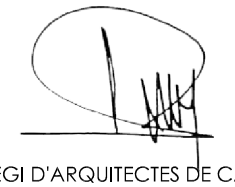
E. O. Ospedali Galliera - Genova

Mura delle Cappuccine, 14 - I 16128 Genova
Tel. +39.010.56321 - Fax. +39.010.5632018 - E-mail: ezio.bruno.urbina@galliera.it
RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO : Ing. Ezio Nicolàs Bruno Urbina

ENTI

☐ CAPOGRUPPO ARCHITETTURA

PINEARQ S.L.U.P.
Mare de Déu de la Salut, 40 - I 08024 Barcellona (Spagna)
Tel. +34.93.2106819 - Fax. +34.93.2100214 - E-mail: pinearq@pinearq.com
RESPONSABILE DEL PROGETTO: Arch. Albert De Pineda Alvarez



COL- LEGI D'ARQUITECTES DE CATALUNYA
(Barcellona) num. 10662/3

☐ ARCHITETTURA

OBR Open Building Research S.r.l.
Piazza San Matteo, 15 - I 16123 Genova
Tel. +39.010.2518456 - Fax. +39.010.2479469 - E-mail: info@obr.eu
RESPONSABILE DEL PROGETTO: Arch. Paolo Brescia, Arch. Tommaso Principi

☑ COORDINAMENTO PROGETTAZIONE
ARCHITETTURA
IMPIANTI
AMBIENTE
PREVENZIONE INCENDI

STEAM S.r.l.
Via Venezia, 59/15C - I 35131 Padova
Tel. +39 049 8691111 - Fax. +39.049.8691199 - E-mail: info@steam.it
RESPONSABILE DEL PROGETTO: Ing. Mauro Strada



☐ COORDINAMENTO RAPPORTO ENTI
STRUTTURE
SICUREZZA
AMBIENTE

D'Appolonia S.p.A.
Via San Nazaro, 19 - I 16145 Genova
Tel. +39.010.3628148 - Fax. +39.010.3621078 - E-mail: dappolonia@dappolonia.it
RESPONSABILE DEL PROGETTO: Ing. Andrea Del Grosso

PROGETTO

Nuovo Ospedale Galliera

FASE

PROGETTO PRELIMINARE

TITOLO ELABORATO

Relazione sulle strategie energetiche

COD. COMMESSA	TIPO ELABORATO	LIVELLO PROGETTAZIONE	DISCIPLINA	NUMERO ELABORATO	REVISIONE
12GH09	d	PR	M	0003	00

IDENTIFICAZIONE FILE	SCALA	EMESSO	DATA EMISSIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
12GH09gPRM0003-00_RSE.dwg	-	STEAM	Maggio 2010	M. Tezze	A. Crivellaro	R. Curci

REVISIONI:

NUMERO	DATA	OGGETTO	DISEGNATO	CONTROLLATO	APPROVATO
00	Maggio 2010	Prima emissione progetto preliminare	M. Tezze	A. Crivellaro	R. Curci

00	Maggio 2010	Prima emissione progetto preliminare	G. Anaclerio	M. Tezze	R. Curci
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1 PREMESSA 3
1.1 OBIETTIVI 3
1.2 L'OSPEDALE DUCHESSA DI GALLIERA E IL PROTOCOLLO DI KYOTO 4
2 CALCOLO DEI FABBISOGNI ENERGETICI DELL'OSPEDALE DI RIFERIMENTO 5
2.1 RICOSTRUZIONE DEI FABBISOGNI TERMICI, FRIGORIFERI ED ELETTRICI 5
2.2 CALCOLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO 12
3 CENTRALE DI TRIGENERAZIONE 15
3.1 CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO PROPOSTO 15
3.2 PROCEDURA DI CALCOLO 15
3.3 CARATTERISTICHE TECNICHE DI CATALOGO DEI MODULI COGENERATIVI 18
3.4 CARATTERISTICHE TECNICHE DEI GRUPPI FRIGORIFERI AD ASSORBIMENTO 19
3.5 REGOLAZIONE MODULI COGENERATIVI 19
4 IMPIANTO A COLLETTORI SOLARI E SOLAR COOLING 21
5 IMPIANTO A PANNELLI FOTOVOLTAICI 23
6 UMIDIFICAZIONE AD ACQUA ATOMIZZATA 25
7 RECUPERATORI A FLUSSI INCROCIATI AD ALTA EFFICIENZA IN SOSTITUZIONE DELLE BATTERIE ACCOPPIATE 26
8 GRUPPI POLIVALENTI E WATER LOOP (Energy Raiser) 27
9 MOTORI PER POMPE E VENTILATORI DI CLASSE 1 AD ALTA EFFICIENZA 28
10 SENSORI DI REGOLAZIONE AUTOMATICA DELL'ILLUMINAZIONE "DALI" 29
11 SCHEMA A BLOCCHI DELLA PRODUZIONE ENERGETICA DEL NUOVO OSPEDALE 31
12 SOLUZIONI SCARTATE 32
13 RIEPILOGO 34
14 ALLEGATI 36
14.1 CARICHI TERMICI IN ACQUA CALDA 36
14.2 CARICHI TERMICI IN VAPORE 37
14.3 CARICHI ELETTRICI PER ILLUMINAZIONE, FORZA MOTRICE E APPARECCHIATURE 38
14.4 CARICHI FRIGORIFERI 39
14.5 CARICHI ELETTRICI GLOBALI 40

1 PREMESSA

La presente analisi energetica è volta a stimare i fabbisogni energetici del nuovo Ospedale Galliera di Genova e a valutare i risparmi energetici conseguibili mediante le scelte progettuali che si intendono adottare.
Il punto di partenza per poter stimare i vantaggi energetici ed economici dell'utilizzo di fonti rinnovabili ed altri sistemi ad elevata efficienza è quello di valutare i fabbisogni energetici (elettrici, termici e frigoriferi) del nuovo ospedale. Si è ritenuto conveniente al fine di una migliore comprensione dell'analisi partire da una situazione di riferimento, rappresentata da un ospedale moderno, sia in termini di trasmittanze che in termini di portata d'aria complessiva (si è utilizzata la portata d'aria complessiva calcolata per il nuovo ospedale considerando un'attenuazione notturna), considerando recuperatori a batterie accoppiate con efficienza η=40%, funzionamento in free cooling nelle mezze stagioni e umidificazione a vapore.
Calcolati i fabbisogni si è supposto di soddisfarli con un polo tecnologico dotato di caldaie a condensazione, gruppi frigoriferi raffreddati ad acqua con COP=5,5 e una produzione di vapore con generatori ad elevata efficienza, calcolando i consumi di gas ed energia elettrica.
Sono state quindi introdotte delle migliorie volte, da un lato, alla riduzione dei fabbisogni energetici, dalla'altro all'incremento del rendimento di produzione dell'energia termica, frigorifera ed elettrica.

1.1 OBIETTIVI

Obbiettivi fondamentali di questo studio sono:

- presentare un quadro generale della situazione di approvvigionamento, trasformazione e gestione del fabbisogno energetico nel Nuovo Ospedale Duchessa di Galliera di Genova;
- illustrare le valutazioni energetiche effettuate per raggiungere le scelte progettuali ottimali da un punto di vista energetico e, in generale, gestionale;
- effettuare le necessarie precisazioni in merito a tali scelte anche in considerazione dei risvolti sulla gestione futura.

La materia è stata affrontata dal raggruppamento in modo concreto e con spirito interdisciplinare.
Il documento riporta dei confronti tecnico-economici sia sul versante "passivo" (ossia relativo alla riduzione intrinseca dei fabbisogni di energia e alla conservazione dell'energia immessa) sia sul fronte "attivo" di approvvigionamento, trasformazione e distribuzione energetica, nelle varie forme.
Sul versante "passivo" l'approccio progettuale ha sviluppato il concetto della "minima energia".
Infatti, l'approccio occidentale tradizionale è definito dai giapponesi a "massima energia", in quanto valuta tutti i rimedi per superare gli eventi massimi prevedibili comportando l'introduzione di tanta energia quanta ne serve per coprire completamente e/o abbondantemente gli eventi, spesso senza valutare in maniera approfondita le fasi intermedie o minime.
Quando un qualche evento affiora (vedi a titolo di esempio il black out elettrico del 28 settembre 2003) emerge subito una richiesta di aumentare le scorte affinché non si corra il rischio di bloccare il processo.
Le scorte, come rimedio ai problemi esistenti, generano quindi quella che è definita la gestione a "massima energia".
L'approccio a "minima energia" invece dell'applicazione dei rimedi prevede la ricerca e la rimozione e/o attenuazione delle cause.

Secondo questo approccio, le punte, che nella gestione a "massima energia" sono accuratamente coperte, devono invece essere ben visibili e possibilmente calmierate o rimosse. Evidenziamo che comunque, data l'applicazione in esame, si deve garantire un'**adeguata riserva di produzione energetica** senza per questo ricorrere necessariamente al sovradimensionamento delle apparecchiature.

1.2 L'OSPEDALE DUCHESSA DI GALLIERA E IL PROTOCOLLO DI KYOTO

La progettazione deve considerare con attenzione gli aspetti ambientali, concentrando gli sforzi di contenimento delle emissioni sui versanti dettagliati nella normativa internazionale che allo stato attuale deriva dal Protocollo di Kyoto.
Il Protocollo di Kyoto è un accordo internazionale che stabilisce tempi e procedure per ridurre le emissioni di gas serra (denominati GHG) responsabili del riscaldamento del pianeta.
Per i Paesi aderenti con maggior industrializzazione, l'obbligo è di ridurre le emissioni di gas serra di almeno il 5% rispetto ai livelli del 1990; nel periodo di adempimento che va dal 2008 al 2012 inoltre gli stessi Paesi devono predisporre progetti di protezione di boschi, foreste, terreni agricoli che assorbono anidride carbonica, (perciò sono detti "carbon SINKS", cioè immagazzinatori di CO_2). Inoltre possono guadagnare "carbon credit" aiutando i Paesi in via di sviluppo ad evitare emissioni inquinanti mediante esportazioni di tecnologie pulite.
I gas ritenuti nocivi per l'ecosistema e, pertanto, da evitare o contenere sono i seguenti:

- Anidride carbonica [CO2]
- Metano [CH4]
- Protossido di Azoto [N2O]
- Idrogenofluorocarburi [HFC …]
- Perfluorocarburi [CF4]
- Esafluorocarburi [SF6].

Tali gas hanno tempi di permanenza nell'atmosfera lunghi.
È stato introdotto il Global Warming Potential (GWP), indice che rappresenta l'effetto serra provocato dalla sostanza generica del ciclo produttivo rispetto al CO_2 (con tempo di riferimento pari a 100 anni).
Di alcuni di questi gas, il Nuovo Ospedale Galliera necessita comunque e/o costituirà fonte di produzione e/o dispersione e, pertanto, si dovranno utilizzare alcuni rimedi o accorgimenti al fine di contenere le dispersioni:

- Anidride carbonica prodotta dalla centrale termica a gas: limitare il consumo di gas metano ottimizzandone il consumo;
- Gas metano da usarsi per la combustione: evitare e rilevarne le fughe con sistemi di rilevazione..
- Idrogenofluorocarburi usati come refrigeranti in circuiti frigoriferi: contenere la dimensione dei sistemi frigoriferi contenendo le esigenze frigorifere, prediligere macchine frigo monoblocco, evitare la realizzazione senza tubazioni freon realizzate in loco e prive di verifiche in fabbrica, controllare e rilevare anche in automatico le fughe di gas.

2 CALCOLO DEI FABBISOGNI ENERGETICI DELL'OSPEDALE DI RIFERIMENTO

2.1 RICOSTRUZIONE DEI FABBISOGNI TERMICI, FRIGORIFERI ED ELETTRICI

Per il calcolo dei fabbisogni in oggetto sono stati considerati i seguenti contributi:

- dispersioni invernali e guadagni estivi attraverso l'involucro edilizio;
- aria di rinnovo (considerando come già detto un efficienza dei recuperatori pari al 40%);
- guadagni endogeni dovuti a presenza di persone, macchinari e apparecchi illuminanti;
- irraggiamento;
- consumi di acqua calda sanitaria;
- umidificazione a vapore.

Per il calcolo delle dispersioni attraverso l'involucro edilizio si sono assunti i valori limite di trasmittanza termica stabiliti dal DM 26 gennaio 2010, aggiornamento del DM 11 marzo 2008 in materia di riqualificazione energetica degli edifici, in vigore dall'1 gennaio 2010, che di seguito riportiamo:

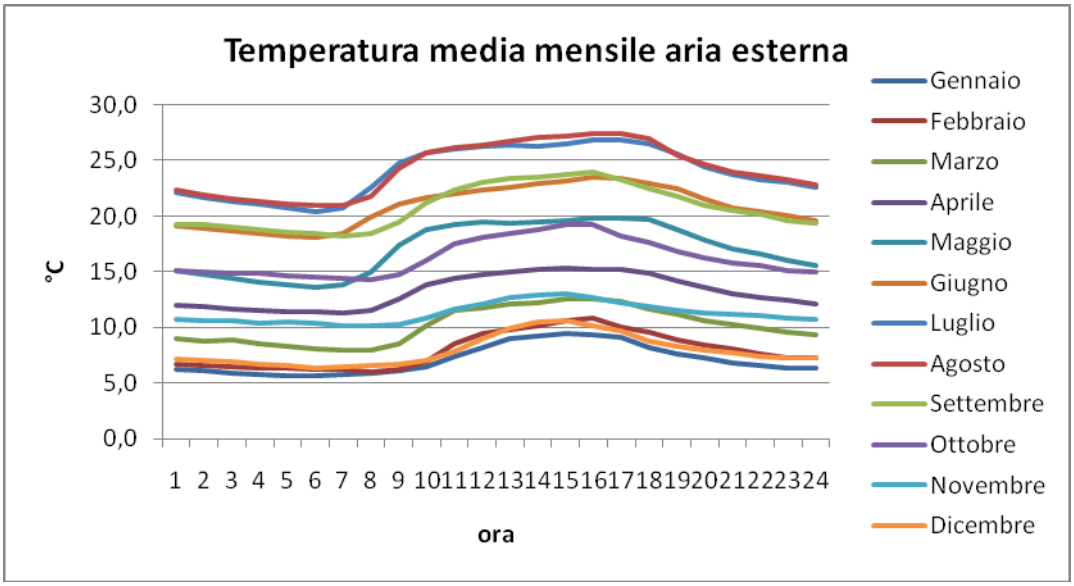
[W/m2K] superfici vetrate	[W/m2K] superfici opache
2,00	0,29

Per tener conto dell'irraggiamento si sono utilizzati dati statistici sui rilevamenti degli ultimi 5 anni, reperibili sul sito dell'Enea.
Si è calcolato il carico termico dovuto al riscaldamento e all'umidificazione dell'aria di rinnovo partendo dalle portate d'aria di rinnovo richieste dai singoli ambienti dell'ospedale, ricavate dalla volumetria e dalla destinazione d'uso degli stessi. Per gli ambienti climatizzati si sono assunte le seguenti condizioni ambiente interne:

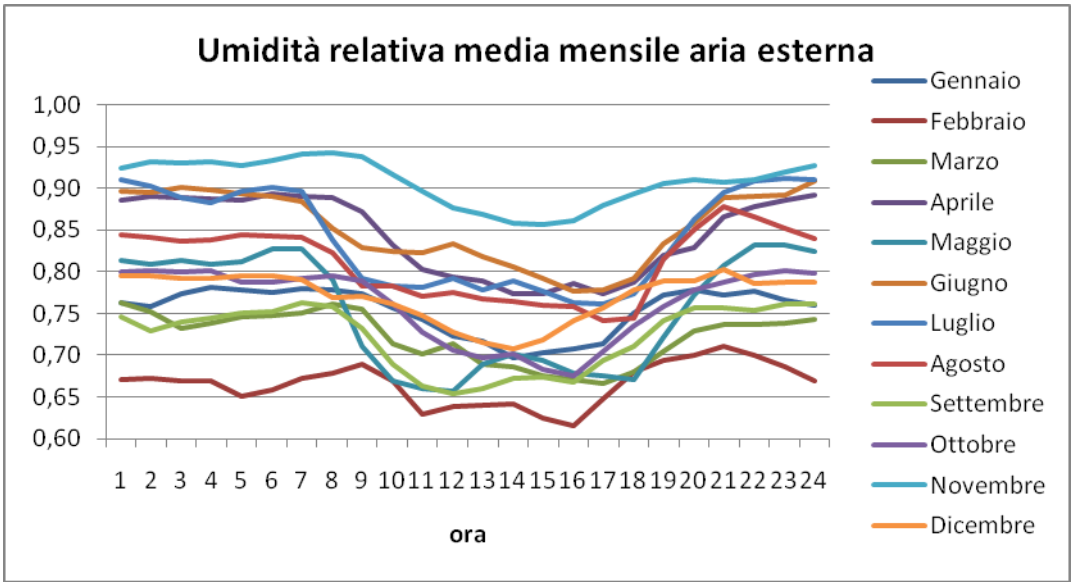
- INVERNO: T=21°C, Ur=50%
- ESTATE: T=26°C, Ur=50%
- APRILE E OTTOBRE: T=24°C, Ur=50%

I dati di temperatura e umidità dell'aria esterna, fondamentali per calcolare il carico termico per riscaldamento e umidificazione dell'aria di rinnovo, sono stati reperiti dalla stazione meteo dell'Università di Genova, gestita dalla stessa Università insieme all'ARPAL, per l'anno solare 2009. Tali dati sono stati campionati con una frequenza di un'ora, e sulla scorta di essi è stato calcolato il carico termico orario per ognuno dei 365 giorni dell'anno.
In definitiva, **non è stato fatto nessun tipo di approssimazione o di ricostruzione dei dati meteorologici, essendo essi disponibili con la frequenza richiesta dal calcolo**.

