

CAPRERA S.r.l.

GARIBALDI REPUBBLICA

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI N.12 POZZI PER IL PRELIEVO
E L'UTILIZZO A SCOPO TECNOLOGICO ED ENERGETICO DI ACQUE
SOTTERRANEE PER L'AREA GARIBALDI REPUBBLICA
UBICATA IN COMUNE DI MILANO**

Milano, 6 Novembre 2006

 **ARIATTA**

redatto : FMA

controllato : FMA

Dta : GFA

INDICE

Introduzione	3
Report tecnico impianto acqua di falda	4
<hr/>	
Schema impianto meccanico	4
Estrazione dell'acqua di falda	7
Scarico dell'acqua di falda	10
Sistema di scarico di emergenza	11
Approvvigionamento idrico	13
Valutazioni energetiche	15
Emissioni	17
Considerazioni finali	21

Introduzione

La presente relazione ha per oggetto la descrizione tecnica dello sfruttamento dell'acqua di falda ad uso tecnologico per il progetto denominato "Garibaldi Repubblica" che sorgerà a Milano nella zona di Decentramento n°9, in un vasto ambito urbano esteso a nord fino alla via Pola, ad ovest fino alla stazione FS Garibaldi, a sud fino alla via De Cristoforis ed ad est fino alla V. M. Gioia.

Nel seguito si farà riferimento alle indagini e valutazioni contenute nello Studio di Impatto Ambientale, in particolare:

- Valutazioni geologiche del sito
- Valutazioni del clima acustico del sito
- Valutazione delle interferenze sull'utilizzo dell'acqua di falda tra i progetti "Garibaldi Repubblica", "Varesine", il nuovo palazzo della Regione Lombardia e del Comune di Milano.

Report tecnico impianto acqua di falda

Schema impianto meccanico

L'idea del raffreddamento con l'acqua di falda è stata proposta come semplice alternativa a basso consumo energetico all'impianto convenzionale di riscaldamento e raffreddamento. Il sistema preleva acqua a temperatura costante dai pozzi posti in profondità.

Questa stessa acqua sarà utilizzata anche per pre-raffreddare l'aria nella batteria dell'unità di trattamento dell'aria, fungendo da dissipatore di calore per i raffreddatori.

La Figura 1 mostra lo schema di questo sistema.

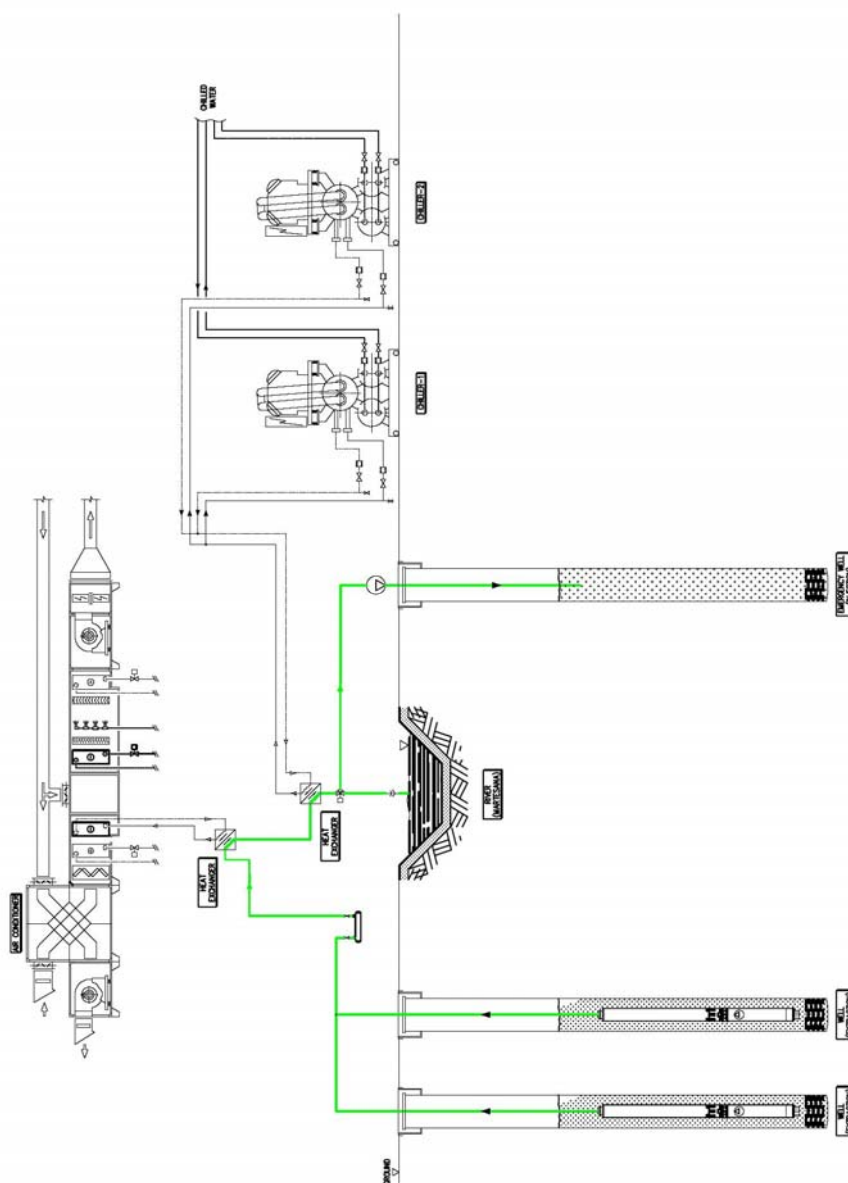


Fig. n°1

La Figura 2 rappresenta lo schema del refrigeratore/pompa di calore chiamato “frigorifero polivalente”.

