

Forum Internazionale
Nuove energie per lo sviluppo competitivo e sostenibile
della città

Pisa – Palazzo dei Congressi – 1,2 e 3 Luglio 2010

**LE PROBLEMATICHE CONNESSE
ALLA CLIMATIZZAZIONE CON POMPE
DI CALORE GEOTERMICHE**

Ing. Patrizio Pastacaldi

PERCHE' LE POMPE DI CALORE GEOTERMICHE?

- - Efficienza energetica:
 - elevato rendimento di produzione
- - Ecocompatibilità:
 - impatto visivo inesistente
 - inquinamento fisico trascurabile
- - Economia di gestione:
 - risparmio costi di esercizio
 - risparmio costi manutenzione
 - incentivi

IL RENDIMENTO DELLE POMPE DI CALORE

AI FINI DELLA VALUTAZIONE DEL CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA

IL RENDIMENTO DI PRODUZIONE (nominale) DI UNA POMPA DI CALORE E' DATO DA:

$$\dot{\eta}_p = \text{COP} * \dot{\eta}_{el.} \quad (\geq 90 + 3 \text{Log} P_n)$$

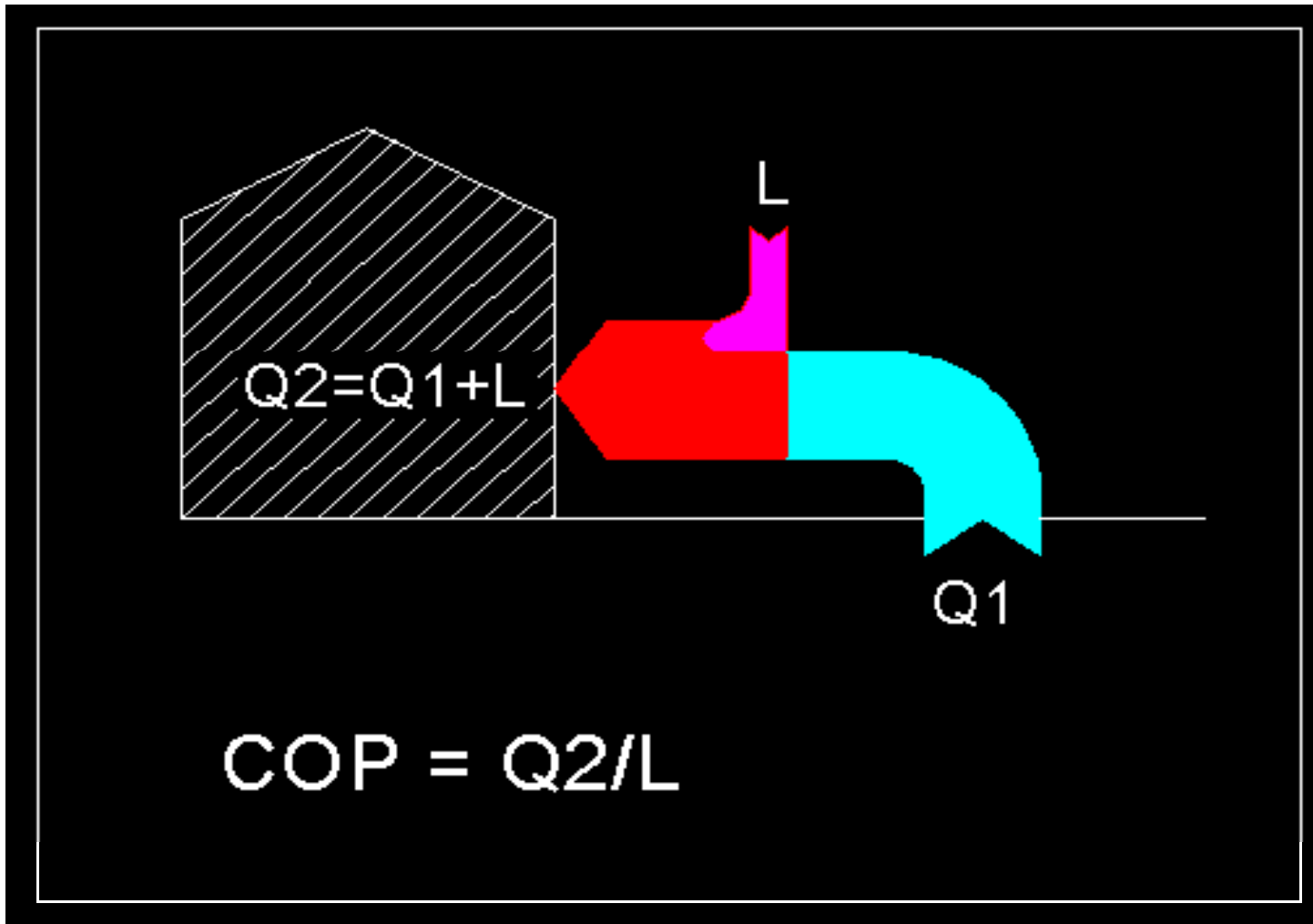
Ove: $\dot{\eta}_{el.}$ è il rendimento di produzione del sistema elettrico nazionale (46%)