Andamento tipico mensile della temperatura esterna per Genova (°C)												
Ora	**Gennaio**	**Febbraio**	**Marzo**	**Aprile**	**Maggio**	**Giugno**	**Luglio**	**Agosto**	**Settembre**	**Ottobre**	**Novembre**	**Dicembre**
1	6,26	6,70	8,97	12,01	15,06	19,13	22,10	22,36	19,25	15,14	10,75	7,12
2	6,16	6,57	8,80	11,82	14,79	18,93	21,63	21,91	19,24	15,01	10,65	6,99
3	5,92	6,43	8,85	11,63	14,40	18,70	21,32	21,59	19,02	14,84	10,55	6,94
4	5,76	6,34	8,57	11,57	14,09	18,41	21,03	21,34	18,77	14,81	10,41	6,74
5	5,64	6,33	8,26	11,45	13,84	18,24	20,70	21,13	18,52	14,67	10,47	6,58
6	5,65	6,20	8,10	11,37	13,58	18,14	20,44	21,00	18,40	14,56	10,33	6,38
7	5,78	6,20	8,01	11,32	13,79	18,43	20,77	21,01	18,21	14,41	10,19	6,46
8	5,88	6,03	7,99	11,55	14,94	19,88	22,55	21,78	18,47	14,34	10,17	6,59
9	6,07	6,19	8,48	12,57	17,42	21,10	24,81	24,28	19,51	14,79	10,29	6,69
10	6,47	6,88	10,10	13,83	18,72	21,69	25,68	25,68	21,19	16,03	10,82	7,08
11	7,37	8,54	11,51	14,35	19,27	22,04	26,02	26,15	22,38	17,50	11,62	7,79
12	8,22	9,45	11,76	14,79	19,43	22,29	26,30	26,33	23,07	18,09	12,13	8,95
13	8,99	9,81	12,08	14,96	19,34	22,63	26,34	26,67	23,40	18,42	12,67	9,90
14	9,27	10,20	12,25	15,17	19,45	22,88	26,26	27,02	23,51	18,73	12,92	10,47
15	9,43	10,57	12,54	15,27	19,60	23,20	26,44	27,20	23,75	19,26	13,03	10,65
16	9,32	10,78	12,56	15,26	19,84	23,48	26,79	27,38	24,01	19,24	12,73	10,13
17	9,07	10,03	12,30	15,25	19,78	23,37	26,78	27,42	23,23	18,25	12,21	9,66
18	8,17	9,52	11,69	14,90	19,67	22,97	26,48	26,99	22,49	17,63	11,85	8,81
19	7,60	8,94	11,13	14,20	18,74	22,41	25,59	25,47	21,73	16,79	11,55	8,33
20	7,25	8,41	10,56	13,59	17,80	21,57	24,47	24,69	21,02	16,23	11,28	7,98
21	6,85	8,04	10,29	13,03	17,04	20,76	23,77	23,94	20,46	15,84	11,13	7,70
22	6,59	7,64	9,93	12,65	16,56	20,35	23,29	23,56	20,15	15,51	11,03	7,44
23	6,40	7,28	9,62	12,41	16,04	20,01	23,05	23,22	19,60	15,11	10,88	7,28
24	6,30	7,23	9,38	12,16	15,54	19,60	22,59	22,82	19,39	14,95	10,69	7,23

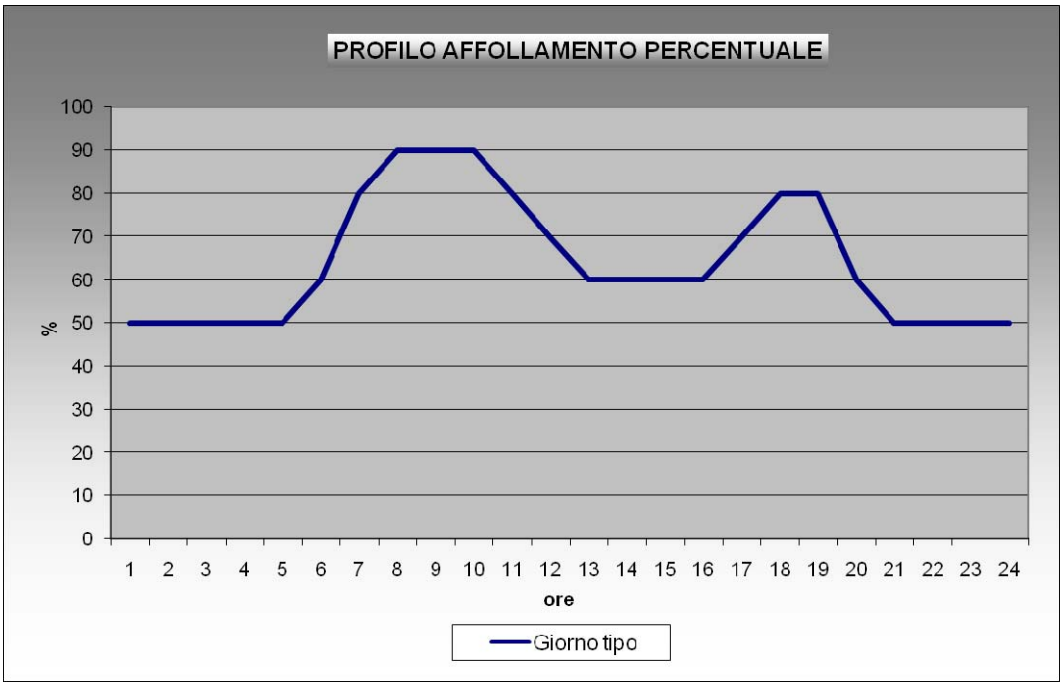


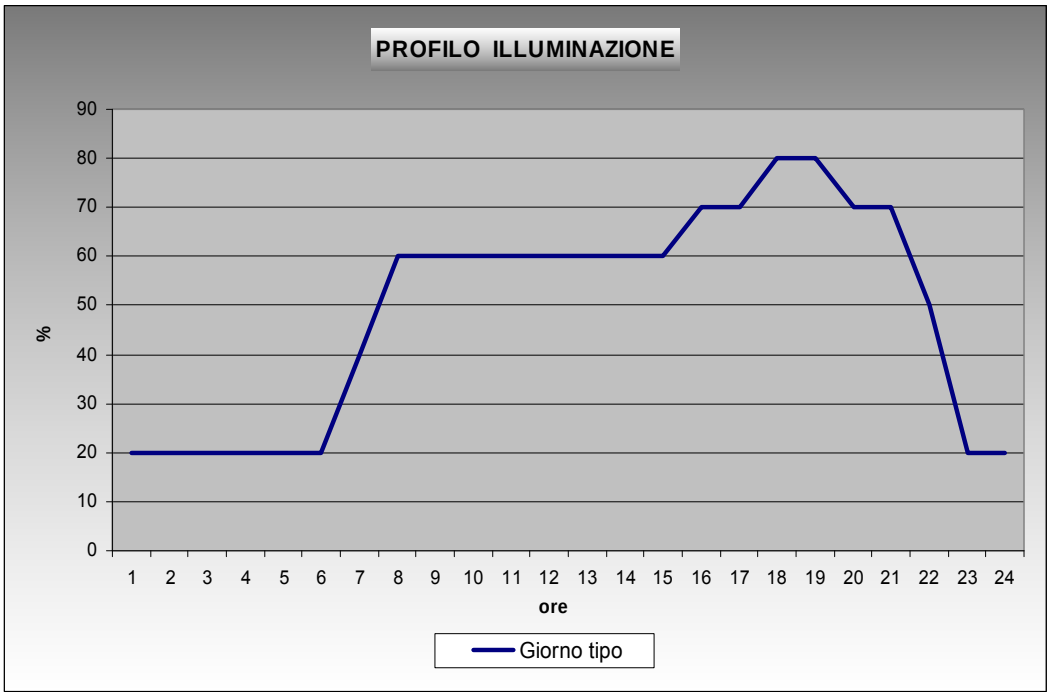
Andamento tipico mensile dell'umidità relativa dell'aria esterna per Genova												
Ora	**Gennaio**	**Febbraio**	**Marzo**	**Aprile**	**Maggio**	**Giugno**	**Luglio**	**Agosto**	**Settembre**	**Ottobre**	**Novembre**	**Dicembre**
1	0,76	0,67	0,76	0,89	0,81	0,90	0,91	0,84	0,75	0,80	0,92	0,79
2	0,76	0,67	0,75	0,89	0,81	0,89	0,90	0,84	0,73	0,80	0,93	0,80
3	0,77	0,67	0,73	0,89	0,81	0,90	0,89	0,84	0,74	0,80	0,93	0,79
4	0,78	0,67	0,74	0,89	0,81	0,90	0,88	0,84	0,74	0,80	0,93	0,79
5	0,78	0,65	0,75	0,89	0,81	0,89	0,90	0,84	0,75	0,79	0,93	0,80
6	0,78	0,66	0,75	0,89	0,83	0,89	0,90	0,84	0,75	0,79	0,93	0,79
7	0,78	0,67	0,75	0,89	0,83	0,88	0,90	0,84	0,76	0,79	0,94	0,79
8	0,78	0,68	0,76	0,89	0,79	0,85	0,84	0,82	0,76	0,80	0,94	0,77
9	0,77	0,69	0,76	0,87	0,71	0,83	0,79	0,78	0,73	0,79	0,94	0,77
10	0,76	0,67	0,71	0,83	0,67	0,82	0,78	0,78	0,69	0,76	0,92	0,76
11	0,74	0,63	0,70	0,80	0,66	0,82	0,78	0,77	0,66	0,73	0,90	0,75
12	0,72	0,64	0,71	0,79	0,66	0,83	0,79	0,78	0,65	0,71	0,88	0,73
13	0,72	0,64	0,69	0,79	0,69	0,82	0,78	0,77	0,66	0,70	0,87	0,72
14	0,70	0,64	0,69	0,77	0,70	0,81	0,79	0,76	0,67	0,70	0,86	0,71
15	0,70	0,62	0,68	0,77	0,69	0,79	0,78	0,76	0,67	0,68	0,86	0,72
16	0,71	0,62	0,67	0,79	0,68	0,78	0,76	0,76	0,67	0,68	0,86	0,74
17	0,71	0,65	0,67	0,77	0,68	0,78	0,76	0,74	0,69	0,70	0,88	0,76
18	0,75	0,68	0,68	0,79	0,67	0,79	0,77	0,74	0,71	0,73	0,89	0,78
19	0,77	0,69	0,70	0,82	0,72	0,83	0,82	0,81	0,74	0,76	0,91	0,79
20	0,78	0,70	0,73	0,83	0,77	0,86	0,86	0,85	0,76	0,78	0,91	0,79
21	0,77	0,71	0,74	0,87	0,81	0,89	0,89	0,88	0,76	0,79	0,91	0,80
22	0,78	0,70	0,74	0,88	0,83	0,89	0,91	0,87	0,75	0,80	0,91	0,79
23	0,77	0,69	0,74	0,89	0,83	0,89	0,91	0,85	0,76	0,80	0,92	0,79
24	0,76	0,67	0,74	0,89	0,82	0,91	0,91	0,84	0,76	0,80	0,93	0,79

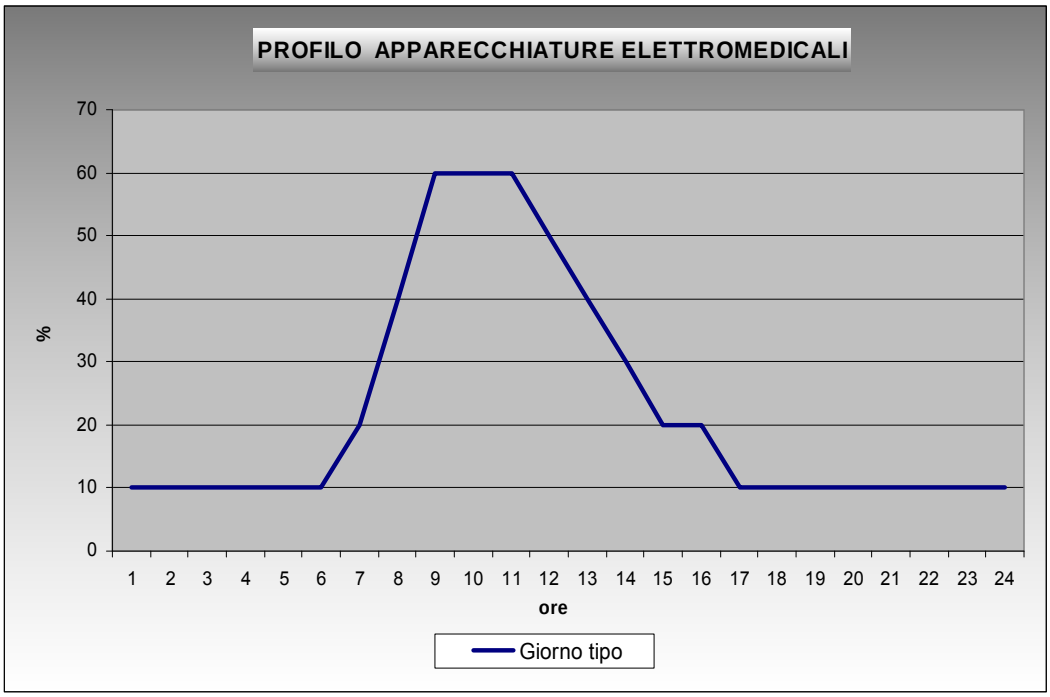


I carichi termici sono poi stati riparametrati sulla base dei gradi giorno del DPR 412, in modo da disporre di valori di consumo che siano attendibili e non siano influenzati dalla variabile meteorologica del singolo anno che è stato preso come riferimento. I gradi giorno relativi all'anno 2009 per Genova sono stati calcolati sulla base dei dati di cui si è detto in precedenza e sono pari a 1515. I gradi giorno riportati dal DPR 412 per la città di Genova sono 1435, da cui si evince che l'anno 2009 è stato un anno particolarmente caldo, rispetto alle medie degli ultimi dieci anni, su cui sono calcolati i valori riportati sul decreto.
I guadagni endogeni dovuti a presenza di persone e apparecchiature elettriche sono stati stimati sulla base dell'esperienza del team progettuale e sulla base di statistiche disponibili per altri presidi ospedalieri similari. Di seguito si danno le curve di carico delle principali fonti di carico termico, in termini di percentuale rispetto al carico massimo. I carichi massimi sono stati stimati su base parametrica e sono:

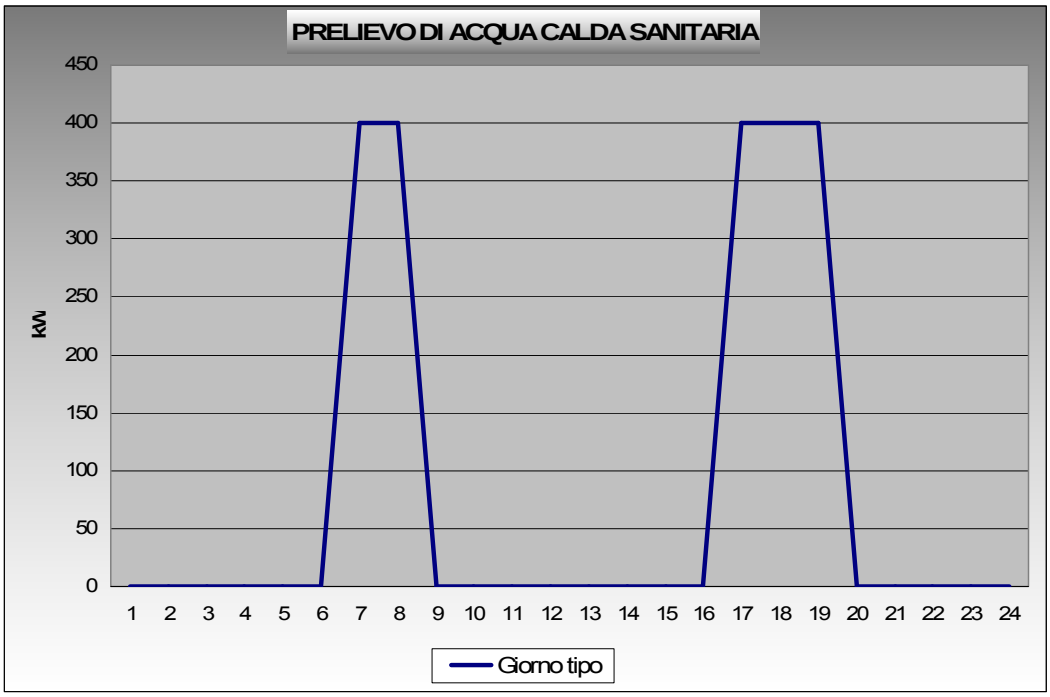
- Pmax per affollamento: 91 kW;
- Pmax per illuminazione: 815 kW;
- Pmax per apparecchiature elettromedicali: 400 kW.


PROFILO AFFOLLAMENTO PERCENTUALE
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
%
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
ore
Giorno tipo


PROFILO ILLUMINAZIONE
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
%
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
ore
Giorno tipo



Nei mesi estivi, il fabbisogno termico è attribuibile al processo di post-riscaldamento nelle unità di trattamento aria e al consumo di acqua calda sanitaria.
Quest'ultimo è stato calcolato assumendo un consumo di 90 l/g per posto letto, consumo tipico per una utenza ospedaliera in cui siano presenti anche i servizi di mensa e lavanderia, come riportato nella norma UNI TS 11300. È stato quindi stimato un consumo di circa 40.000 litri/giorno complessivi.
Successivamente alla determinazione delle curve orarie di assorbimento di energia termica e frigorifera si sono valutate le curve tipiche di assorbimento elettrico per l'ospedale.
Dai dati di consumo mensile, attraverso l'utilizzo di un codice di calcolo e di curve "storiche" di assorbimenti elettrici per presidi ospedalieri (similari a quello in esame), si sono ricostruiti una serie di dati di prelievo elettrico. Più precisamente, per ciascun mese dell'anno si sono ricavate tre curve indicanti il prelievo elettrico orario relativo al giorno tipo di ciascun mese dell'anno.



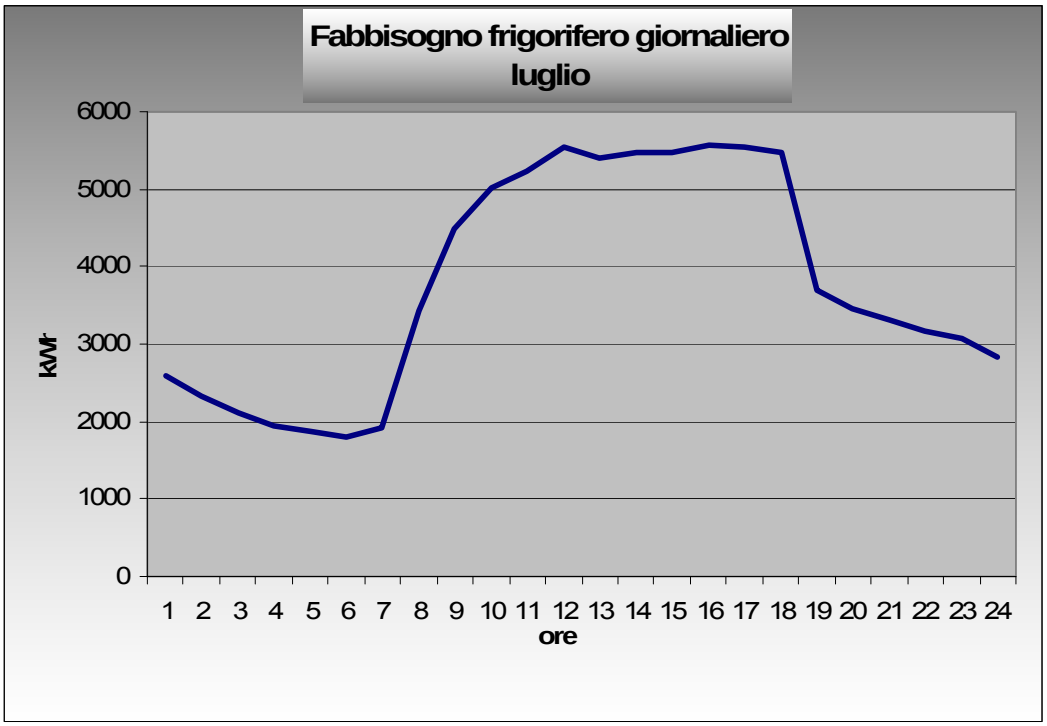
Ciascuna di esse rappresenta per il mese in questione l'assorbimento tipico medio.
La stima dei carichi elettrici, deriva da un'analisi delle possibili richieste elettriche e delle conseguenti distribuzioni orarie prevedibili, considerando inoltre il prevalente contributo (soprattutto concentrato nei mesi estivi) di potenza frigorifera necessaria nel presidio in esame.
Tra i carichi elettrici che partecipano al fabbisogno complessivo dell'ospedale, vi sono:

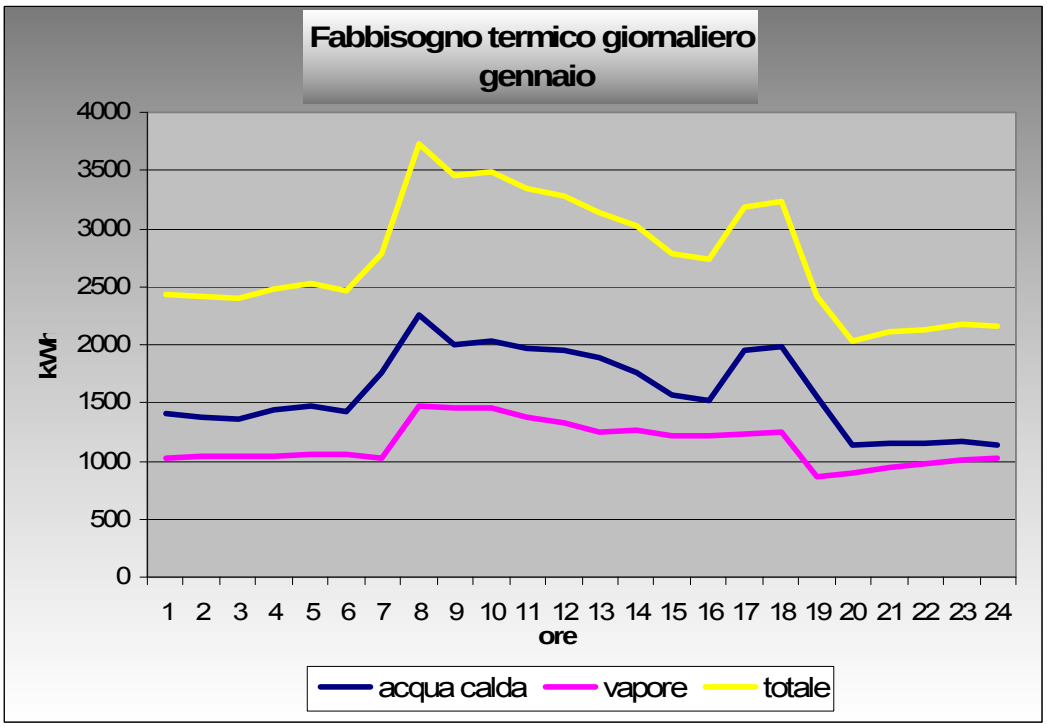
- carichi di condizionamento;
- carichi di ventilazione;
- carichi d'illuminazione e forza motrice in generale;
- carichi per i servizi interni e i macchinari ospedalieri;
- carichi per i sistemi di pompaggio della centrale termofrigorifera e relative sottocentrali.

