

MediClima 2017

Energia ed efficienza ambientale in area mediterranea
Fattibilità, limiti tecnici ed economici

Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi mediterranei

GTA Gruppo Fisica Tecnica Ambientale

Relatore
Prof. Andrea Frattolillo
Università degli Studi di Cagliari



Direttiva 28/2009

Si introducono misure appropriate al fine di aumentare la quota di qualsiasi tipo di energia da fonti rinnovabili nel settore edilizio.

Entro il 31 dicembre 2014 gli Stati membri, nelle regolamentazioni e nei codici in materia edilizia o in altro modo avente effetto equivalente, ove opportuno, impongono l'uso di livelli minimi di energia da fonti rinnovabili in tutti gli edifici nuovi e negli edifici esistenti sottoposti a ristrutturazioni rilevanti.

Gli Stati membri consentono di raggiungere tali livelli minimi anche mediante il teleriscaldamento o il teleraffrescamento prodotti utilizzando una quota significativa di fonti di energia rinnovabile.

Obiettivi nazionali generali per la quota di energia da fonti rinnovabili nel consumo finale di energia nel 2020 (%)

$S_{2005} + 0,65 (S_{2020} - S_{2005})$, media nel biennio 2017-18

A. Obiettivi nazionali generali

	Quota di energia da fonti rinnovabili nel consumo finale di energia, 2005 (%)	Obiettivo per la quota di energia da fonti rinnovabili nel consumo finale di energia, 2020 (%)
Belgio	2,2 %	13 %
Bulgaria	9,4 %	16 %
Repubblica ceca	8,3 %	13 %
Danimarca	17,9 %	30 %
Germania	5,8 %	18 %
Francia	18,8 %	25 %
Irlanda	3,3 %	16 %
Italia	8,8 %	18 %
Spagna	8,2 %	20 %
Portogallo	10,1 %	21 %
India	5,2 %	17 %
Cipro	3,9 %	13 %
Lituania	32,8 %	40 %
Lituania	15,8 %	21 %
Lussemburgo	0,9 %	11 %
Ungheria	4,1 %	13 %
Malta	0,6 %	10 %
Paesi Bassi	2,4 %	14 %
Austria	23,3 %	34 %
Polonia	7,3 %	13 %
Portogallo	30,5 %	31 %
Romania	1,7 %	24 %
Slovenia	16,0 %	23 %
Repubblica slovacca	8,7 %	14 %
Svezia	38,5 %	39 %
Svezia	39,8 %	49 %
Regno Unito	1,1 %	15 %

GTA MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA
Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica

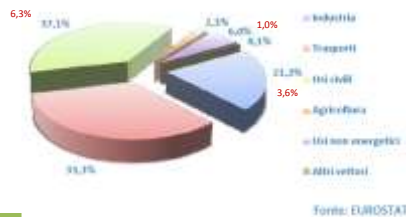
Il Dlgs 28 del 3 marzo 2011

Recepisce la Direttiva Europea 28/09. Definisce “gli strumenti, i meccanismi, gli incentivi e il quadro istituzionale, finanziario e giuridico, necessari per il raggiungimento degli obiettivi fino al 2020 in materia di quota complessiva di energia da fonti rinnovabili sul consumo finale lordo di energia”.

Valore limite di produzione di energia da fonte energetica rinnovabile previsto per edifici nuovi o sottoposti a ristrutturazioni rilevanti ($SU > 1000 \text{ m}^2$, soggetto a ristrutturazione integrale degli elementi edilizi costituenti l'involucro/ edificio esistente soggetto a demolizione e ricostruzione anche in manutenzione straordinaria)

dal 1 gennaio 2017 $\geq 50\%$

Non si applica qualora l'edificio sia allacciato ad una rete di teleriscaldamento che ne copra l'intero fabbisogno di calore per il riscaldamento degli ambienti e la fornitura di acqua calda sanitaria.



Valore limite molto più alto di quanto richiesto dalla Direttiva Europea 28/09 ed è, di fatto, **difficile se non impossibile** da raggiungere in molte utilizzazioni nelle quali il fabbisogno estivo supera quello invernale (+40% clima mediterraneo)



MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA:
Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi mediterranei

Prof. A. Frattolillo

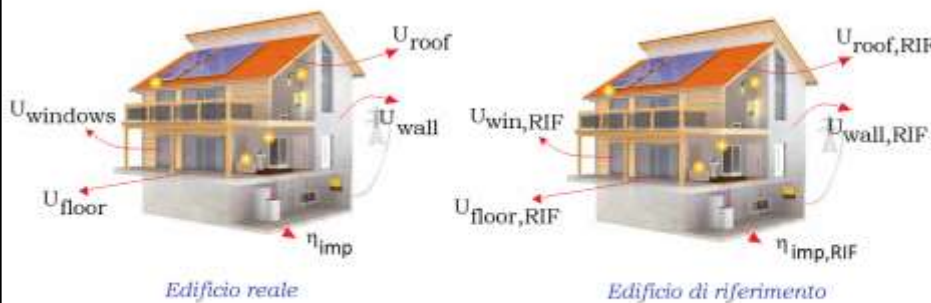
DICAR



Il DM del 26 giugno 2015 - Requisiti minimi

Il provvedimento definisce le modalità di applicazione della **metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche** e dell'utilizzo delle fonti rinnovabili negli edifici nonché dell'applicazione di **prescrizioni e requisiti minimi** in materia di prestazioni energetiche degli edifici e unità immobiliari, nel rispetto dei criteri generali di cui all'art. 4, comma 1, del D. Leg.vo 192/2005,

La classe energetica dell'edificio è determinata sulla base dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio $EP_{gl,nren}$, per mezzo del confronto con una scala di classi prefissate, ognuna delle quali rappresenta un intervallo di prestazione energetica definito



$$E_{pgl} = E_H + E_C + E_W + E_L + E_V$$

I requisiti minimi ... gli esclusi

gli edifici industriali e artigianali quando gli ambienti sono riscaldati per esigenze del processo produttivo



Gli edifici sotto tutela dei beni culturali e del paesaggio

Le strutture temporanee autorizzate per non più di sei mesi

Gli edifici che risultano non compresi nel DPR 412/93, il cui utilizzo standard non prevede l'installazione e l'impiego di sistemi tecnici, quali box, cantine, autorimesse, parcheggi multipiano, depositi, strutture stagionali a protezione degli impianti sportivi, fatto salvo le porzioni eventualmente adibite ad uffici e assimilabili, purché scorporabili ai fini della valutazione di efficienza energetica

gli edifici rurali non residenziali sprovvisti di impianti di climatizzazione



gli edifici adibiti a luoghi di culto e allo svolgimento di attività religiose



i fabbricati isolati con una superficie utile totale < 50 mq



Interventi su strati di finitura ininfluenti

Interventi di manutenzione ordinaria degli impianti termici esistenti



Rifacimento di porzioni di intonaco su superfici < 10% della superficie disperdente

I requisiti minimi ... rinnovabili

Nel caso di edifici nuovi o edifici sottoposti a ristrutturazioni rilevanti, la potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili che devono essere obbligatoriamente installati sopra o all'interno dell'edificio o nelle relative pertinenze, misurata in kW, è calcolata, dal 1 gennaio 2017 pari a:

$$P = \frac{S}{50} \text{ [KW]}$$

In caso di utilizzo di pannelli solari termici o fotovoltaici disposti sui tetti degli edifici, i predetti componenti devono essere aderenti o integrati nei tetti medesimi, con la stessa inclinazione e lo stesso orientamento della falda.