COP è l'efficienza della pompa di calore

Esempio $P_n = 30 \text{ kW}$, $\text{COP} = 4$, $\dot{\eta}_p = 184 > 100.20$

IL CONCETTO DI COP

coefficiente di prestazione



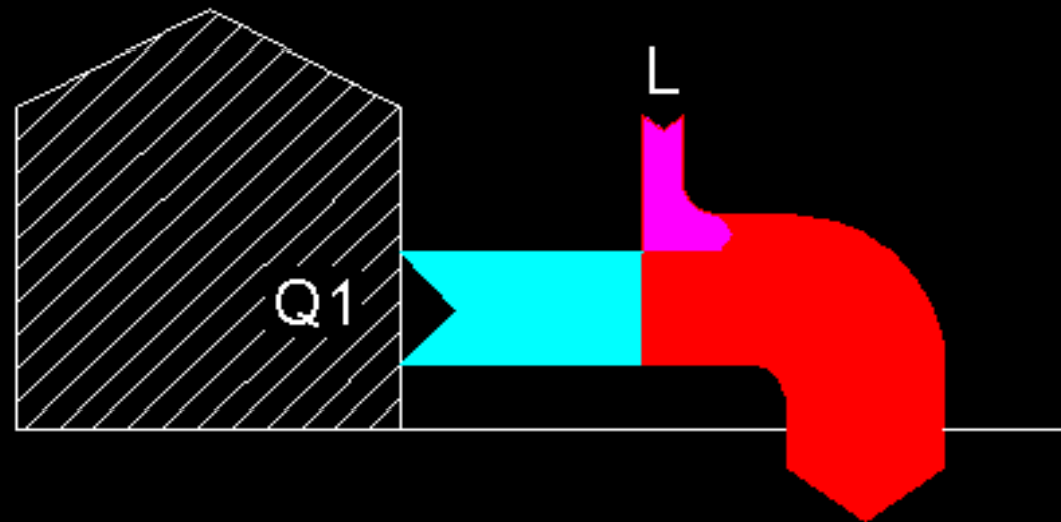
(D.M. 06 Agosto 2009)

1. Valori minimi del coefficiente di prestazione (COP) per pompe di calore elettriche

Tipo di pompa di calore Ambiente esterno/interno	Ambiente esterno [°C]	Ambiente interno [°C]	COP	COP
			2008-2009	2010
aria/aria	Bulbo secco all'entrata : 7 Bulbo umido all'entrata : 6	Bulbo secco all'entrata: 20 Bulbo umido all'entr.: 15	3,8	3,9
aria/acqua	Bulbo secco all'entrata : 7 Bulbo umido all'entrata : 6	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	3,9	4,1
salamoia/aria	Temperatura entrata: 0	Bulbo secco all'entrata: 20 Bulbo umido all'entr.: 15	4,0	4,3
salamoia/acqua	Temperatura entrata: 0	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	4,0	4,3
acqua/aria	Temperatura entrata: 15 Temperatura uscita: 12	Bulbo secco all'entrata: 20 Bulbo umido entrata: 15	4,3	4,7
acqua/acqua	Temperatura entrata: 10	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	4,4	5,1

IL CONCETTO DI EER

indice di prestazione energetica



$$Q_2 = Q_1 + L$$

$$EER = Q_1 / L$$

2. Valori minimi dell'indice di efficienza energetica (EER) per pompe di calore elettriche

Tipo di pompa di calore Ambiente esterno/interno	Ambiente esterno [°C]	Ambiente interno [°C]	EER	EER
			2008-2009	2010
aria/aria	Bulbo secco all'entrata : 35 Bulbo umido all'entr.: 24	Bulbo secco all'entrata: 27 Bulbo umido all'entr.: 19	3,3	3,4
aria/acqua	Bulbo secco all'entrata : 35 Bulbo umido all'entr.: 24	Temperatura entrata: 23 Temperatura uscita: 18	3,4	3,8
salamoia/aria	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	Bulbo secco all'entrata: 27 Bulbo umido all'entr.: 19	4,2	4,4
salamoia/acqua	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	Temperatura entrata: 23 Temperatura uscita: 18	4,2	4,4
acqua/aria	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	Bulbo secco all'entrata: 27 Bulbo umido all'entr.: 19	4,2	4,4
acqua/acqua	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	Temperatura entrata: 23 Temperatura uscita: 18	4,6	5,1

LE POMPE DI CALORE E LA GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA

- A differenza delle sorgenti di calore a media ed alta entalpia che consentono lo sfruttamento diretto del calore geotermico, ma che sono disponibili solo in zone di anomalia termica, quelle a bassa entalpia, hanno il vantaggio di essere dovunque disponibili, ma richiedono una pompa di calore per innalzarne il livello termico ai valori che consentano l'impiego di terminali convenzionali.

Aspetti burocratici-amministrativi

- In generale la realizzazione di sonde geotermiche richiede alcuni adempimenti.
- Nella Regione Toscana tale realizzazione è subordinata alla autorizzazione da parte dell'Ufficio Competente della Regione, secondo la procedura sotto indicata.
- Nel caso di sonde verticali va effettuata anche la comunicazione della perforazione alla Provincia competente secondo lo schema sotto riportato.
- Va inoltre inviata la modulistica sotto indicata all'APAT di Roma.

• Alla **REGIONE TOSCANA**

• Dir. Gen. Politiche Territoriali e Ambientali

• Settore Miniere ed Energia

• Via R. Bardazzi 19/21

• 50127 Firenze

•

• Istanza per l'autorizzazione unica, ai sensi degli artt. 11 e 15 della L.R. 39/2005 ai fini dell'uso diretto del calore geotermico mediante il sistema pompa di calore - sonda geotermica

•

•

• **Istante**

•

• Cognome, Nome/Ditta: Indirizzo:
..... CAP: COMUNE:
..... Prov.

•

• **Progettista**

•

• Cognome, Nome/Ditta: Indirizzo:
..... CAP: COMUNE:
..... Prov.