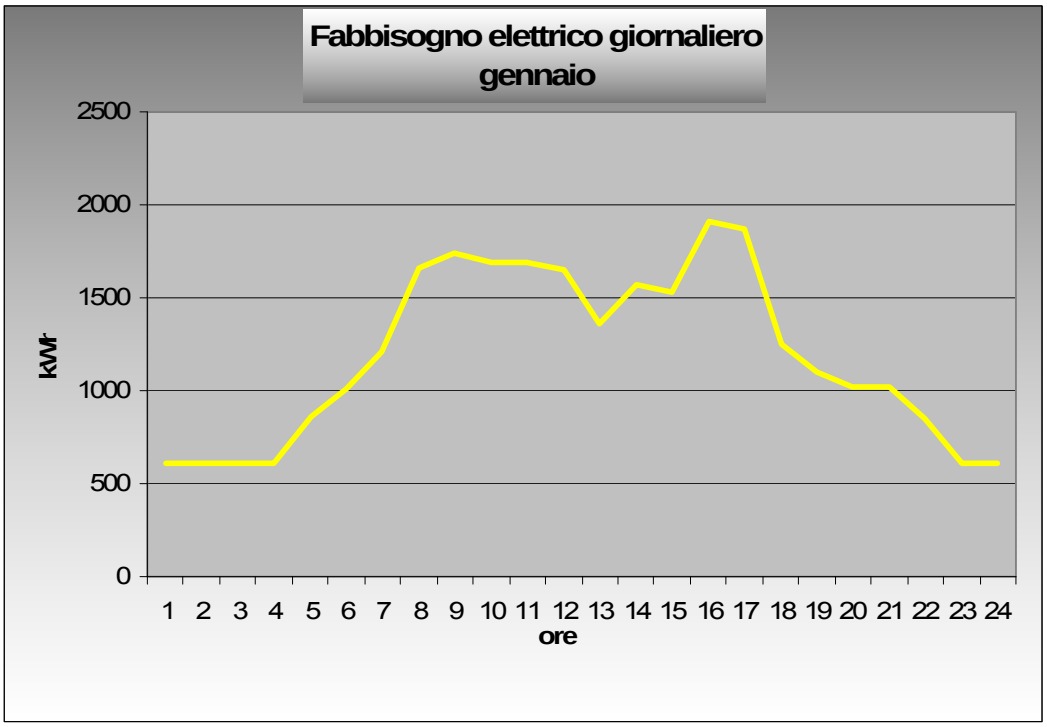
I carichi destinati al condizionamento saranno limitati ai mesi estivi. Un'estensione in tal senso sarà legata ai carichi di condizionamento per le sale operatorie che risultano necessari anche nel periodo invernale. I carichi d'illuminazione saranno variabili a seconda del mese dell'anno; un andamento costante nei mesi, è stato previsto per i carichi destinati ai servizi e ai macchinari ospedalieri.
La ventilazione sarà un carico presente con distribuzioni orarie costanti in tutti i mesi dell'anno.
Le curve risultanti da queste valutazioni sono state riportate nel seguito. Tali curve ricalcano il tipico andamento di assorbimento elettrico per realtà ospedaliere quale quella in esame. Si osserva in particolare come ci sia una aumento sostanziale di richiesta elettrica concentrata nei mesi estivi per effetto dell'inserimento dei gruppi frigoriferi (nei mesi invernali i carichi elettrici correlati al fabbisogno frigorifero sono dovuti al funzionamento dei gruppi frigoriferi).
Si riportano di seguito in forma grafica gli andamenti dei carichi energetici nei mesi dove si verificano i valori di picco, sui quali è stato effettuato il dimensionamento degli impianti.
I valori di picco delle diverse utenze sono riportati anche nella tabella seguente.

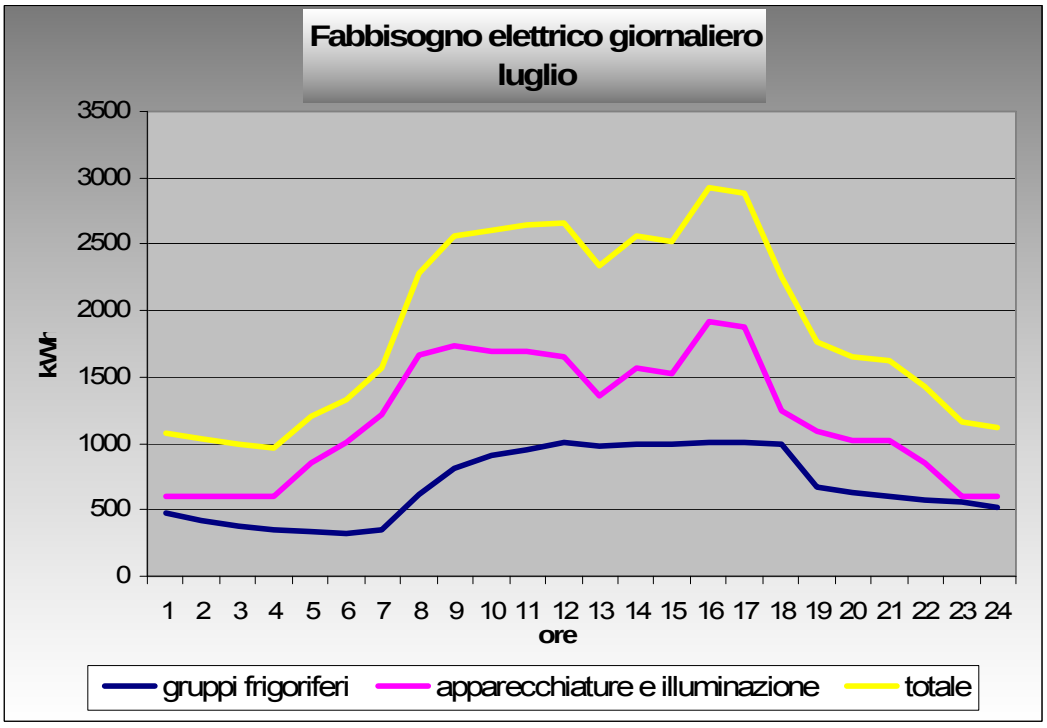
Utenza	Potenza di picco - kW
Acqua calda per riscaldamento	2.500
Acqua calda per ACS	400
Vapore	1.500
P elettrica (esclusi gruppi frigoriferi)	1.900
P elettrica (gruppi frigoriferi)	1.700

A fine relazione, si riportano in allegato tutti i risultati della ricostruzione dei carichi effettuate.







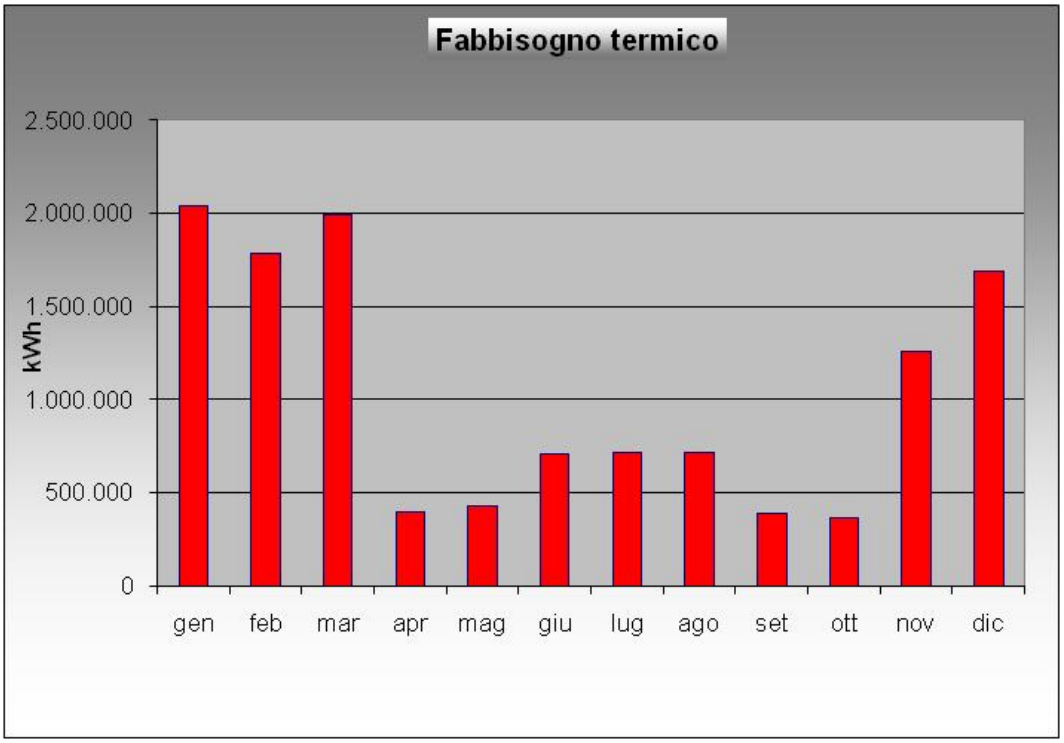


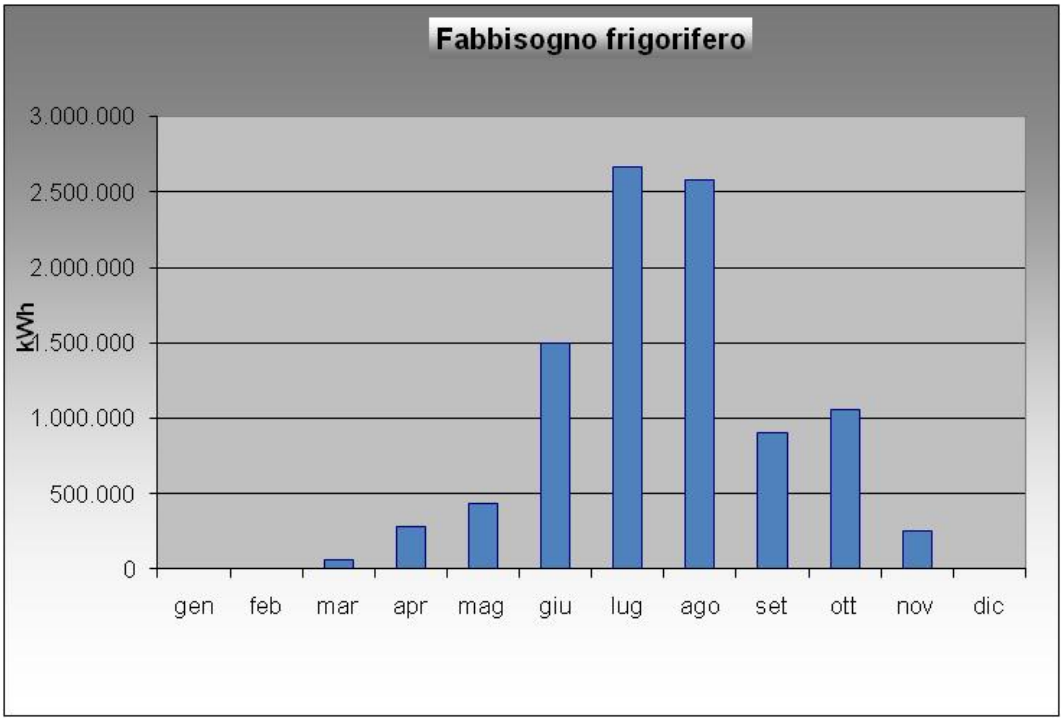
2.2 CALCOLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

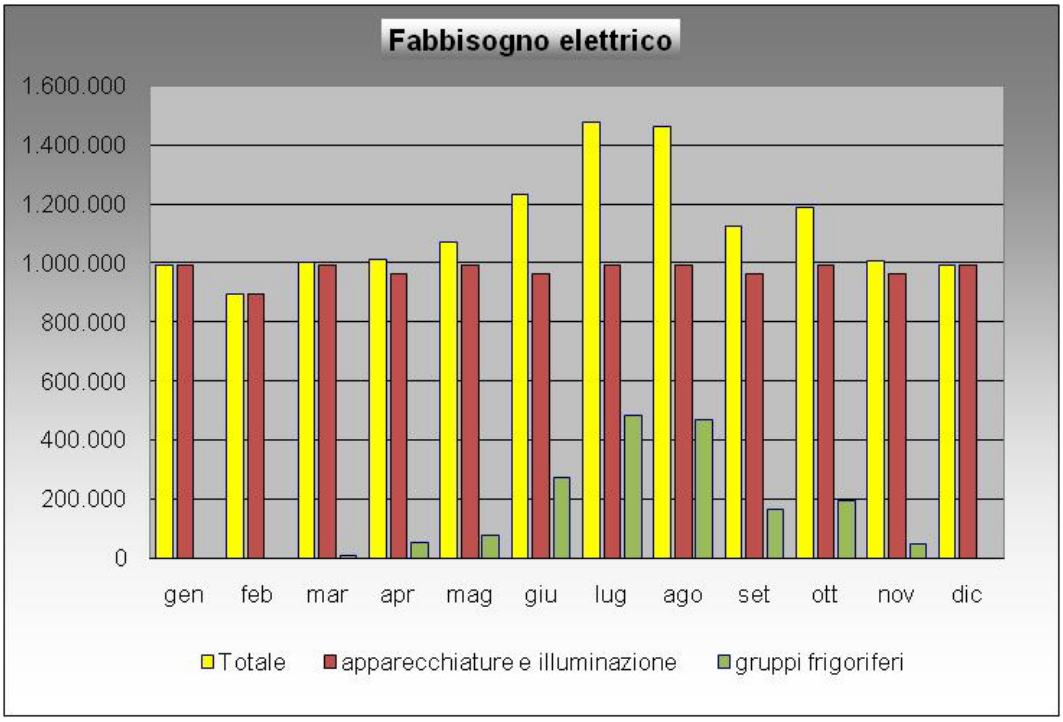
Di seguito si riportano in forma tabellare e in forma grafica il fabbisogno annuo di energia termica, il fabbisogno annuo di energia frigorifera e il fabbisogno annuo di energia elettrica. Sono questi i dati di partenza che sono stati considerati per lo studio dei risparmi energetici dei diversi interventi migliorativi.

	Fabbisogno termico - kWht	Fabbisogno frigorifero - kWhf	Fabbisogno elettrico - kWhe

gen	2.041.949	-	993.088
feb	1.784.954	-	896.983
mar	1.988.549	59.799	1.003.961
apr	400.304	285.231	1.012.913
mag	426.206	432.550	1.071.734
giu	705.762	1.495.837	1.233.023
lug	719.670	2.664.834	1.477.603
ago	719.094	2.576.954	1.461.625
set	390.442	900.424	1.124.767
ott	366.055	1.061.821	1.186.147
nov	1.254.941	257.158	1.007.809
dic	1.690.084	-	993.088
Totale	**12.488.011**	**9.734.608**	**13.462.742**




Fabbisogno frigorifero
kWh
3.000.000
2.500.000
2.000.000
1.500.000
1.000.000
500.000
0
gen
feb
mar
apr
mag
giu
lug
ago
set
ott
nov
dic


Fabbisogno elettrico
1.600.000
1.400.000
1.200.000
1.000.000
800.000
600.000
400.000
200.000
0
gen
feb
mar
apr
mag
giu
lug
ago
set
ott
nov
dic
Totale
apparecchiature e illuminazione
gruppi frigoriferi

3 CENTRALE DI TRIGENERAZIONE

3.1 CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO PROPOSTO

Si propone l'inserimento di due cogeneratori da 1063 kW elettrici cadauno abbinati a due assorbitori da circa 1300 kWf cadauno, alimentati sia ad acqua calda prodotta dai cogeneratori che direttamente dai fumi. La tipologia di regolazione ipotizzata consiste nell'inseguimento del carico elettrico nel periodo estivo, quando si ha maggiore richiesta, a causa del funzionamento dei gruppi frigoriferi, e inseguimento del carico termico in inverno.
Tramite gli interventi qui di seguito esposti si realizzano i seguenti risparmi:

- Risparmio di 8.413.690 kWh elettrici, autoprodotti dai moduli di cogenerazione
- Risparmio di 441.751 kWh elettrici, grazie all'utilizzo dei gruppi frigoriferi ad assorbimento, che evitano il consumo di energia elettrica da parte dei gruppi frigoriferi a compressione.