La percentuale d'obbligo richiesta non può essere ottenuta mediante FER che producano esclusivamente energia elettrica la quale alimenti, a sua volta, dispositivi o impianti per la produzione di acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento. (il riferimento è ai soli dispositivi che utilizzano l'effetto Joule)



I requisiti minimi ... rinnovabili

Vanno calcolati in conformità alla normativa tecnica UNI e CTI in materia

Il fabbisogno energetico annuale globale si calcola come energia primaria per singolo servizio energetico, **con intervalli di calcolo mensile**. Con le stesse modalità si determina l'energia da fonte rinnovabile prodotta all'interno del confine del sistema. Il calcolo su base mensile si effettua con le metodologie di cui all'articolo 3, comma 1, del presente decreto

Si può compensare (ritenere soddisfatto) con rinnovabili solo l'energia:

1. Corrisponde allo **stesso vettore energetico** (elettricità con elettricità, energia termica con energia termica, ecc);
2. a **copertura totale del corrispondente fabbisogno** o vettore energetico utilizzato per i servizi considerati nella prestazione energetica.
 - ✓ l'eccedenza di energia rispetto al fabbisogno mensile, prodotta in situ ed esportata, non concorre alla prestazione energetica dell'edificio
 - ✓ l'eventuale energia elettrica prodotta da fonte rinnovabile in eccedenza ed esportata in alcuni mesi, non può essere computata a copertura del fabbisogno nei mesi nei quali la produzione sia invece insufficiente
3. l'energia elettrica prodotta da fonte rinnovabile non può essere conteggiata ai fini del soddisfacimento di consumi elettrici per la **produzione di calore con effetto Joule**.



Caldala

Riscaldamento e/o produzione di acs fino a copertura dei consumi di energia elettrica per gli ausiliari



Pompa di calore elettrica

Riscaldamento e/o raffrescamento e/o produzione di acs: fino a copertura di tutti i consumi elettrici relativi all'utilizzo di tale macchina a esclusione dell'energia assorbita da eventuali resistenze di integrazione alla produzione di calore utile per l'impianto



VMC

fino alla copertura dei consumi relativi agli ausiliari elettrici



MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA:
Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi mediterranei

Prof. A. Frattolillo



I requisiti minimi ... rinnovabili

L'energia primaria utilizzata è scomputata nelle due aliquote RINNOVABILE e NON RINNOVABILE mediante

$$f_{p,tot} = f_{p,nren} + f_{p,ren}$$

$f_{p,nren} + f_{p,ren}$ sono usati ai fini delle verifiche progettuali del rispetto dei requisiti minimi

$f_{p,nren}$ è usato ai fini della classificazione degli edifici



MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA:
Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi mediterranei

Prof. A. Frattolillo



I requisiti minimi ... rinnovabili

Tabella 1 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

Vettore energetico	$f_{p,nren}$	$f_{p,ren}$	$f_{p,tot}$
Gas naturale ⁽¹⁾	1,05	0	1,05
GPL	1,05	0	1,05
Gasolio e Olio combustibile	1,07	0	1,07
Carbone	1,10	0	1,10
Biomasse solide ⁽²⁾	0,20	0,80	1,00
Biomasse liquide e gassose ⁽²⁾	0,40	0,60	1,00
Energia elettrica da rete ⁽³⁾	1,95	0,47	2,42
Teleriscaldamento ⁽⁴⁾	1,5	0	1,5
Rifiuti solidi urbani	0,2	0,2	0,4
Teleraffrescamento ⁽⁴⁾	0,5	0	0,5
Energia termica da collettori solari ⁽⁵⁾	0	1,00	1,00
Energia elettrica prodotta da fotovoltaico, mini-eolico e mini-idraulico ⁽⁵⁾	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno - free cooling ⁽⁵⁾	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno - pompa di calore ⁽⁵⁾	0	1,00	1,00

⁽¹⁾ I valori saranno aggiornati ogni due anni sulla base dei dati forniti da GSE.

⁽²⁾ Come definite dall'allegato X del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

⁽³⁾ I valori saranno aggiornati ogni due anni sulla base dei dati forniti da GSE.

⁽⁴⁾ Fattore assunto in assenza di valori dichiarati dal fornitore e asseverati da parte terza, conformemente al quanto previsto al paragrafo 3.2.

⁽⁵⁾ Valori convenzionali funzionali al sistema di calcolo.



I requisiti minimi ... rinnovabili

7. L'impossibilità tecnica di ottemperare, in tutto o in parte, agli obblighi di integrazione di cui ai precedenti paragrafi deve essere evidenziata dal progettista nella relazione tecnica di cui all'articolo 4, comma 25, del decreto del Presidente della Repubblica 2 aprile 2009, n. 59 e dettagliata esaminando la non fattibilità di tutte le diverse opzioni tecnologiche disponibili.

8. Nei casi di cui al comma 7, è fatto obbligo di ottenere un indice di prestazione energetica globale dell'edificio $E_{p,gl}$ che risulti inferiore rispetto al pertinente indice di prestazione energetica complessiva nel rispetto della:

$$E_{p,gl} < E_{p,gl,RIF} \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{\frac{\%_{effettiva}}{\%_{obbligo}} + \frac{P_{effettiva}}{P_{obbligo}}}{4} \right)$$

Ciascuno di questi due obblighi, se non completamente ottemperato, deve essere compensato con una riduzione proporzionale che **vale fino al 25% della prestazione energetica limite** $E_{p,gl,RIF}$ per ciascuno dei due requisiti presi in considerazione.



Utilizzo delle PdC

La più diffusa: climatizzazione degli ambienti nel settore residenziale e nel terziario (esercizi commerciali di medie dimensioni; parrucchieri; piscine; cucine di ristoranti; studi professionali), in alternativa ai sistemi convenzionali composti da refrigeratore più caldaia.

La più conveniente: climatizzazione ambientale (riscaldamento + raffrescamento) poiché comporta un minor tempo di ammortamento del costo d'impianto rispetto ad un utilizzo per il solo riscaldamento.

Nel caso di edifici esistenti, l'applicazione della pompa di calore per il condizionamento degli ambienti, sia invernale che estivo, **richiede un intervento di ristrutturazione dell'intero impianto termico ed elettrico**, con conseguente maggior costo.

Nel settore industriale molto usata per l'essiccazione e nei processi tecnologici a bassa temperatura nell'industria agro-alimentare.



MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA:
Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi mediterranei

Prof. A. Frattolillo



Utilizzo delle PdC

Gli impianti che utilizzano pompe di calore si classificano in relazione a:

- ✓ tipo di fonte energetica sfruttata
- ✓ tipo di sorgente fredda
- ✓ tipo di servizio (ACS, Riscaldamento, ACS+Riscaldamento)
- ✓ vettori energetici e tipologie di generatori
- ✓ tipi di fluido termovettore

Classificazione per fonte energetica sfruttata

Fonte di energia	Tipologia fonte di energia sfruttata	Modalità di estrazione
Aria esterna	Rinnovabile "aerotermica"	Raffreddamento e deumidificazione dell'aria esterna
Aria interna	Non rinnovabile se proveniente da sistemi impieganti energie fossili, ad esclusione dell'aria di espulsione	Raffreddamento e deumidificazione dell'aria interna di espulsione in sistemi di recupero
Roccia	Rinnovabile "geotermica"	Raffreddamento del sottosuolo
Terreno	Rinnovabile "geotermica"	Raffreddamento del sottosuolo
Acqua di falda	Rinnovabile "geotermica"	Raffreddamento del sottosuolo
Acqua di mare	Rinnovabile "idrotermica"	Raffreddamento acque superficiali
Acqua di lago	Rinnovabile "idrotermica"	Raffreddamento acque superficiali
Acqua di fiume	Rinnovabile "idrotermica"	Raffreddamento acque superficiali
Acque di risulta e liquami di processi tecnologici	Non rinnovabile	Raffreddamento acque e/o liquami di processo
Liquami urbani	Assimilabile a rinnovabile	Raffreddamento liquami urbani



MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA:
Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi mediterranei

Prof. A. Frattolillo



Le sorgenti (pozzi) termiche

- L'aria come sorgente fredda ha il vantaggio di essere disponibile ovunque; tuttavia la potenza resa dalla pompa di calore diminuisce con la temperatura della sorgente.
Nel caso si utilizzi l'aria esterna, è necessario (intorno a 0°C), un sistema di sbrinamento che comporta un ulteriore consumo di energia.

Diverso e più vantaggioso, è l'impiego come sorgente fredda dell'aria interna viziata (aria estratta) che deve essere comunque rinnovata.