•

•

• **Ubicazione dell'impianto**

•

• Indirizzo: CAP: COMUNE:
..... Prov. Foglio: Particella:
Sub. Data di messa in funzione prevista

•

•

• Nuova costruzione Ristrutturazione

•

•

- **VINCOLO IDROGEOLOGICO**

- Si No

- **Caratteristiche tecniche**

- **Sonda geotermica**

- Tipo di sonda: Orizzontale Verticale

- Numero di sonde: Lunghezza totale: ml Liquido termico:

- Perforazione:

- Profondità: Diametro interasse Materiale di riempimento del foro con (p.es. bentonite/cemento):

- **Pompa di calore**

- Fornitore: Tipo: Liquido termico:

- Quantità: kg Potenza di riscaldamento: kW

- •T:..... °C

- Potenza di raffreddamento: kW •T:..... °C

- **Dotazioni di sicurezza e controllo**

-

- Selezionare le misure corrispondenti

- **Circuito della sonda**

- Spia di flusso Pressostato

- Manometro Spia di livello

- Termometro Contenitore d'espansione

- Valvole per le sonde (ci deve essere la possibilità di bloccare ogni sonda)

- Altro:

-

- **Pompa di calore**

-

- Manometro Serbatoio d'espansione

- Spia circolazione del liquido Valvola di sicurezza

-

- Targhetta di tipo Altro:

-

- Luogo e data:

-

- **Firme** Istante Progettista

-

-

- **Allegati**

-

- – Relazione tecnica / geologica

- – Piano catastale con l'ubicazione della/e sonda/e

- – Schema della sonda

- – Schema del sistema sonda geotermica - pompa di calore

- – Dichiarazione sottoscritta dal progettista attestante la non interferenza con le falde sotterranee

A: PROVINCIA DI PISA ,Servizio Difesa del Suolo,

P.zza Vittorio Emanuele II, 14 56125 – PISA

SEGNALAZIONE DI AVVENUTA PERFORAZIONE PER SONDE GEOTERMICHE VERTICALI A BASSA ENTALPIA SENZA PRELIEVO DI FLUIDO

ai sensi dell'art. 93 R.D. 1775 del 11/12/1933

(**sonde uso domestico**: utilizzo per captazione calore a bassa entalpia uso riscaldamento domestico con pompa di calore

Il/La sottoscritto/a _____ nato/a a _____ il _____

e residente nel Comune di _____ Località _____ via _____ n. _____, Cap _____ (recapito telefonico n _____)

proprietario di un terreno di m² _____ sito nel Comune di _____ in località _____ adiacente alla Via _____ n. _____ in zona distinta nel catasto dei Terreni Comunale al Foglio n. _____ Particella n. _____ .

INFORMA

che ha provveduto alla realizzazione di n° _____ sonde verticali per sfruttamento calore geotermico a bassa entalpia, mediante perforazioni aventi le seguenti caratteristiche tecniche:

- Tipo pozzo: battuto X trivellato romano
- **Diametro perforo:** **cm 14**
- Diametro tubazione: cm ___non installata
- Tipologia tubazione: _____
- Cementazione interna: X si no
- Tipologia impermeabilizzazione: boiaccia di cemento - X argilla/bentonite -
- calcestruzzo - altro _____
- Profondità impermeabilizzazione: intera sonda
- Quota piano campagna m _____
- Profondità pozzo (dal piano campagna) m 100
- Profondità acquifero (dal piano campagna) da m _____ a m _____ - da m _____ a m _____
- Tipologia acquifero sabbia ghiaia altro _____
- **Profondità media livello statico dell'acqua (dal piano campagna) m _____**
- Portata di esercizio l/sec _____
- Volumi medi **emunti** giornalmente m³ NESSUNO
- **SI IMPEGNA**
- a segnalare eventuali variazioni dei dati suddetti, in particolare per quanto riguarda l'uso o la titolarità dei terreni oggetto della realizzazione del pozzo.
- **ALLEGA:**
- estratto di mappa catastale 1:2000 con ubicazione del pozzo;
- corografia 1:10000 o 1:25000 con ubicazione pozzo;
- fotocopia fronte/retro documento d'identità.
- _____ li _____
-
-
- **Con osservanza**
- **Firma**
-
- Si ricorda che per ricerche idriche con profondità superiore a trenta metri dal piano di campagna (ai sensi della L. n. 464/84) si deve darne comunicazione al Servizio Geologico Italiano entro trenta giorni dall'inizio degli studi e delle indagini, indicando su apposite mappe la localizzazione degli studi e delle indagini programmati e si deve fare pervenire al Servizio Geologico, entro trenta giorni dall'ultimazione degli studi e delle indagini, una dettagliata relazione, corredata dalla relativa documentazione, sui risultati geologici e geofisici acquisiti.
- I dati raccolti con la presente istanza saranno trattati, ai sensi dell'art. 27 della L. n. 675/96, per lo svolgimento delle funzioni istituzionali di questo Ente, nei limiti stabiliti dalla legge e dai regolamenti. Gli interessati al trattamento potranno esercitare presso questi uffici i diritti di cui all'art. 13 della l. n. 675/96. Chiunque rilascia dichiarazioni mendaci, forma atti falsi sarà punito ai sensi del codice penale e delle leggi speciali in materia .

