

Efficienza energetica negli edifici

24 aprile 2010

Nuove tecnologie negli impianti civili di riscaldamento e raffrescamento

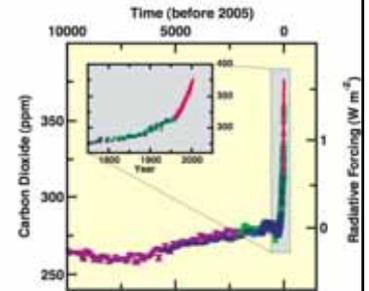
R. Zecchin

Il cambiamento climatico

La concentrazione di anidride carbonica aumenta rapidamente:

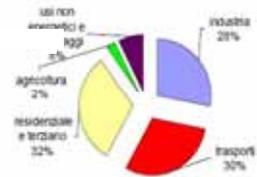
È un INDICATORE dell'EFFETTO SERRA

Immagine da "Climate Change 2007: The Physical Science Basis"



3

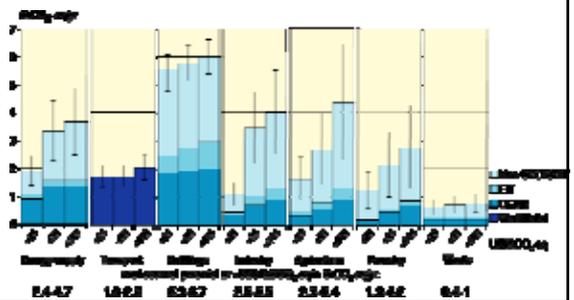
I consumi energetici in Italia



Fonte: elaborazione su dati ENEL

4

Il potenziale globale di mitigazione



5

Una premessa

- Dall'impianto di riscaldamento/raffrescamento al SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO
- L'edificio come primo componente dell'impianto (...non solo pannelli radianti...)
- L'edificio come:
 - involucro
 - struttura

6

....ma ovviamente:

- I terminali d'impianto più innovativi
 - sistemi radianti di vario tipo
 - massa termicamente attiva
 - travi attive
- ...ma anche la qualità dell'ambiente interno: fondamentale è la VENTILAZIONE

7

...e infine:

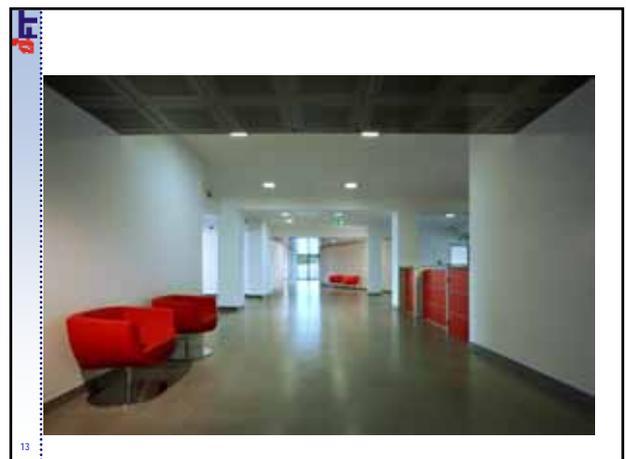
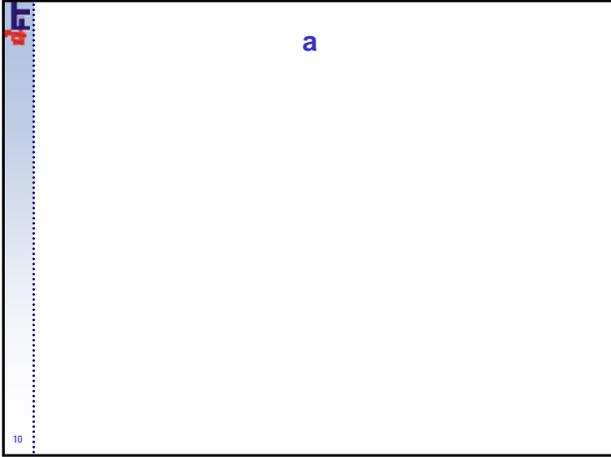
- e infine la produzione del "caldo" e del "freddo":
 - l'efficienza degli impianti
 - > pompe di calore accoppiate al terreno
 - > cogenerazione
 - > teleriscaldamento
 - > caldaie a condensazione
 - il ruolo delle fonti rinnovabili:
 - > solare fotovoltaico
 - > solare termico
 - > biomasse

8

L'edificio come primo componente dell'impianto

- L'edificio come:
 - **involucro**: l'efficienza energetica dell'involucro può portare a grandi semplificazioni e quindi elevate efficienze degli impianti
 - **struttura**: può essere utilizzata come sistema di accumulo e distribuzione di energia

9





14

La modellazione tramite Radiance

Il modello per la verifica illuminotecnica tiene conto dei fattori geometrici e delle caratteristiche fisiche delle superfici

15

FLD

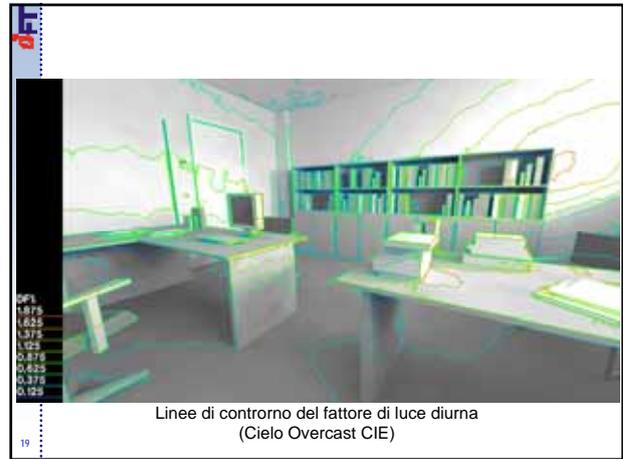
3.75
3.40
3.05
2.70
2.34
2.01
1.66
1.31

Il calcolo del fattore di luce diurna è stato realizzato con l'utilizzo del software RADIANCE, con distribuzione di luminanza tipo cielo CIE Overcast

16



17



Trasmittanza delle pareti verticali opache prima dell'intervento: $1 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$

Limiti di trasmittanza della legislazione vigente per le pareti verticali opache (ai 2010): $0.34 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$

Trasmittanza delle principali pareti verticali opache dopo l'intervento:

- Parete isolata a cappotto: $0.30 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$
- Parete ventilata: $0.27 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$

Trasmittanza delle pareti orizzontali opache prima dell'intervento:

- Copertura della zona ex mensa: $0.57 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$
- Copertura della zona uffici: $0.38 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$

Limiti di trasmittanza della legislazione vigente per le pareti orizzontali opache (ai 2010): $0.30 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$

Trasmittanza delle pareti orizzontali opache dopo l'intervento:

- Copertura zona ex mensa: $0.30 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$
- Copertura zona uffici: $0.23 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$

Limiti di trasmittanza della legislazione vigente per le superfici trasparenti (ai 2010):

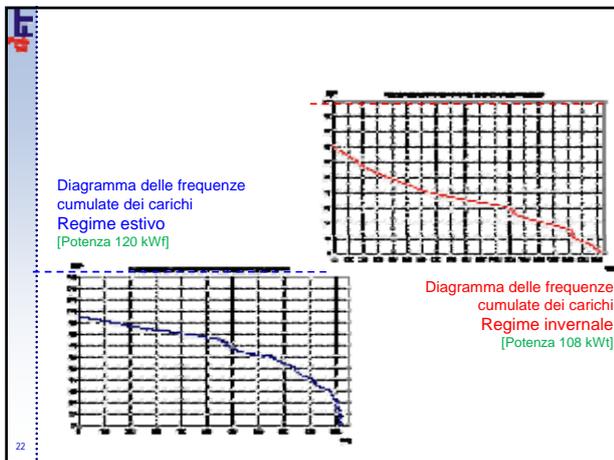
- per i vetri: $1.70 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$
- per l'intero serramento: $2.20 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$

Trasmittanza delle superfici trasparenti dopo l'intervento:

- per i vetri: $1.5 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ (vetro selettivo con elevata trasmissione luminosa)
- per l'intero serramento: $1.85\text{-}2.20 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ (secondo le dimensioni)

N.B.: I serramenti preesistenti erano costituiti da telaio metallici e vetro semplice.