- L'acqua come sorgente fredda garantisce le prestazioni della pompa di calore senza risentire delle condizioni climatiche esterne; tuttavia richiede un costo addizionale dovuto al sistema di adduzione.
- Il terreno, come sorgente fredda ha il vantaggio di subire minori sbalzi di temperatura rispetto all'aria. Le tubazioni orizzontali vanno interrate ad una profondità minima da 1 a 1,5 metri per non risentire troppo delle variazioni di temperatura dell'aria esterna e mantenere i benefici effetti dell'insolazione.
È però necessaria una estensione di terreno da 2 a 3 volte superiore alla superficie dei locali da riscaldare, con notevole aggravio dei costi, sia per il terreno necessario che per la complessità dell'impianto.



MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA:
Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi mediterranei

Prof. A. Frattolillo



Vettori energetici e tipologie di generatori

- energia elettrica per le pompe di calore a compressione di vapore
- combustibili gassosi e liquidi per le pompe di calore ad assorbimento a fuoco diretto

Gli impianti alimentati da pompa di calore possono essere:

- ✓ **monovalenti** quando tutto il fabbisogno termico stagionale è coperto dalla pompa di calore
- ✓ **bivalenti monoenergetici** quando una quota del fabbisogno termico stagionale è coperto dalla pompa di calore ed una quota di integrazione è fornita da un generatore ausiliario che utilizza lo stesso vettore energetico della pompa di calore
- ✓ **bivalenti e bienergetici** quando il fabbisogno termico stagionale è coperto dalla pompa di calore e da un generatore ausiliario che utilizza un vettore energetico diverso da quello utilizzato dalla pompa di calore

Le pompe di calore possono essere:

- senza generatore di integrazione termica
- con generatore di integrazione termica.

Il generatore di integrazione compreso nella macchina può essere una resistenza elettrica o un generatore a combustione alimentato con combustibili gassosi o liquidi.



MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA:
Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi mediterranei

Prof. A. Frattolillo



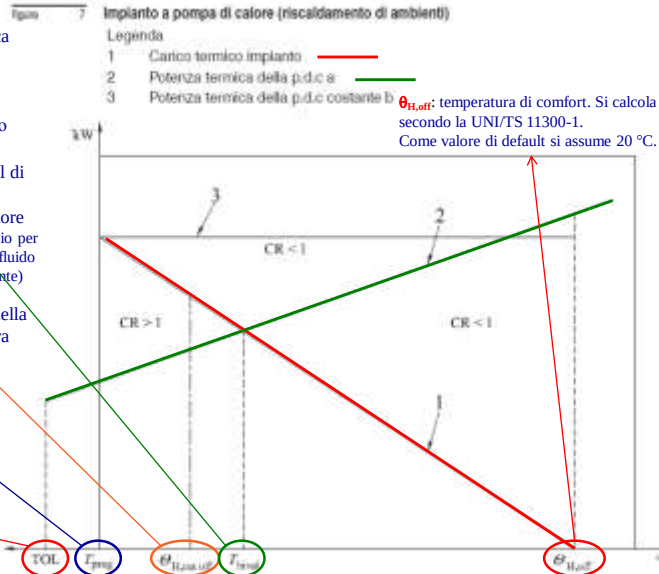
Come influisce la parzializzazione?

T_{bival} : temperatura bivalente, temperatura della sorgente termica in corrispondenza della quale la pompa di calore fornisce esattamente una potenza termica pari a quella richiesta dall'edificio

$\theta_{H,cut,off}$: temperatura di cut-off, al di sotto della quale la regolazione impostata spegne la pompa di calore (SCELTA PROGETTUALE, ad esempio per evitare il gelo quando si utilizzi come fluido acqua e non una soluzione anticongelante)

T_{prog} : temperatura di progetto della località considerata (o temperatura della sorgente fredda corrisponde alle condizioni di progetto)

TOL: temperatura della sorgente fredda limite minima definita dal costruttore e non modificabile



GTA

MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA:
Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi mediterranei

Prof. A. Frattolillo

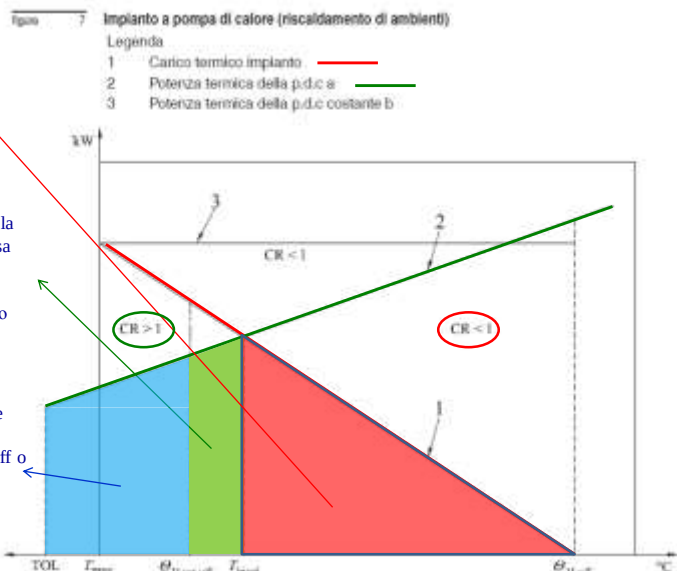


Come influisce la parzializzazione?

Zona di parzializzazione: la pompa di calore copre il 100% del carico ma opera sempre a carico parziale. Il COP a pieno carico va corretto!

Zona Pieno Carico: Fin quando la pdc funziona (TOL o Cut-off) essa opera a pieno carico
COP=COP a pieno carico
L'integrazione copre solo il carico che la PdC non riesce a fornire

Spegnimento: la PdC si spegne e opera solo il generatore ad integrazione (al di sotto di $\theta_{cut-off}$ o in ogni caso al di sotto di TOL nell'ipotesi che $TOL > \theta_{prog}$)



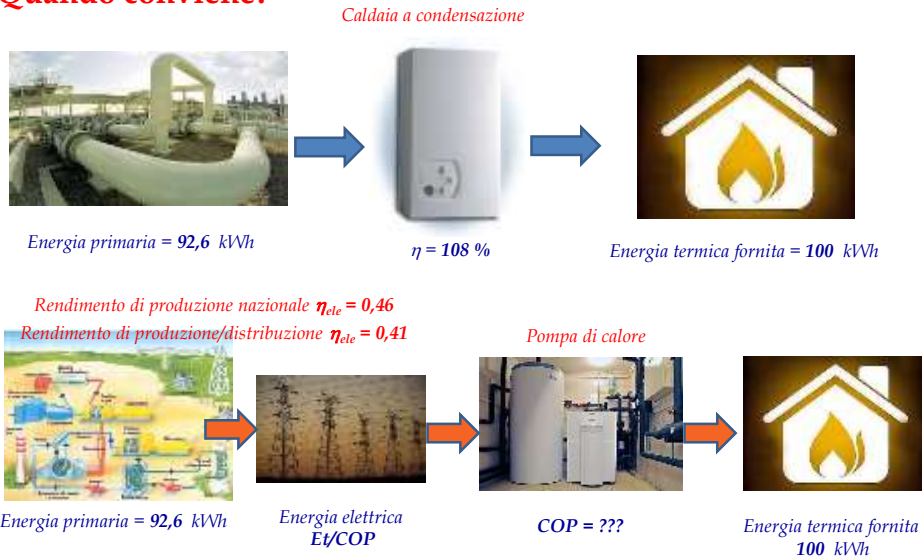
GTA

MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA:
Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi mediterranei

Prof. A. Frattolillo



Quando conviene?