Mod. 1

Rev. 12/11/2007

APAT

Servizio Geologico d'Italia - Dipartimento Difesa del Suolo

Geologia Applicata e Idrogeologia

Via Vitaliano Brancati, 48

00144 ROMA

Oggetto: Legge 4 agosto 1984 n. 464. Comunicazione inizio indagine

Ai sensi dell'art. 1 della legge citata in oggetto, il Committente _____

comunica che in data _____ inizier l'indagine, a mezzo di due perforazioni, da eseguire

in località _____ nel terreno censito (N.C.T.) al foglio n. _____

particella n. _____ del Comune di _____ Prov. (__ ad

uso COSTRUZIONE DI SONDE VERTICALI PER PRELIEVO CALORE GEOTERMICO A BASSA ENTALPIA_

Profondità prevista metri 100 dal p.c.

La perforazione sarà effettuata:

a percussione

a rotazione con distruzione di nucleo

a rotazione con carotaggio continuo

X

a rotopercussione

- **Si allega stralcio di carta topografica I.G.M. al 25.000 con l'ubicazione della perforazione.**
- Vi sar data tempestiva comunicazione di eventuale sospensione dei lavori (Mod. 2).
- Per ulteriori informazioni, Vi prego di rivolgerVi al seguente indirizzo:
-
- Nominativo:
-
- Indirizzo _____ n. _____ Comune
-
- Telefono _____ E-mail
- Prov. (_____)
-
- Provvederà a fornirVi la comunicazione di fine indagine (Mod. 4) con le relative
- informazioni sui dati acquisiti.
-
- Distinti saluti.

- Firma
-
- Data _____

Aspetti tecnici, progettuali e realizzativi

Le sonde geotermiche

- A seconda della tipologia si distinguono:
- - **SONDE VERTICALI** costituite da perforazioni di circa 100 ml. di profondità con due/quattro tubi di captazione e riempimento di bentonite
- - **COLLETTORI ORIZZONTALI** costituiti da trincee superficiali a sezione ml. 0.60x1.80(h) con quattro/sei tubi di captazione e riempimento con terra dello scavo.

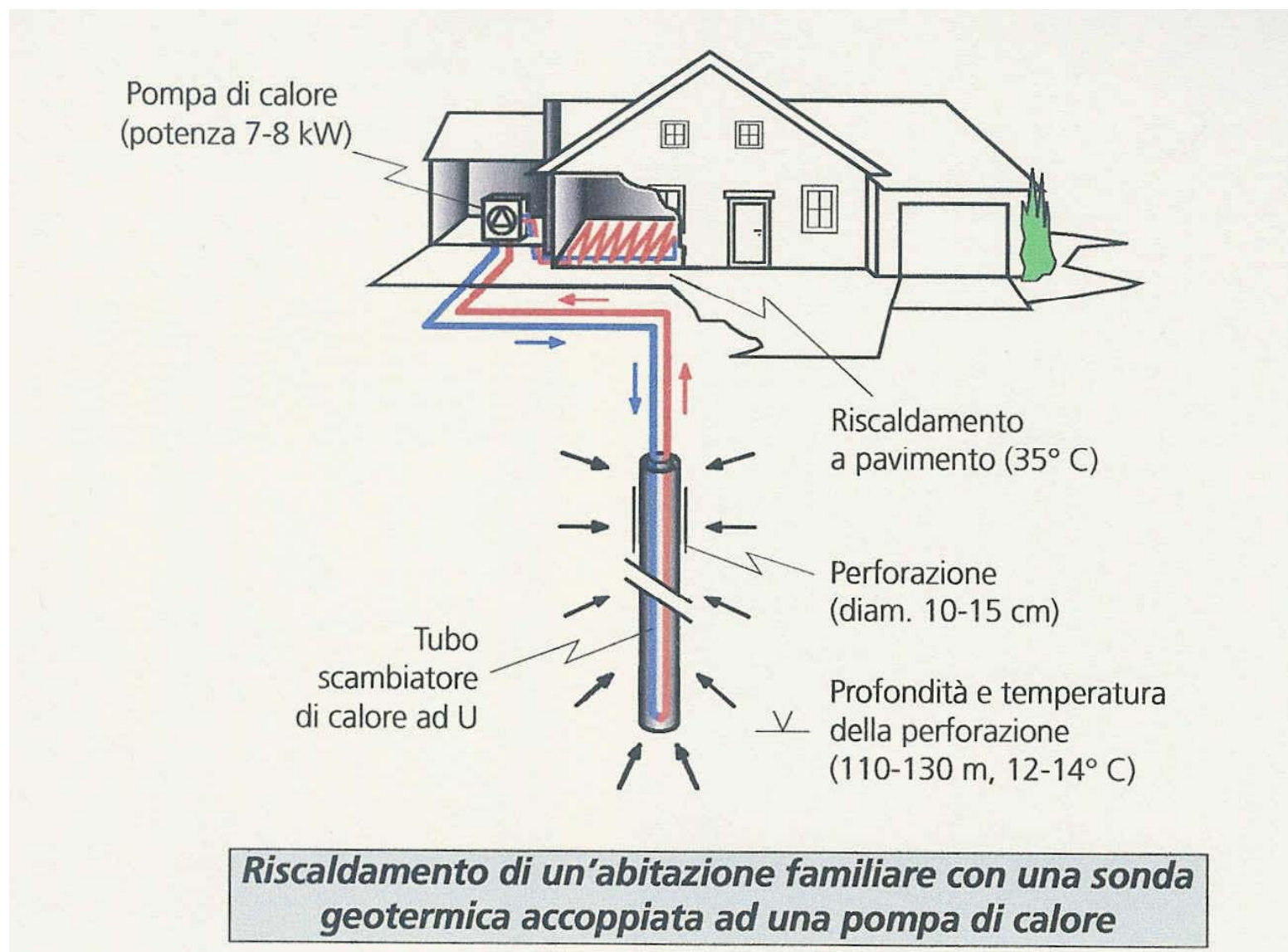
Sonde geotermiche verticali dimensionamento