A fronte di tali risparmi, si ha un consumo aggiuntivo di metano pari a 1.473.479 Nmc.
Considerando i relativi fattori di conversione in TEP, per il kWh termico e per il kWh elettrico, pari rispettivamente a 11.630 kWh/TEP e 5347,6 kWh/TEP fissati dall'AEEG per il 2010, si può affermare che si realizza un risparmio pari a 441 TEP.
Oltre all'analisi energetica, un aspetto fondamentale per individuare i reali sprechi energetici è l'analisi exergetica e quindi lo studio del Livello Energetico alla quale è più opportuno fare operare le singole realtà impiantistiche.
Infatti, quanto più basso sarà il livello di energia a cui si alimentano i vari sistemi, tanto più alti saranno i rendimenti di produzione e tanto minore sarà il consumo di energia primaria e le correlate implicazioni di inquinamento ambientale diretto o indiretto.
In tal senso la produzione di energia ad elevatissimo potenziale energetico, quale ad esempio la scelta di generatori ad olio diatermico per produzione di acqua surriscaldata e sottoproduzione locale di acqua calda contestualmente ad impianti di condizionamento a bassa temperatura, rappresenterebbe un paradosso energetico sul quale il gruppo di lavoro ha voluto attivamente valutare l'opportunità di soluzioni alternative.
La scelta basilare di garantire l'efficienza totale di funzionamento dell' impianto richiede, a nostro avviso, una soluzione di tipo tradizionale (con generatori di calore a combustione) che possano essere alimentati da più sorgenti (gas metano e gasolio di riserva nel nostro caso).
Allo stesso modo a valle delle nostre analisi si evidenzierà che il miglior modo per produrre energia frigorifera è l'utilizzo di macchine ottimizzate a tal fine (gruppi frigoriferi con condensazione ad acqua).
Uno "zoccolo" di potenza di sicuro utilizzo nell'intero arco dell'anno sarà invece prodotto dal sistema integrato di "TRIGENERAZIONE ELETTRICA TERMICA E FRIGORIFERA".
In questo modo si ottiene così un progressivo sfruttamento exergetico della energia e l'inserimento di sistemi che consentano la costanza di erogazione dei sistemi di produzione (tali da garantirne il massimo rendimento) anche attraverso il declassamento delle energie prodotte se non istantaneamente richieste a livello più elevato.

3.2 PROCEDURA DI CALCOLO

Di seguito vengono indicate le principali fasi di elaborazione dello studio di fattibilità che evidentemente parte da una attenta valutazione dei carichi energetici necessari al soddisfacimento annuo del presidio ospedaliero in esame.
In generale per una valutazione delle soluzioni impiantistiche e la conseguente scelta della taglia delle macchine, si è effettuata una simulazione numerica attraverso la quale si sono

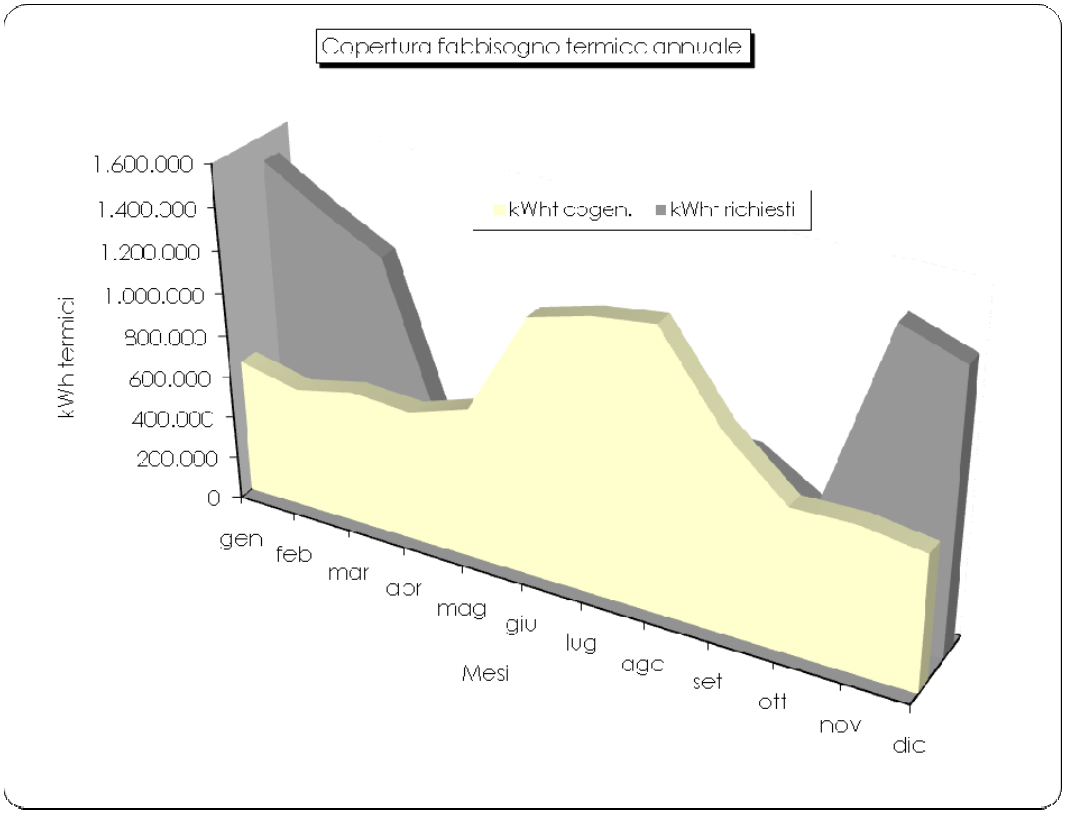
valutate le conseguenze energetiche ed economiche delle possibili soluzioni per l'impianto di cogenerazione.
Le grandezze che influiscono sul problema sono:

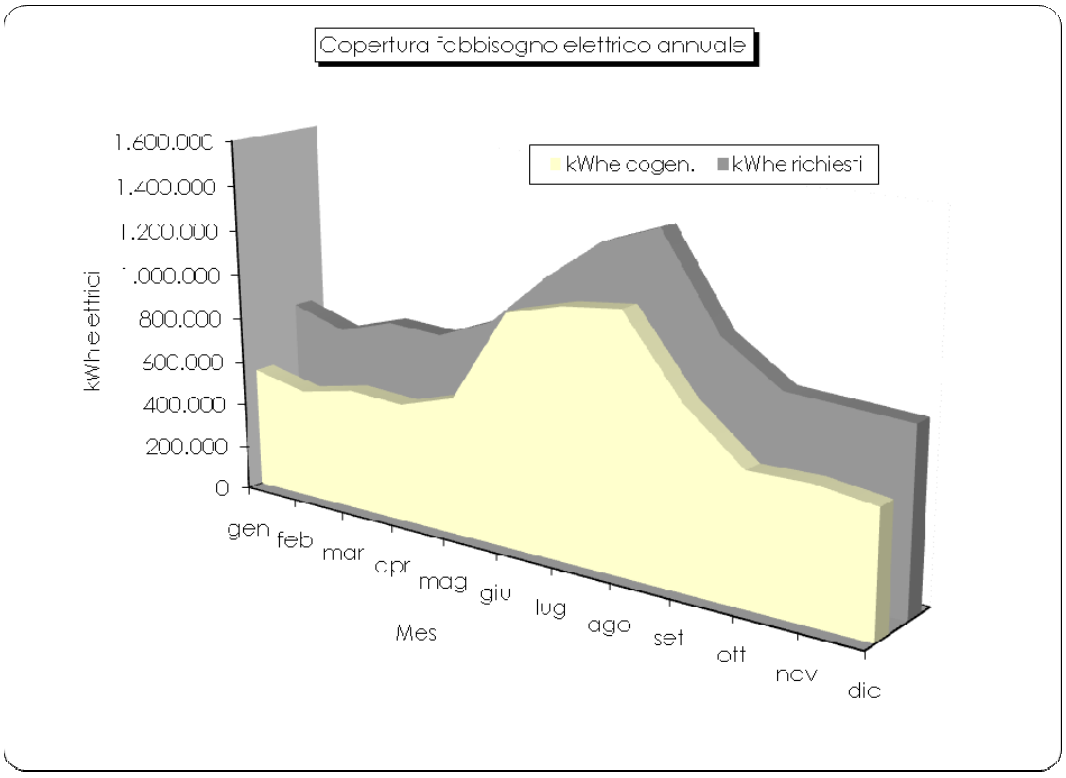
- carichi termici;
- carichi frigoriferi;
- carichi elettrici;
- tariffe elettriche e del combustibile;
- imposte sul consumo e sulla produzione;
- tassi d'interesse e d'incremento del prezzo del combustibile;
- caratteristiche e costi di investimento dell'impianto di cogenerazione;
- modalità di regolazione del modulo cogenerativo.

La simulazione viene effettuata ipotizzando tre diverse possibilità di regolazione:

- **regolazione sul carico termico**, vale a dire adattando la produzione termica del gruppo di cogenerazione al fabbisogno termico dell'ospedale;
- **regolazione sul carico elettrico**, vale a dire coprendo il più possibile il fabbisogno elettrico e dissipando l'eventuale energia termica in eccesso;
- **regolazione combinata sul minimo tra il carico termico o elettrico** necessario all'utenza, vale a dire adattando la produzione del gruppo di cogenerazione al minimo fra il fabbisogno termico od elettrico dell'ospedale.

È evidente come sia le regolazioni sul carico termico che quelle sul carico elettrico possono determinare una surplus di energia cogenerata rispetto ai fabbisogni. Nel primo caso, infatti, seguendo il carico termico, si potrebbe produrre energia elettrica non richiesta, che viene ceduta in rete.
Nella regolazione sul carico elettrico, non c'è rischio di cedere energia elettrica alla rete, ma potrebbe essere prodotto del calore non richiesto che conseguentemente dovrebbe essere dissipato in atmosfera.
Nella regolazione sul minimo tra il carico termico o elettrico non si ha nessuna produzione energetica in esubero rispetto i fabbisogni, anche se c'è una modesta riduzione dei rendimenti per un maggiore utilizzo del gruppo cogenerativo in parzializzazione.
Scopo dello studio di fattibilità è proprio quello di determinare, funzionalmente alla scelta stessa della taglia dei moduli cogenerativi, la strategia di regolazione che massimizza il ritorno economico dell'investimento.
Va inoltre evidenziato che, per problemi meccanici, i gruppi cogenerativi in commercio non riescono a far fronte a carichi inferiori al 75% del valore massimo: infatti sotto il 75% il cogeneratore viene spento per evitare una notevole riduzione della vita del motore alternativo.
Di seguito si riportano le curve che rappresentano la copertura del fabbisogno termico ed elettrico da parte della centrale di trigenerazione. Si può constatare che nel periodo estivo vi è un eccesso di energia termica prodotta dai cogeneratori che viene utilizzata dagli assorbitori per fare fronte al carico frigorifero.


Copertura fabbisogno termico annuale
kWh termici
1.600.000
1.400.000
1.200.000
1.000.000
800.000
600.000
400.000
200.000
0
kWht cogen.
kWh richiesti
gen
feb
mar
apr
mag
giu
lug
ago
set
ott
nov
dic
Mesi

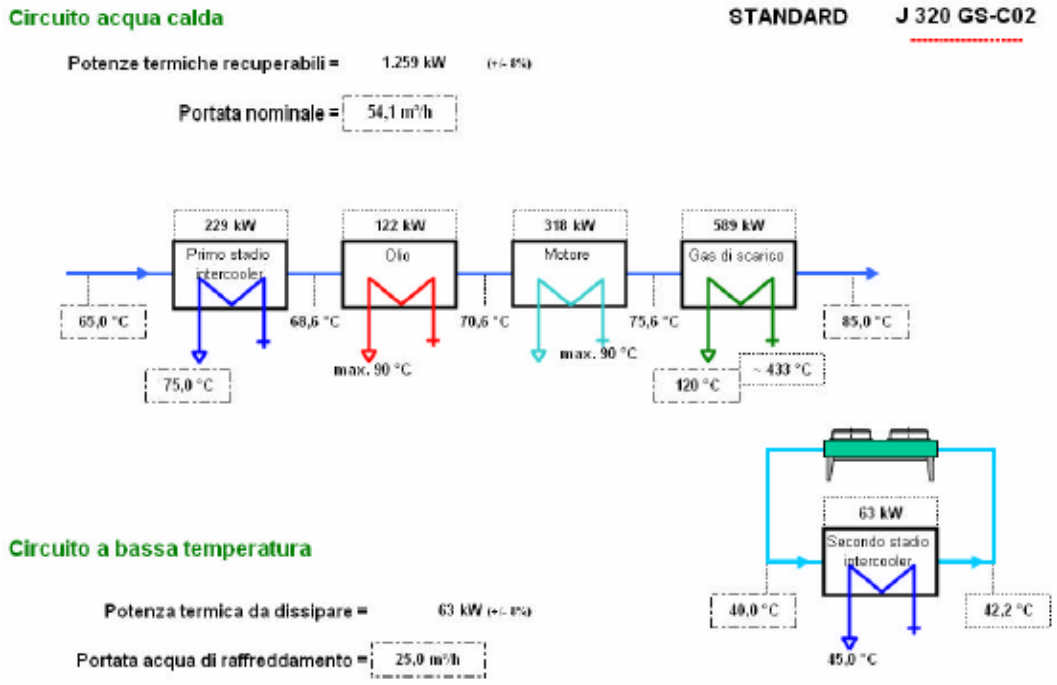

Copertura fabbisogno elettrico annuale
kWhe elettrici
1.600.000
1.400.000
1.200.000
1.000.000
800.000
600.000
400.000
200.000
0
kWhe cogen.
kWhe richiesti
gen
feb
mar
apr
mag
giu
lug
ago
set
ott
nov
dic
Mesi

3.3 CARATTERISTICHE TECNICHE DI CATALOGO DEI MODULI COGENERATIVI

Modulo da 1063 kWe

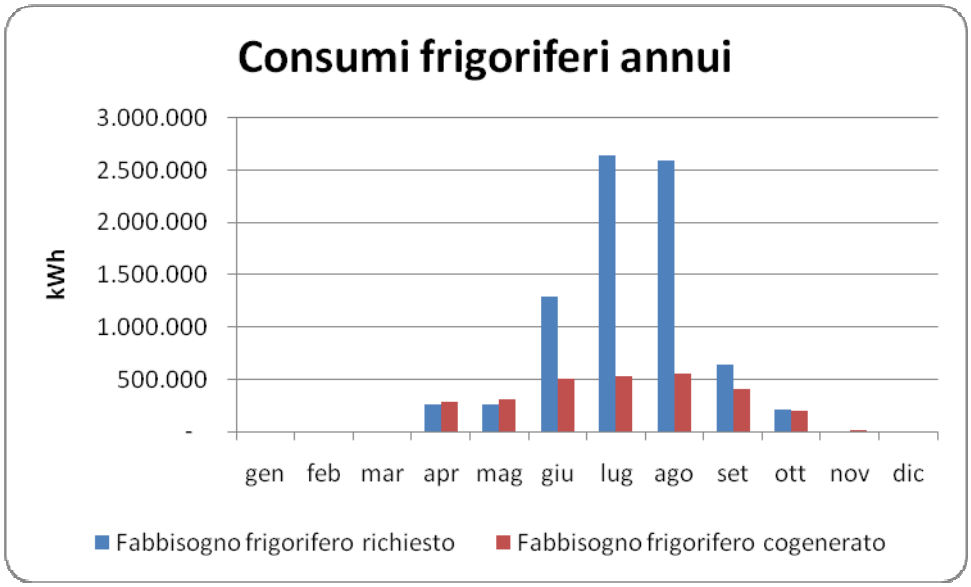
Dati		U.M.		Pieno carico	Carico parziale	
				100%	75%	50%
Potere calorifico inferiore del gas (PCI)		kWh/Nm³		9,5		
Potenza introdotta		kW	[2]	2.671	2.058	1.444
Quantità di gas		Nm³/h	*)	281	217	152
Potenza meccanica		kW	[1]	1.095	821	548
Potenza elettrica		kW el.	[4]	1.063	798	530
Potenze termiche recuperabili						
~ Primo stadio intercooler		kW		229		
~ Olio		kW		122		
~ Acqua di raffreddamento motore		kW		318		
~ Gas di scarico raffreddati a 120 °C		kW		589		
Potenza termica complessiva		kW	[5]	1.259		
Potenza erogata complessiva		kW totale		2.323		
Potenza termica da dissipare						
~ Secondo stadio intercooler		kW		63		
~ Olio		kW		~		
~ Calore in superficie	ca.	kW	[7]	80		
~ Potenza termica rimanente		kW		49		
Consumo specifico del motore		kWh/kWh	[2]	2,44		
Consumo olio motore	ca.	kg/h	[3]	0,33		
Rendimento elettrico		%		39,8%		
Rendimento termico		%		47,1%		
Rendimento complessivo		%	[6]	87,0%		
Circuito acqua calda:						
Temperatura di mandata		°C		85,0		
Temperatura di ritorno		°C		65,0		
Portata nominale		m³/h		54,1		
Emissioni (5% O_2)						
NO_x		mg/Nm³		< 250	< 250	< 250
CO		mg/Nm³		< 300	< 300	< 300

I dati riportati si riferiscono al funzionamento del motore a pieno carico, in accordo alle temperature e al numero di riferimento indicati.
Le indicazioni di pressione si intendono come sovrapressioni.
[1] Potenza ISO - standard limitata DIN-ISO 3046 e DIN 6271 riferita alle condizioni standard e a giri nominale.
[2] Secondo normativa DIN-ISO 3046 e DIN 6271 con tolleranza del + 5 %.
[3] Valore medio fra intervalli di cambio olio secondo il calendario di manutenzione, senza la quantità del cambio.
[4] Secondo normativa VDE 0530 REM / IEC-34.1 con relativa tolleranza , a fattore di potenza cos.phi = 1,0
[5] Per potenza complessiva con tolleranza del +/- 8 %.
[6] Secondo le condizioni di cui sopra da [1] a [5]
[7] Valido solo per il modulo (motore e alternatore), impianti periferici non considerati



3.4 CARATTERISTICHE TECNICHE DEI GRUPPI FRIGORIFERI AD ASSORBIMENTO

Sono stati scelti N.2 gruppi frigoriferi ad assorbimento innovativi da circa 1.300 kW frigoriferi cadauno a doppio stadio alimentati sia ad acqua che direttamente con i prodotti di combustione generati dal motore endotermico (temperatura dei fumi in ingresso/uscita: ca. 485/170 °C), per l'elevato COP raggiungibile con queste macchine (COP nominale = 1,2). Nel grafico riportato di seguito si può constatare il contributo degli assorbitori rispetto al fabbisogno frigorifero complessivo.



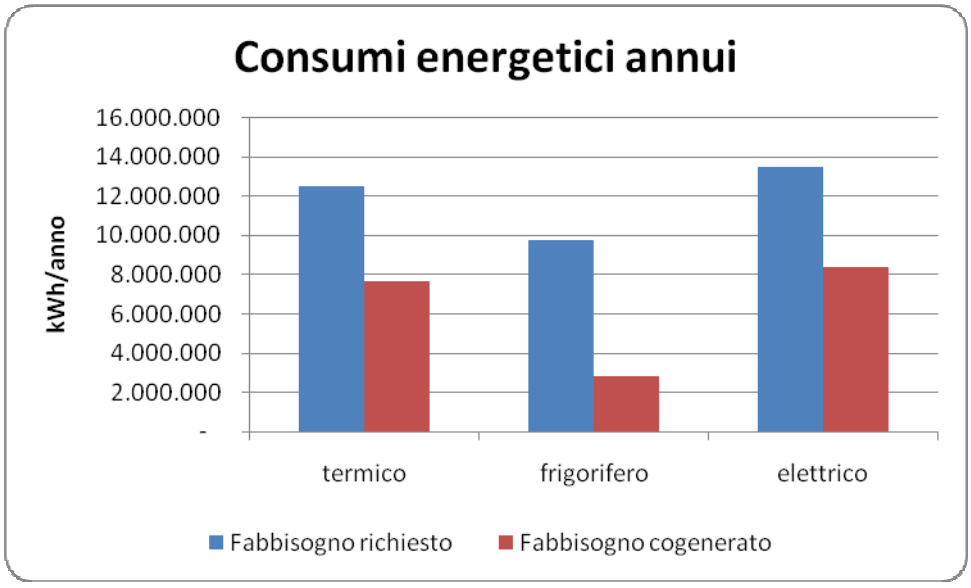
3.5 REGOLAZIONE MODULI COGENERATIVI

Nella simulazione si è ipotizzata una strategia di regolazione tendente ad ottimizzare sia i parametri energetici che la resa economica dell'investimento.