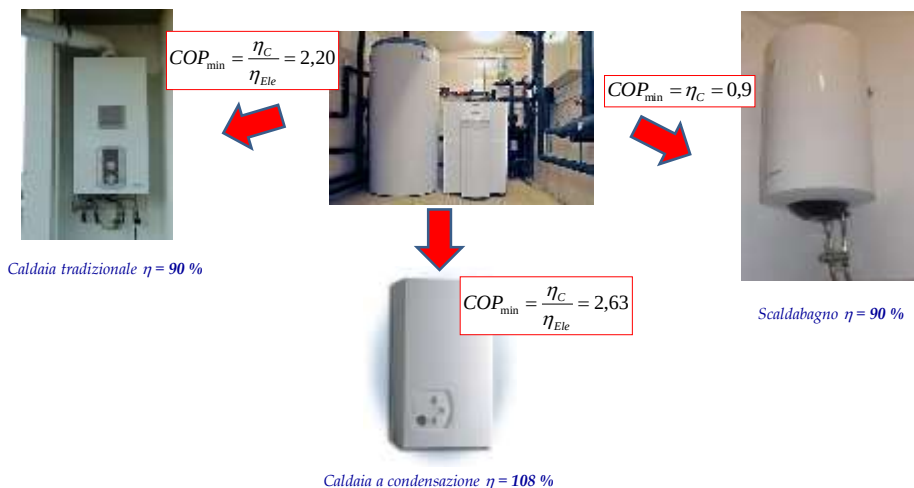


MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA:
 Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi mediterranei

Prof. A. Frattolillo



Quando conviene?



MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA:
 Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi mediterranei

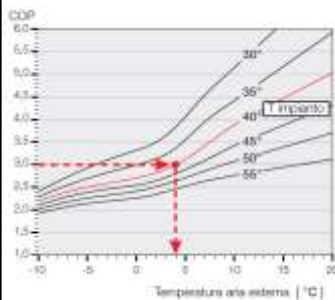
Prof. A. Frattolillo



Quando conviene in un sistema bivalente?



Caldaia a condensazione $\eta = 108\%$



$$COP > \frac{C_e \cdot PCI \cdot \eta_c}{C_g} \approx \begin{cases} 2,7 & \text{per gas naturale} \\ 1,9 & \text{per gasolio} \end{cases}$$

Dove:

C_e = costo unitario dell'energia elettrica [€/kWh_e]

C_g = costo unitario del combustibile [€/u.c.]

PCI = potere calorifico inferiore del combustibile [kWh/u.c.]

η_c = rendimento di caldaia



MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA:
Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi mediterranei

Prof. A. Frattolillo



Computo dell'energia rinnovabile prodotta dalle pompe di calore

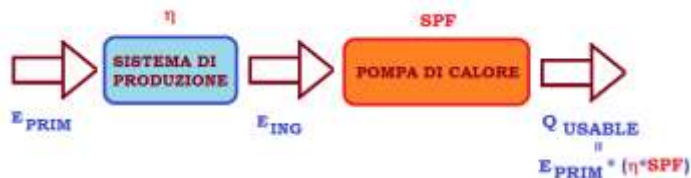
La quantità di energia aerotermica, geotermica o idrotermica catturata dalle pompe di calore da considerarsi energia da fonti rinnovabili E_{RES} , è calcolata in base alla formula seguente:



$$E_{RES} = Q_{USABLE} - \frac{Q_{USABLE}}{SPF}$$

Affinché lo sfruttamento di queste fonti energetiche sia conveniente è necessario che il bilancio energetico tra l'energia effettivamente resa disponibile all'impianto e il consumo di energia primaria sia superiore a un valore minimo:

$$SPF_{MIN} \cdot \eta > 1,15$$



MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA:
Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi mediterranei

Prof. A. Frattolillo



Computo dell'energia rinnovabile prodotta dalle pompe di calore



$SPF_{MIN} > 1,15 * 1,05 = 1,208$ Per pompe di calore a gas

$SPF_{MIN} > 1,15 * 2,42 = 2,783$ Per pompe di calore elettriche

Sistemi impiantisti (negli edifici) che sfruttano l'energia da fonti rinnovabili:

Sistema / Tecnologia	Note
Solare termico	E' di solito usato per l'acs. Il contributo sul riscaldamento di solito è minimo (10%?). Su acs un dimensionamento sul picco dei mesi estivi porta ad avere una QR dal 50% al 70%. Efficace soprattutto al Sud.
Fotovoltaico	E' il solo modo per fare rinnovabile estiva. La producibilità max è legata alla superficie di tetto. Efficace soprattutto al Sud.
Pdc (tutte)	Rinnovabile la quota invernale. Sull'estivo le elettriche meglio se abbinate al PV.
Biomasse	Ottima QR su riscaldamento ed eventualmente acs. Vanno bene se non c'è il raffrescamento consistente.
Altro (biogas, biofuel, solar cooling, mini-idro, mini eolico)	Generalmente poco diffuse.

Nota: c'è poi la quota rinnovabile dell'energia elettrica da rete e/o potrebbero esserci quote rinnovabili in sistemi di teleriscaldamento/teleaffreddamento.

Appunti:

- 1) Per nuovi edifici e ristrutturazioni rilevanti/importanti è verosimile aspettarsi che il raffrescamento sia un servizio richiesto (sicuramente nel non residenziale);
- 2) Rinnovabili in raffrescamento = fotovoltaico. Sul riscaldamento e acs ci sono invece più possibilità.

I sistemi di generazione per ristrutturazioni o sostituzioni di impianti

Nel caso di ristrutturazione o di nuova installazione di impianti termici di potenza termica nominale del generatore maggiore o uguale a 100 kW, ivi compreso il distacco dall'impianto centralizzato anche di un solo utente/condominio, deve essere realizzata una diagnosi energetica dell'edificio e dell'impianto che metta a confronto le diverse soluzioni impiantistiche compatibili e la loro efficacia sotto il profilo dei costi complessivi (investimento, esercizio e manutenzione).

	N. edifici	Incidenza territorio nazionale	Incidenza per zone climatiche			
			A	B	C	D
Nord-Italia	29550	49,8%	0%	0%	0%	91%
Centro-Italia	11582	17,5%	0%	8%	72%	20%
Sud-Italia e Isole	23770	36,6%	10%	53%	28%	9%
Totale	64911	100,0%				

Fonte: elaborazioni e stime Censis su dati Istat e indagini Censis 2009

Edifici pubblici nel 2011

	Incidenza per fase di costruzione				
	Ante 1920	1921/1945	1946/1970	1971/1990	1991-oggi
Nord-Italia	22,3	9,8	23,2	25,7	19,8
Centro-Italia	24,7	9,7	25,3	26,7	19,6
Sud-Italia e Isole	29,5	11,3	28,3	26,7	13,3

la direttiva 2012/27/UE recepita in Italia dal D.Lgs N° 102 del 04/07/2014, nel contesto del conseguimento dell'obiettivo 20-20-20, prevede l'**installazione obbligatoria** entro il 31/12/2016 in tutti i condomini ed edifici polifunzionali, di opportuni dispositivi di contabilizzazione e termoregolazione:

- adozione valvole termostatiche;
- adozione di ripartitori di consumi termici.
- adeguamento distribuzione e conseguente spinta alla sostituzione della caldaia con un generatore a condensazione.

Epoca di costruzione	Numero edifici	%
Prima del 1918	1.832.504	15,0
dal 1919 al 1945	1.327.007	10,9
dal 1946 al 1960	1.700.836	14,0
dal 1961 al 1970	2.050.833	16,8
dal 1971 al 1980	2.117.651	17,4
dal 1981 al 1990	2.462.767	13,0
dal 1991 al 2000	871.017	7,1
dopo il 2001	825.083	6,8
Totale edifici	12.187.698	100

Edifici residenziali nel 2011

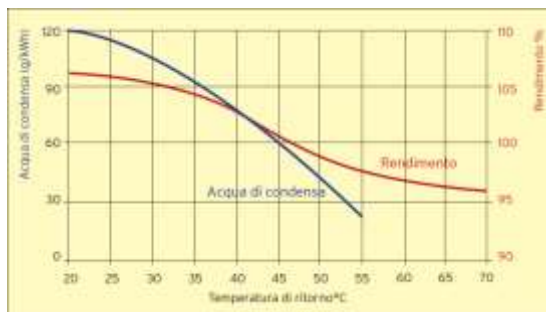
Zone Climatiche	Numero edifici	%
zona climatica A	4.875	0,04
zona climatica B	689.573	5,71
zona climatica C	2.710.544	22,24
zona climatica D	2.858.016	23,45
zona climatica E	5.191.960	42,60
zona climatica F	722.730	5,93
Totale	12.187.698	100

GTA MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA:
Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi mediterranei

I sistemi di generazione per ristrutturazioni o sostituzioni di impianti

La diagnosi energetica deve considerare, in modo vincolante ma non esaustivo, almeno le seguenti opzioni:

- a) **impianto centralizzato dotato di caldaia a condensazione** con contabilizzazione e termoregolazione del calore per singola unità abitativa;
- b) **impianto centralizzato dotato di pompa di calore elettrica** o a gas con contabilizzazione e termoregolazione del calore per singola unità abitativa;
- c) le possibili integrazioni dei suddetti impianti con **impianti solari termici**;
- d) **impianto centralizzato di cogenerazione**;
- e) stazione di **teleriscaldamento** collegata a una rete efficiente come definita al decreto legislativo n. 102 del 2014;
- f) per gli edifici non residenziali, l'installazione di un **sistema di gestione automatica degli edifici** e degli impianti conforme al livello B della norma EN15232.