IN RELAZIONE ALLA NOTEVOLE
PROFONDITA' (>100 ml:) VIENE
UTILIZZATA ESCLUSIVAMENTE
L' ENERGIA GEOTERMICA

PARAMETRI DI DIMENSIONAMENTO:

- Conducibilità del terreno
- profondità della sonda

TECNOLOGIE REALIZZATIVE SONDE VERTICALI



SONDE GEOTERMICHE VERTICALI

capacità di estrazione specifica **A ML DI SONDA** (*)

SOTTOSUOLO	Conducibilità Termica (Wh/ml.K)	Potenza di estrazione (Wh/ml)
Cattiva qualità Rocce mobili secche	< 1.5	20
Rocce indurite o rocce mobili sature di acqua	1.5 – 3.0	50
Rocce indurite a conducibilità termica elevata	> 3.0	70
Ghiaia sabbia secca	0.4	< 20
Ghiaia sabbia acquifero	1.8 - 2.4	55 - 65
Argilla, limo umido	1.7	30 - 40
Calccare massiccio	2.8	45 - 60
Arenaria	2.3	55 - 65
Granito, granodiorite	3.4	55 - 70
Basalto	1.7	35 - 55
Gneiss	2.9	60 - 70
* (Geothermal CH)		

SONDE VERTICALI - attrezzature



PERFORAZIONE DI UNA SONDA VERTICALE



Collettori geotermici orizzontali dimensionamento

IN RELAZIONE ALLA SUPERFICIE INTERESSATA
ED ALLA MODESTA PROFONDITA' DI
INTERRAMENTO

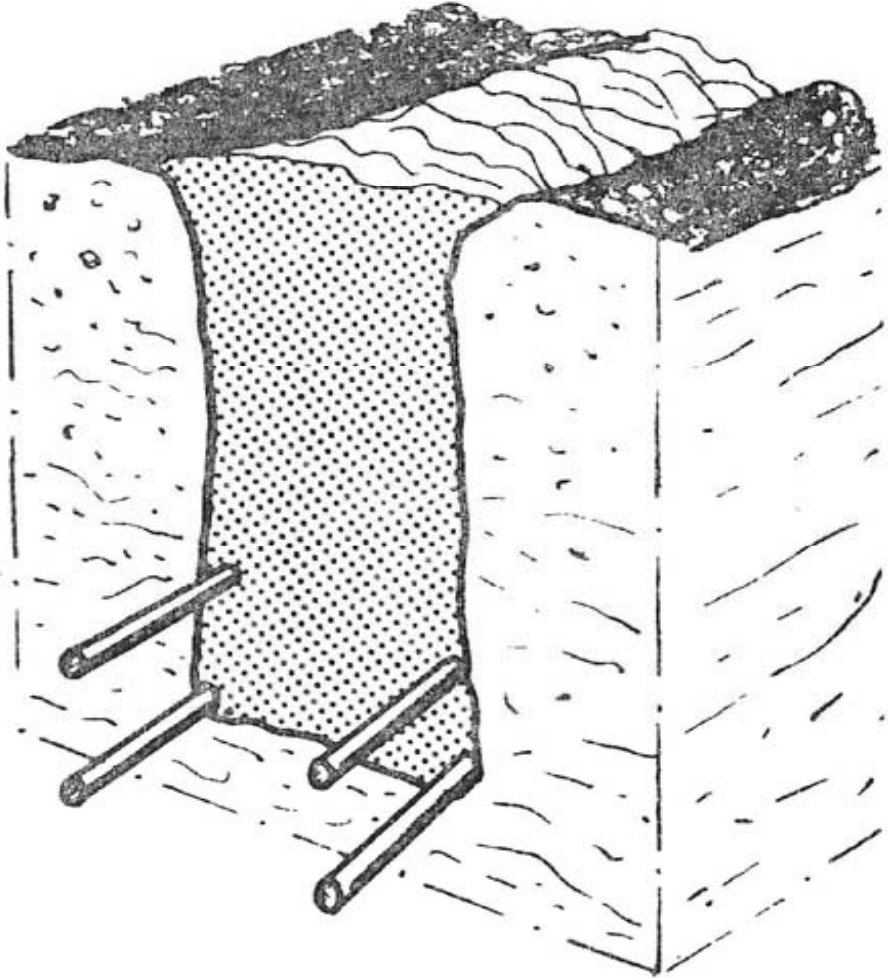
I COLLETTORI ORIZZONTALI UTILIZZANO IN
MAGGIOR PARTE L'ENERGIA SOLARE ED IN
MINOR PARTE L'ENERGIA GEOTERMICA

PARAMETRI DI DIMENSIONAMENTO:

- area di captazione
- lunghezza scambiatore
- profondità scavo
- radiazione solare sulla superficie del collettore
- conducibilità del terreno

TECNOLOGIE REALIZZATIVE :
TRINCEE ORIZZONTALI a 4 TUBI

Fig. 3



COLLETTORI GEOTERMICI ORIZZONTALI

capacità di estrazione specifica **TRINCEA 4 TUBI (W/ml) (*)**

Località : Italia centrale

Superficie orizzontale , soleggiamento libero

SOTTOSUOLO	Conducibilità Termica (W/ml.K)	Potenza di estrazione (W/ml)
Rocce indurite a conducibilità termica elevata	> 3.0	80
Ghiaia sabbia secca	0.4	< 30
Ghiaia sabbia acquifero	1.8 - 2.4	60
Argilla, limo umido	1.7	50
Calcere massiccio	2.8	70
Arenaria	2.3	60