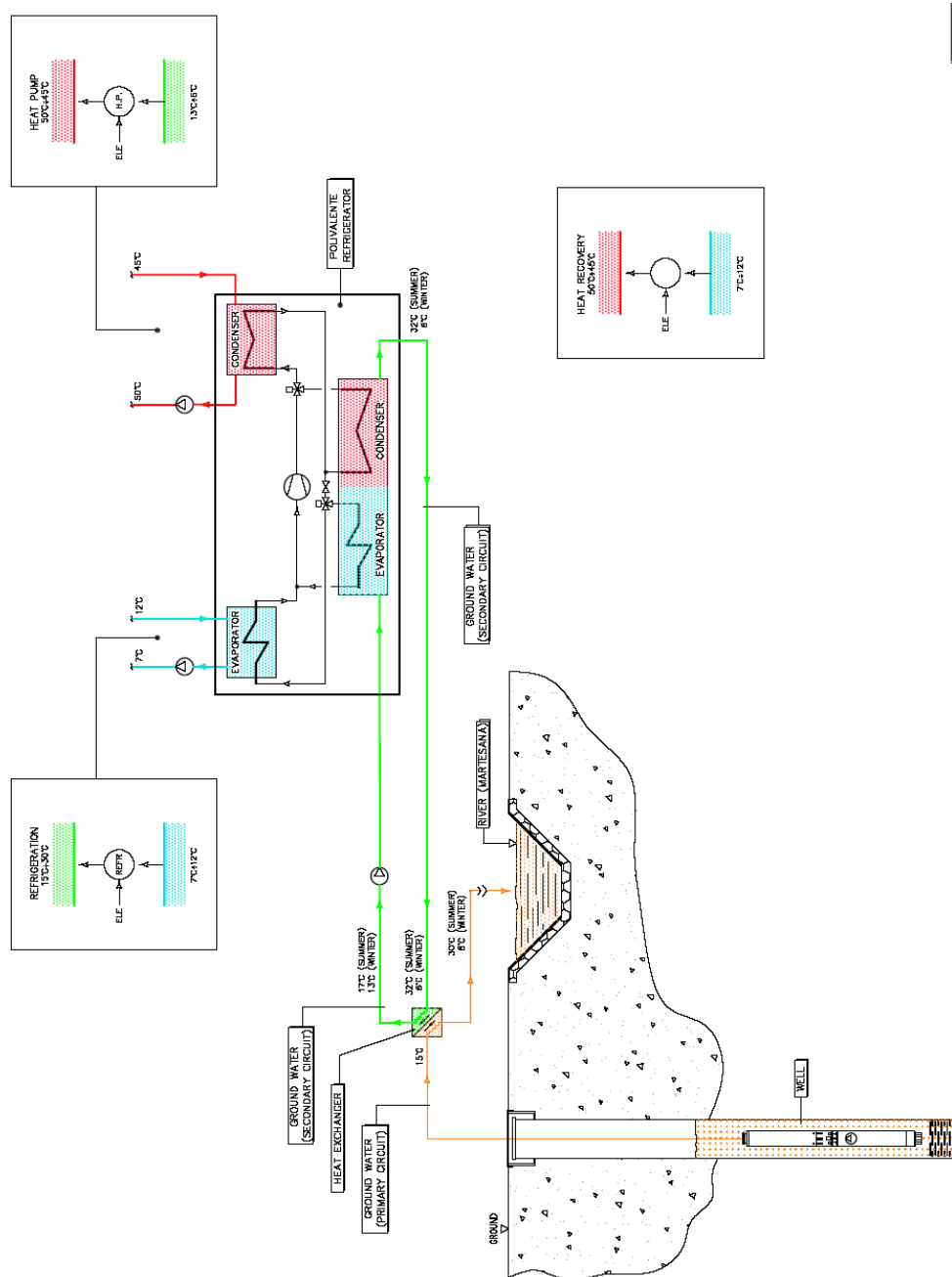


Fig. n° 2

Questa tipologia di impianto può produrre simultaneamente acqua calda a 50°C e acqua refrigerata a 7°C e può scaricare la potenza termica o frigorifera in eccesso in un anello comune di scarico.

Ciò significa che il raffreddatore può recuperare potenza termica o frigorifera sfruttando la massima efficienza del sistema.

In generale, in inverno l'acqua di falda è raffreddata dalle pompe di calore da 15°C a 7°C circa, mentre in estate viene riscaldata da 15°C a circa 30°C.

Pertanto, l'acqua calda e l'acqua refrigerata sono prodotte sfruttando la massima efficienza, generando il minimo rumore e senza emissioni locali di CO₂.

Con questo impianto gli edifici dispongono di acqua calda e acqua refrigerata tramite un impianto fan coil a 4 vie, garantendo massimo comfort e ottimizzazione del consumo energetico.

L'acqua di raffreddamento/riscaldamento verrà poi scaricata nella Martesana come poi verrà evidenziato nei paragrafi seguenti.

Estrazione dell'acqua di falda

L'acqua di falda verrà estratta da 12 pozzi di estrazione ubicati nei punti evidenziati nella Figura 3.

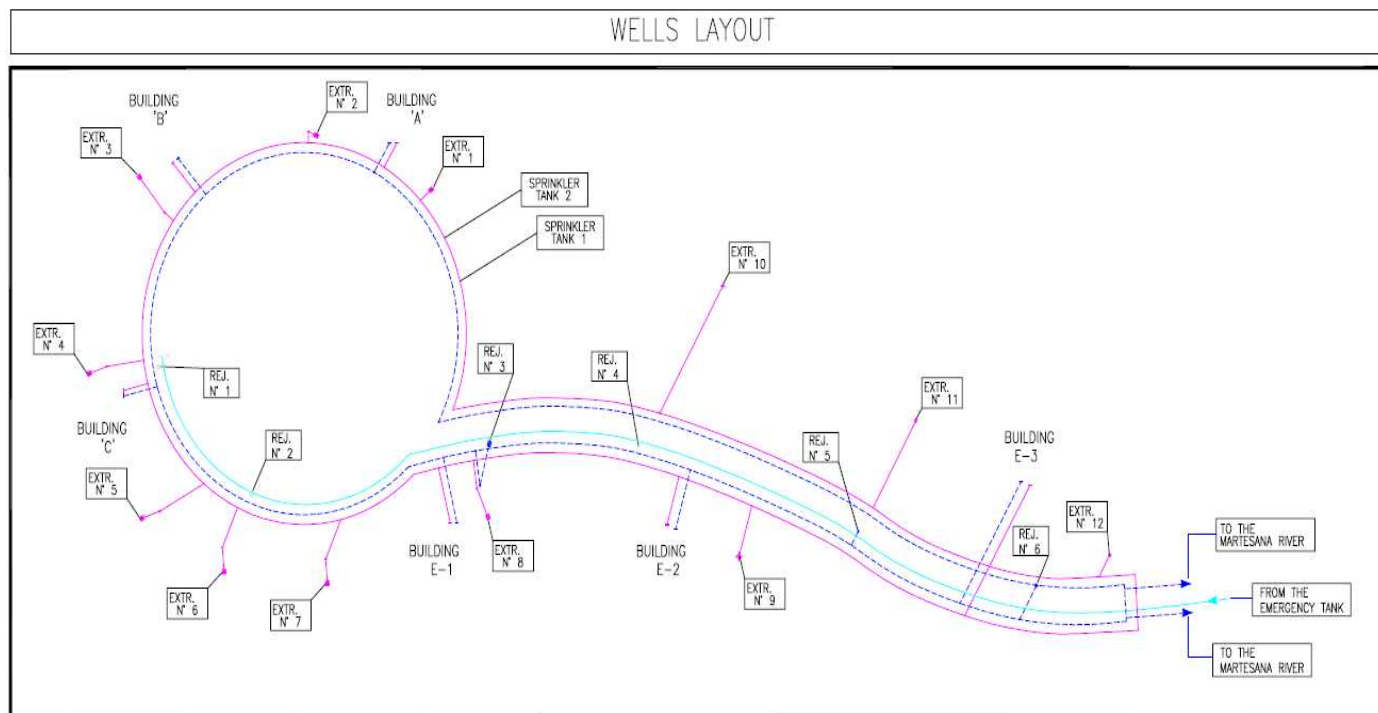


Fig. n° 3

Ciascun pozzo ha un flusso nominale di 35 L/s ed è dotato di due pompe (1 funzionante, 1 in stand-by) che pompano l'acqua in un sistema di distribuzione generale che ha una portata massima di 420L/s.