22

CARICHI TERMICI DI PROGETTO
Potenze di progetto e condizioni di riferimento per l'aria esterna:

- In riscaldamento 100 kW termici con temperatura - 5 °C e umidità relativa del 76%
- In raffrescamento 120 kW frigoriferi con temperatura +31°C e umidità relativa del 50%

SONDE GEOTERMICHE

- n.30 sonde geotermiche del tipo a doppia U in parallelo, profonde 100 m
- portata d'acqua del circuito delle sonde 30000 l/h

23

POMPA DI CALORE
Portate agli scambiatori di calore

- portata d'acqua lato utenza 14400 l/h
- portata d'acqua lato sonde 30000 l/h

Potenze di progetto e temperature di riferimento in riscaldamento:

- 108 kW termici
- temperatura acqua lato utenza: ingresso in macchina 40 °C, uscita 46 °C
- temperatura acqua lato sonde: ingresso in macchina 7,5 °C, uscita 5 °C

In raffrescamento:

- 120 kW frigoriferi
- temperatura acqua lato utenza ingresso in macchina 16 °C uscita 9 °C
- temperatura acqua lato sonde ingresso in macchina 22 °C uscita 26 °C

24

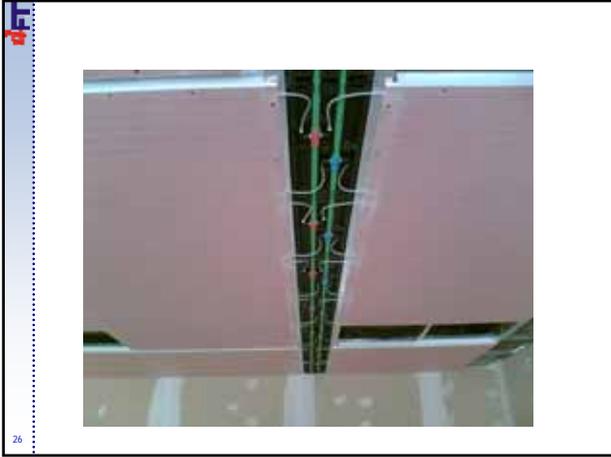
UNITA' DI TRATTAMENTO DELL'ARIA
Portate d'aria:

- mandata: 8200 m³/h
- ripresa: 7200 m³/h

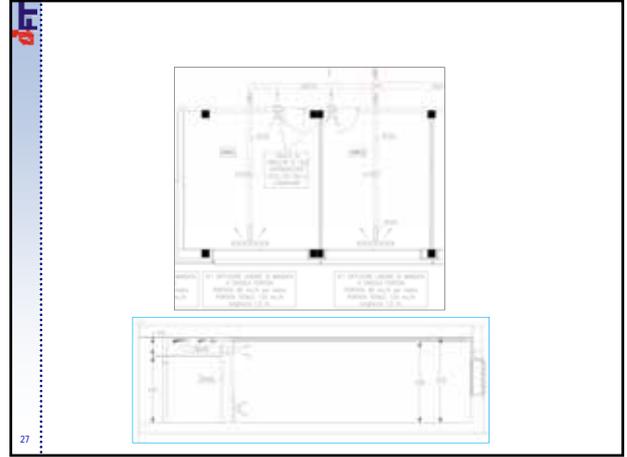
Recuperatore di calore a flussi incrociati con efficienza del 60%

PANNELLI RADIANTI
Pannelli modulari del tipo a soffitto costituiti da un sandwich prefabbricato pannello di cartongesso accoppiato a un pannello di polistirene estruso, per un totale di 700 m² attivi su 1600m² di superficie lorda.
Tubi in materiale plastico diametro 8 mm, spessore 1 mm
Portata d'acqua del circuito dei pannelli, lato nord (uffici + atrio + agenzia) 20600 l/h
Portata d'acqua del circuito dei pannelli, lato sud (uffici) 10000 l/h