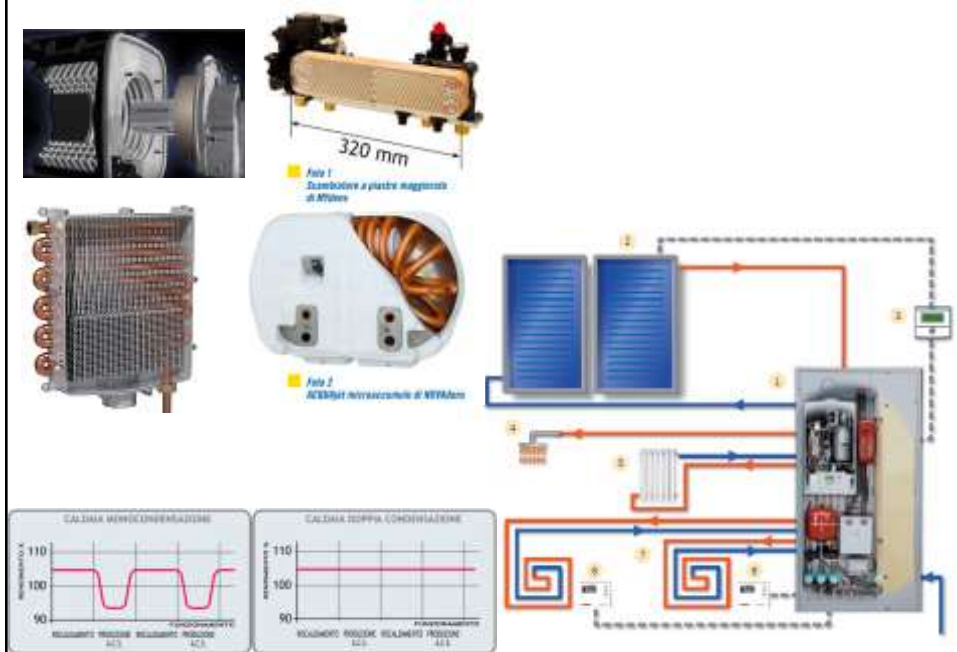


GTA MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA:
Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi mediterranei

Prof. A. Frattolillo



I sistemi di generazione a doppia (full) condensazione ??



Edifici esistenti (5.3.1 climatizzazione invernale):

- Nuova installazione, Ristrutturazione/sostituzione impianti

- a) calcolo dell'efficienza media stagionale dell'impianto termico di riscaldamento e verifica che la stessa risulti superiore al valore limite calcolato utilizzando i valori delle efficienze fornite in Appendice A per l'edificio di riferimento

Tabella 7 - Efficienza media η_{pm} dei sottosistemi di utilizzazione dell'edificio di riferimento per i servizi di H. C. W.

Efficienza dei sottosistemi di utilizzazione η_{pm}	H	C	W
Riscaldamento centralizzato	0,83	0,83	0,78
Distribuzione centralizzata	0,83	0,83	—
Distribuzione spinta	0,82	0,82	—

- b) installazione di sistemi di regolazione per singolo ambiente o per singola unità immobiliare, assistita da compensazione climatica;
- c) nel caso degli impianti a servizio di più unità immobiliari, installazione di un sistema di contabilizzazione diretta o indiretta del calore che permetta la ripartizione dei consumi per singola unità immobiliare



Tabella 8 - Efficienza media η_{pm} dei sottosistemi di generazione dell'edificio di riferimento per la produzione di energia termica per i servizi di H. C. W. e per la produzione di energia elettrica in situ.

Sottosistemi di generazione:	Produzione di energia termica			Produzione di energia elettrica in situ
	H	C	W	
- Generatori a combustibile liquido	0,82	—	0,80	—
- Generatori a combustibile gassoso	0,99	—	0,85	—
- Generatori a combustibile solido	0,77	—	0,70	—
- Generatori a biomassa solida	0,72	—	0,65	—
- Generatori a biomassa liquida	0,82	—	0,75	—
- Pompe di calore a compressione di vapore con motore elettrico	3,00	(*)	2,50	—
- Macchine frigorifere a compressione di vapore a motore elettrico	—	2,50	—	—
- Pompe di calore ad assorbimento	3,20	(*)	3,10	—
- Macchine frigorifere a flussio indiretto	—	0,80 a η_{pm} (**)	—	—
- Macchine frigorifere a flussio diretto	—	0,80	—	—
- Pompe di calore a compressione di vapore a motore idraulico	3,15	1,80	1,05	—
- Cogeneratori	0,55	—	0,55	0,25
- Riscaldamento con resistenza elettrica	3,00	—	—	—
- Teleriscaldamento	0,99	—	—	—
- Teleraffreddamento	—	0,95	—	—
- Solare termico	0,3	—	0,3	—
- Solare fotovoltaico	—	—	—	0,1
- Miscelazione e auto-idroelettrico	—	—	—	(**)

NOTA: Per i combustibili tutti i dati fanno riferimento al potere calorifico inferiore.

(*) Per pompe di calore che prevedono la funzione di raffreddamento di ambienti lo stesso valore deve anche essere riportato nella stessa tabella.

(**) η_{pm} indica l'efficienza media del sistema installato nell'edificio reale.

Edifici esistenti (5.3.1 climatizzazione invernale):

- Nuova installazione, Ristrutturazione/sostituzione impianti

d) nel caso di sostituzione di generatori di calore, si intendono rispettate tutte le disposizioni vigenti... incluse quelle di cui alla lettera a (efficienza media stagionale dell'impianto), qualora coesistano le seguenti condizioni:

i. i nuovi generatori di calore a combustibile gassoso o liquido abbiano un rendimento termico utile nominale non inferiore a:

$$90 + 2 \log P_n$$

ii. le nuove pompe di calore elettriche o a gas abbiano un coefficiente di prestazione (COP o GUE) non inferiore ai valori riportati al paragrafo 1.3, comma 2, dell'Appendice B;

iii. nel caso di incremento della potenza nominale oltre il 10%, l'aumento di potenza sia motivato con la verifica dimensionale dell'impianto di riscaldamento condotto secondo la norma UNI EN 12831;

iv. nel caso «centralizzato» siano presenti un sistema di regolazione per singolo ambiente o per singola unità immobiliare, assistita da compensazione climatica, e un sistema di contabilizzazione diretta o indiretta del calore che permetta la ripartizione dei consumi per singola unità immobiliare;

Tabella 6 – Requisiti e condizioni di prova per pompe di calore elettriche servizio riscaldamento (macchine reversibili e non)

Tipo di pompa di calore Ambiente esterno-interno	Ambiente esterno [°C]	Ambiente interno [°C]	COP
aria/aria	Ballo secco all'entrata: 7 Ballo secco all'uscita: 6	Ballo secco all'entrata: 20 Ballo secco all'uscita: 15	3,5
aria/acqua potenza termica utile riscaldamento < 15 kW	Ballo secco all'entrata: 7 Ballo secco all'uscita: 6	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 15	3,8
aria/acqua potenza termica utile riscaldamento > 15 kW	Ballo secco all'entrata: 7 Ballo secco all'uscita: 6	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 15	3,5
salamoia/aria	Temperatura entrata: 0	Ballo secco all'entrata: 20 Ballo secco all'uscita: 15	4,0
salamoia/acqua	Temperatura entrata: 0	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 15	4,0
acqua/aria	Temperatura entrata: 15 Temperatura uscita: 12	Ballo secco all'entrata: 20 Ballo secco all'uscita: 15	4,2
acqua/acqua	Temperatura entrata: 18 Temperatura uscita: 14	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 15	4,2



MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA:

Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi mediterranei

Prof. A. Frattolillo

DICAR



I sistemi di accumulo per l'energia termica (TES)

Finalità

La scelta di un sistema di accumulo dipende principalmente da fattori quali il periodo di stoccaggio richiesto, la fattibilità economica, le condizioni operative e i vincoli ambientali.