Come già ricordato in precedenza, le strategie di regolazioni attuabili sono tre: seguire l'esigenza termica immettendo in rete l'eventuale surplus d'energia elettrica prodotta, seguire il carico elettrico dissipando l'eventuale carico termico non necessario in atmosfera oppure una regolazione combinata che consente evitare perdite energetiche sia in termini di energia termica che elettrica prodotta dai moduli.
La capacità modulante del gruppo cogenerativo è stata ipotizzata pari al 75% della potenza nominale. Per quanto riguarda il funzionamento del gruppo ad assorbimento accoppiato ai moduli cogenerativi, questo è frutto di una logica (tradotta nel programma di calcolo) che prevede un confronto tra tre differenti situazioni e precisamente:

- Potenza frigo recuperabile dall'assorbitore in caso di carico termico disponibile dal Cogeneratore;
- Carichi frigo effettivamente richiesto;
- Potenza assorbitore massima recuperabile.

Di queste tre condizioni viene prescelta la minore solamente nel caso in cui il modulo cogenerativo sia acceso. Contrariamente, l'assorbitore non viene fatto funzionare in una logica di efficienza dell'intera centrale termofrigorifera.
In questo modo la logica di funzionamento sarà la seguente: se il gruppo cogenerativo è acceso, se c'è esigenza di fabbisogno di acqua refrigerata ed infine se rispetto al fabbisogno termico del presidio il modulo (o moduli) cogenerativo è in grado di produrre di più del fabbisogno stesso allora la restante parte di calore dal modulo cogenerativo sarà ceduto al gruppo ad assorbimento per produrre le frigorie necessarie.
Nella figura riportata in seguito si dà un riepilogo dei consumi energetici annui, termici, elettrici e frigoriferi, e la quota di energia soddisfatta dalla centrale di rigenerazione.

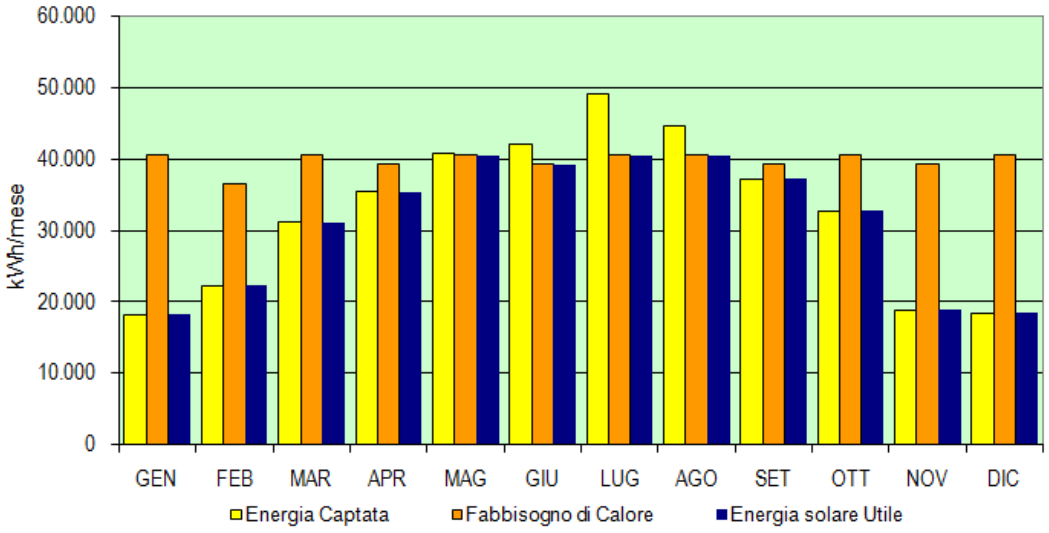


4 IMPIANTO A COLLETTORI SOLARI E SOLAR COOLING

L'intervento proposto prevede l'installazione di un impianto a pannelli solari termici per il preriscaldo dell'acqua calda sanitaria sulla copertura del nuovo ospedale per una superficie coperta di 375 mq.
Di seguito saranno illustrate le procedure con le quali tale impianto è stato.
E' stata eseguita una analisi volta, alla valutazione della quota percentuale del fabbisogno coperto dall'energia solare captata dall'impianto solare suddetto.



Sulla base della stima del fabbisogno annuo di acqua calda sanitaria, si procede a determinare la superficie di pannelli in grado di coprire circa il 50% di tale fabbisogno. A tale scopo si è fatto ricorso al metodo della Carta - f. Tale metodologia semiempirica, ampiamente descritta nella norma UNI 8477-2:1985 parte dalla conoscenza di valori medi mensili che risultano facilmente disponibili quali la radiazione giornaliera media mensile (componenti diretta e diffusa) incidente su Genova, reperibile dalla norma UNI 10349:1994.



Il metodo della carta - f è ottenuto dall'utilizzazione, su un numero rilevante di impianti solari, di un modello di simulazione complesso preventivamente verificato per via sperimentale. Il risultato finale del calcolo proposto è in pratica l'ottenimento della quota percentuale f (frazione solare) del carico termico previsto per produzione di acqua calda sanitaria ricopribile utilizzando l'energia solare captata dall'impianto suddetto una volta definiti:

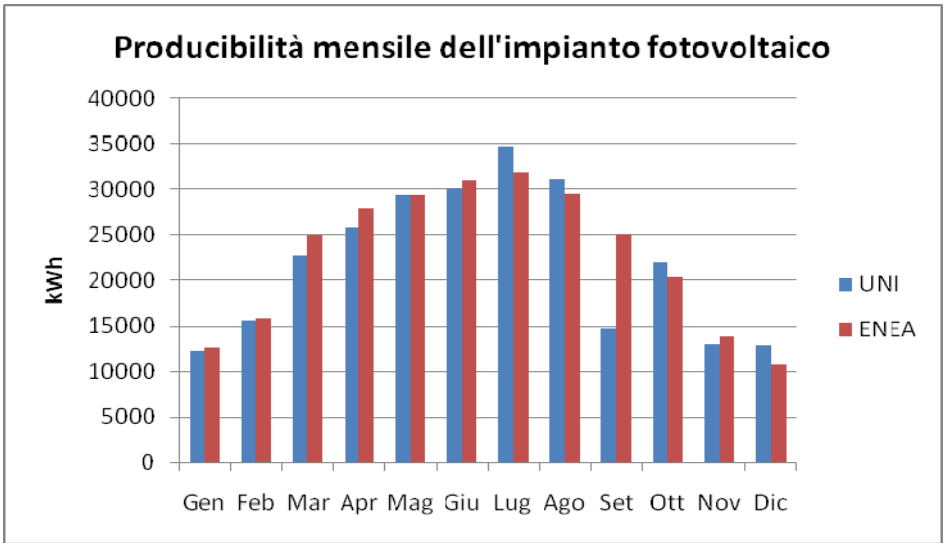
- il tipo di collettore attraverso la sua efficienza termica istantanea;
- le dimensioni caratteristiche dell'accumulo termico;
- i parametri di scambio termico di tubazioni e scambiatori;
- le portate in gioco.

A livello progettuale risulta energeticamente più conveniente sfruttare l'energia captata dai pannelli solari per il preriscaldo dell'acqua sanitaria a monte dell'accumulo mantenuto in temperatura dalla rete di teleriscaldamento. Difatti, essendo la temperatura dell'accumulo dell'acqua preriscaldata mediamente inferiore alla temperatura dell'accumulo riscaldato dalla

rete, lo scambio termico tra l'acqua proveniente dai pannelli e l'acqua da preriscaldare risulta maggiormente efficiente.
Nel periodo estivo, da maggio a settembre, l'energia termica captata dai collettori solari e non necessaria a scaldare l'acqua calda sanitaria andrà ad alimentare l'assorbitore ASS3, in grado di produrre energia frigorifera con un COP indicativo di 0,65.
A seguito del calcolo effettuato si è stabilito che la scelta più conveniente consiste nell'installazione di 83 pannelli solari, per un'estensione di circa 375 mq, che **consentono di risparmiare 237.381 kWh/anno di energia termica** per il riscaldamento dell'acqua sanitaria, pari a 24.745 Nmc di metano e **17.986 kWh/anno di energia elettrica**, per mancato assorbimento da parte dei gruppi frigoriferi elettrici.

5 IMPIANTO A PANNELLI FOTOVOLTAICI

Sulla copertura piana dell'edificio verrà realizzato un generatore fotovoltaico al fine di sfruttare gli incentivi economici del Conto Energia e l'energia prodotta per gli usi interni della struttura ospedaliera.
Il sistema previsto sarà costituito da n. 1.008 moduli in silicio policristallino aventi potenza di picco unitaria pari a 225 Wp per un totale di 226.800 Wp che rappresenta il 5% circa della potenza di contatore. Si rappresenta di seguito la producibilità mensile dell'impianto fotovoltaico, calcolato secondo procedura UNI e secondo procedura ENEA.



I pannelli scelti garantiranno, rispetto ad altre tipologie costruttive, potenze specifiche elevate e quindi, a parità di area occupata, maggiori potenzialità energetiche.
Per non inficiare sull'estetica del fabbricato, di elevato pregio architettonico, si eviteranno installazioni in facciata o su pensiline pedonali a terra ma si opterà per l'installazione dei pannelli sulla copertura con angolo di tilt nullo (montaggio orizzontale); l'adozione di tale soluzione, seppur sfavorevole dal punto di vista della produzione di energia (-8% circa rispetto alla soluzione ottimale con tilt di 30°) permetterà la totale integrazione architettonica e assicurerà un minor impatto visivo dell'impianto.
Si evidenzia come non sia ancora stato definito il Conto Energia per gli anni a venire e quindi non è sicuro che la tariffa incentivante premi gli impianti totalmente integrati architettonicamente rispetto agli altri.
Si riepilogano di seguito i dati caratteristici di impianto e di producibilità stimata:

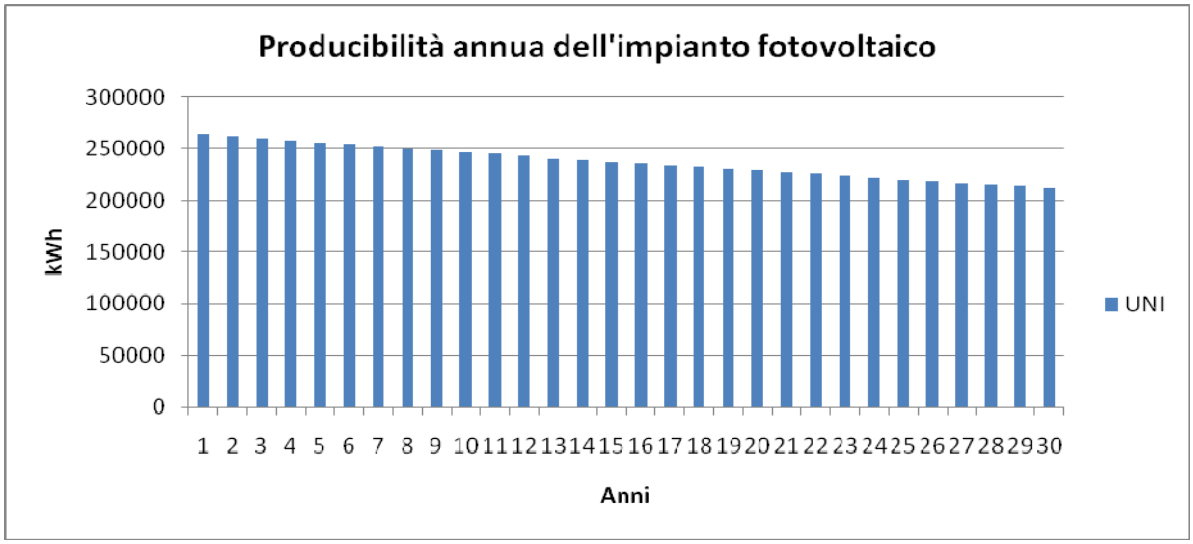
- potenza di picco: 226.800 Wp
- area impegnata (copertura piana): 1.800 m² circa
- angolo di tilt: 0°
- angolo di azimut (rispetto al sud): 25°
- producibilità specifica: 1.100 kWh/kWp anno (dati UNI 10349)
- producibilità totale: 249.480 kWh/anno.

In base all'analisi energetica dell'edificio, si calcola che l'energia prodotta da fonte fotovoltaica andrà a coprire l'1,8% circa del totale (stimato a 13.460.000 kWh/anno) pari a circa 47 TEP/anno.

Lo schema di impianto potrà essere realizzato secondo due tipologie impiantistiche differenti:
utilizzando inverter di piccola potenza (es. P=10 kW in c.a.) si avranno n. 16 pannelli per stringa, n. 3 stringhe per n. 21 inverter per un totale di 16x3x21 = 1.008 pannelli
utilizzando inverter di elevata potenza (es. P=250 kW in c.a.) si avranno n. 21 pannelli per stringa, n. 48 stringhe per n. 1 inverter per un totale di 21x48x1 = 1.008 pannelli
La scelta tra le due differenti tipologie possibili potrà essere fatta in sede di progettazione definitiva in base ai seguenti aspetti:

- rendimento inverter
- oneri di manutenzione; in questo caso è meglio avere un numero basso di inverter
- perdita di producibilità nel caso di blocco inverter; in questo caso è meglio frazionare la potenza su più inverter.

In base all'Allegato A alla delibera ARG/elt 99/08, poiché la potenza d'impianto supera i 100 kW la connessione alla rete elettrica potrà essere realizzata in bassa o media tensione a discrezione dell'Ente distributore. Nel secondo caso sarà necessario prevedere una cabina di trasformazione che potrà essere ubicata nei locali tecnici predisposti in copertura del fabbricato. In tale manufatto saranno presenti i misuratori dell'energia prodotta mentre nella cabina di consegna MT del Polo tecnologico vi sarà il contatore dell'energia scambiata con la rete.
Di seguito si rappresenta l'andamento della producibilità annua dell'impianto fotovoltaico per i 30 anni successivi alla realizzazione.



6 UMIDIFICAZIONE AD ACQUA ATOMIZZATA



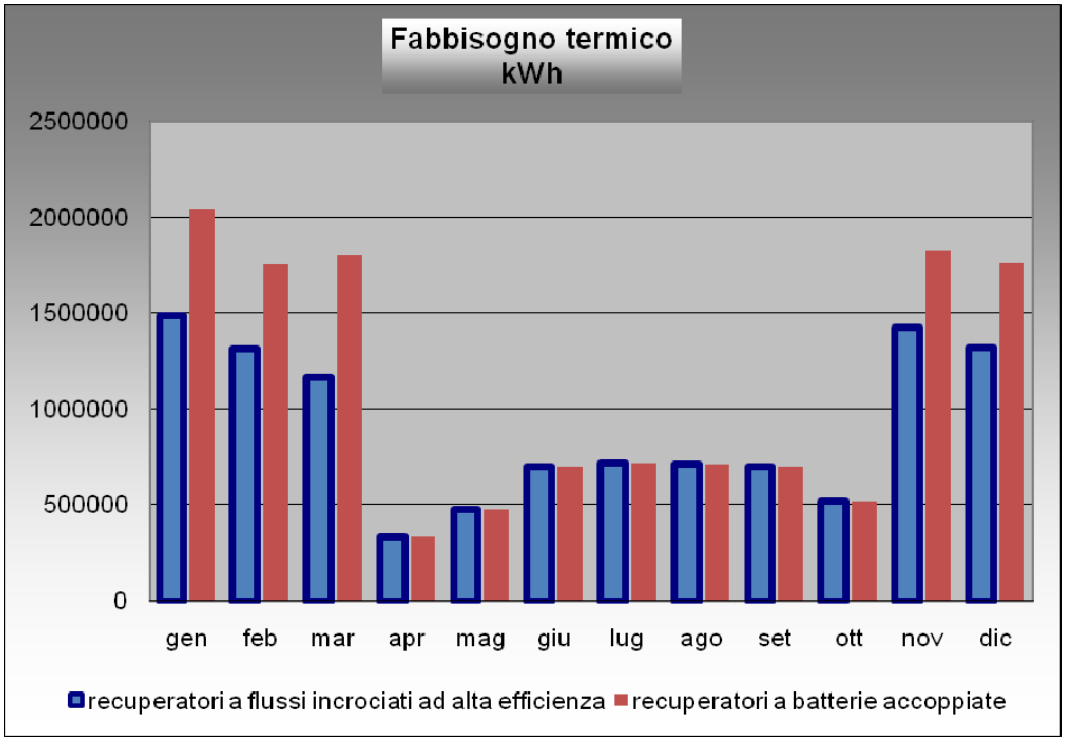
Gli umidificatori adiabatici ad acqua pressurizzata sono in grado, grazie alla modulazione continua della pompa di alimento e al controllo preciso del numero di ugelli che spruzzano e grazie al'elevata pressione dell'acqua (compresa tra 25 e 75 bar), di produrre una nebbia finissima con goccioline di diametro medio di soli 10...15 µm mediante ugelli aventi un orifizio di soli 0,2 mm. Questa nebbiolina finissima viene velocemente assorbita in modo che più del 95% dell'acqua atomizzata venga assorbita dall'aria.
La scelta di tali apparecchi è giustificata dai seguenti vantaggi:

- il risparmio d'acqua dovuto al fatto che quasi la totalità dell'acqua viene assorbita dall'aria;
- l'idoneità all'utilizzo in ambiente ospedaliero;
- il risparmio energetico ottenibile rispetto all'umidificazione a vapore.

Si vuole comunque sottolineare che tale applicazione dispositivo di umidificazione sarà utilizzato solo negli ambienti dove non è richiesto un elevato grado di asepsi, per i quali l'umidificazione a vapore resta la soluzione più adeguata.
Con tale sistema adiabatico l'energia termica che con l'umidificazione a vapore è fornita dal vapore stesso, viene data dal post riscaldamento ad acqua calda, non andando quindi a modificare l'equilibrio termico progettuale.
Il sistema permette di ridurre l'utilizzo di vapore con conseguente risparmio energetico, dovuto al migliore rendimento di produzione dell'acqua calda (con caldaie a condensazione) rispetto al vapore. **Il risparmio conseguibile è pari a 27.835 Nmc di metano.**

7 RECUPERATORI A FLUSSI INCROCIATI AD ALTA EFFICIENZA IN SOSTITUZIONE DELLE BATTERIE ACCOPPIATE

Di seguito si riporta un grafico che mostra la riduzione del fabbisogno termico dell'Ospedale Galliera nel caso in cui si incrementi il rendimento dei recuperatori all'interno delle UTA passando dalle batterie accoppiate ai recuperatori a flussi incrociati.