Questo sistema di tubazioni ad anello distribuisce l'acqua agli edifici dell'area e, da questo punto di vista, si può definire comune a tutti gli edifici.

Ogni refrigeratore richiede una portata minima di acqua che dipende dalla dissipazione di calore o di raffreddamento del sistema.

La quantità di acqua di falda pompata all'interno del sistema comune di tubazioni equivale al parametro di livello minimo di flusso.

Pertanto, il flusso di acqua di falda sarà il minimo richiesto dal sistema.

Ciò significa che il sistema utilizzato è un sistema di pompaggio a volume variabile che garantisce costi minimi di pompaggio e minimi consumi energetici.

L'acqua dei pozzi è filtrata a livello meccanico e scambia il calore negli scambiatori di calore. Questi ultimi saranno due per ciascun edificio (1 funzionante, 1 in stand-by) e saranno sempre accessibili per garantire le operazioni di pulizia.

Nel caso in cui lo scambiatore di calore non sia in funzione a causa dell'esecuzione delle operazioni di pulizia, il secondo scambiatore di calore entrerà in funzione e fornirà la necessaria potenza di generazione di calore per l'impianto.

Secondo questo sistema l'acqua di falda non entra mai direttamente nel condensatore/evaporatore dello scambiatore di calore, evitando così tutti i problemi legati al deposito di sporcizia e di residui.

Le Figure 4 e 5 illustrano la configurazione di un pozzo di estrazione con tutte le relative componenti.

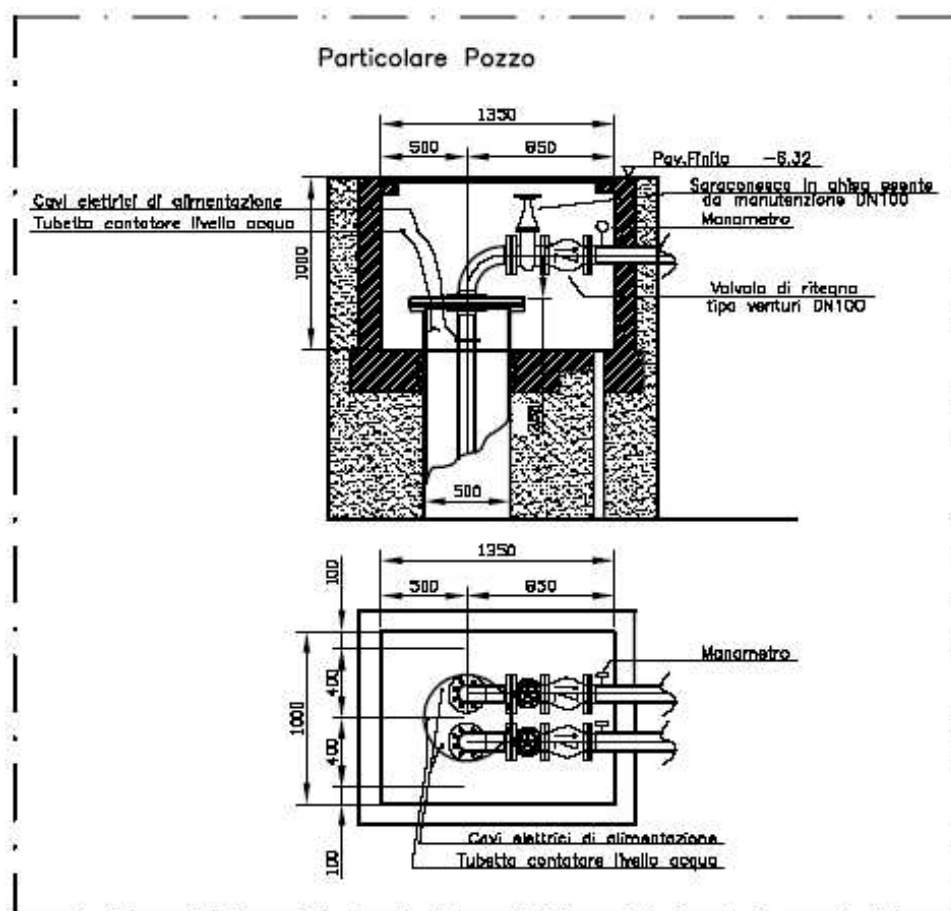


Fig. n° 4

Per la posizione dei pozzi è stata prevista una distanza minima tra i pozzi di 70 metri.

I pozzi controlleranno il livello dell'acqua di falda sotto l'intera area prevenendo così qualsiasi problema in relazione al recente aumento del livello della falda registrato a Milano.

Il livello della falda sarà controllato tramite piezometri che installeremo in loco.

Ciascun pozzo sarà accessibile dalla parte superiore per consentire le operazioni di manutenzione e di ispezione, come in caso di sostituzione della pompa.