- incremento della capacità di produzione di energia: l'energia può essere prodotta nei periodi di scarsa domanda ed accumulata per usi successivi
- spostamento dell'acquisto di energia nei periodi a basso costo con conseguente riduzione dei costi di esercizio
- riduzione dei consumi di energia da combustibili fossili e delle emissioni inquinanti (CO₂, CFC, ecc)
- incremento dell'affidabilità dell'impianto, grazie alla presenza di energia accumulata
- un miglior utilizzo degli impianti di cogenerazione: la presenza dell'accumulo consente di non far lavorare l'impianto ad inseguimento del carico termico
- il recupero di cascami energetici provenienti da altri processi di produzione che altrimenti andrebbero persi.

Classificazione per intervallo di temperatura di esercizio

	TEMPERATURE	APPLICAZIONI	SORGENTI
HITES: accumulo termico ad alta temperatura	$t > 200^{\circ}\text{C}$	Generazione di potenza, riscaldamento edifici	Centrali solari, impianti cogenerativi, cascami energetici (calore di scarto da processi industriali)
MITES: accumulo termico a media temperatura	$100^{\circ}\text{C} < t < 250^{\circ}\text{C}$	Buffering, riscaldamento degli ambienti, macchine frigorifere ad assorbimento	Solare termico a concentrazione, calore di scarto da processi industriali.
LTES: accumulo termico a bassa temperatura	$10^{\circ}\text{C} < t < 200^{\circ}\text{C}$	Riscaldamento / raffreddamento edifici	Collettori solari, impianti cogenerativi
CTES: accumulo termico freddo	$t < 10^{\circ}\text{C}$	Raffreddamento edifici, conservazione degli alimenti	Collettori solari, ghiaccio invernale



MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA:

Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica

I sistemi di accumulo per l'energia termica (TES)

Finalità

La scelta di un sistema di accumulo dipende principalmente da fattori quali il periodo di stoccaggio richiesto, la fattibilità economica, le condizioni operative e i vincoli ambientali. andrebbero persi.

Criticità

- numero maggiore di componenti, e maggiori complicazioni gestionali, che richiedono un efficiente sistema di controllo, precise strategie (per ottimizzare il risultato economico) e personale addestrato (comprensione delle logiche di controllo e degli accorgimenti progettuali e, nel caso di accumulo di acqua fredda, della stratificazione).
- un cattivo dimensionamento (o la crescita dei consumi superiore alle aspettative) e/o cattiva gestione (compressori che lavorano a carico parziale e/o serbatoi non vengono sfruttati appieno), possono rendere antieconomico l'esercizio dell'impianto.
- errori di progetto come ad esempio sovra – o sottodimensionamento comportano perdite di resa oppure vanno a discapito del comfort.

Classificazione per intervallo di temperatura di esercizio

	TEMPERATURE	APPLICAZIONI	SORGENTI
HITES: accumulo termico ad alta temperatura	$t > 200^{\circ}\text{C}$	Generazione di potenza, riscaldamento edifici	Centrali solari, impianti cogenerativi, cascami energetici (calore di scarto da processi industriali)
MITES: accumulo termico a media temperatura	$100^{\circ}\text{C} < t < 250^{\circ}\text{C}$	Buffering, riscaldamento degli ambienti, macchine frigorifere ad assorbimento	Solare termico a concentrazione, calore di scarto da processi industriali.
LTES: accumulo termico a bassa temperatura	$10^{\circ}\text{C} < t < 200^{\circ}\text{C}$	Riscaldamento / raffreddamento edifici	Collettori solari, impianti cogenerativi
CTES: accumulo termico freddo	$t < 10^{\circ}\text{C}$	Raffreddamento edifici, conservazione degli alimenti	Collettori solari, ghiaccio invernale

I sistemi di accumulo per l'energia termica (TES)

	TIPOLOGIE	NOTE
Lungo termine – Stagionale: UTES (underground thermal energy storage)	BTES: stoccaggio in pozzi rivellati verticali	Principalmente accoppiati ad un impianto solare termico (CSPSS), ad impianti cogenerativi o al recupero di calore di scarto da processi industriali. Mezzo di stoccaggio: acqua. Impianti di grandi dimensioni per ammortizzare i costi di installazione.
	ATES: accumulo in acquiferi	
	CTES: accumulo in caverne di roccia	
	GWTES: accumulo in pozzi di ghiaia e acqua	
	HWTES - WATER TANK, WATER PIT: accumulo di acqua calda in serbatoio d'acqua interrato o pozzo	
Breve termine: giornaliero	Sistemi attivi	Principalmente associato ai materiali costruttivi. Accoppiati (sist. attivi) a collettori solari o altra fonte termica.
	Sistemi passivi	
Breve termine: variabile	Accumuli per produzione termoelettrica	Impianti per la generazione di vapore.

Classificazione per intervallo di tempo di accumulo

Classificazione per tipologia di scambio termico

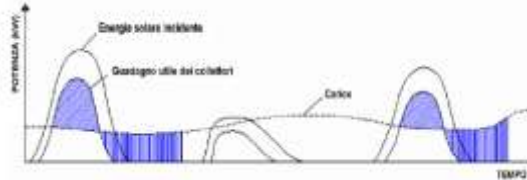
TIPO DI SCAMBIO	PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO
Calore sensibile	Variazione di temperatura del mezzo di accumulo
Calore latente	Cambiamento di fase del mezzo di accumulo
Energia di legame	Assorbimento/rilascio di energia chimica di legame mediante spostamento dell'equilibrio di reazione dei reagenti che costituiscono il mezzo di accumulo

I sistemi di accumulo per ACS/riscaldamento

Finalità

Basse potenze riscaldanti consentono una ampia disponibilità d'acqua calda per fabbisogni di punta.

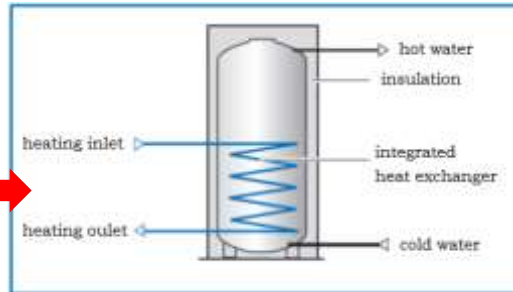
Dopo il consumo di una parte dell'acqua calda accumulata, l'accumulo può fornire solo la quantità d'acqua calda corrispondente alla resa continua del suo scambiatore di calore incorporato.



Per la scelta di un accumulo, è decisivo non la sua capacità, bensì il suo contenuto d'energia. Esso viene determinato sostanzialmente dalla temperatura più bassa che è possibile introdurre nell'accumulo stesso.

Possibili generatori per sistemi ad accumulo:

- caldaie
- sistemi di teleriscaldamento o simili (generatore centralizzati per diversi edifici)
- energia solare
- energia elettrica (riscaldamento ausiliario)
- vapore



Principio gravitazionale con scambiatore di calore incorporato
Per piccoli e medi impianti

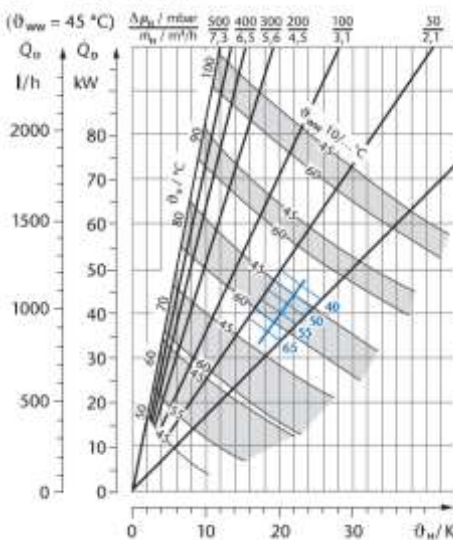
GTA

MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA:
Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi mediterranei

Prof. A. Frattolillo



I sistemi di accumulo per ACS/riscaldamento



Nell'esercizio a resa continua il contenuto dell'accumulatore non ha nessuna rilevanza. La resa continua è dipendente dalla superficie di scambio termico e dai rapporti di temperatura.