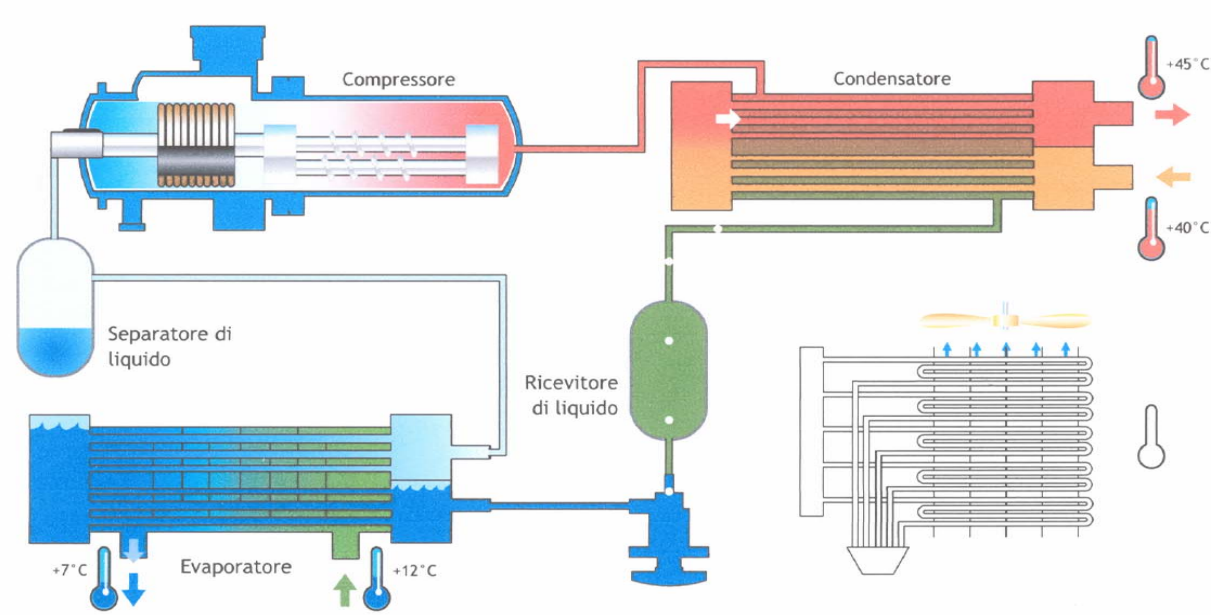
Il risparmio conseguibile è pari a 253.746 Nmc di metano.

8 GRUPPI POLIVALENTI E WATER LOOP (ENERGY RAISER)

E' stato previsto l'inserimento di 2 gruppi polivalenti di potenza frigorifera ciascuno pari a circa 500 kW, che rappresentano la soluzione ideale ogniqualvolta ci sia la necessità di produrre contemporaneamente acqua calda e acqua refrigerata. Tali gruppi sono stati pensati per funzionare nel periodo invernale e nelle mezze stagioni andando a recuperare il calore dalle diagnostiche e dalle celle frigo mediante un anello tiepido mantenuto ad una temperatura tra i 15 e i 20°C per cederlo a quei reparti che richiedono caldo.

Il risparmio conseguibile è pari a 131.345 Nmc di metano.

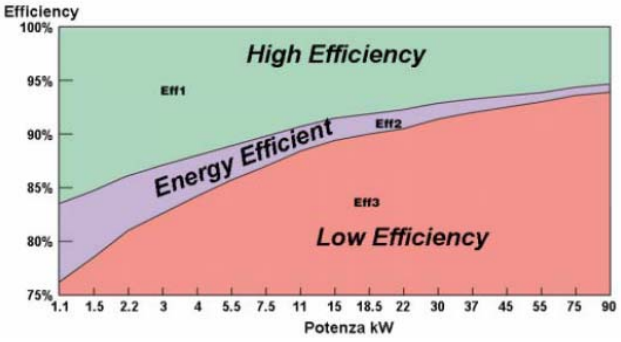
Di seguito si riporta uno schema esplicativo del funzionamento dell'Energy Raiser in modalità di produzione di energia termica e frigorifera.



MODALITA' RAFFREDDAMENTO E RISCALDAMENTO: Produzione simultanea di acqua calda e refrigerata.

L' unità si comporta come un chiller con condensazione ad acqua con il vantaggio che l' acqua calda al condensatore viene utilizzata direttamente per riscaldamento.

9 MOTORI PER POMPE E VENTILATORI DI CLASSE 1 AD ALTA EFFICIENZA



La miglioria proposta consiste nell'utilizzo di motori in classe energetica Eff1, per elettropompe e ventilatori.
La classificazione dell'efficienza in gruppi, Eff1, Eff2, Eff3, esprime la capacità di un motore di consumare la minima energia elettrica possibile mantenendo elevati livelli di rendimento.
Il minor consumo energetico del motore si traduce in un abbattimento dei costi di esercizio, un fattore fondamentale per il sistema ospedale.

Definizione delle classi per i motori a 4-poli

Kw	EFF3 motori η_n	EFF2 motori η_n	EFF1 motori η_n
1.1	< 76.2	>= 76.2	>=83.8
1.5	< 78.5	>= 78.5	>=85.0
2.2	< 81.0	>= 81.0	>=86.4
3	< 82.6	>= 82.6	>=87.4
4	< 84.2	>= 84.2	>=88.3
5.5	< 85.7	>= 85.7	>=89.2
7.5	< 87.0	>= 87.0	>=90.1
11	< 88.4	>= 88.4	>=91.0
15	< 89.4	>= 89.4	>=91.8
18.5	< 90.0	>= 90.0	>=92.2
22	< 90.5	>= 90.5	>=92.6
30	< 91.4	>= 91.4	>=93.2
37	< 92.0	>= 92.0	>=93.6
45	< 92.5	>= 92.5	>=93.9
55	< 93.0	>= 93.0	>=94.2
75	< 93.6	>= 93.6	>=94.7
90	< 93.9	>= 93.9	>=95.0

Definizione delle classi per i motori a 2-poli

Kw	EFF3 motori η_n	EFF2 motori η_n	EFF1 motori η_n
1.1	< 76.2	>= 76.2	>=82.8
1.5	< 78.5	>= 78.5	>=84.1
2.2	< 81.0	>= 81.0	>=85.6
3	< 82.6	>= 82.6	>=86.7
4	< 84.2	>= 84.2	>=87.6
5.5	< 85.7	>= 85.7	>=88.6
7.5	< 87.0	>= 87.0	>=89.5
11	< 88.4	>= 88.4	>=90.5
15	< 89.4	>= 89.4	>=91.3
18.5	< 90.0	>= 90.0	>=91.8
22	< 90.5	>= 90.5	>=92.2
30	< 91.4	>= 91.4	>=92.9
37	< 92.0	>= 92.0	>=93.3
45	< 92.5	>= 92.5	>=93.7
55	< 93.0	>= 93.0	>=94.0
75	< 93.6	>= 93.6	>=94.6
90	< 93.9	>= 93.9	>=95.0

I motori ad alta efficienza (Eff1, secondo la classificazione della comunità europea), sono raccomandati del caso di un numero elevato di ore di operazione annuale (attività ospedaliera: 24h, 365 giorni alla'anno) e consentono il raggiungimento dei seguenti obiettivi:
Risparmio energetico, riduzione dei consumi e delle spese energetiche;
Minore manutenzione degli impianti, maggiore vita utile dell'impianto e minori costi di manutenzione.
Riportiamo di seguito la relazione utilizzata per il calcolo del risparmi energetico atteso attraverso l'installazione di motori ad alta efficienza (Eff1):

$$Risparmioenergetico = hrs \times kW \times \%FL \times (\frac{1}{\eta_{ST}} - \frac{1}{\eta_{Eff1}})$$

dove:
hrs: tempo di utilizzo annuale;
kW: rating del motore in kW;
%FL: frazione del pieno carico a cui il motore lavora;
ηST: Efficienza di un motore standard;
ηEff1: Efficienza di un motore ad alta efficienza.
Si stima un risparmio di 135.000 kWh elettrici, pari a circa l'1% del fabbisogno complessivo di energia elettrica.

10 SENSORI DI REGOLAZIONE AUTOMATICA DELL'ILLUMINAZIONE "DALI"

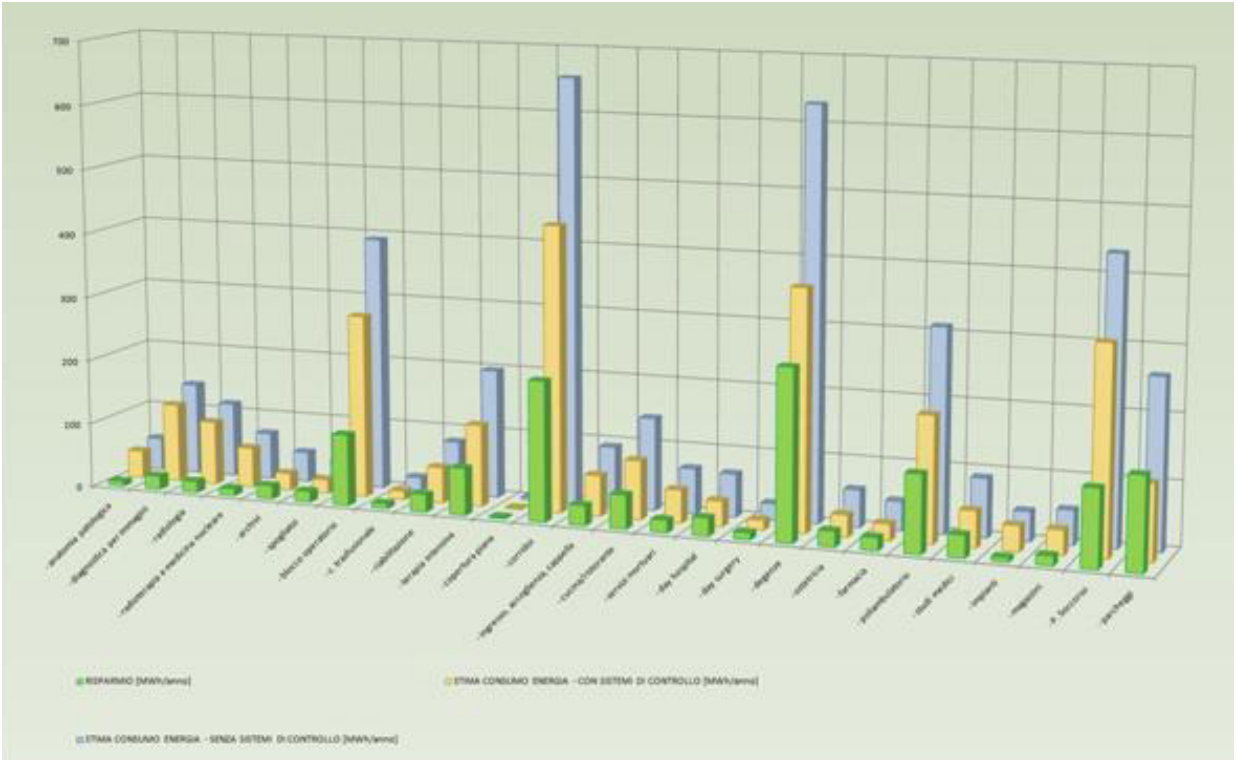
Negli ultimi anni la tecnica d'automazione degli edifici ha favorito il passaggio dai sistemi d'installazione tradizionali a soluzioni complessive gestite da BUS con integrazione software. Mentre la tecnica di cablaggio convenzionale prevede il comando diretto degli apparecchi utilizzatori fornendo loro la tensione necessaria per il funzionamento delle lampade, nella moderna tecnica digitale le informazioni sono inviate all'utenza in maniera disgiunta dalla rete elettrica; in tal modo è possibile riconfigurare via software e in ogni momento le accensioni e associarle ai vari gruppi di apparecchi, anch'essi configurabili a piacere, senza la necessità di ricablare i vari componenti del sistema.
Il progetto proposto prevede la realizzazione di un sistema di gestione degli stati illuminotecnici in maniera automatica, in funzione delle esigenze del personale, della modalità di fruizione degli ambienti da parte del pubblico, del contributo di luce naturale.
Tale impianto si pone come obiettivo l'ottimizzazione e il controllo in tempo reale della gestione di energia dedicata all'illuminazione, limitando al minimo necessario i consumi di energia elettrica.
Nel grafico si riporta la stima dei risparmi ottenibili per quanto riguarda l'energia assorbita dall'impianto di illuminazione reparto per reparto.
L'impianto d'illuminazione sarà realizzato utilizzando principalmente corpi illuminanti equipaggiati con lampade fluorescenti alimentate da reattori di tipo elettronico dimmerabile DALI collegati ad un BUS DALI il quale provvede ad effettuare sia il comando ON/OFF che la regolazione degli apparecchi.
In particolare, gli apparecchi dei servizi igienici saranno attivati mediante sensore di presenza con tempo di spegnimento reimpostabile a piacere.
I comandi di accensione dei circuiti luce dei corridoi e delle aree comuni si troveranno nei locali caposala o nelle portinerie, per gli altri ambienti si troveranno all'interno della stanza stessa.
Oltre a quanto sopra specificato il sistema di comando e regolazione, dell'illuminazione consentirà anche di effettuare scene di illuminazione preimpostate attivate automaticamente ad orari prestabiliti o manualmente dalle pulsantiere previste nei locali presidiati.
Oltre ai comandi previsti il sistema dovrà fare il controllo degli apparecchi rilevandone lo stato, il livello di regolazione, il corretto funzionamento, le ore di funzionamento, la stima delle ore mancati per raggiungere la fine vita della lampada, la programmazione della manutenzione calcolata sulla base dei database storici dell'impianto, l'emissione dei report di stampa e quanto altro necessario alla conduzione e all'utilizzo dell'impianto stesso.
La tecnologia del sistema si articola su tre livelli:

- gestione e supervisione impianto;
- livello di campo;
- livello di automazione.

In quest'ultimo livello vengono eseguiti tramite specifici software i servizi dell'automazione dipendenti dalla luce diurna, i controlli statici e di manutenzione, l'automazione temporale che permette l'inserimento di funzioni orarie per ogni singolo locale, definendo tramite calendario annuale i giorni e gli orari in cui attivare le diverse situazioni ambientali. L'accesso al software è possibile dalla control room e/o qualsiasi PC predisposto.
Tutto il processo di comando avverrà in modo automatico, richiamando le diverse scenografie di luce opportunamente programmate o utilizzando i valori rilevati dai sensori di luminosità installati nei vari ambienti per ottenere con la luce artificiale una atmosfera neutra che richiami i rapporti di luce naturale.
I segnali digitali dal livello di automazione saranno trasmessi a quello di campo, dove verranno codificati dai moduli d'uscita rispettivi e inviati ai reattori digitali sotto forma di sequenze binarie.

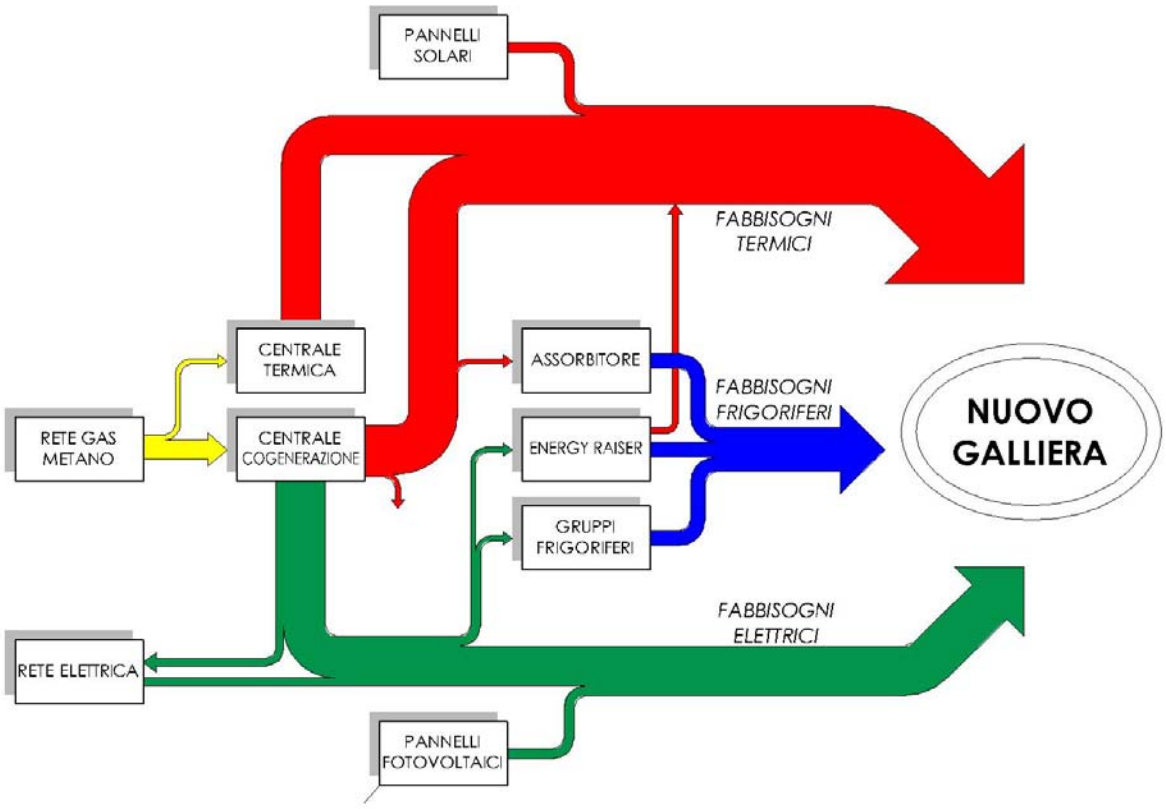
Alle stesse uscite è possibile collegare trasformatori elettronici digitali per il controllo di eventuali carichi alogeni a bassissima tensione 12V AC.
Moduli con un comando ON-OFF a relè elettronico, permetteranno anche di allacciare direttamente altri carichi o circuiti ausiliari di comando.
E' sempre comunque possibile intervenire manualmente per regolare temporaneamente il flusso luminoso dell'intero locale o di singoli gruppi o richiamare una delle soluzioni impostate e modificarle, memorizzandole per mezzo del modulo di controllo e programmazione.
In particolare è indispensabile che il sistema riproduca le seguenti funzionalità:

- apparecchi dedicati all' illuminazione di emergenza: in caso di mancanza di tensione sul BUS il reattore DALI regolerà automaticamente la dimmerazione al 100%;
- nel caso di apparecchi dedicati all' illuminazione normale: in caso di mancanza di tensione sul BUS saranno memorizzati i dati nei singoli moduli di campo in modo da riportare il livello di dimmerazione a quello presente prima della mancanza tensione.



Il risparmio conseguibile mediante l'utilizzo di sistemi di gestione dell'impianto di illuminazione si può riassumere nel grafico sopra riportato, dove si vede il confronto fra l'energia consumata da un sistema di illuminazione costituito da apparecchi illuminanti di ultima generazione e sorgenti luminose ad alta efficienza, ma non equipaggiati con sistemi di controllo e lo stesso impianto integrato con reattori elettronici dimmerabili indirizzabili, regolatori di luminosità, rivelatori di presenza, ecc…
In particolare, per l'ospedale in esame, il consumo annuo stimato per l'impianto di illuminazione senza gestione centralizzata può essere dell'ordine dei 3.300.000 kWh/anno, mentre per un impianto "intelligente" il consumo è pari a 2.200.000 kWh/anno, con un risparmio stimato in almeno 1.100.000 kWh/anno.

11 SCHEMA A BLOCCHI DELLA PRODUZIONE ENERGETICA DEL NUOVO OSPEDALE



Lo schema sopra riportato dà un'utile sintesi della filosofia energetica all'insegna della quale è stata condotta la progettazione degli impianti del Nuovo Ospedale di Genova.
Si può constatare come la quota principale di fabbisogno termico richiesto sia fornito dalla centrale di cogenerazione e intergrato dalle fonti convenzionali e in una parte minore dall'impianto solare termico e dal recupero derivante dall'energy raiser.
Il fabbisogno elettrico è soddisfatto principalmente dalla centrale di cogenerazione e integrato dai prelievi da rete elettrica e dall'energia prodotta dai pannelli fotovoltaici.
Il fabbisogno frigorifero è coperto, per una parte minoritaria che rappresenta lo zoccolo del fabbisogno, dai gruppi frigoriferi ad assorbimento, alimentati dal calore generato dai cogeneratori e dai collettori solari termici, per la parte preponderante dai gruppi frigoriferi a compressione meccanica e infine è integrato dall'energy raiser.