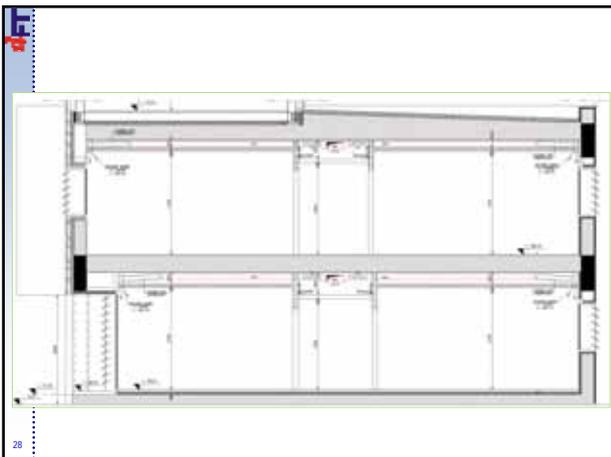
25



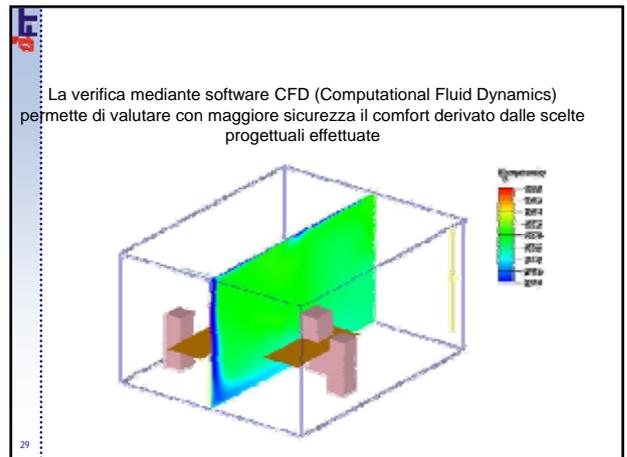
26



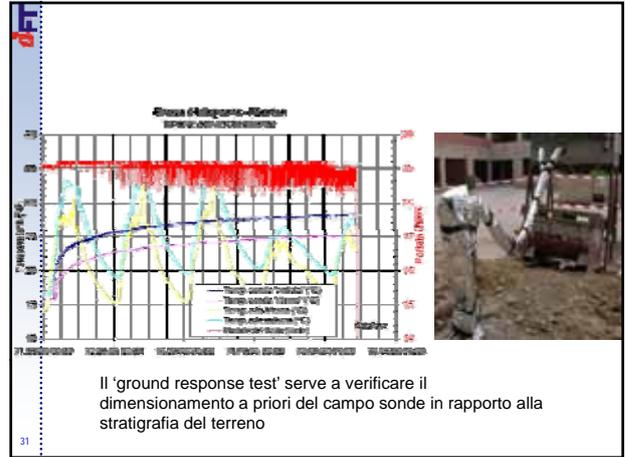
27

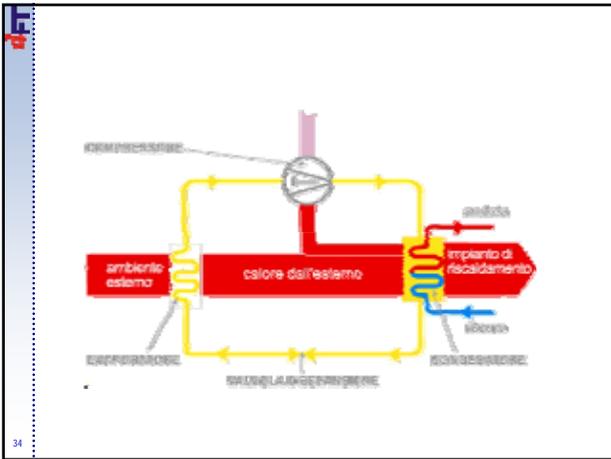


28

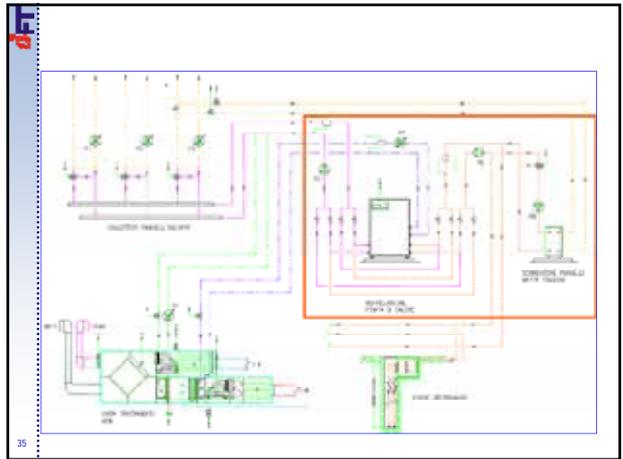


29

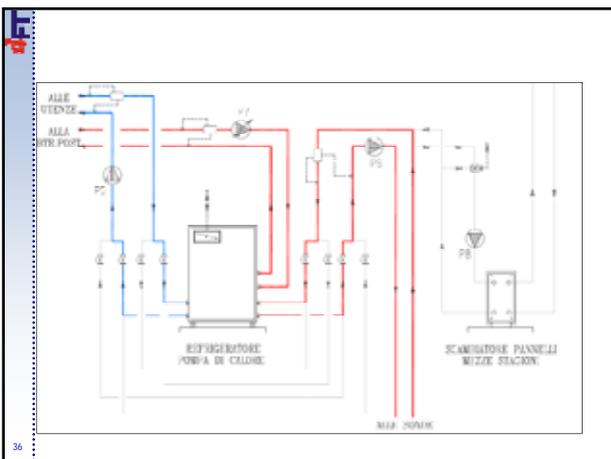




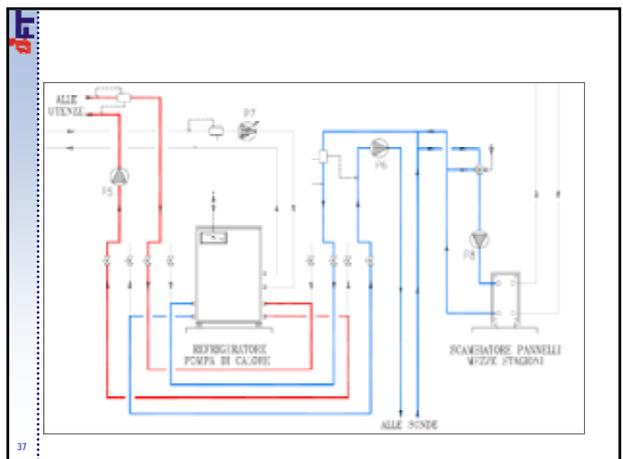
34



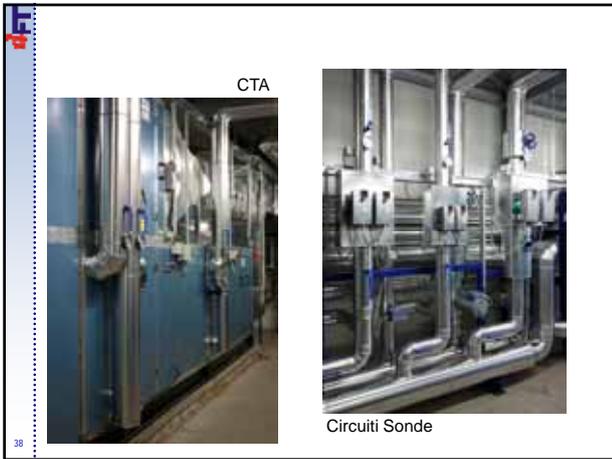
35



36



37

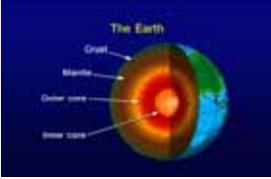


FABBISOGNI ENERGETICI ANNUALI PER LA CLIMATIZZAZIONE			
	INVERNO	ESTATE	TOTALE
Fabbisogno dell'edificio	49.2 MWh	75.6 MWh	
CDP	4	6	
Fabbisogno elettrico	12.3 MWh _e	12.6 MWh _e	24.9 MWh _e
Fabbisogno di energia primaria	33.2 MWh	34.0 MWh	67.2 MWh
Fabbisogno specifico di energia primaria	4.9 kWh/m ²	4.9 kWh/m ²	9.7 kWh/m ²

FABBISOGNI ENERGETICI ANNUALI				
	CLIMATIZZAZIONE	ILLUMINAZIONE	FORZA MOTRICE ⁹	TOTALE
Fabbisogno elettrico	25 MWh _e	55 MWh _e	64 MWh _e	144 MWh _e
Fabbisogno di energia primaria	67 MWh	148 MWh	(173 MWh)	215 MWh
Fabbisogno di energia primaria specifico ai m ²	9.7 kWh/m ²	21.4 kWh/m ²	(25.1 kWh/m ²)	31.1 kWh/m ²
Fabbisogno di energia primaria specifico ai m ²	29.1 kWh/m ²	64.2 kWh/m ²	(75.3 kWh/m ²)	93.3 kWh/m ²



Geotermia

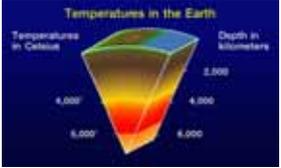


- Decadimento degli isotopi radioattivi naturali
- Nucleo: ~5000°C
- Mantello: ~1300°C
- Crosta terrestre (5-50 km, cioè circa lo 0.1% della Terra): $T < 100^\circ\text{C}$
- Ciò corrisponde a circa 0.08 W/m^2
- Temperatura del terreno praticamente costante
- Il primo strato di terreno separa quello sottostante dalle variazioni di temperatura che avvengono nell'ambiente aperto
- La tendenza del terreno a trattenere il calore raccolto attenua ulteriormente le già minime fluttuazioni (trascurabili oltre i 15 m di profondità)

42

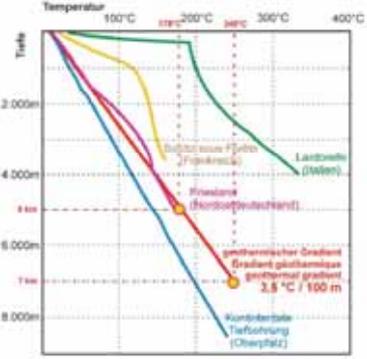
Geotermia ad Alta Temperatura

- Nella maggior parte delle aree terrestri, le rocce hanno una temperatura di circa $25\text{-}30^\circ\text{C}$ a 500 m di profondità, e di $35\text{-}45^\circ\text{C}$ a 1000 m.
- In altre zone, dove le condizioni geologiche sono più "favorevoli" (crosta terrestre più sottile, vulcanismo e/o fratture tettoniche), le temperature possono raggiungere e superare i 200°C .
- L'energia termica accumulata in queste zone viene resa disponibile a profondità accessibili da vettori termici presenti nella crosta terrestre e denominati fluidi geotermici.
- Al disotto di 15-20 metri si ha la zona di omotermia, in cui il calore è fornito esclusivamente dal flusso proveniente dall'interno della terra con un aumento medio progressivo di 1°C ogni 33 metri di profondità.



43

Geotermia ad Alta Temperatura



Fonte: www.bassfeld.eu

44

Geotermia in Islanda

Esempio Reykjavik (Islanda):

- 90% delle case hanno il riscaldamento ad energia geotermica;
 - 160.000 abitanti coprono il fabbisogno di calore per il riscaldamento esclusivamente tramite geotermia;
 - diverse centrali geotermiche.



45

Geotermia Vicina alla Superficie

46

Geotermia a Bassa Temperatura Pompa di Calore (PdC)

- Permettono di trasferire calore da un ambiente più freddo ad uno più caldo, ovviamente spendendo dell'energia (una sorta di condizionatori che funzionano anche d'inverno).
- La difficoltà che la pompa di calore incontra nell'operare cresce con l'aumentare della differenza di temperatura tra i due ambienti \Rightarrow cala il COP, cioè l'effetto utile ottenuto per unità di energia spesa.
- In inverno, si deve estrarre calore da una sorgente esterna e riversarlo all'interno dell'edificio, alla temperatura d'operazione dei terminali d'impianto, il contrario in estate.
- Generalmente, quale sorgente esterna, si usa l'aria, ma conviene il terreno, data la temperatura favorevole e costante.
- E' inoltre conveniente avere dei terminali d'impianto che lavorino a bassa temperatura (pannelli radianti o ventilconvettori).
- La pompa di calore può essere alimentata da energia elettrica (macchine classiche) o da combustibili fossili (macchine ad assorbimento).

47

Energia termica e Sorgente (geo)termica

$$COP = \frac{Q_1}{T_h - T_g}$$

$$COP' = \frac{Q_h}{T_h - T_c}$$

$$COP'' = \frac{Q_c}{T_g - T_c}$$

$$COP' = COP + COP''$$

48

Potenza Geotermica nel Mondo e in Italia

nel Mondo

in Italia

49

Pompa di Calore (PdC)

The photograph shows a white heat pump unit with various pipes and electrical connections. The schematic diagram illustrates the four stages of the refrigeration cycle:

- Processo di riscaldamento** (heating process) at the condenser, where heat is released to the space being heated.
- Processo di espansione** (expansion process) at the expansion valve, where the refrigerant's pressure and temperature drop.
- Processo di raffreddamento** (cooling process) at the evaporator, where heat is absorbed from the heat source.
- Processo di compressione** (compression process) at the compressor, where the refrigerant is compressed back to its initial state.