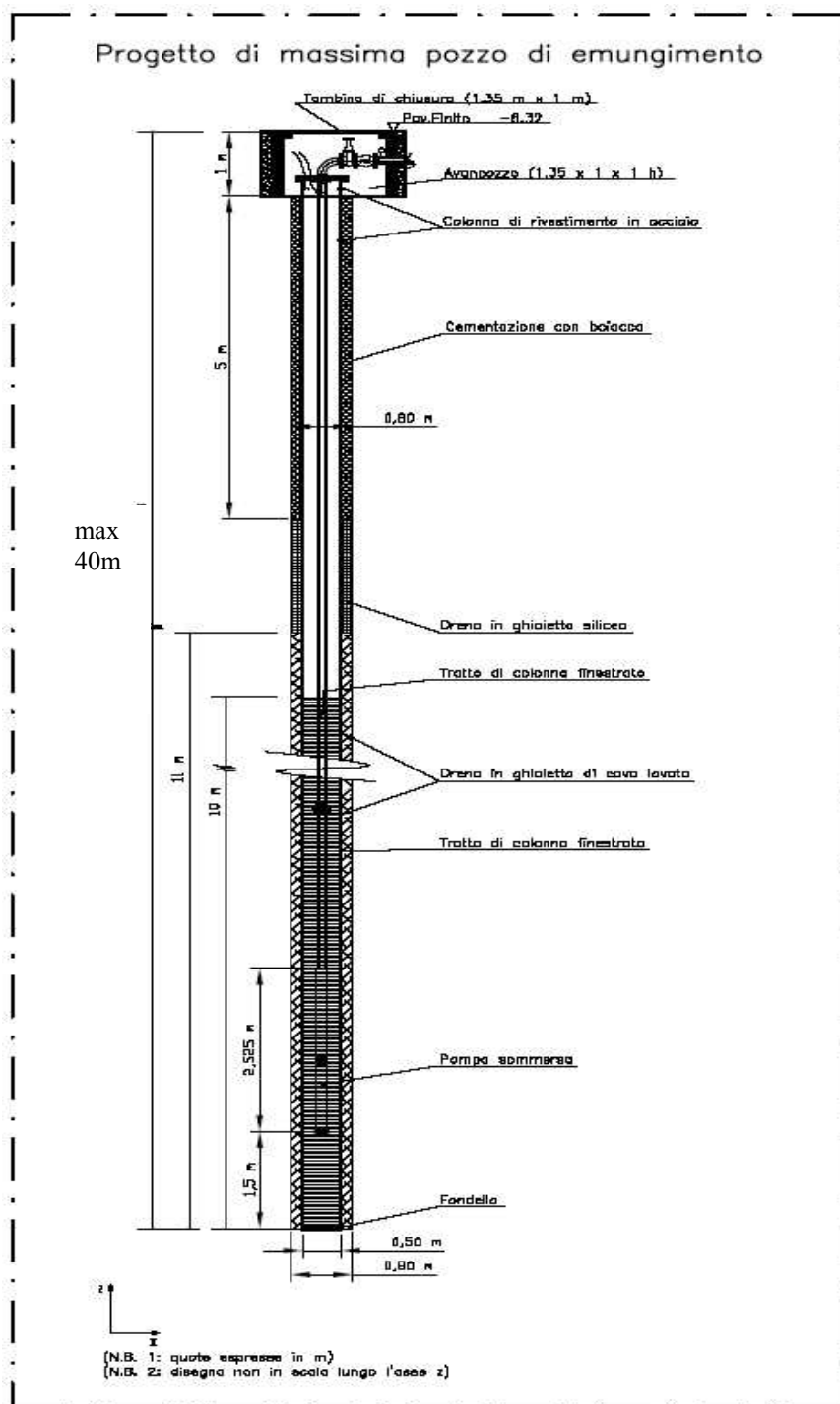


Fig. n°5

Scarico dell'acqua di falda

L'acqua di falda usata dalle pompe di calore sarà scaricata nella Martesana all'altezza di Via Melchiorre Gioia.

La Martesana confluisce nel fiume Redefossi e prosegue fuori Milano verso sud.

Il punto di scarico è previsto sotto Via Melchiorre Gioia all'intersezione con Viale Liberazione.

L'opera strutturale sarà costituita da un pozzo di ispezione accessibile dalla parte superiore per le Autorità competenti ai fini dell'esecuzione dei controlli di flusso e per il campionamento dell'acqua per le analisi di laboratorio.

In questo pozzo di ispezione arriverà anche il tubo di scarico degli edifici.

L'acqua verrà raccolta e successivamente scaricata nel canale.

Il tubo di scarico avrà una valvola di controllo per prevenire il reflusso di acqua proveniente dal fiume in caso di inondazione.

Questo sistema è stato progettato per scaricare un flusso massimo di 420 L/s.

In ogni modo, in base alla legge n° 152/99, abbiamo considerato di generare un aumento della temperatura dell'acqua del fiume di massimo 3°C. Le temperature a monte e a valle del punto di scarico sono misurate in un punto mediano della sezione del fiume che equivale a 5 metri a monte e a 5 metri a valle.

Abbiamo stimato che questo limite sia rispettato anche nelle situazioni di valori minimi di flusso della Martesana, come da tabella allegata:

Soluzione con gruppi frigoriferi polivalenti

	estate	inverno
Fattore di contemporaneità	85%	90%
P max (KW) contemporanea	14173	10359
COP	5	4
P compressore (KW)	2835	2590
P condensatore (KW)	17007	
P evaporatore (KW)		7769
temperatura emungimento (°C)	15	15
ΔT acqua di falda	15	5
temperatura restituzione (°C)	30	10
portata acqua (l/s)	271	371
portata acqua (m³/h)	975	1336
portata nominale pozzo (l/s)	35	35
numero di pozzi	8	11
portata della Martesana (m³/s)	5,7	4,4
temperatura Martesana prima scarico (°C)	20,5	7,7
temperatura dopo lo scarico (°C)	20,9	7,9
ΔT Martesana (°C)	0,4	0,2

Sistema di scarico di emergenza

La Martesana viene da ovest e durante il suo percorso raccoglie le acque del Seveso (che confluisce nella Martesana prima della zona di Garibaldi).

Mentre la Martesana è un fiume artificiale di cui si può controllare il flusso, il Seveso non lo è. Ciò significa che la Martesana non sarà mai asciutta nella zona di Garibaldi (flusso minimo stimato: 1 m³/s) e possono esserci inondazioni in situazioni critiche.

Per migliorare la situazione è stato costruito un altro fiume artificiale effluente dal Seveso su cui convogliare l'acqua in situazioni critiche, prima che questa confluisca nella Martesana.

Il Comune, inoltre, sta progettando un secondo fiume artificiale per le stesse ragioni.

In realtà, non esistono dati ufficiali elaborati da autorità competenti che illustrino l'entità delle piene e la relativa frequenza nel corso dell'anno. Per tale ragione abbiamo previsto un sistema di emergenza che consenta il funzionamento dell'impianto anche se l'acqua di falda non può essere scaricata nella Martesana.

Il sistema migliore in termini di affidabilità e di fattibilità è il sistema a pozzi di reimmissione.

Nell'analisi di questo sistema e supponendo una portata nominale di acqua che ogni pozzo può scaricare nella falda pari a 35 L/s (similmente al pozzo di estrazione), abbiamo valutato che avremmo bisogno di 6 pozzi a iniezione. Ciò significa che il sistema non potrebbe scaricare la portata massima di acqua di falda previsto pari a 420 L/s, ma solo una parte.

Ciò è dovuto innanzi tutto a motivazioni economiche e, secondariamente, al fatto che comunque si tratterebbe di una situazione di emergenza.

Quando lo scarico nella Martesana non è funzionante possiamo supporre che l'impianto non si trovi nella situazione di massima potenza (in ragione delle stagioni più piovose durante l'anno) e che la durata dell'eventuale piena non sia lunga.

Per le stesse ragioni possiamo installare i pozzi di iniezione non troppo lontani dai pozzi di estrazione, perché il rischio di "corto circuito" dell'acqua di falda è minimo (l'acqua scaricata confluisce nell'acqua del pozzo di estrazione).

Il corto circuito ci mette qualche giorno per diventare significativo.