(*) da utilizzare per un dimensionamento preliminare su impianti di potenza < 30 kW

COLLETTORI GEOTERMICI ORIZZONTALI



Particolare scavo “trincea”



**Sistema 4 tubi
particolare posa tubazione su fondo**

Salti termici e fattori di carico del terreno

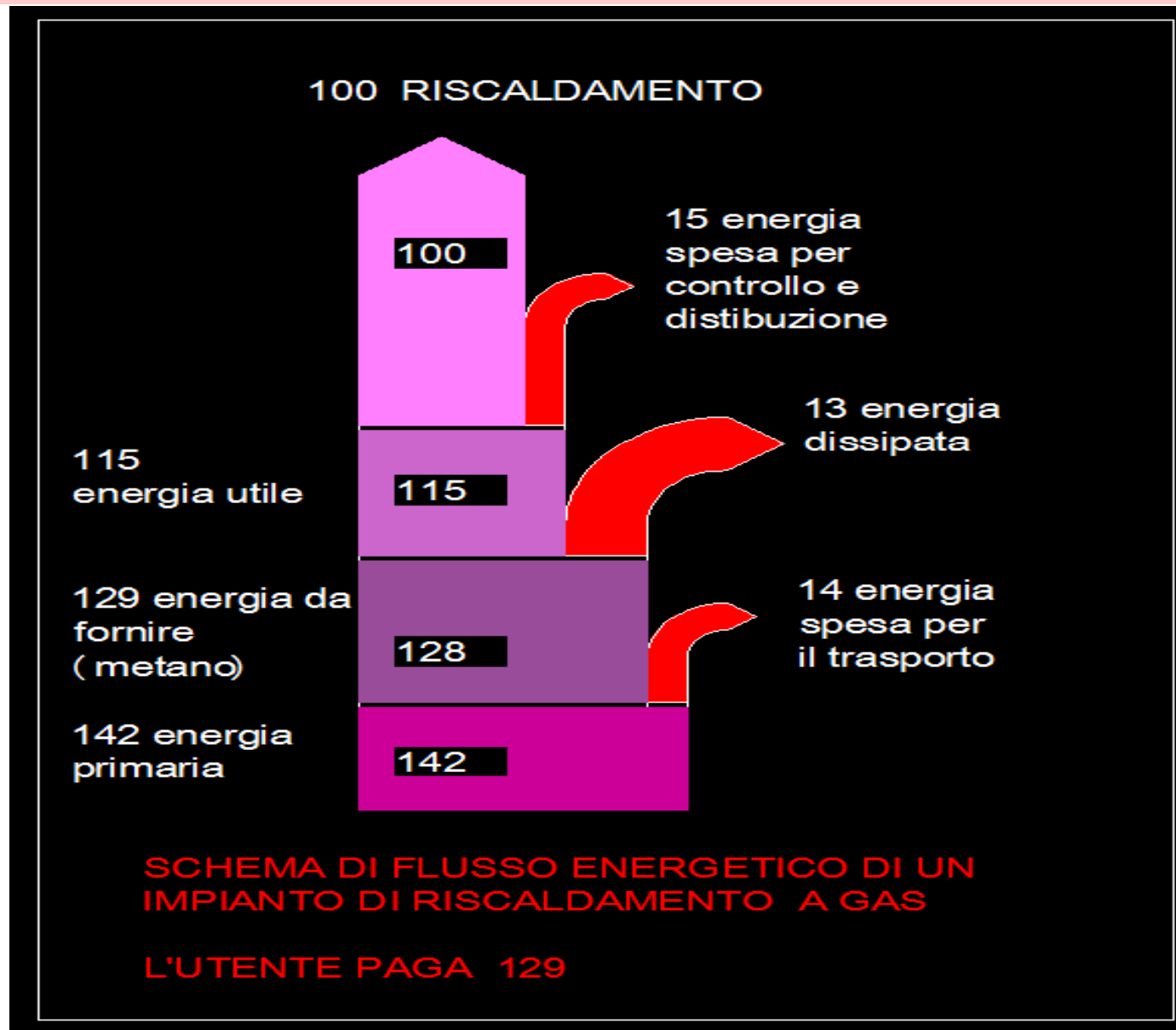
- E' di fondamentale importanza dimensionare le portate idrauliche delle sonde in modo da non superare i 3-4°C di salto termico sul collettore geotermico, al fine di evitare problemi di congelamento e limitare la quantità di glicole necessaria.
- Per impianti di media e alta potenza (>100 kW) occorre valutare i fattori di carico stagionali (simulazioni dinamiche) del terreno ed effettuare un numero sufficiente di GRT.

