressione rete gas naturale
 - c. livello carica batterie
 - d. presenza tensione produzione fotovoltaico
 - e. presenza carico utenza privilegiata
2. processo base
 - a. priorità
 - i. flusso verso utenza privilegiata
 - ii. flusso verso batterie
 - iii. flusso verso elettrolizzatore
 - b. criticità
 - i. flusso direzione rete elettrica
 - ii. tendenza valore radiazione solare

- c. eventi surplus
 - i. flusso verso utenza discontinua
 - ii. modulazione verso elettrolizzatore
 - iii. produzione idrogeno
 - iv. controllo pressione idrogeno tank
 - d. eventi deficit
 - i. flusso verso utenza discontinua
 - ii. modulazione verso elettrolizzatore
 - iii. attuazione soccorso fuel cell
 - iv. controllo pressione idrogeno tank
 - e. anticipo scelta integrazione
 - i. produzione microCHP
 - ii. soccorso rete elettrica
- 3. processo da accumulo
 - a. priorità
 - i. flusso verso utenza privilegiata
 - b. criticità
 - i. flusso direzione rete elettrica
 - ii. pressione idrogeno tank
 - c. anticipo scelta integrazione
 - i. produzione microCHP
 - ii. soccorso rete elettrica
- 4. processo da integrazione
 - a. priorità
 - i. flusso verso utenza privilegiata
 - ii. flusso verso batterie
 - b. criticità
 - i. flusso direzione rete elettrica

APPENDICE

Esperienza del gruppo di Ricerca

Centro di Ricerca - istituito con DR n. 00287 del 04/04/2002 e n. 00129 del 22/03/2006, delibera del SA del 17/01/2006, confermato con delibera del Senato Accademico n.62/12 del 21 febbraio 2012 delibera del Consiglio di Amministrazione n. 46/12 del 6 marzo 2012:

Il Centro C.I.T.E.R.A. sviluppa la ricerca scientifica ed applicata e la formazione di alto livello nel campo dello studio della progettazione dello spazio architettonico e urbano, dell'organizzazione del territorio e del paesaggio, della conservazione e della valorizzazione della loro qualità, in una visione unitaria e integrata, in un ambiente di cooperazione scientifica, che in tutte le sue forme, prevede l'apporto di studiosi e progettisti di architettura, di tecnologie della realizzazione, di scienze e tecniche della costruzione, di arte e tecnica della rappresentazione, di storia dell'architettura e di restauro, di progettazione della città e del territorio, al fine di:

Coordina i seguenti Master in:

1. Gestione del Processo Edilizio – Project Managment (I livello) – Direttore Prof. Fabrizio Cumo.
2. Gestione Integrata dei Patrimoni Immobiliari (MGS) Asset, Property & Facility Management (I livello) – Direttore Prof. Livio de Santoli, 9ª edizione.
3. Sistemi informativi geografici applicati alla pianificazione e alla progettazione del territorio urbano e rurale (Gis School) - (I livello) - Direttore Prof. Luciano Fonti.