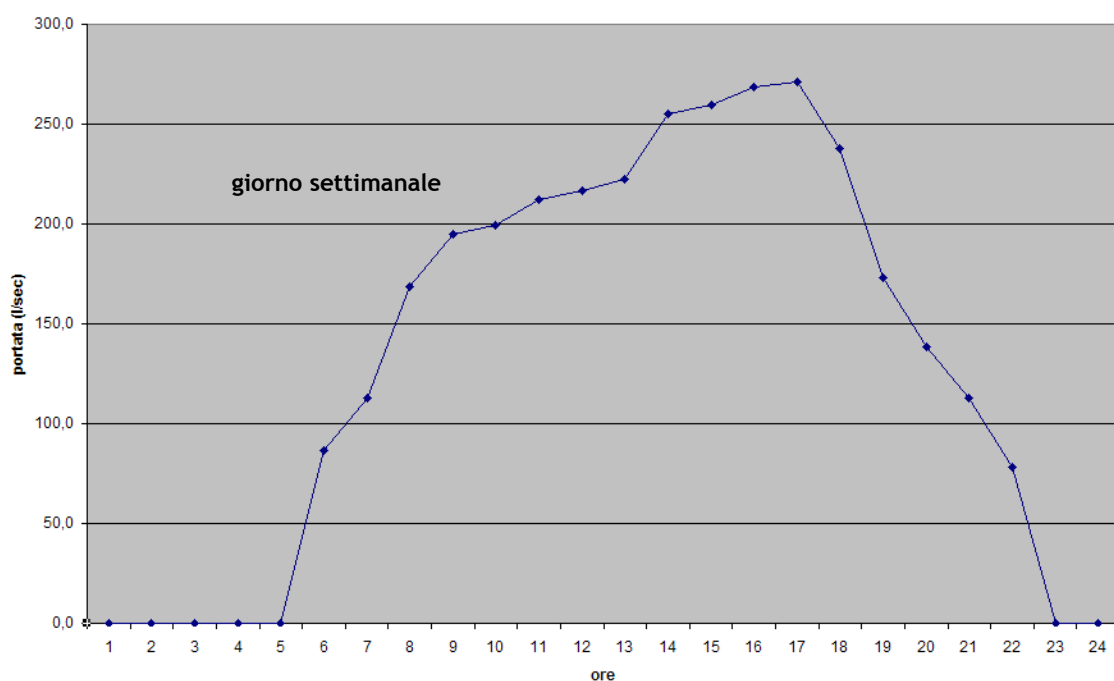
In queste situazioni, se la potenza richiesta è maggiore della potenza generata dall'impianto utilizzando la portata ridotta di acqua, possiamo prevedere operazioni finalizzate a mantenere minimo il consumo di energia, come la riduzione del flusso di aria esterna, lo spegnimento del sistema di umidificazione in inverno e di deumidificazione in estate, ecc.

Approvvigionamento idrico

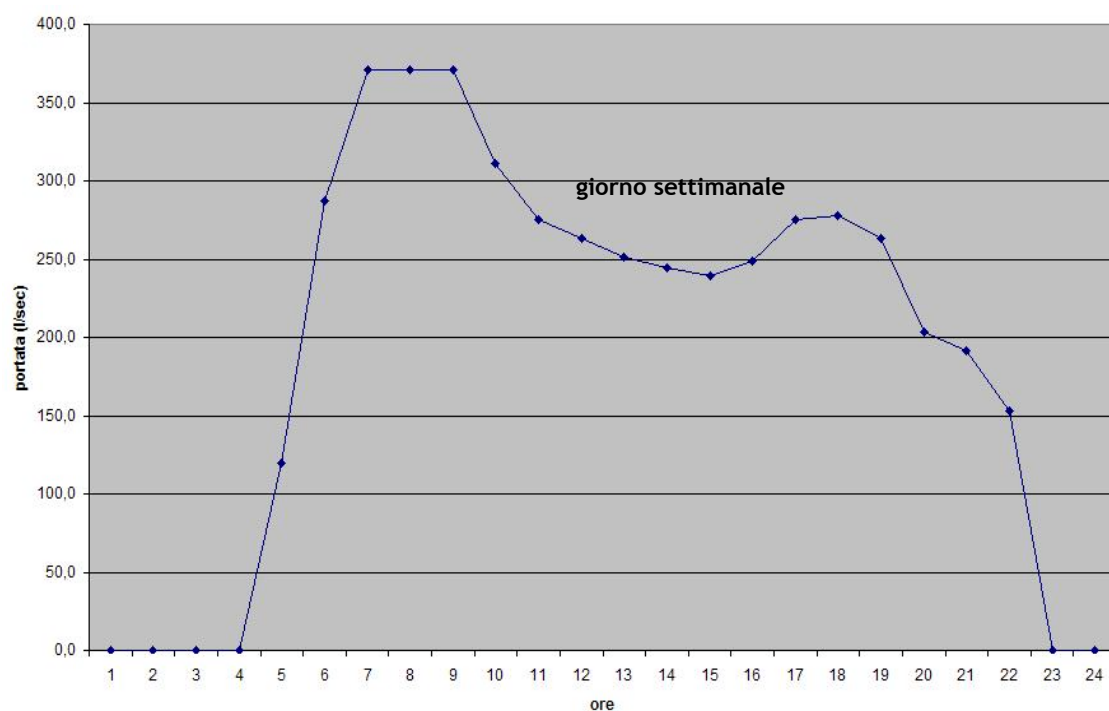
Come detto l'impianto di condizionamento in progetto funziona utilizzando acqua di falda per una portata massima di 420 l/s.

Naturalmente il consumo di acqua varia molto in funzione della stagione, dell'ora del giorno e del tipo di destinazione funzionale degli edifici da condizionare, per questo vengono utilizzati sistemi a portata variabile che garantiscono minimi costi di pompaggio e consumi energetici.