Aspetti gestionali ed economici

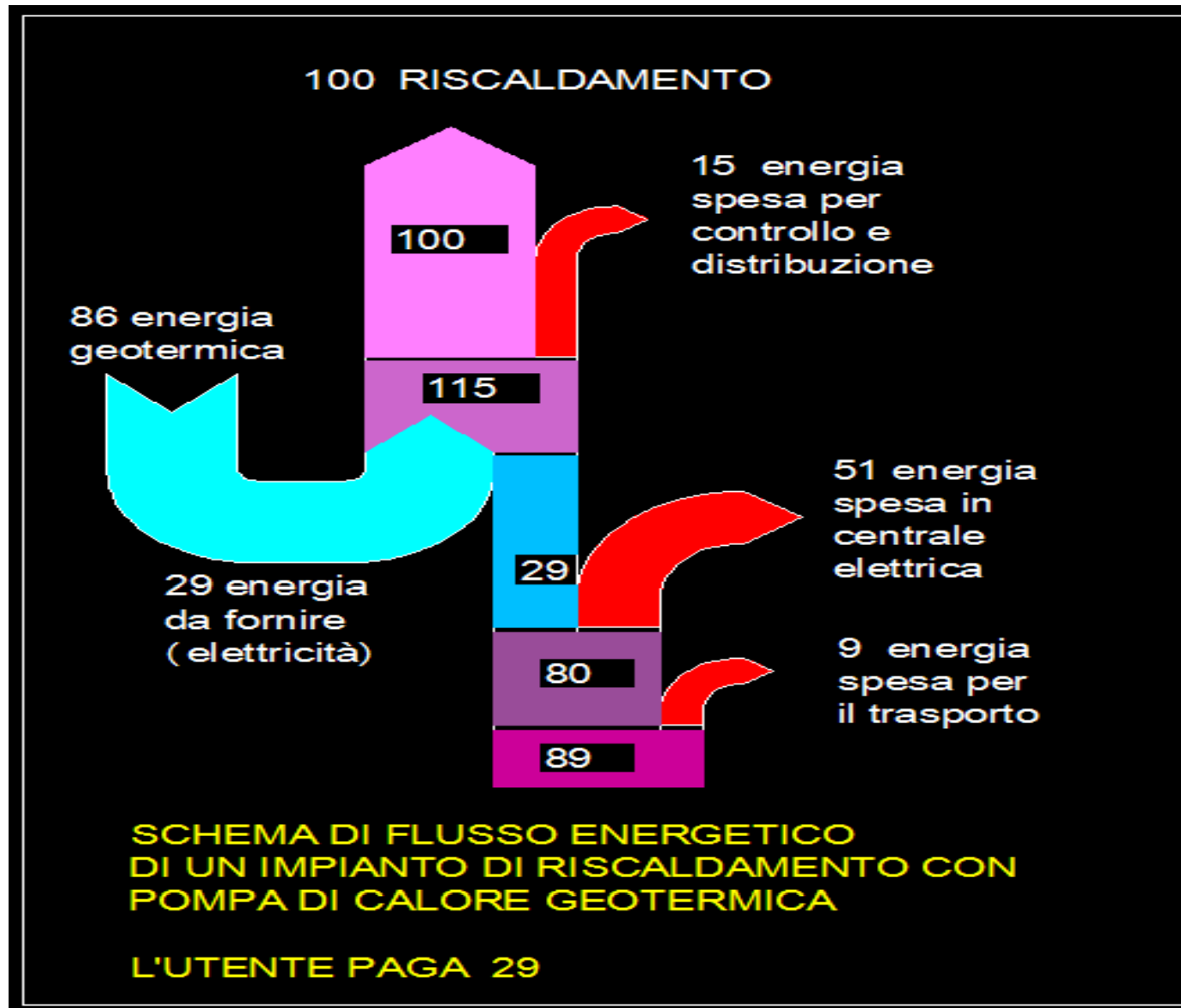
L'impiego di pompe di calore geotermiche per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici determina un consistente risparmio sia in termini di energia primaria consumata, che in termini di costi di esercizio, soprattutto per l'utente finale, rispetto a soluzioni convenzionali che utilizzano, in genere caldaie a gas e chiller condensati in aria.

Per determinate scelte impiantistiche e con maggiori investimenti iniziali, è possibile azzerare sia i consumi di energia primaria che i costi di esercizio.