PdC – Componenti

▪ Ciclo termodinamico

The P-h diagram shows the thermodynamic cycle on a pressure (P) vs. enthalpy (h) plot. The y-axis is logarithmic, ranging from 10⁰ to 10³ bar. The x-axis is linear, ranging from 0 to 300 kJ/kg. The cycle consists of four points:

- Condensatore** (Condenser): Heat rejection Q_c occurs at approximately 40°C.
- Valve** (Expansion Valve): Pressure drops from 30°C to -10°C.
- Evaporatore** (Evaporator): Heat absorption Q_e occurs at -10°C.
- Compressore** (Compressor): Work input $W_{compressore}$ is shown as a red arrow pointing into the cycle.

Pompa di Calore Invertibile

Riscaldamento

Raffrescamento

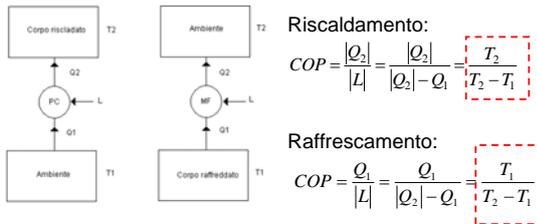
The diagrams show the internal components of a reversible heat pump: Compressor, Condenser, Expansion Valve, and Evaporator. In heating mode, the evaporator is connected to the outdoor space and the condenser to the indoor space. In cooling mode, the condenser is connected to the indoor space and the evaporator to the outdoor space.

Prestazioni della PdC

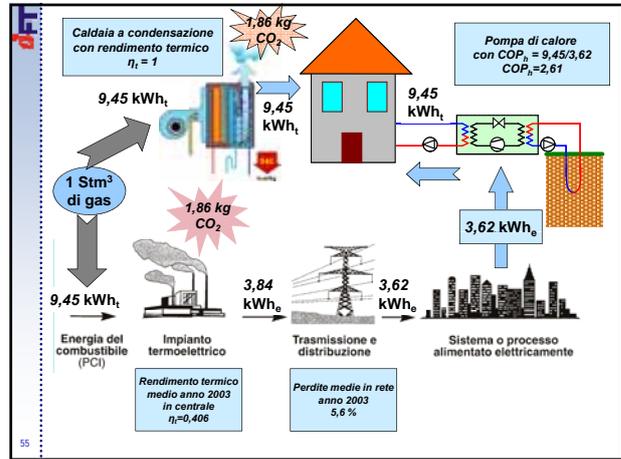
- Le condizioni possono variare molto in funzione delle condizioni operative.
- Le prestazioni istantanee vengono descritte attraverso due parametri:
 - 1) Potenza istantanea prodotta (in riscaldamento o in raffreddamento) [kW];
 - 2) Coefficiente istantaneo di prestazione (COP) [-]:

$$COP = \frac{\text{Energia Fornita}}{\text{Energia Elettrica Consumata}}$$

Efficienza della PdC 1/2

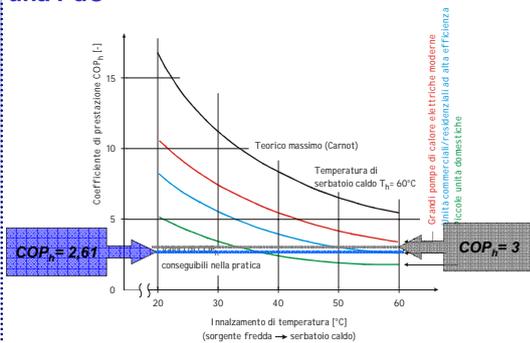


54



55

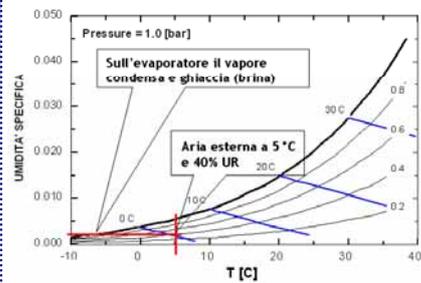
Influenza delle temperature della sorgente fredda e del serbatoio caldo sulle prestazioni di una PdC



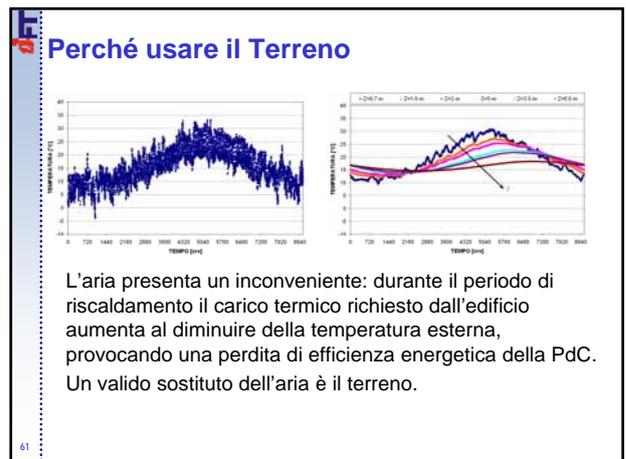
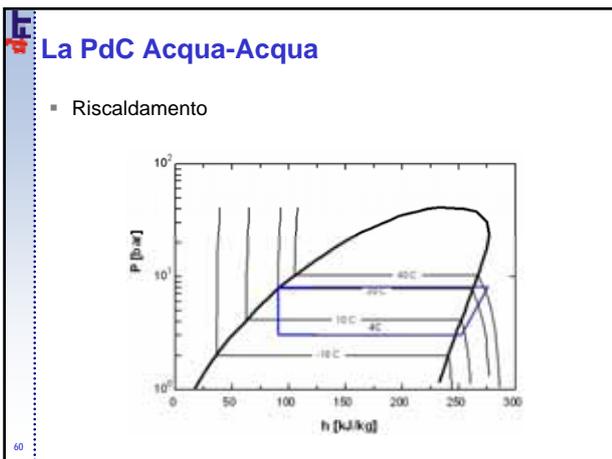
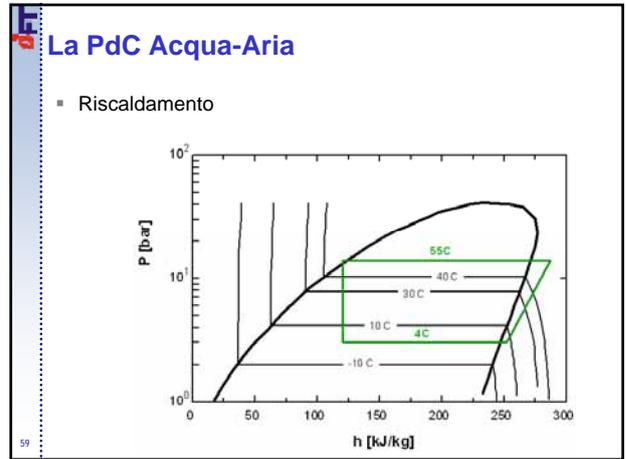
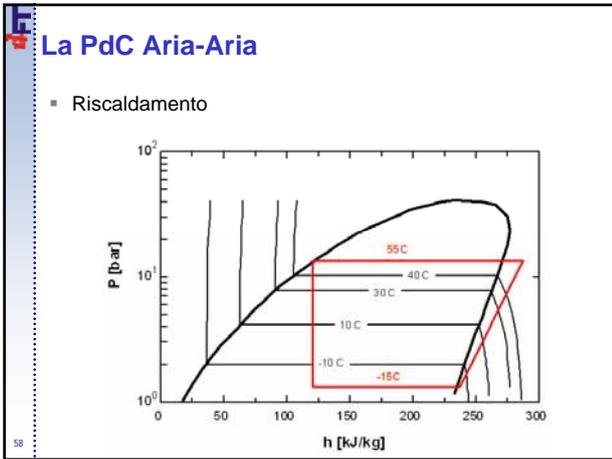
56

La PdC ad Aria: formazione di brina

- Quando l'aria esterna viene raffreddata all'evaporatore, il vapore d'acqua condensa e può esserci formazione di brina



57

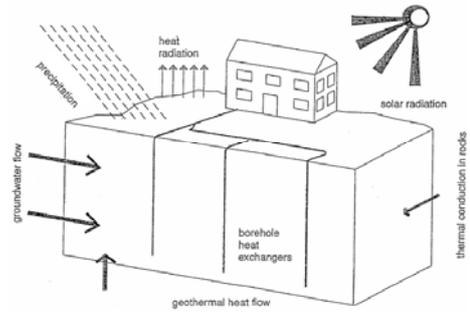


SISTEMI (GEO)TERMICI



62

Gli Scambi Termici



fonte: VDI 4640

63

Componenti dell'Impianto

- Sonde a terreno: scambiatori in polietilene tra il terreno e un fluido che veicola l'energia termica (attorno ai 100 m di profondità).
- Pompa di calore invertibile elettrica.
- Accumulo di energia termica (generalmente è un accumulo ad acqua).
- Sistema di riscaldamento /raffrescamento a bassa differenza di temperatura.