Si utilizzano diagrammi di resa continua

Valori aggiuntivi possono essere calcolati per interpolazione o estrapolazione e raffigurati con le linee ausiliarie.

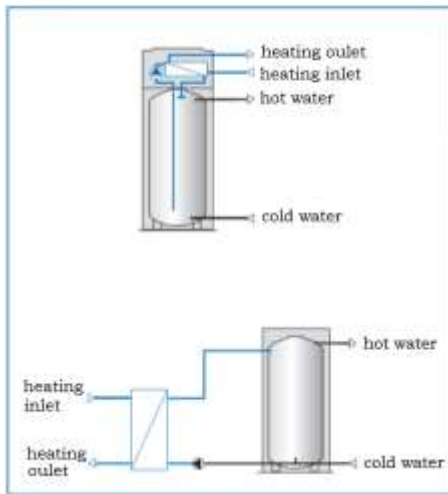
GTA

MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA:
Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi mediterranei

Prof. A. Frattolillo



I sistemi di accumulo per ACS/riscaldamento



Accumulo a carica stratificata con scambiatore esterno
Per impianti medio grandi

Vantaggi scambiatore esterno

- Rapida disponibilità di acqua calda
- Elevati prelievi di punta: dopo il prelievo è subito disponibile la potenza massima dello scambiatore di calore (progettazione specifica)
- Basse temperature di ritorno dallo scambiatore, ideale per teleriscaldamento e/o con caldaie a condensazione
- Basse perdite di carico
- Facile pulizia dell'accumulatore (attenzione durezza dell'acqua)



MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA:
Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi mediterranei

Prof. A. Frattolillo



Il principio della stratificazione



Se vi è richiesta di calore prima del raggiungimento di questa temperatura, il Delta termico viene raggiunto mediante il riscaldamento ausiliario.



MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA:
Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi mediterranei

Prof. A. Frattolillo



Gli scambiatori di calore

Devono rispettare:

- Stabilità chimica con il mezzo termovettore usato e compatibilità con gli altri materiali del circuito
- Adatti al campo di temperature cui sono destinati
- Buone proprietà termiche
- Minima differenza di temperatura tra i circuiti connessi
- Minime perdite di carico

I materiali più comunemente usati sono il rame e l'acciaio inossidabile

Scambiatori interni

Trattasi di tubi lisci o alettati. In questi ultimi la capacità di trasferimento del calore non aumenta proporzionalmente alla superficie: ad una maggiore superficie corrisponde anche una diminuzione della temperatura superficiale



Scambiatore a CHIOMA: utilizza tubi curvati ad U, a raggi variabili, uniti mediante la piastra tubiera a formare delle chiome di tubi ed una sola testa.

Estraibilità del fascio tubiero per ispezione e pulizia, al costo di una minore stabilità meccanica del fascio che, essendo supportato a sbalzo, è sottoposto a maggiori sollecitazioni, anche di carattere dinamico per le vibrazioni.

Sconsigliati per fluidi corrosivi o sporcati, in quanto in corrispondenza del ripiegamento ad U si può avere erosione localizzata dei tubi e la formazione di incrostazioni (o fouling).



A fascio tubiero, a piastre o ad intercapedine
In equi-corrente o in contro corrente.

Gli scambiatori di calore

Scambiatori esterni

- ✓ consentono lo scambio termico di potenze più elevate
- ✓ danno la possibilità di servire più serbatoi con un solo scambiatore;
- ✓ facilitano, data l'autonomia dei serbatoi dagli scambiatori, la realizzazione di varianti ed integrazioni del sistema di accumulo.



Scambiatore a piastre:

- ✓ **alta efficienza** grazie ad elevati coefficienti di scambio termico (possibilità di avere differenze minime di temperature tra i due circuiti $\leq 1^\circ\text{C}$)
- ✓ **costi inferiori** di investimento (è necessaria una minore superficie rispetto a qualsiasi altro scambiatore, i fluidi vengano a contatto solo con materiali nobili => leghe di acciaio inox)
- ✓ **possibilità di espansione** (facile ampliamento del pacco piastre in caso di variazione del carico termico)
- ✓ **facilità di manutenzione** (allentando i dadi del piastrone mobile è possibile ispezionare tutta la superficie di scambio), ideali per piscine con problemi di corrosione
- ✓ **effetto autopulente** grazie alla elevata turbolenza dei fluidi (anche in presenza di basse portate i fluidi all'interno dello scambiatore circolano in moto turbolento e non laminare)

Pressione di esercizio	: da 6 Bar fino a 25 Bar
Temperatura di esercizio	: da -50°C fino a $+180^\circ\text{C}$
Dimensioni attacchi	: da 1" fino a DN 500
Materiali piastre e attacchi	: AISI 304, AISI 316, TITANIO, 254SMO, HASTELLOY, INCONEL, MONEL etc....
Materiali guarnizioni	: NBR(P), EPDM(P), GOMME FLUORURATE, etc....
Materiali telaio	: Acciaio al carbonio con vari cicli di verniciatura, AISI 304, AISI 316
Connessioni	: filettate gas maschio, flangiate DIN, ANSI SAE, Tricamp, DIN 11851



GTA

MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA:
Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi

Gli scambiatori di calore

Scambiatori esterni

- ✓ consentono lo scambio termico di potenze più elevate
- ✓ danno la possibilità di servire più serbatoi con un solo scambiatore;
- ✓ facilitano, data l'autonomia dei serbatoi dagli scambiatori, la realizzazione di varianti ed integrazioni del sistema di accumulo.

Scambiatore a fascio tubiero:

- ✓ meno compatti ma con sezioni di passaggio più ampie
- ✓ meno esposti ai pericoli di "blocco" dovuti a incrostazioni e depositi di sporco
- ✓ minori perdite di carico



MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA:
Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi mediterranei

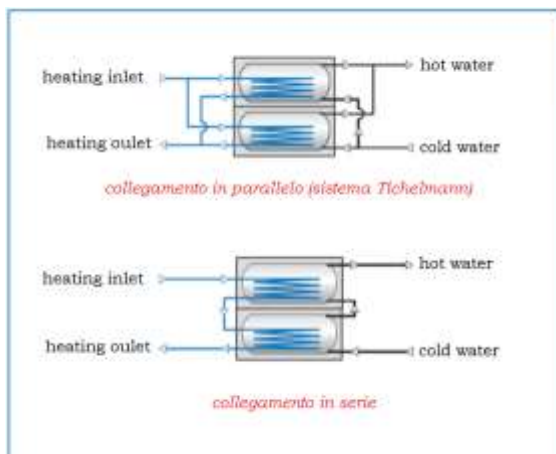
Prof. A. Frattolillo



Configurazioni impiantistiche

Combinazione di più accumuli per locali di posa non adatti o per indisponibilità di accumuli più grandi

Allacciamento di più accumuli ad un'unica centrale: con solo un generatore di calore è possibile realizzare contemporaneamente livelli di temperatura dell'acqua calda differenziati, come ad es. 60 °C per il settore doccia in un hotel e 70 °C per la cucina.



- Elevata resa continua
- Manutenzione e pulizia eseguita singolarmente (uno dei due è sempre predisposto all'esercizio)
- Elevato prelievo di punta
- Minore temperatura sul ritorno della linea di riscaldamento



MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA:
Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi mediterranei

Prof. A. Frattolillo



I sistemi di accumulo di calore

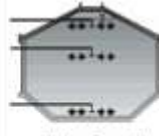
Un primo filone applicativo comprende tutte le tecnologie di accumulo termico stagionale. Utilizzare il caldo estivo per l'inverno ed il freddo invernale per il raffrescamento d'estate implica la costruzione di grandi accumulatori di inerzia termica, per lo più ricavati nel sottosuolo per ammortizzarne i costi e renderli più efficienti ed economicamente appetibili.