Nel periodo 2004-11 ha sottoscritto n. 71 tra contratti di Ricerca e Convezioni

1. collaborazione pluriennale con ENEA nell'ambito di progetti coordinato con il Ministero dello Sviluppo Economico sull'efficiamento dei sistemi energetici.
2. collaborazione pluriennale con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare nell'ambito della tutela della biodiversità che porterà nel prossimo futuro ad una collaborazione con l'Ente Parco delle Cinque Terre per il progetto sperimentale di illuminazione a basso impatto ambientale della "Via dell'Amore".
3. collaborazione pluriennali già in essere con numerosi comuni italiani, tra cui va evidenziata la collaborazione con Roma Capitale.
4. Cooperazione con Università Tongji di Shanghai.
5. attuazione del programma "Energia per la Sapienza" - Joint Lab con la Regione Lazio e Sapienza Innovazione. Impianti di micro generazione distribuita (impianti Sportivi).
6. Collaborazione con la Direzione Generale per l'Internazionalizzazione della Ricerca del MIUR.
7. Coordinamento progetto europeo Urbact II (Opus)
8. Partecipazione in qualità di unità operativa al progetto internazionale:
 - a) **Eucaland Project:** European Culture expressed in Agricultural Landscapes.
Enti partecipanti: collaborazione con 40 organizzazioni provenienti da 20 paesi europei. La partnership è coordinata dal Dipartimento di Geografia dell'Università di Cambridge.
 - b) **ESLAND** in partenza nella seconda metà del 2011 finanziato dalla Commissione Europea sulla Cultura che è la prosecuzione del progetto EUCALAND portato a termine con successo nel biennio 2008-2010.
 - c) **MIUR SoURCE**, (Sustainable urban cells) nell'ambito del programma esecutivo per la cooperazione scientifica e tecnologica tra la Repubblica italiana e il Kingdom of Sweden nell'area specifica "Energy and environment: sustainable cities".
 - d) **MIUR JPI**, Internazionalizzazione ricerca e sviluppo di schemi e forme di partecipazione ai programmi comunitari e internazionali nei settori delle JPI e infrastrutture di ricerca.

- Gestione Integrata dei Patrimoni Immobiliari (MGS) Asset, Property & Facility Management (I livello) – Direttore Prof. Livio de Santoli, 9ª edizione.
- Sistemi informativi geografici applicati alla pianificazione e alla progettazione del territorio urbano e rurale (Gis School) - (I livello) - Direttore Prof. Luciano Fonti.

Nel periodo 2004-11 ha sottoscritto n. 71 tra contratti di Ricerca e Convezioni

9. collaborazione pluriennale con ENEA nell'ambito di progetti coordinato con il Ministero dello Sviluppo Economico sull'efficiamento dei sistemi energetici.
10. collaborazione pluriennale con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare nell'ambito della tutela della biodiversità che porterà nel prossimo futuro ad una collaborazione con l'Ente Parco delle Cinque Terre per il progetto sperimentale di illuminazione a basso impatto ambientale della "Via dell'Amore".
11. collaborazione pluriennali già in essere con numerosi comuni italiani, tra cui va evidenziata la collaborazione con Roma Capitale.
12. Cooperazione con Università Tongji di Shanghai.
13. attuazione del programma "Energia per la Sapienza" - Joint Lab con la Regione Lazio e Sapienza Innovazione. Impianti di micro generazione distribuita (impianti Sportivi).
14. Collaborazione con la Direzione Generale per l'Internazionalizzazione della Ricerca del MIUR.
15. Coordinamento progetto europeo Urbact II (Opus)
16. Partecipazione in qualità di unità operativa al progetto internazionale:
 - e) **Eucaland Project:** European Culture expressed in Agricultural Landscapes.
Enti partecipanti: collaborazione con 40 organizzazioni provenienti da 20 paesi europei. La partnership è coordinata dal Dipartimento di Geografia dell'Università di Cambridge.
 - f) **ESLAND** in partenza nella seconda metà del 2011 finanziato dalla Commissione Europea sulla Cultura che è la prosecuzione del progetto EUCALAND portato a termine con successo nel biennio 2008-2010.
 - g) **MIUR SoURCE**, (Sustainable urban cells) nell'ambito del programma esecutivo per la cooperazione scientifica e tecnologica tra la Repubblica italiana e il Kingdom of Sweden nell'area specifica "Energy and environment: sustainable cities".
 - h) **MIUR JPI**, Internazionalizzazione ricerca e sviluppo di schemi e forme di partecipazione ai programmi comunitari e internazionali nei settori delle JPI e infrastrutture di ricerca.

Ha organizzato n. 15 Convegni/Workshop nazionali ed internazionali sulle tematiche di interesse.