64

Sistemi a Bassa Differenza di Temperatura

- Attenuare i carichi di picco permette di:
 1. Installare macchine di taglia inferiore, sonde a terreno meno lunghe e accumulo termico di dimensioni minori → Costi d'investimento minori.
 2. Far lavorare le macchine in condizioni di progetto, quindi con migliori efficienze.
 3. Lavorare con temperature di aduzione più vicine a quella della stanza (30-35°C), quindi garantendo alla macchina efficienze ancor migliori.
 4. Avere condizioni di comfort migliori, in quanto la temperatura della stanza è uniforme.
 5. Utilizzare del "free cooling" in raffrescamento.
- E' però necessario avere un involucro ben isolato e un adeguato ombreggiamento estivo, in quanto c'è un limite ai carichi cui si può far fronte



65

Vantaggi della Sorgente Termica "Terreno"

- Presenta temperature vicine a quelle di comfort ambientale in qualsiasi stagione ⇒ Consente notevoli risparmi energetici.
- Temperature praticamente costanti durante l'intero anno ⇒ Efficienze costanti .
- E' presente ovunque e con continuità.
- Rispetta il paesaggio ed è scarsamente invasiva.
- Riduce notevolmente i picchi elettrici ⇒ possibilità di fruire di tariffe elettriche convenienti.
- Lunghissima durata delle sonde (circa 50 anni, fin anche a 100, secondo recenti pubblicazioni) e delle pompe di calore (30 anni, dovuta alle ottime condizioni di lavoro).
- Opportunità d'effettuare uno stoccaggio termico.
- Opportunità d'effettuare "free cooling".

66

Svantaggi della Sorgente Termica "Terreno"

- Non tutti i terreni permettono installazioni economicamente convenienti.
- Regolamenti e situazioni contingenti possono impedirne l'installazione.
- Tecnologia matura ma ancora poco conosciuta e applicata.
- Costo d'una perforazione di 110÷130 m, sonda geotermica compresa: 5500 ÷ 6500 €.
- Costo d'una Pompa di Calore da 8 kW: ~6000 €.

67

Parametri Geologici e Idrogeologici Determinanti

- Caratteristiche geologiche degli strati.
- Conducibilità e capacità termiche del terreno.
- Temperatura del sottosuolo.
- Profondità della falda freatica e probabilità d'una sua eventuale risalita.
- Velocità delle acque sotterranee (all'aumentare, diminuisce la possibilità di stoccaggio).
- Umidità del sottosuolo (aumenta la conducibilità termica e migliora il contatto tra sonda e terreno).

68

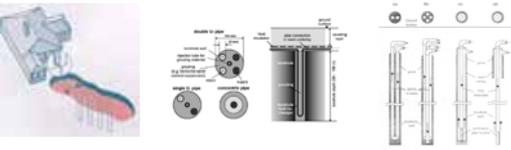
Tipo di Impianti

- Sistemi che comunicano col terreno attraverso un circuito chiuso (acqua e glicole o sola acqua) i cui scambiatori di calore acqua-terreno sono detti sonde a terreno.
- Sistemi costituiti da un circuito aperto in cui l'acqua di falda assume il ruolo di fluido termovettore, con eventuale reimmissione nella falda stessa dopo l'uso.
- Sistemi che trasferiscono energia termica all'acqua di laghi o bacini, attraverso un circuito aperto o chiuso.
- Sistemi ad aria a tubi interrati.

69

Circuito Chiuso con Sonde Verticali 1/3

- Viene occupata un'area limitata.
- Costi elevati.
- Ottima efficienza (mediamente 40 W/m di sonda).
- Possibilità d'accoppiamento alle palificazioni (sistemi di pali energetici), nel caso esse siano necessarie per la natura del terreno o i carichi da sopportare.
- Le perforazioni vanno da 50 a 350 m di profondità (ma il 70 % sta tra gli 80 e i 120 m) e hanno un diametro di 10-15 cm.



70

Circuito Chiuso con Sonde Verticali 2/3

- Sonda a Singola U.
- Sonda a Doppia U.
- Sonde Concentriche.



71

Circuito Chiuso con Sonde Verticali 3/3



72

La Perforazione

- Il costo maggiore è rappresentato dalla perforazione



73

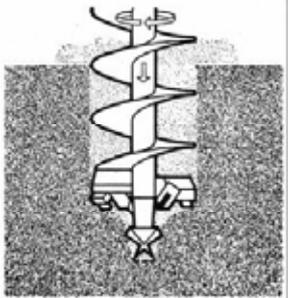
Tecniche di Perforazione 1/4

- Le metodologie di perforazione possono essere:
 - Trivella: bassa profondità.
 - Mud Rotary (Rotativa a circolazione di fango): argilla umida, sabbia.
 - Air Rotary (Rotativa ad aria compressa): terreno secco, argilla secca.
 - Air Hammer (Martello ad aria compressa): roccia.
 - Sonic Drilling: terreno, ghiaia, roccia.

74

Tecniche di Perforazione 2/4

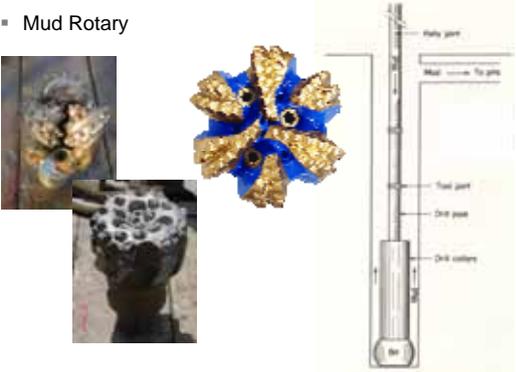
- Trivella



75

Tecniche di Perforazione 3/4

- Mud Rotary



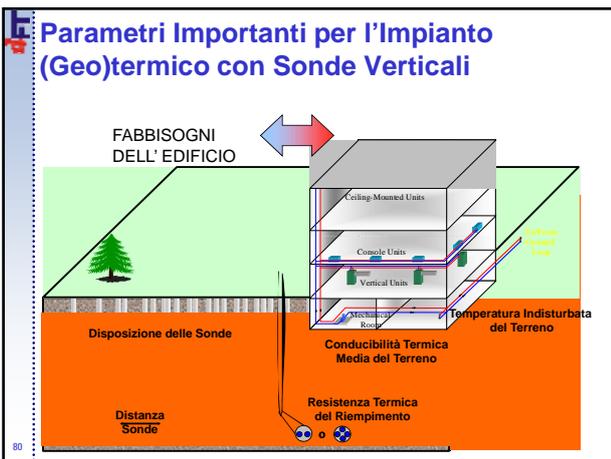
76

Tecniche di Perforazione 4/4

- Sonic Drilling. Tre movimenti combinati:
 - Movimento rotativo
 - Spinta verticale
 - Vibrazione verticale (50-120 Hertz)



77



Proprietà Termofisiche del Terreno (VDI 4640)