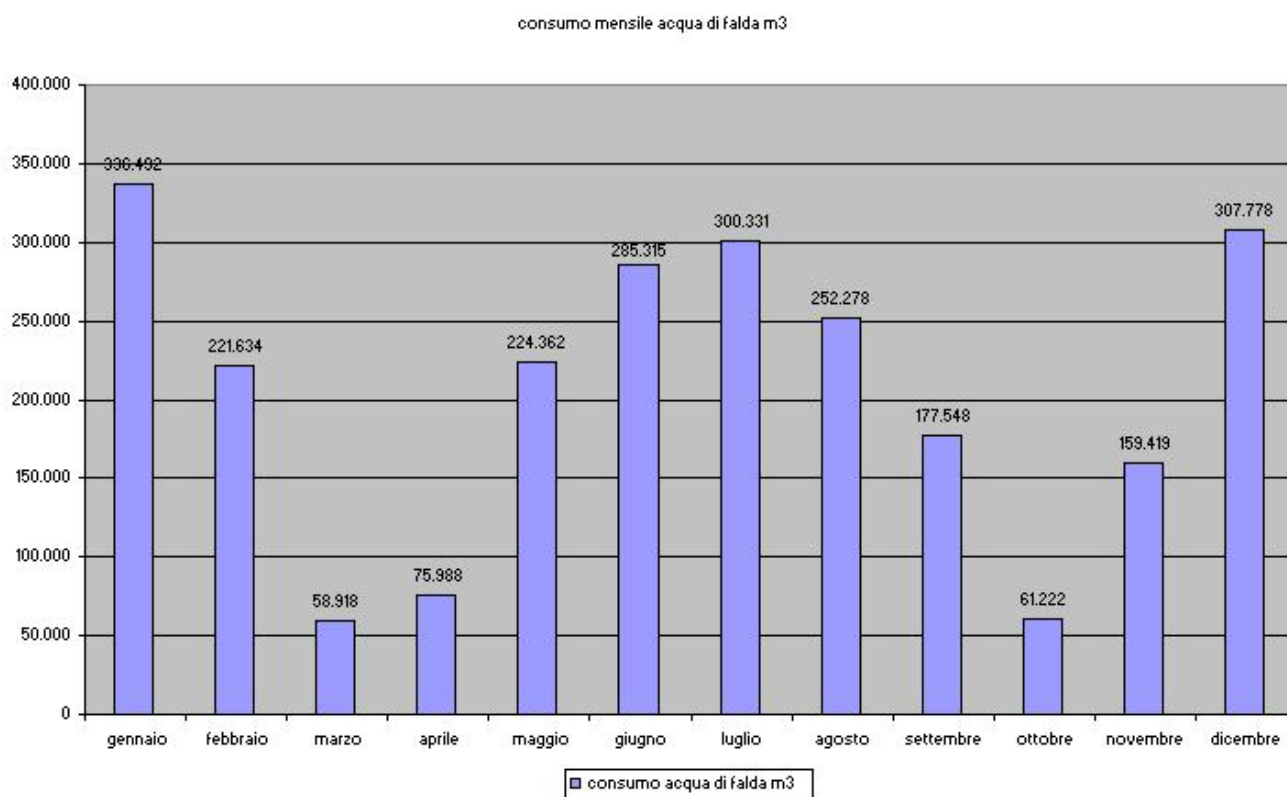
I diagrammi seguenti mostrano il consumo orario di acqua nei mesi estivi e invernali ed il consumo annuale nei giorni settimanali di funzionamento dell'impianto.



Consumo orario di acqua di falda - periodo estivo -



Consumo orario di acqua di falda - periodo invernale



Consumo annuale di acqua di falda

Inoltre, al fine di ridurre altri consumi di acqua, sarà utilizzata l'acqua di falda, oltre che ad uso tecnologico per i seguenti usi:

- il carico delle vasche antincendio condominiali per un volume complessivo 400 m³
- il carico delle fontane e dei giochi d'acqua presenti nell'area della Piazza
- l'irrigazione delle aree verdi.

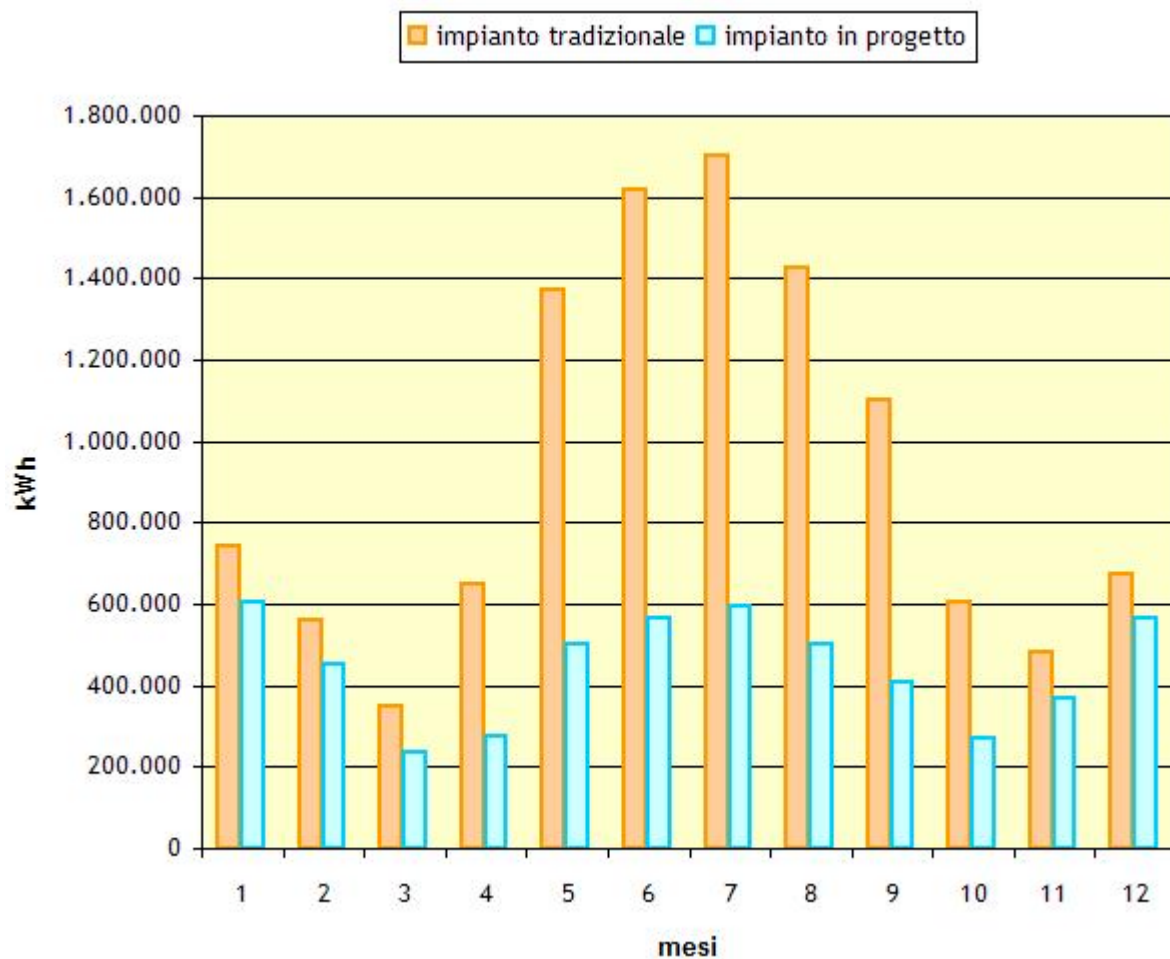
Valutazioni energetiche

Al fine di valutare i benefici del sistema di condizionamento proposto rispetto ad un sistema "tradizionale" (riscaldamento mediante caldaie con bruciatore a metano e raffrescamento con gruppi frigoriferi condensati ad aria od ad acqua di torre è stata eseguita una simulazione energetica.