Il volume di stoccaggio cresce con il cubo della dimensione caratteristica dell'accumulatore, mentre l'area di perdita di calore cresce con il suo quadrato, perciò aumentando la taglia dell'impianto si riduce il rapporto tra perdite e capacità di accumulo.



Fig. 1. Typical central solar heating plant with seasonal heat storage (Chouhrouh et al., 2007).

Water tank and pit storage: possono essere paragonati ad acquedotti artificiali, costruiti per lo più da strutture e bacini completamente o parzialmente interrati.



- Hamburg-Strandberg
- Fiesch-Boluf
- Tübingen
- Hannover-Krohberg



Gravel-water pit storage (GWTS): si tratta, in questo caso, di pozzi riempiti d'acqua e ghiaia, ancora una volta sepolti nel terreno.



- Bielefeld-Channert
- Düsseldorf-Singheim



Borehole thermal energy storage (ATES): consiste in scambiatori di calore verticali inseriti nel sottosuolo, con il quale scambiano i carichi termici.



- Heekman-De Amelsch



Aquifer thermal energy storage (ATES): utilizza come accumulatore l'acqua naturalmente presente nel sottosuolo saturo e permeabile.



- Bielefeld-Einkaufshaus
- Berlin-Friedrich



I sistemi di accumulo di calore latente (LHTES)

Sono basati sull'assorbimento o il rilascio di calore da parte di materiali in cambiamento di fase (da solido a liquido o da liquido a gas e viceversa), senza significative variazioni della temperatura. Tali materiali vengono comunemente definiti PCM, phase change materials.

L'energia totale accumulabile in un sistema LHTES è ovviamente proporzionale al calore latente di fusione della sostanza.

Nella pratica, è difficile operare isotermicamente alla temperatura di cambiamento di fase; il sistema opera in un intervallo di temperature (T_i , T_f) che include la temperatura di fusione T_m . In questo caso, oltre al calore latente, si deve considerare anche il contributo del calore sensibile accumulato in parte dal solido e in parte dal liquido.

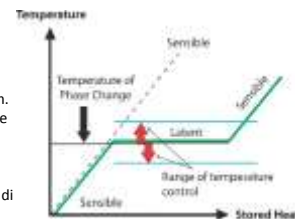
Molto promettenti per l'elevata densità di accumulo (anche 100 kW/m³) e la ridotta variazione di temperatura:

- a parità di energia termica immagazzinata, hanno dimensioni decisamente inferiori ad un sistema a SHTES,
- Maggiori difficoltà di progettazione per quanto concerne la trasmissione del calore e la scelta dei materiali
- Costo superiore...ma riduzione di ingombro dell'impianto
- Dubbi sul comportamento a lungo termine, ossia dopo un certo numero di cicli di solidificazione e fusione che in molti casi ne compromettono la performance
- Difficoltà nel riuscire ad incrociare la zona di transizione della sostanza impiegata con l'intervallo operativo di temperatura del sistema

Le applicazioni:

- edilizia (sistemi attivi o passivi)
- conservazione alimentare
- applicazioni mediche o aerospaziali
- stoccaggio dell'energia solare, protezione di componenti elettronici, ecc.

Potenzialmente adatta a qualsiasi applicazione che richieda l'accumulo di energia termica, fermo restando che va valutata caso per caso la convenienza economica rispetto, ad esempio, ai materiali comunemente usati nell'accumulo a calore sensibile.



I sistemi di accumulo di calore latente (LHTES)

Il LHTES può essere classificato sulla base del cambiamento di fase subito dal mezzo di accumulo. Le trasformazioni solido-gas e liquido-gas normalmente non vengono utilizzate, nonostante l'elevato calore latente, poiché i significativi cambiamenti di volume rendono il sistema complesso ed ingombrante. L'attenzione perciò si concentra sulle transizioni solido-liquido o solido-solido (passaggio da una fase cristallina ad un'altra), dato che presentano la maggior densità di accumulo (calore immagazzinato nell'unità di volume) e le minori variazioni volumetriche. Considerando infine che la quantità di calore associata alla trasformazione da solido a liquido è la più elevata, si conclude che questa rimane la transizione di massimo interesse e di più diffusa applicazione.

I primi passi della ricerca si sono concentrati sui PCM inorganici (per lo più sali idrati), meno costosi e più sicuri. Tuttavia alcuni svantaggi hanno orientato gli sviluppi successivi su materiali organici, benché i costi crescano insieme all'insorgenza di alcuni problemi di infiammabilità e tossicità.

PlusICE PCM (HYDRATED SALT) (S) RANGE													
PCM Type	Phase Change Temperature (°C)	Phase Change Temperature (°F)	Phase Change Enthalpy (kJ/kg)	Phase Change Enthalpy (Btu/lb)	Latent Heat Capacity (kJ/m ³)	Latent Heat Capacity (Btu/ft ³)	Thermal Conductivity (W/mK)	Thermal Conductivity (Btu/h ft °F)	Thermal Diffusivity (m ² /s)	Thermal Diffusivity (ft ² /s)	Max. Operating Temp. (°C)	Max. Operating Temp. (°F)	Range (°C)
HYDRATED SALT BASED PCM SOLUTIONS													
8117	117	243	1,450	36.0	180	89	2.22	6,227	2.51	0.818	0.788	148	294
889	89	193	1,530	36.8	171	85	2.24	6,282	2.34	0.588	0.676	120	248
883	83	181	1,690	39.3	181	81	2.26	6,352	2.31	0.587	0.630	120	248
875	75	165	1,860	42.6	157	55	2.15	6,079	2.13	0.605	0.588	120	248
670	70	158	1,890	43.8	145	47	1.85	5,180	2.19	0.497	0.570	120	248
570	58	136	1,960	46.0	145	52	2.18	6,107	2.35	0.604	0.589	120	248
570	58	132	1,851	44.9	150	43	1.90	5,287	1.59	0.377	0.636	120	248
540	48	118	1,887	46.1	210	90	3.33	9,365	2.41	0.572	0.692	16	132
844	44	111	1,984	48.9	180	45	1.98	5,551	1.61	0.389	0.630	120	248
534	34	93	2,005	51.1	115	48	2.42	6,803	2.10	0.497	0.530	75	165
532	32	90	1,880	46.1	280	86	2.82	7,837	1.81	0.452	0.510	80	160
830	30	86	1,864	45.4	180	82	2.48	6,948	1.90	0.488	0.488	0	160
527	27	81	1,930	48.0	183	79	2.80	7,710	2.20	0.529	0.540	0	160
825	25	77	1,926	48.0	186	77	2.75	7,682	2.20	0.497	0.540	0	160
803	23	73	1,530	36.0	175	75	2.68	7,488	2.20	0.527	0.540	0	160
849	20	68	1,930	48.0	170	73	2.80	7,710	2.20	0.497	0.540	0	160
810	10	50	1,505	36.3	180	40	2.63	7,327	1.90	0.458	0.620	0	160
817	17	62	1,525	36.7	186	39	2.64	7,408	1.89	0.468	0.620	0	160
815	15	59	1,510	36.2	180	40	2.62	7,385	1.89	0.468	0.620	0	160
816	16	61	1,510	36.6	180	39	2.63	7,385	1.89	0.468	0.620	0	160
810	10	50	1,470	34.8	155	47	2.28	6,355	1.90	0.468	0.620	0	160
80	0	32	1,470	34.8	155	47	2.28	6,355	1.90	0.468	0.620	0	160
87	7	45	1,700	39.7	150	50	2.55	7,184	1.85	0.438	0.600	0	160

GT

PCM Products Inc. is a party of worldwide product and/or service trademarks and reserves the right to change design and specifications without notice.



I sistemi di accumulo di calore latente (LHTES)



GTA

MEDICLIMA 2017 - ENERGIA ED EFFICIENZA AMBIENTALE IN AREA MEDITERRANEA:
Sistemi di generazione e accumulo dell'energia termica per la climatizzazione invernale nei climi mediterranei

Prof. A. Frattolillo

DICAAR