Rock	Density ρ [t/m ³]	Thermal conductivity λ		Volumetric specific heat capacity $\rho \cdot c_p$ [MJ/m ³ ·K]
		W/m·K	Typical characteristic values	
Magnesian rocks				
Basalt	2.6-3.2	1.3-2.3	(1.7)	2.3-2.6
Diorite	2.6-3.0	2.0-2.9	(2.4)	2.9
Gabbro	2.6-3.1	1.7-2.2	(1.8)	2.6
Granite	2.4-3.0	2.1-4.1	(3.4)	2.1-3.0
Peridotite	3.0	3.4-5.0	(4.0)	2.7
Phyllite	approx. 2.6	3.1-3.4	(3.3)	2.1
Metamorphic rocks				
Gneiss	2.4-2.7	1.9-4.0	(2.8)	1.6-2.4
Micaschist	2.5-2.8	1.9-3.1	(2.1)	2.0
Quartzite	approx. 2.7	approx. 1.8	(1.8)	2.1
Schist	approx. 2.6	1.6-2.1	(1.8)	2.2
Argillaceous schists	2.7	1.5-2.6	(2.1)	2.0-2.5
Sedimentary rocks				
Limestone	2.6-2.7	2.0-4.0	(2.8)	2.1-2.4
Mud	2.0-2.6	1.0-2.5	(2.1)	2.0-2.2
Quartzite	approx. 2.7	2.0-4.0	(2.8)	2.1-2.2
Silt	2.1-2.2	0.3-0.4	(0.4)	1.2
Sandstone	2.2-2.7	1.3-2.1	(2.0)	1.6-2.0
Hard rock	n.a.	0.3-0.6	(0.2)	1.3-1.8
Claystone/siltstone	2.0-2.6	1.1-2.2	(2.0)	2.1-2.4
Unconsolidated rocks				
Gravel, dry	2.7-2.8	0.4-0.5	(0.4)	1.4-1.6
Gravel, water-saturated	approx. 2.7	approx. 1.8	(1.8)	approx. 2.6
Mudstone	n.a.	1.0-2.5	(2.0)	1.5-2.0
Sand, dry	2.6-2.7	0.3-0.6	(0.4)	1.3-1.6
Sand, water-saturated	2.6-2.7	1.5-2.0	(1.6)	2.0-2.9
Clayfill, dry	n.a.	0.4-1.0	(0.5)	1.5-1.8
Clayfill, water-saturated	n.a.	0.9-2.3	(1.7)	1.6-2.4
Fill	n.a.	0.2-0.7	(0.4)	0.8-0.8
Other substances				
Basaltite	n.a.	0.3-0.8	(0.6)	approx. 3.0
Concrete	approx. 2.0	0.9-2.0	(1.6)	approx. 1.8
Ice (-10°C)	0.919	0.22		1.07
Plastic (PE)	n.a.	0.39		n.a.
Al (20°C, dry)	0.0027	0.23		0.0022
Air (20°C, dry)	1.2	0.026		0.12
Water (20°C)	0.999	0.60		4.18

81

La Conducibilità Termica vs Densità

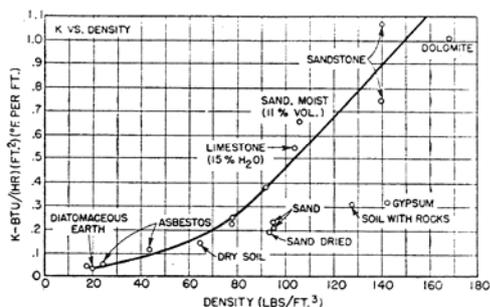


FIG. 7.15. Thermal conductivity of soils. (Nelson, Oil and Gas Journal.)

82

La Conducibilità Termica vs Umidità

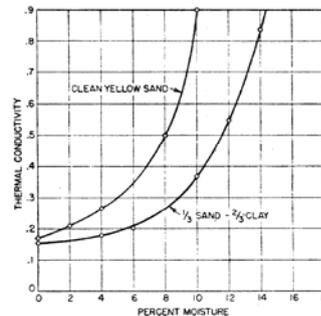
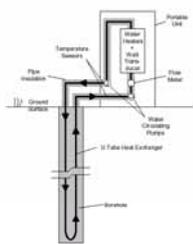


FIG. 7.16. Effect of moisture on thermal conductivity.

83

Ground Response Test 1/4



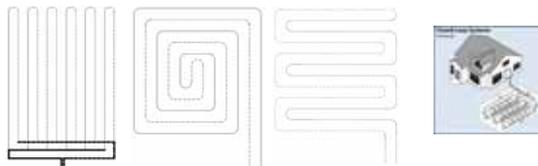
Permette di:

- Ricavare la temperatura indisturbata del terreno.
- Ricavare le caratteristiche termofisiche medie del terreno.
- Verificare un modello.
- Avere informazioni utili sulla stratigrafia del terreno.
- Avere informazioni utili sulla perforazione.

84

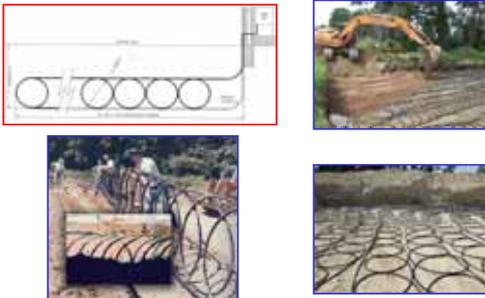
Circuito Chiuso con Sonde Orizzontali

- Efficienze inferiori che con sonde verticali (quindi sonde più lunghe).
- Adatto solo per piccoli edifici.
- Elevata area occupata.



85

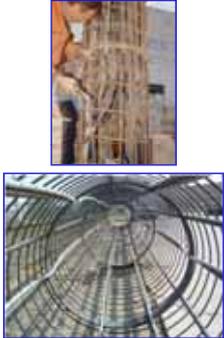
Sonde Orizzontali a Spirale



86

Pali Energetici 1/4

- Le palificazioni adottate nel caso di terreno "molle" o per elevati carichi strutturali possono fungere da supporto per sonde geotermiche.
- Pali in getto colato sul posto: i tubi sono fissati all'armatura prima della colata.
- Pali in cemento centrifugo: i tubi sono inseriti successivamente nella cava e poi annegati in cemento o bentonite; i pali hanno un diametro di circa 0.4-1.5 m (distanze minime anche meno di 1 m e lunghezza da pochi metri a 25-30 m) e possono dare da 30 a 50 W/m di energia termica.



87

Pali Energetici 2/4

- Devono essere concepiti sin dalla prima fase progettuale
- Prevedere l'esame delle caratteristiche geologiche e idrogeologiche del terreno assieme a quelle meccaniche, per contenere i costi
- Mantenere sempre temperature del fluido superiori a quelle di congelamento, per non compromettere la stabilità delle palificazioni nel terreno ad opera di ghiaccio superficiale
- Isolare adeguatamente i condotti, per evitare la formazione di condensa nelle cantine



88

Annegamento nel Magrone di Sottofondazione

Un'applicazione simile è quella in cui i circuiti scambiatori vengono distribuiti nel magrone di sottofondazione; anche in questo caso vale il limite di temperatura.



89

I due Fluidi Termovettori più usati all'interno del Circuito (Geo)termico

<p>Acqua</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Temperatura minima: 5°C ⇒ Potenze limitate. ▪ Impatto ambientale nullo. 	<p>Miscela di acqua e glicole etilenico (al 15÷20%)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nessuna limitazione di potenza. ▪ Corrosivo e inquinante ⇒ soluzioni impiantistiche costose. ▪ Minore capacità di scambio termico ⇒ velocità di flusso superiori ⇒ maggiori costi di esercizio e manutenzione.
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Glicole Propilenico

- Il suo uso è preferito a quello del glicole etilenico in tutte le situazioni in cui il liquido potrebbe essere accidentalmente ingerito o venire a contatto con alimentari. Questo perché il glicole propilenico è atossico.

90

Materiali Utilizzati per le Sonde

Castorothuba
Illustrazione del tipo di tubo



PE-Xa



PE 100



Vita media prevista e relative pressioni massime di esercizio continuo, in funzione della temperatura:

30 °C	400 anni/14 bar	400 anni/17 bar
35 °C	300 anni/13,5 bar	300 anni/16,5 bar
40 °C	200 anni/10 bar	200 anni/12 bar
50 °C	100 anni/7,5 bar	100 anni/9 bar
60 °C	50 anni/5 bar	50 anni/6 bar
70 °C	20 anni/3,5 bar	20 anni/4 bar
80 °C	10 anni/2,5 bar	10 anni/3 bar

91

Impianti con Acqua di Falda o di Superficie



Circuito aperto

- Eccellente scambio termico



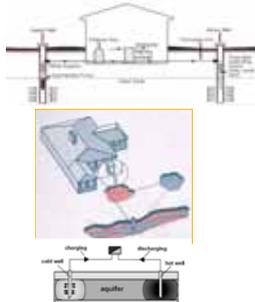
Circuito chiuso

- buon scambio termico

92

Circuito Aperto Alimentato da Acqua di Falda

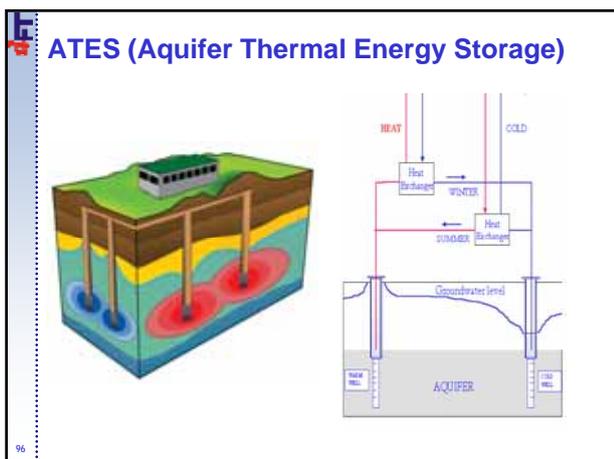
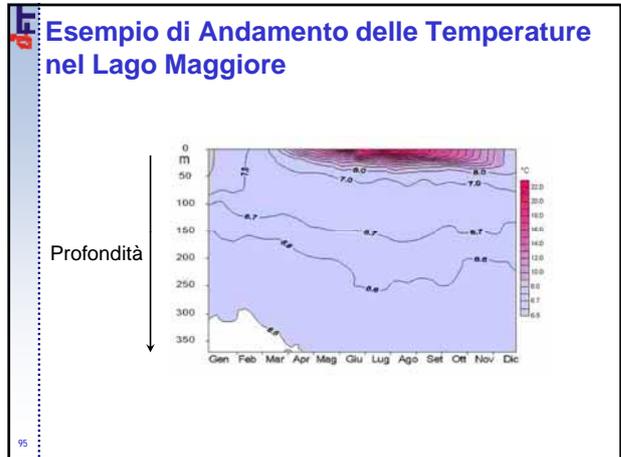
- Spesso è impedita da regolamenti inerenti lo sfruttamento delle falde acquifere.
- E' il sistema meno costoso
- Si possono utilizzare pozzi singoli o multipli.
- Problemi di incrostazioni interne al tubo in cui viene fatta scorrere l'acqua di falda.