Nella simulazione sono stati tenuti in considerazione, le variazioni dei rendimenti energetici delle apparecchiature per la produzione/assorbimento di calore, ed in particolare:

- la variazione del rendimento energetico dei gruppi frigoriferi condensati ad aria per il sistema tradizionale (variazione del COP in funzione della temperatura esterna e del carico frigorifero nelle mezze stagioni)
- la variazione del rendimento energetico dei gruppi frigoriferi, per il sistema proposto, durante il passaggio da funzionamento estivo e funzionamento invernale
- il prodotto dei rendimenti globali medi stagionali delle centrali termiche
- variazione del carico delle pompe di emungimento delle acque di falda in funzione del carico termico/frigorifero del complesso immobiliare.

Il grafico seguente riporta l'andamento medio dei consumi energetici primari nei diversi mesi dell'anno:



Energia primaria mensile consumata

Tale vantaggio è evidente durante tutti i mesi dell'anno rimanendo sempre decisamente positivo e andando da un minimo del 16% di risparmio nel mese di dicembre ad un massimo del 65% nei mesi estivi.

La media annuale si attesta sul 50% di consumi in meno.

Emissioni

Emissioni in atmosfera

Le emissioni in atmosfera dovute al sistema di condizionamento sono rappresentate dalle emissioni delle centrali elettriche della rete che forniscono l'energia elettrica necessaria al funzionamento di tutti i macchinari (pompe, gruppi frigoriferi, ecc.).

Oltre al calcolo dei fabbisogni di energia primaria, per avere un quadro più completo della differenza tra il sistema proposto ed il sistema tradizionale, è importante valutare anche l'incidenza delle emissioni di Anidride Carbonica nell'ambiente.

Bisogna inoltre evidenziare anche le differenze del luogo dove tali emissioni sono prodotte.

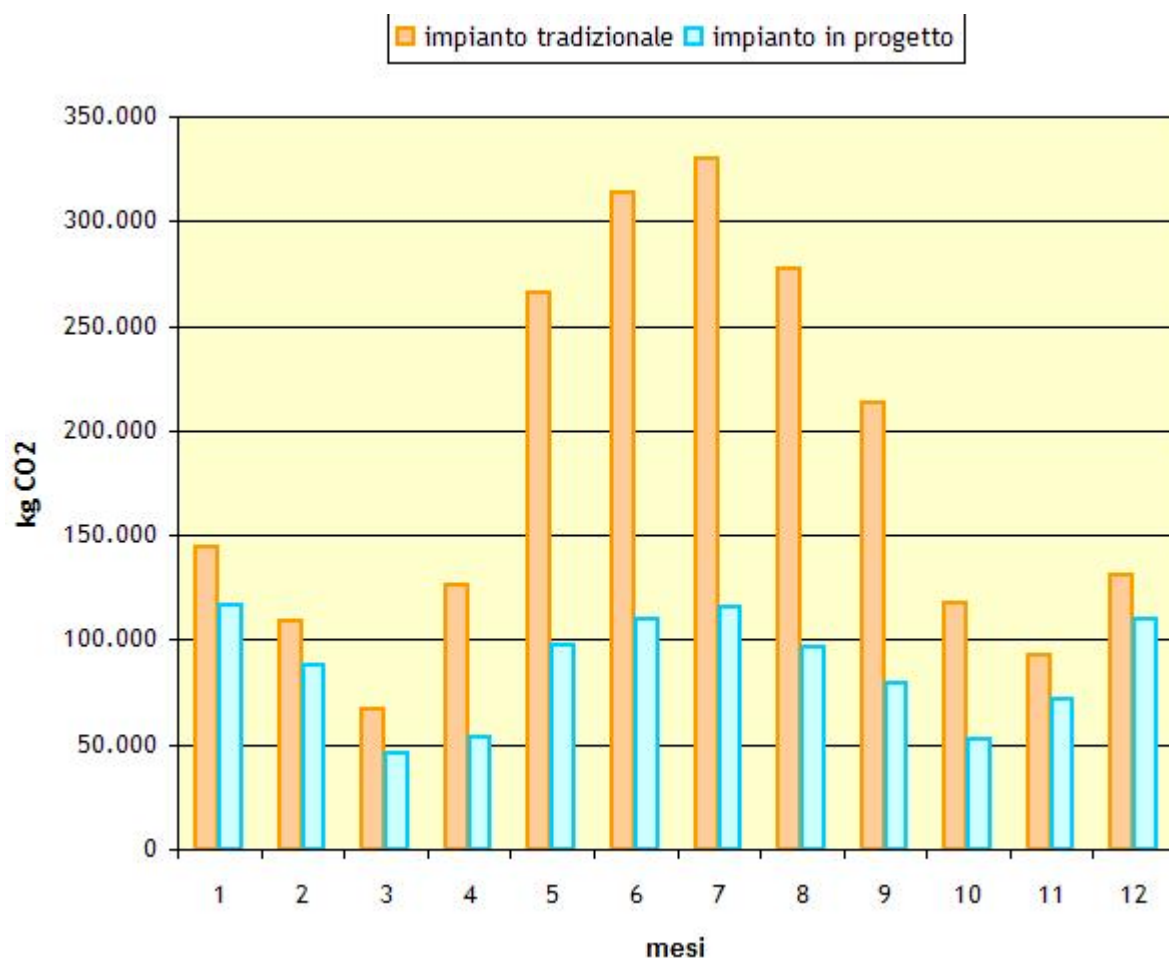
Nel caso di impianto "tradizionale", nel periodo invernale, l'anidride carbonica e' emessa direttamente nell'aria per mezzo della combustione del gas metano nelle centrali termiche contribuendo direttamente alle emissioni nella città di Milano.

Mentre, durante il periodo estivo i gruppi frigoriferi del sistema tradizionale, sarebbero alimentati della rete elettrica cittadina ed il corrispettivo di emissione è da considerarsi "emesso" dalle centrali elettriche che provvedono ai fabbisogni nazionali.

Con il sistema proposto alimentato ad acqua di falda, le pompe di calore sono alimentate tutto l'anno dalla rete elettrica, ciò significa che nel sito non vi saranno emissioni dirette di Anidride Carbonica che concorreranno all'inquinamento cittadino.

Tale aspetto, è particolarmente importante considerando che il complesso immobiliare sorgerà nel centro di Milano.

Il seguente grafico riporta le emissioni mensili di CO₂ previste per i sistemi energetici tradizionali e per quello in progetto:



Dalla simulazione eseguita, si evince che il sistema proposto è molto vantaggioso in termini di emissioni di CO₂.

Tale vantaggio è evidente durante tutti i mesi dell'anno rimanendo sempre decisamente positivo e andando da un minimo del 16% nel mese di dicembre ad un massimo del 65% nei mesi estivi.

La media annuale si attesta sul 50% di emissioni in meno.