12 SOLUZIONI SCARTATE

Alcune soluzioni sono state scartate nel processo di definizione progettuale.
Sono state scartate applicazioni di tipo geotermico in quanto la tipologia di suolo non garantisce efficaci coefficienti di scambio termico con le sonde geotermiche (sia orizzontali che verticali). Sulla base dell'analisi di fattibilità economica che è stata effettuata è stato stimato un tempo di ritorno per questo tipo di intervento dell'ordine dei 18 anni. Nel seguito si riassumono le informazioni principali che hanno portato all'esclusione di tale soluzione.
Bisogna premettere che per una caratterizzazione geomorfologica del suolo andrebbero condotte campagne di misurazione accurate delle caratteristiche del terreno su cui si vuole realizzare l'impianto. Può comunque essere fatta una valutazione preliminare della qualità del suolo in termini di energia estraibile, sulla base delle informazioni disponibili tramite carte geomorfologiche della zona interessata dall'intervento. Si riporta di seguito un estratto della carta geomorfologica della Provincia di Genova che rappresenta l'alveo del torrente Bisagno in territorio comunale di Genova. Da essa si evince che il tipo di suolo è costituito da depositi alluvionali di recente formazione (in parte ghiaie sabbiose), quindi presumibilmente dotato di bassa conduttività termica e quindi di cattive prestazioni di scambio termico con le sonde.

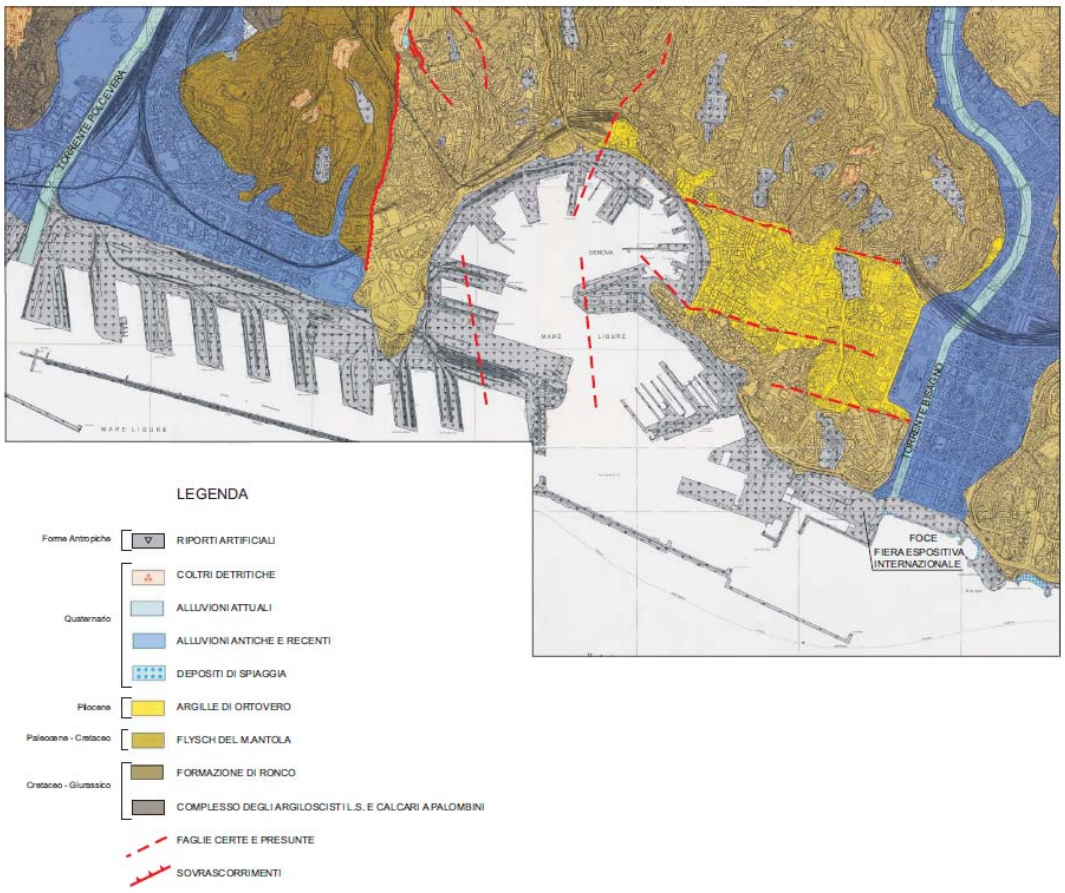


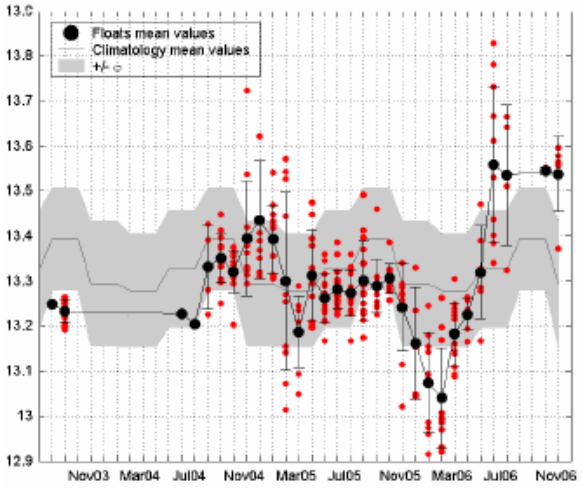
FIGURA 5
CARTA GEOLOGICA DEL TERRITORIO GENOVESE
PREPARATO PER
AUTORITA' PORTUALE GENOVA

Per questa tipologia di suolo, si stima dalla letteratura tecnica una resa termica del suolo di circa 10 W/mq. Assumendo l'installazione di sonde geotermiche orizzontali su tutta la superficie di fondazione dell'ospedale, si ha una potenza scambiata con il terreno di 100 kW. Ciò consente di risparmiare 33.500 Nmc di metano per riscaldamento, a fronte di un consumo di energia elettrica per alimentare la pompa di calore geotermica e i gruppi di pompaggio di

52.800 kWh. Nel complesso si ha un risparmio annuo di circa 11.000 euro, a fronte di un costo di investimento, comprensivo del costo delle sonde, dei gruppi di pompaggio e dello scavo e posa delle sonde, pari a circa 190.000 euro, che determina un tempo di ritorno di circa 18 anni.

Per il sistema a sonde verticali valgono considerazioni analoghe a quanto esposto fin qui, con le seguenti due differenze:

- il terreno ha una resa superiore
- il costo dell'investimento è superiore.

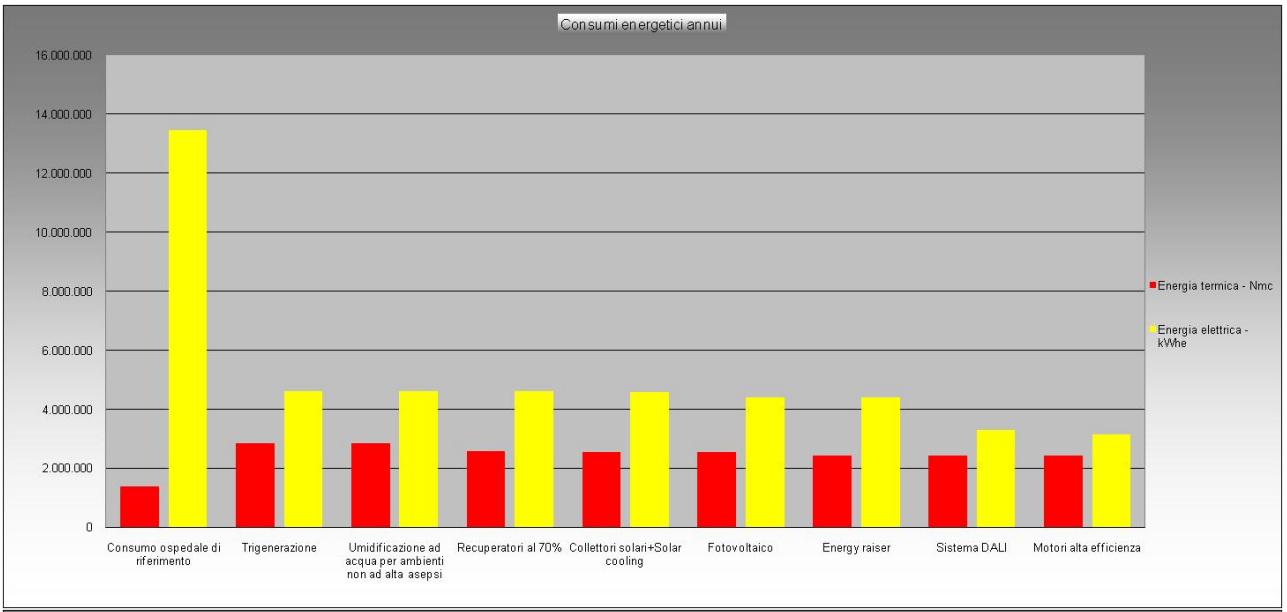


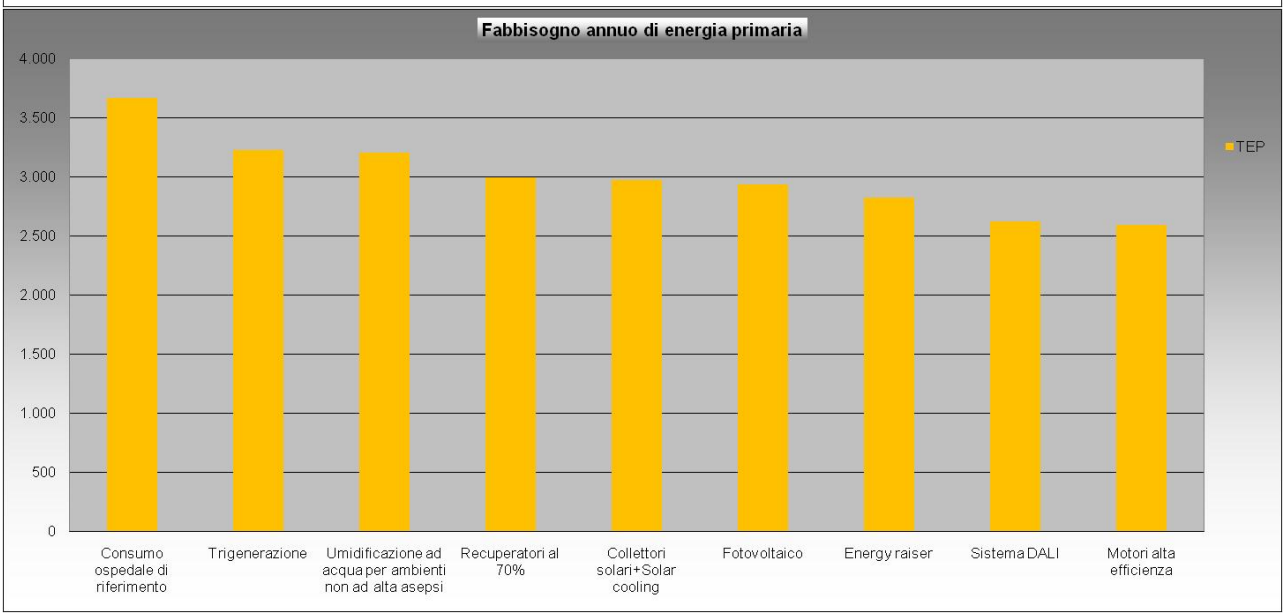
In definitiva il tempo di ritorno per quest'ultimo investimento non è diverso dal precedente.

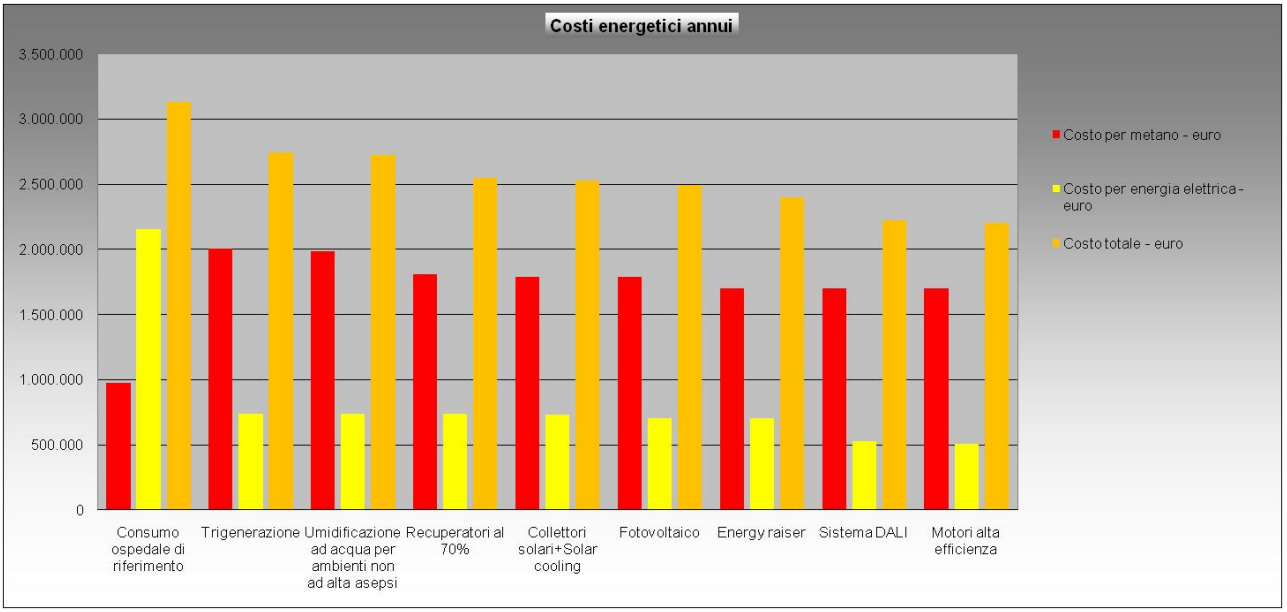
La soluzione di adottare un sistema geotermico ad anello aperto (ad acqua di mare) è stata scartata per problemi di natura economica (si consideri un tempo di ritorno di circa 14 anni), di natura tecnologica e pratica, in quanto le opere di presa a mare e restituzione richiedono attualmente iter autorizzativi non sempre chiari (autorizzazione al prelievo, servitù di passaggio, ecc…) e sono opere invasive, obbligando a vaste interruzioni del traffico viario a meno di procedere a costose operazioni di perforazione tramite "microtunneling". Nella figura è riportato l'andamento annuo della temperatura dell'acqua nel mar Ligure (oscilla tra 13,0 °C e 13,5 °C), da cui si evince che le condizioni non sono ideali per lo scambio, in quanto particolarmente le temperature sono mediamente basse e penalizzerebbero il funzionamento in riscaldamento.

13 RIEPILOGO

Si dà di seguito un riepilogo grafico e tabellare dei consumi energetici dell'ospedale, a seguito dei diversi interventi prima descritti. Il consumo viene riportato sia in termini di combustibile o energia elettrica assorbita, che in termini di energia primaria, per rendere più agevole il confronto fra le situazioni prima e dopo gli interventi. Difatti, accade che una tecnologia consumi di più in termini di una risorsa e risparmi nell'altra, fermo restando la realizzazione di un risparmio globale.
Il **risparmio complessivo a seguito degli interventi proposti è di 1.073 TEP, pari al 30% del consumo complessivo dell'ospedale.**
Si è anche tentato di valorizzare economicamente gli interventi proposti, assumendo un costo fisso per il Nmc di metano, pari a 0,70 euro e per il kWh elettrico, pari a 0,16 euro.





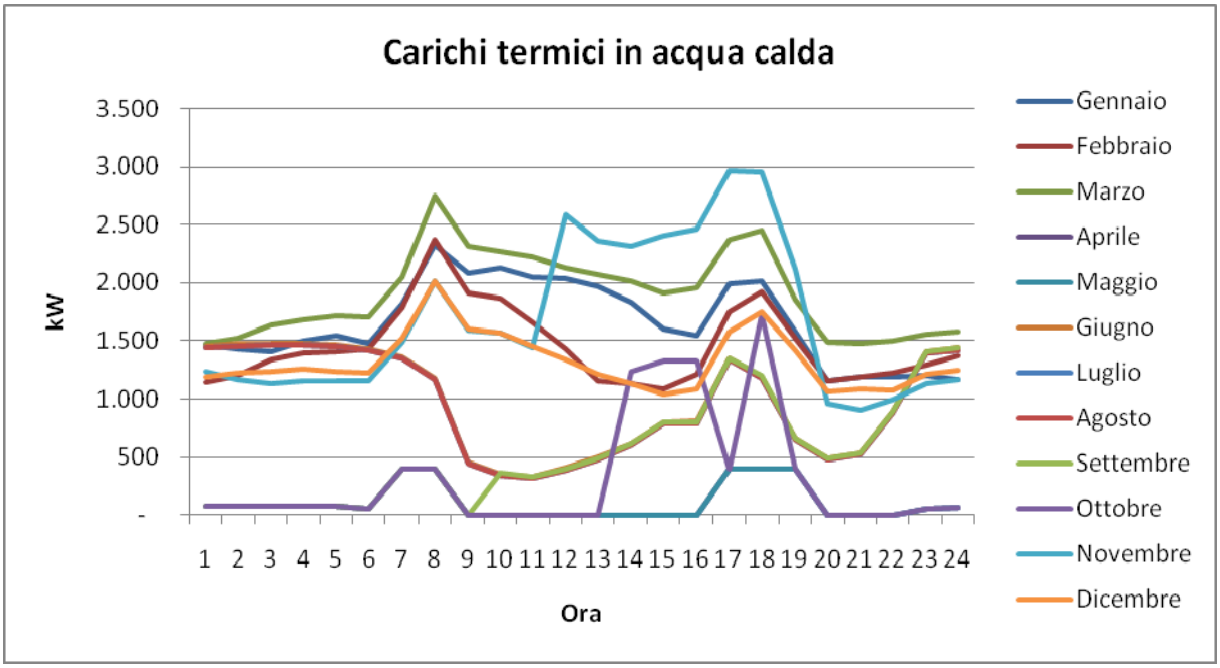


	Consumi			Costi		
	Metano Nmc	**Energia elettrica kWh**	**Energia primaria TEP**	**Metano €**	**Energia elettrica €**	**Totale €**
Ospedale riferimento	1.392.347	13.462.742	3.666	974.643	2.154.039	3.128.682
Con trigenerazione	2.865.826	4.607.301	3.225	2.006.078	737.168	2.743.247
Con umidificazione ad acqua	2.837.991	4.607.301	3.202	1.986.594	737.168	2.743.247
Con recuperatori (eff.70%)	2.584.245	4.607.301	2.993	1.808.972	737.168	2.546.140
Con Collettori solari+solar cooling	2.559.500	4.589.315	2.969	1.791.650	734.290	2.525.941
Con Fotovoltaico	2.559.500	4.391.049	2.932	1.791.650	702.568	2.494.218
Con Gruppo polivalente (ER)	2.428.155	4.391.049	2.824	1.699.709	702.568	2.402.276
Con sistema DALI	2.428.155	3.291.049	2.618	1.699.709	526.568	2.226.276
Con Motori alta efficienza	2.428.155	3.156.422	2.593	1.699.709	505.028	2.204.736