93

Circuito Chiuso ad Acqua di Lago/Fiume

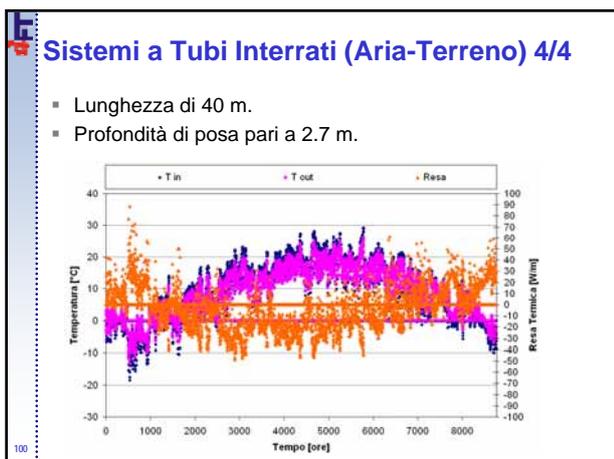
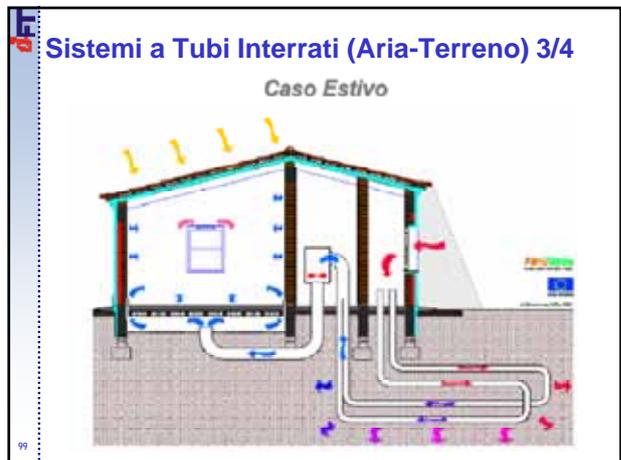
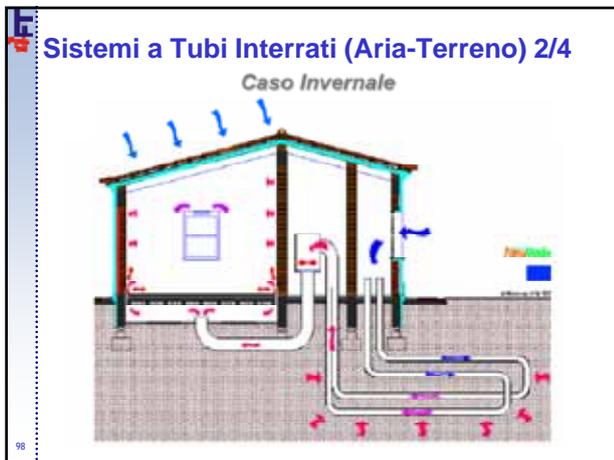
94



Sistemi a Tubi Interrati (Aria-Terreno) 1/4

- A circa 0.6÷1 m di profondità.
- Per il preriscaldamento dell'aria di ricambio o il "free cooling".
- Bassi carichi per non saturare il terreno .
- ⇒ Molto usati per le case passive.
- Bassi costi.

97



- ### Considerazioni sulla Fattibilità di Impianti Termici Accoppiati al Terreno
- Conviene se:
 - Si desidera climatizzare sia d'estate che d'inverno.
 - La temperatura esterna presenta ampie variazioni nel corso dell'anno.
 - Si sta realizzando una nuova costruzione, la cui progettazione ha tenuto conto dell'accoppiamento con sistemi di climatizzazione a bassa temperatura.
 - E' possibile rientrare entro l'applicazione di tariffe elettriche meno costose.
 - Si applica a edifici di pregio o il committente è aperto verso le tecnologie innovative ed accetta quindi un lungo tempo di ritorno dell'investimento (difficilmente capita per gli edifici ad uso commerciale, per i quali p.b.t. < 5 anni; va invece bene per gli enti pubblici).
 - Si beneficia di incentivi dalle aziende di fornitura dei servizi (per diminuire i picchi di carico).
 - Le temperature esterne invernali sono molto basse (p.es., in Svizzera, un terzo degli impianti di riscaldamento è a pompa di calore e, di questi, il 40% è applicato alla geotermia).
- 101

Curiosità

MECCANICA TERMODINAMICA

Antonio Bassano

Anno 1946

(1911, 14)

avrebbe un'azione che non si manifesta immediatamente e che si manifesta invece in seguito ad un certo periodo di tempo, si ha un effetto di ritardo, che si può considerare a parte di calore, e

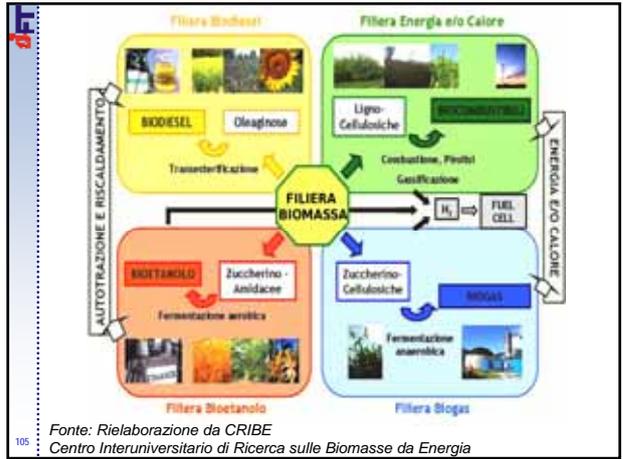
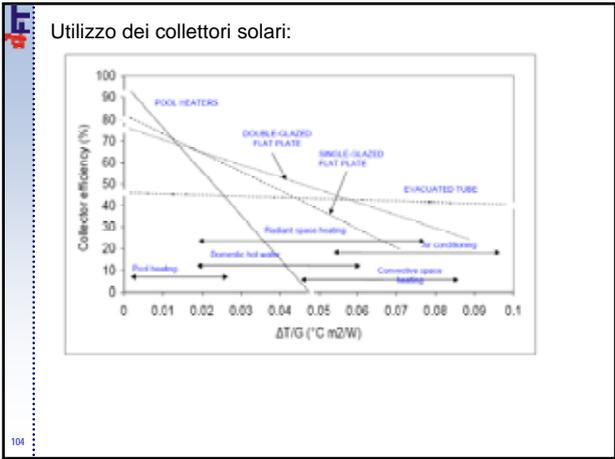
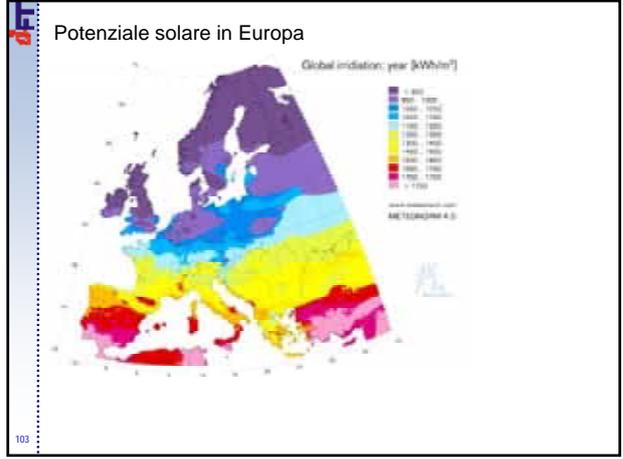
$$A = \frac{1}{2} \rho v^2 \frac{dV}{dt}$$