Emissioni sonore

Abbiamo eseguito una comparazione di livelli di emissione acustica tra un sistema di condizionamento con refrigeratori polivalenti con estrazione di acqua di falda e raffreddatori evaporativi.

Sistema di condizionamento con refrigeratori polivalenti che utilizzano acqua di falda

Il sistema di condizionamento con refrigeratori polivalenti che utilizzano acqua di falda, dal punto di vista acustico, è caratterizzato da due possibili sorgenti di rumore: il sistema di pompaggio dell'acqua tramite pozzi, e i refrigeratori polivalenti.

Il sistema di pompaggio dell'acqua di falda, non è una sorgente sonora di possibile immissione in ambiente di rumore, poiché è costituito da una serie di pompe immerse che si trovano a una profondità di circa 40 m rispetto alla quota dei pozzi situati nei piani interrati degli edifici.

I refrigeratori polivalenti, invece sono caratterizzati da un livello di pressione sonora pari a 67 dB(A) a 1 m di distanza, come mostrato nel dettaglio nella tabella che segue.

Livelli di Pressione sonora media a pieno carico (dB):

Frequenza (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Totale
U.M.	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB(A)
Spl 1 m	70	58	68	63	63	50	42	37	67

- Spettro sonoro misurato secondo la ISO 3744:
- 1 m di distanza dal gruppo a 1 m dal suolo;
- 1 m sopra il livello superiore del gruppo.

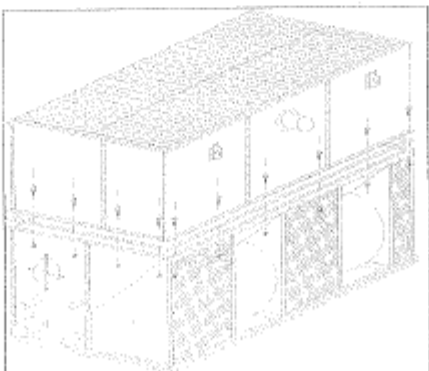
Sistema di condizionamento con torri evaporative.

Le torri evaporative sono impianti che devono essere necessariamente poste all'esterno degli edifici, e solitamente vengono posti sulle coperture; questo perchè necessitano di una portata d'aria in aspirazione e scarico molto elevata.

Le torri evaporative, possono essere silenziate mediante l'inserimento di cuffie o silenziatori a setti, ma comunque non possono essere incappottati con pannelli coibenti o inseriti in vani tecnici chiusi.

Torri evaporative con potenza termica analoga a quella necessaria per il progetto, sono caratterizzate dai seguenti livelli di pressione sonora:

torre modello	REF-C-279	Free field
Cooling tower		Campo libero
Velocità ventilatori:	STANDARD	
Fans speed		
Distanza di riferimento dalla torre	: MT	5
Distance from the tower	:	
Pressione sonora media torre configurazione: (1) dB(A)		71,6
Sound pressure level tower in execution	:	
Pressione sonora media torre configurazione: (2) dB(A)		66,6
Sound pressure level tower in execution	:	
Pressione sonora media torre configurazione: (3) dB(A)		61,2
Sound pressure level tower in execution	:	
Pressione sonora media torre configurazione: (4) dB(A)		59
Sound pressure level tower in execution	:	

FIANCO DX E SX						SCARICO AIR OUTLET SIDE					
RIGHT/LEFT SIDES											
Hz	1	2	3	4	POSSIBILI ESECUZIONI	Hz	1	2	3	4	
63	40	39	38	38	(1) apparec. standard	63	45	45	43	42	
125	51	49	47	46	(2) apparec. con cuffie "VS"	125	56	56	55	54	
250	59	56	52	50	(3) apparec. con sil. P 600	250	64	61	56	54	
500	64	60	56	54	(4) apparec. con sil. P 1000	500	69	64	53	50	
1 K	65	60	55	53	POSSIBLE EXECUTIONS	1 K	70	66	54	51	
2 K	62	58	54	52	(1) standard execution	2 K	67	64	50	47	
4 K	58	52	52	50	(2) "VS" execution	4 K	63	61	48	46	
8 K	51	49	46	44	(3) exec. with silencer P600	8 K	56	54	43	41	
					(4) exec. with silencer P1000						
dB(a)	70	65	61	59		dB(a)	75	71	61	59	
LATO OPPOSTO VENT.						ASPIRAZIONE AIR INLET SIDE					
BACK FAN SIDE											
Hz	1	2	3	4		Hz	1	2	3	4	
63	35	34	33	33		63	48	47	46	45	
125	46	46	45	42		125	59	59	58	57	
250	54	52	49	47		250	67	63	59	57	
500	59	56	53	51		500	72	65	56	53	
1 K	60	57	54	50		1 K	73	65	57	54	
2 K	57	53	50	49		2 K	70	62	53	50	
4 K	53	49	45	47	4 K	66	60	51	49		
8 K	46	44	41	41	8 K	59	53	46	44		
dB(a)	65	61	59	56		dB(a)	78	71	64	62	

In campo libero, per riportare i livelli dichiarati dalla scheda tecnica a una distanza di 5 m, a una distanza di 1 m, è necessario sommare un fattore pari a $20 \log (\text{distanza in mt}) = 14 \text{ dB(A)}$.

Il livello di pressione sonora media emessa in campo libero da questi impianti, riferita a 1 m di distanza, varia quindi da un massimo di $71,6 \text{ dB(A)} + 14 \text{ dB(A)} = 85,6 \text{ dB(A)}$ nella configurazione standard, a un minimo di $59 \text{ dB(A)} + 14 \text{ dB(A)} = 73 \text{ dB(A)}$ nella configurazione maggiormente silenziata.

Si conclude quindi che mentre l'impianto con estrazione di acqua di falda, è caratterizzato da un'emissione di rumore all'esterno sostanzialmente nulla, un impianto con raffreddatori evaporativi, emette rumore verso l'esterno e deve quindi essere accuratamente progettata la collocazione di queste macchine e un'eventuale schermatura delle stesse rispetto ai possibili ricettori, tramite idonee barriere acustiche.

L'utilizzo di centrali frigorifere raffreddate ad acqua offre, rispetto a quelle tradizionali raffreddate ad aria, l'indiscusso vantaggio di un minore impatto acustico dovuto all'eliminazione dei ventilatori posti sulle coperture degli edifici

Considerazioni finali

Il sistema proposto risulta quindi vantaggioso sia dal punto di vista energetico, sia dal punto di vista ambientale, in particolare:

- per i minori consumi energetici per l'utilizzo di macchine ad elevati rendimenti
- per il minor impatto acustico delle centrali posizionate in locali chiusi ai piani interrati
- per le ridotte emissioni in atmosfera di prodotti della combustione
- per la maggior sicurezza dovuta all'assenza di centrali termiche alimentate a gas
- per il ruolo fondamentale di contenimento dell'innalzamento della falda