14 ALLEGATI

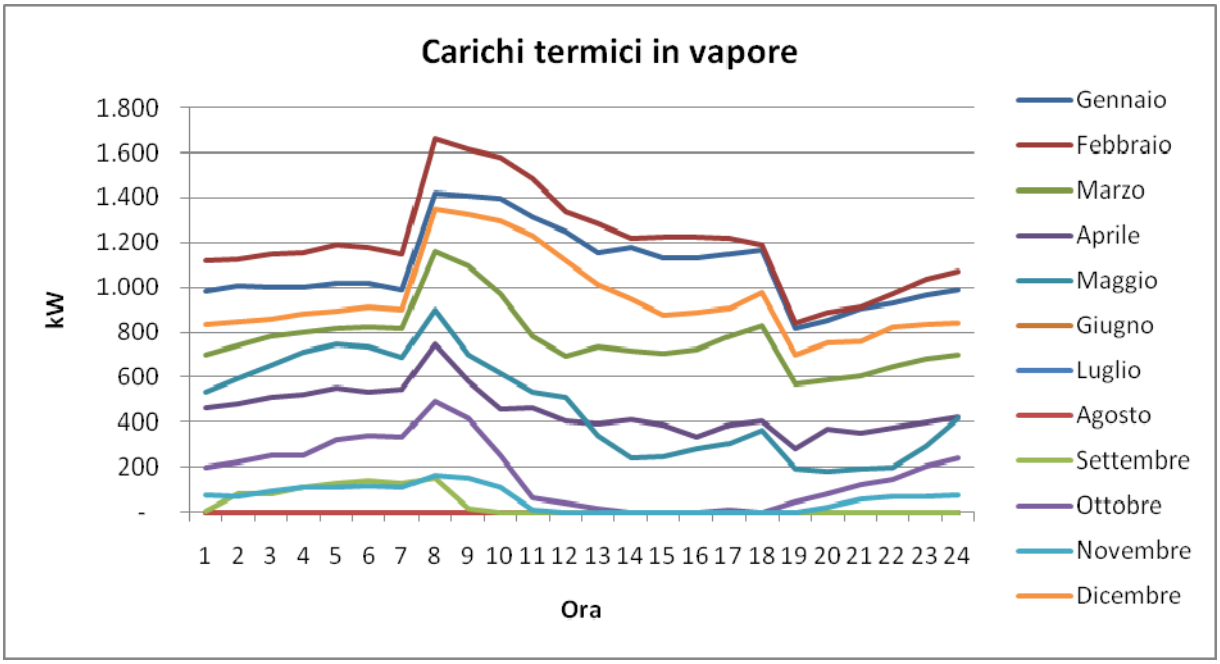
14.1 CARICHI TERMICI IN ACQUA CALDA

Carichi termici in acqua calda [kW]												
Ora	**Gennaio**	**Febbraio**	**Marzo**	**Aprile**	**Maggio**	**Giugno**	**Luglio**	**Agosto**	**Settembre**	**Ottobre**	**Novembre**	**Dicembre**
1	1.463	1.139	1.472	74	74	1.458	1.443	1.442	74	74	1.239	1.188
2	1.427	1.205	1.520	79	79	1.470	1.457	1.456	79	79	1.168	1.219
3	1.412	1.335	1.633	81	81	1.475	1.463	1.462	81	81	1.136	1.230
4	1.503	1.392	1.683	79	79	1.472	1.460	1.459	79	79	1.159	1.253
5	1.540	1.404	1.711	74	74	1.462	1.450	1.448	74	74	1.154	1.239
6	1.479	1.428	1.710	55	55	1.428	1.417	1.415	55	55	1.152	1.221
7	1.824	1.790	2.046	400	400	1.364	1.354	1.354	400	400	1.483	1.525
8	2.324	2.373	2.753	400	400	1.174	1.162	1.165	400	400	2.017	2.017
9	2.083	1.912	2.316	-	-	452	438	440	-	-	1.593	1.605
10	2.132	1.863	2.267	-	-	355	340	341	357	-	1.568	1.568
11	2.047	1.654	2.218	-	-	328	314	314	327	-	1.446	1.458
12	2.034	1.433	2.132	-	-	406	390	391	403	-	2.591	1.335
13	1.973	1.151	2.071	-	-	496	481	481	493	-	2.359	1.213
14	1.826	1.127	2.010	-	-	620	606	603	618	1.230	2.307	1.127
15	1.605	1.090	1.912	-	-	803	789	786	801	1.321	2.410	1.041
16	1.544	1.213	1.961	-	-	805	790	787	802	1.322	2.462	1.090
17	1.993	1.748	2.373	400	400	1.351	1.335	1.332	1.352	400	2.962	1.576
18	2.017	1.919	2.447	400	400	1.193	1.178	1.176	1.196	1.727	2.958	1.748
19	1.577	1.517	1.858	400	400	660	652	652	662	400	2.116	1.423
20	1.159	1.159	1.484	-	-	484	475	475	486	-	955	1.066
21	1.194	1.185	1.475	-	-	532	523	522	533	-	903	1.083
22	1.185	1.228	1.501	-	-	890	879	879	891	-	997	1.074
23	1.195	1.297	1.553	52	52	1.410	1.396	1.396	1.412	52	1.132	1.209
24	1.164	1.369	1.574	64	64	1.436	1.423	1.422	1.438	64	1.161	1.247



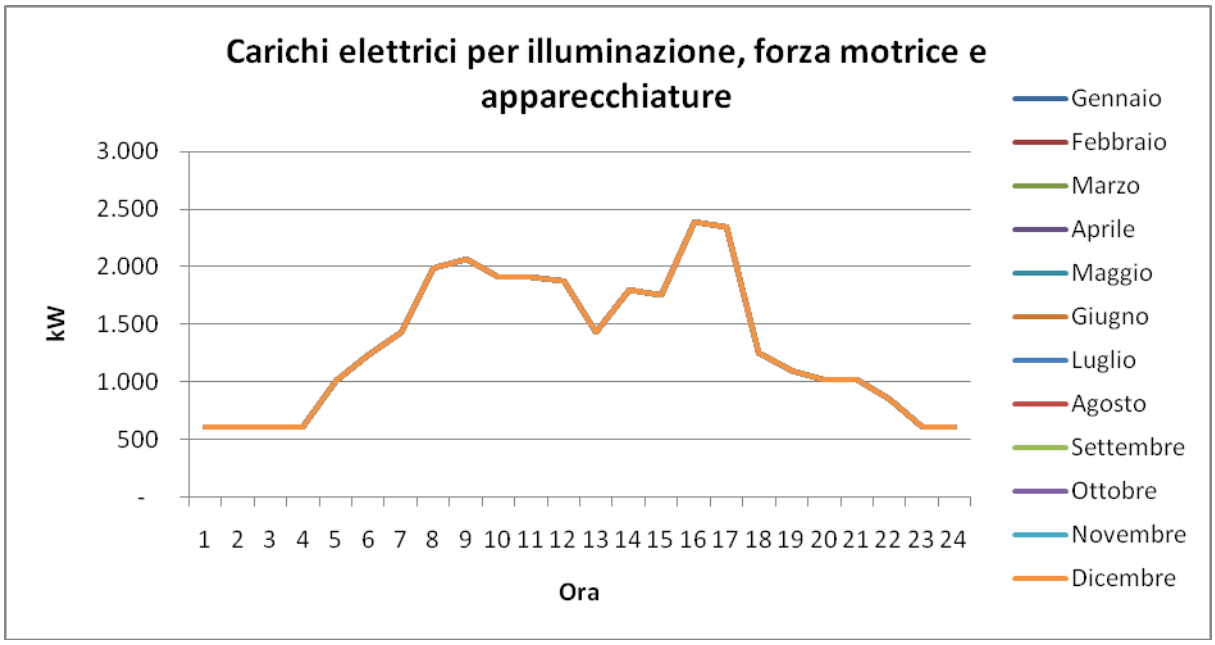
14.2 CARICHI TERMICI IN VAPORE

Carichi termici in vapore [kW]												
Ora	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
1	984	1.118	700	464	537	-	-	-	6	200	73	838
2	1.004	1.127	744	481	596	-	-	-	81	221	71	850
3	1.001	1.146	780	514	650	-	-	-	81	252	91	861
4	1.003	1.154	798	525	713	-	-	-	107	254	109	882
5	1.019	1.187	815	550	745	-	-	-	130	321	110	893
6	1.018	1.180	823	537	737	-	-	-	142	338	113	911
7	988	1.146	817	544	689	-	-	-	130	336	108	900
8	1.422	1.660	1.157	748	902	-	-	-	149	496	160	1.347
9	1.407	1.613	1.098	581	700	-	-	-	16	417	153	1.325
10	1.395	1.579	972	456	617	-	-	-	-	253	110	1.294
11	1.312	1.486	784	466	537	-	-	-	-	64	9	1.232
12	1.249	1.338	693	404	514	-	-	-	-	37	-	1.120
13	1.155	1.282	736	392	342	-	-	-	-	15	-	1.014
14	1.176	1.219	717	413	237	-	-	-	-	-	-	946
15	1.131	1.226	706	386	248	-	-	-	-	-	-	877
16	1.133	1.227	724	333	278	-	-	-	-	-	-	887
17	1.146	1.218	782	389	306	-	-	-	-	7	-	907
18	1.167	1.187	831	407	365	-	-	-	-	-	-	975
19	816	841	572	283	195	-	-	-	-	44	-	702
20	852	891	587	367	180	-	-	-	-	81	24	750
21	909	910	606	351	195	-	-	-	-	123	58	757
22	928	972	646	378	197	-	-	-	-	146	69	821
23	966	1.037	680	397	294	-	-	-	-	204	68	837
24	989	1.073	698	420	416	-	-	-	-	241	77	839



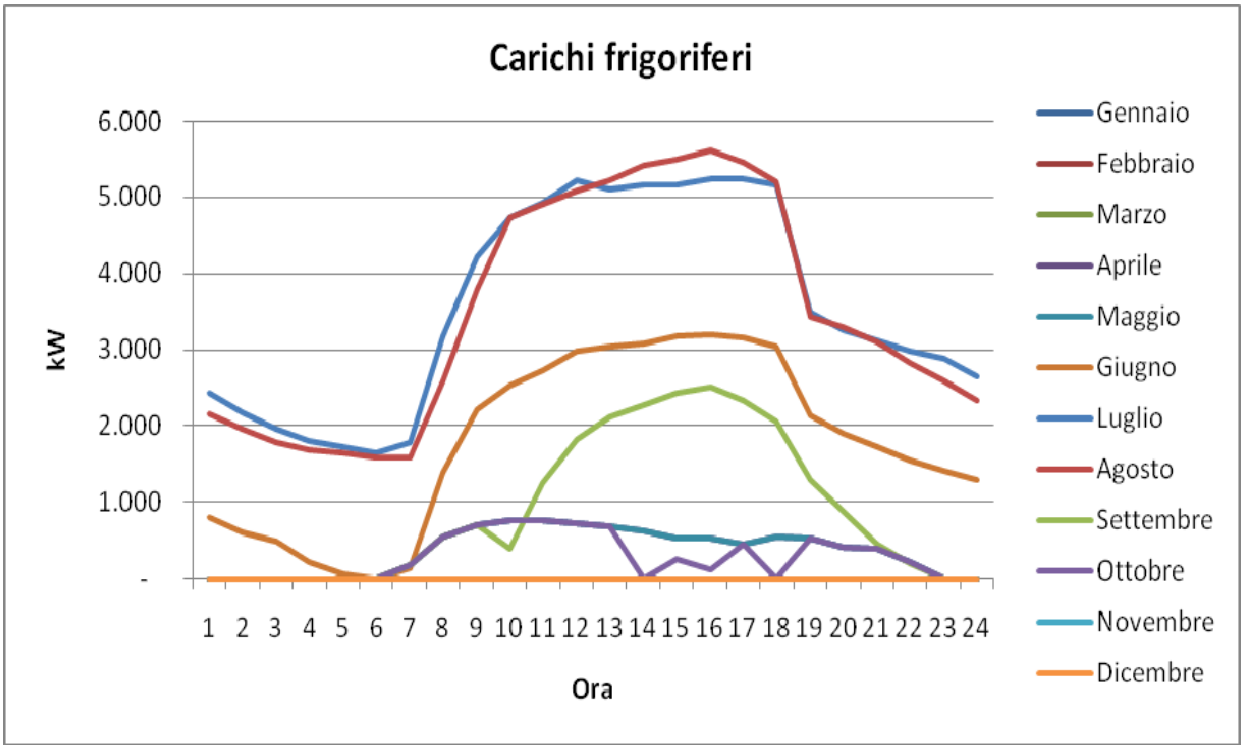
14.3 CARICHI ELETTRICI PER ILLUMINAZIONE, FORZA MOTRICE E APPARECCHIATURE

Carichi elettrici per illuminazione, forza motrice e apparecchiature [kW]												
Ora	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
1	608	608	608	608	608	608	608	608	608	608	608	608
2	608	608	608	608	608	608	608	608	608	608	608	608
3	608	608	608	608	608	608	608	608	608	608	608	608
4	608	608	608	608	608	608	608	608	608	608	608	608
5	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008
6	1.233	1.233	1.233	1.233	1.233	1.233	1.233	1.233	1.233	1.233	1.233	1.233
7	1.436	1.436	1.436	1.436	1.436	1.436	1.436	1.436	1.436	1.436	1.436	1.436
8	1.985	1.985	1.985	1.985	1.985	1.985	1.985	1.985	1.985	1.985	1.985	1.985
9	2.065	2.065	2.065	2.065	2.065	2.065	2.065	2.065	2.065	2.065	2.065	2.065
10	1.915	1.915	1.915	1.915	1.915	1.915	1.915	1.915	1.915	1.915	1.915	1.915
11	1.915	1.915	1.915	1.915	1.915	1.915	1.915	1.915	1.915	1.915	1.915	1.915
12	1.875	1.875	1.875	1.875	1.875	1.875	1.875	1.875	1.875	1.875	1.875	1.875
13	1.435	1.435	1.435	1.435	1.435	1.435	1.435	1.435	1.435	1.435	1.435	1.435
14	1.795	1.795	1.795	1.795	1.795	1.795	1.795	1.795	1.795	1.795	1.795	1.795
15	1.755	1.755	1.755	1.755	1.755	1.755	1.755	1.755	1.755	1.755	1.755	1.755
16	2.386	2.386	2.386	2.386	2.386	2.386	2.386	2.386	2.386	2.386	2.386	2.386
17	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346	2.346
18	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253	1.253
19	1.097	1.097	1.097	1.097	1.097	1.097	1.097	1.097	1.097	1.097	1.097	1.097
20	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016
21	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016	1.016
22	853	853	853	853	853	853	853	853	853	853	853	853
23	608	608	608	608	608	608	608	608	608	608	608	608
24	608	608	608	608	608	608	608	608	608	608	608	608



14.4 CARICHI FRIGORIFERI

Carichi frigoriferi [kWf]												
Ora	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
1	-	-	-	-	-	799	2.427	2.159	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	611	2.169	1.949	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	479	1.954	1.783	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	219	1.798	1.686	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	54	1.729	1.635	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	1.652	1.576	-	-	-	-
7	-	-	-	178	178	136	1.778	1.591	178	178	-	-
8	-	-	-	552	552	1.392	3.182	2.581	552	552	-	-
9	-	-	-	710	710	2.224	4.223	3.789	710	710	-	-
10	-	-	-	757	757	2.538	4.722	4.724	389	757	-	-
11	-	-	-	769	769	2.730	4.929	4.904	1.247	769	-	-
12	-	-	-	728	728	2.972	5.232	5.080	1.815	728	-	-
13	-	-	-	681	681	3.042	5.097	5.224	2.111	681	-	-
14	-	-	-	618	618	3.087	5.157	5.419	2.276	-	-	-
15	-	-	-	526	526	3.176	5.156	5.503	2.428	250	-	-
16	-	-	-	524	524	3.195	5.253	5.616	2.512	117	-	-
17	-	-	-	453	453	3.153	5.235	5.454	2.328	453	-	-
18	-	-	-	534	534	3.037	5.169	5.205	2.062	-	-	-
19	-	-	-	522	522	2.145	3.491	3.431	1.285	522	-	-
20	-	-	-	408	408	1.900	3.262	3.289	882	408	-	-
21	-	-	-	384	384	1.716	3.124	3.101	441	384	-	-
22	-	-	-	206	206	1.544	2.982	2.834	184	206	-	-
23	-	-	-	-	-	1.416	2.882	2.590	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	1.290	2.654	2.334	-	-	-	-



14.5 CARICHI ELETTRICI GLOBALI

Carichi elettrici globali [kW]												
Ora	**Gennaio**	**Febbraio**	**Marzo**	**Aprile**	**Maggio**	**Giugno**	**Luglio**	**Agosto**	**Settembre**	**Ottobre**	**Novembre**	**Dicembre**
1	608	608	608	608	608	754	1.050	1.001	608	608	608	608
2	608	608	608	608	608	720	1.003	963	608	608	608	608
3	608	608	608	608	608	696	964	933	608	608	608	608
4	608	608	608	608	608	648	935	915	608	608	608	608
5	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008	1.018	1.323	1.306	1.008	1.008	1.008	1.008
6	1.233	1.233	1.233	1.233	1.233	1.233	1.534	1.520	1.233	1.233	1.233	1.233
7	1.436	1.436	1.436	1.469	1.469	1.461	1.760	1.726	1.469	1.469	1.436	1.436
8	1.985	1.985	1.985	2.085	2.085	2.238	2.563	2.454	2.085	2.085	1.985	1.985
9	2.065	2.065	2.065	2.194	2.194	2.469	2.833	2.754	2.194	2.194	2.065	2.065
10	1.915	1.915	1.915	2.053	2.053	2.376	2.773	2.774	1.986	2.053	1.915	1.915
11	1.915	1.915	1.915	2.055	2.055	2.411	2.811	2.806	2.142	2.055	1.915	1.915
12	1.875	1.875	1.875	2.007	2.007	2.415	2.826	2.798	2.205	2.007	1.875	1.875
13	1.435	1.435	1.435	1.559	1.559	1.988	2.361	2.385	1.819	1.559	1.435	1.435
14	1.795	1.795	1.795	1.907	1.907	2.356	2.732	2.780	2.209	1.795	1.795	1.795
15	1.755	1.755	1.755	1.850	1.850	2.332	2.692	2.755	2.196	1.800	1.755	1.755
16	2.386	2.386	2.386	2.482	2.482	2.967	3.341	3.407	2.843	2.407	2.386	2.386
17	2.346	2.346	2.346	2.429	2.429	2.920	3.298	3.338	2.770	2.429	2.346	2.346
18	1.253	1.253	1.253	1.350	1.350	1.805	2.193	2.199	1.628	1.253	1.253	1.253
19	1.097	1.097	1.097	1.192	1.192	1.487	1.732	1.721	1.331	1.192	1.097	1.097
20	1.016	1.016	1.016	1.090	1.090	1.361	1.609	1.614	1.176	1.090	1.016	1.016
21	1.016	1.016	1.016	1.086	1.086	1.328	1.584	1.580	1.096	1.086	1.016	1.016
22	853	853	853	890	890	1.134	1.395	1.368	886	890	853	853
23	608	608	608	608	608	866	1.132	1.079	608	608	608	608
24	608	608	608	608	608	843	1.091	1.033	608	608	608	608