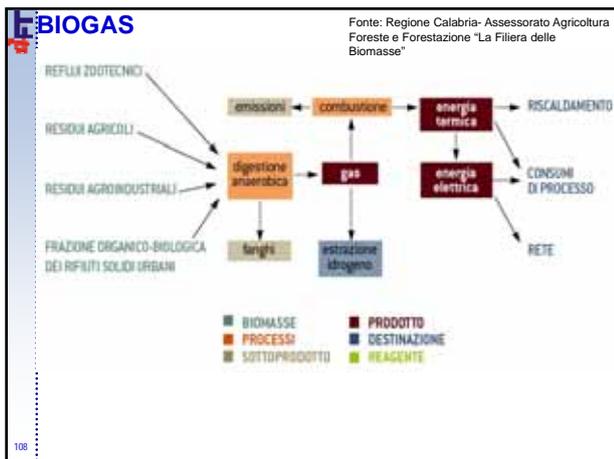
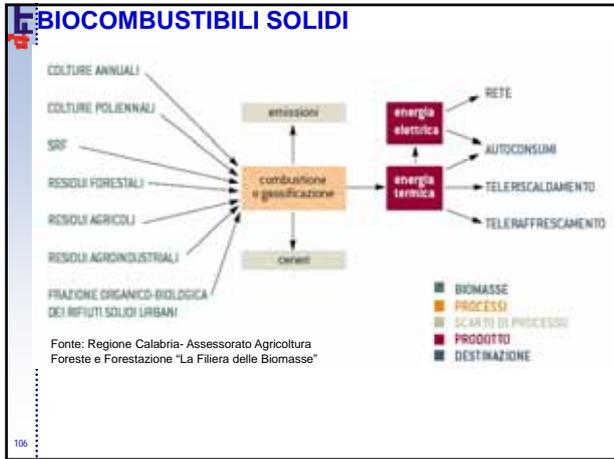
Supponiamo $\rho = 1$, $v = 1000$, $dV = 10^{-6}$, $dt = 10^{-6}$, il valore numerico di A risulta in corrispondenza della velocità di rotazione di 1000 giri al minuto, e si può notare che il valore di A è molto maggiore di quello che si ottiene applicando la formula di cui sopra, e che si può considerare a parte di calore, e

La velocità di rotazione di un corpo, si può considerare a parte di calore, e si può considerare a parte di calore, e

La velocità di rotazione di un corpo, si può considerare a parte di calore, e si può considerare a parte di calore, e

ρ	v	dV	dt	A
1	1000	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	1000
1	1000	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	1000
1	1000	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	1000
1	1000	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	1000
1	1000	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	1000





Dati dell'edificio	
Famiglie (n° servizi)	65 130 (vasca e doccia)
Superficie utile	9.000 m ²
Volume riscaldato	27.000 m ³
Tipologia impiantistica	Centralizzato verticale con radiatori
Età edificio	1971

Infissi
Struttura in alluminio (10% del totale)
Struttura in legno (restante)
Cassonetti per avvolgibili non isolati

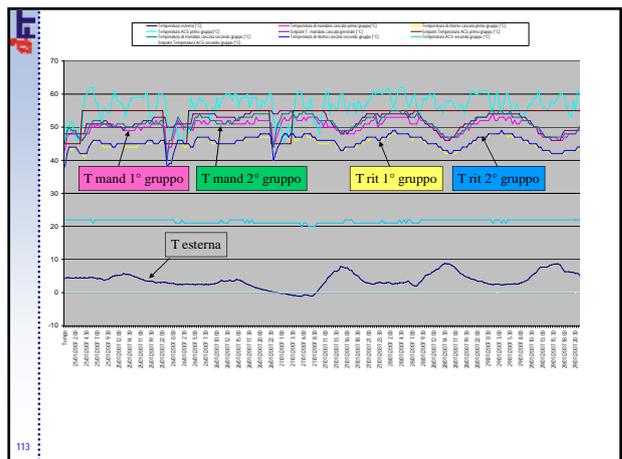
Radiatori
In ghisa esistenti

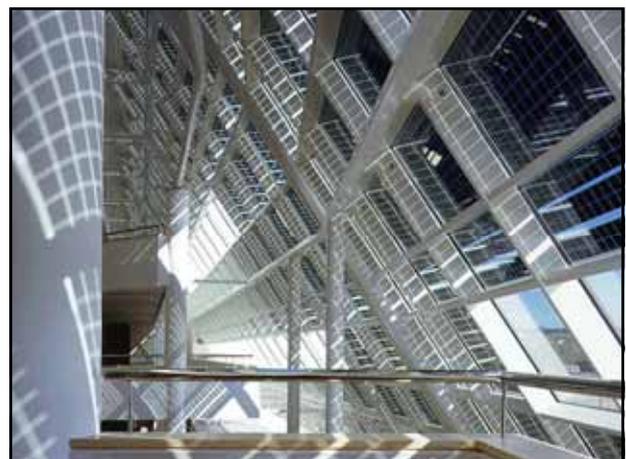
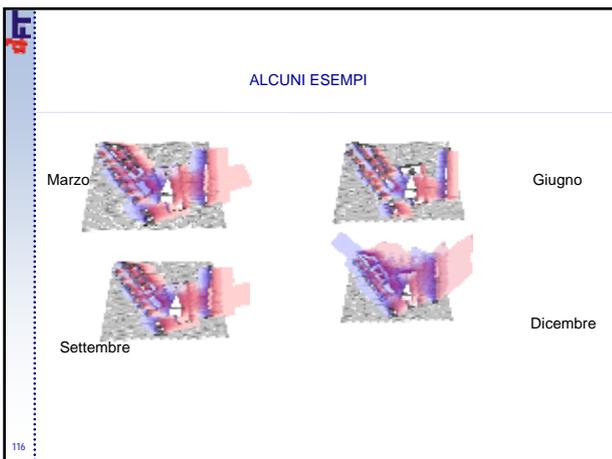
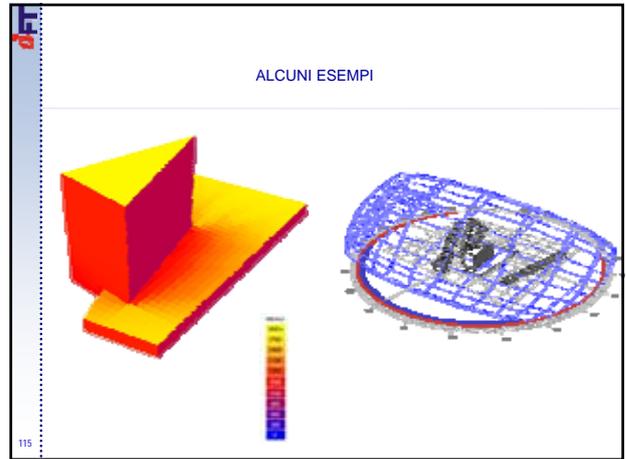
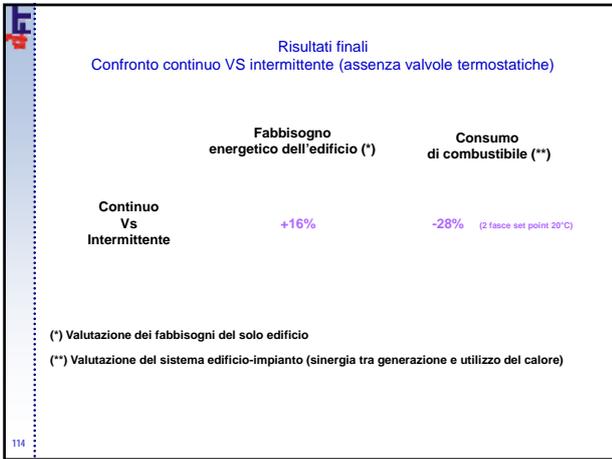
Superficie vetrata
Singolo vetro

Parete opaca:
Assenza di isolamento

Situazione ante e post-operam

	2004/2005	2005/2006
Caldaie (potenza termica installata)	2100 kW	500 kW
Potenza specifica	77,7 W/m ³	18,5 (16,6*) W/m ³ * Effettiva per riscaldamento
Combustibile	Gas naturale	Gas naturale
Gestione dell'impianto	Intermittente 14 ore on e 10 off su due fasce orarie	Continuo 24 su 24 h con attenuazione due fasce orarie







dFT

INTEGRAZIONE O DISINTEGRAZIONE???

dFT

120

dFT

.....*grazie dell'attenzione e.....*
..... *buon proseguimento!*
roberto.zecchin@unipd.it

dFT

121