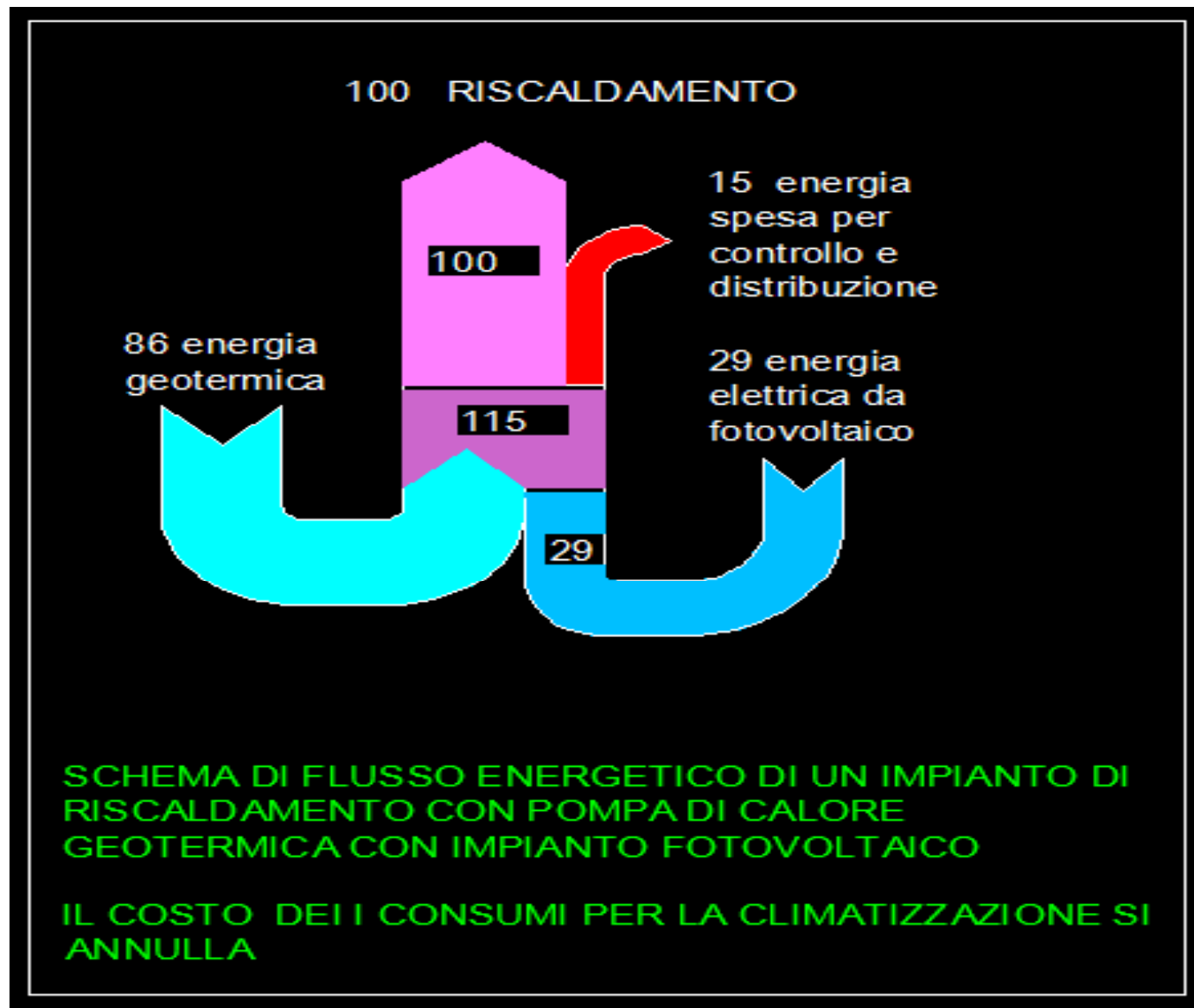
CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA IMPIANTO A GAS (caldaia a condensazione)



CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA IMPIANTO A POMPA DI CALORE GEOTERMICA



CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA IMPIANTO A POMPA DI CALORE GEOTERMICA CON PANNELLI FOTOVOLTAICI



Risparmio sui costi di esercizio

- Ai costi attuali dei combustibili:
 - 0.70 Euro/mc per il metano (9.0kWh/mc,)
 - 0.20 Euro/kWh per l'elettricità (COPs= 4.0)
- Per 1 kWh di energia fornita occorrono:
 - 1,28 kWh con il metano (0.14Nmc)
costi conseguenti: $0.14 \times 0.70 = 0.098$ Euro/kWh
 - 0.29 kWh con l'energia elettrica
costi conseguenti: $0.29 \times 0.20 = 0.058$ Euro/kWh

IL RISPARMIO ECONOMICO VALE PERTANTO:

0.040 Euro/kWh

CORRISPONDENTE AL 41 %

Costi di costruzione

- Nelle Tabelle che seguono viene sinteticamente riportato un confronto sui costi di costruzione di un impianto di climatizzazione di un edificio condominiale composto da 10 U.I. per una superficie utile di mq 1050 ($E_{pi} = 80$ kWh/mq.anno classe energetica B), e realizzato a Pistoia nel 2007 (Condominio Enegeo), che impiega una pompa di calore geotermica, con un impianto di pari prestazioni termiche ma che adotta soluzioni convenzionali.

IMPIANTO A POMPA DI CALORE GEOTERMICA (Q2= 55 kW)

CALCOLO INCIDENZE COSTI COTRUZIONE (a consuntivo)		
OPERA	costo appalto	incidenza %ale
pompa di calore	€ 27.000,00	0,16
collettore geotermico orizzontale	€ 5.100,00	0,03
contabilizzazione	€ 23.500,00	0,13
impianto a pannelli radianti	€ 28.700,00	0,17
impianto di aria primaria	€ 21.200,00	0,12
impianti distribuzione e centrale termica	€ 38.100,00	0,22
regolazione e controllo	€ 29.700,00	0,17
totale	€ 173.300,00	1,00

IMPIANTO CON CALDAIA + CHILLER

CALCOLO INCIDENZE COSTI COTRUZIONE		
OPERA	costo stimato	incidenza %ale
Caldaia cond. (70 kW)	€ 8900,00	0,05
Chiller condensato in aria (50 kW)	€ 18600,00	0,11
contabilizzazione	€ 23.500,00	0,14
impianto a pannelli radianti	€ 28.700,00	0,17
impianto di aria primaria	€ 21.200,00	0,13
impianti ditribuzione e centrale termica	€ 38.100,00	0,23
regolazione e controllo	€ 29.700,00	0,17
totale	€ 168.700,00	1,00

Flussi di cassa attesi (CLIMATIZZAZIONE INVERNALE)

Flusso di cassa realizzabile per il sistema edificio impianto.

- $F_c = Q_h \times 0.040 = 3360.00 \text{ Euro/anno}$

Ove:

- Q_h Fabbisogno termico stagionale $\approx 84000 \text{ [kWh/a]}$

- $0.040 =$ risparmio economico $[\text{Euro/kWh}]$

Il sovracosto dell'impianto geotermico è stato stimato in Euro 4600.

Il tempo di ritorno è pari a 1,36 anni.

Aspetti ambientali

- Nel luogo ove viene installata, la pompa di calore geotermica non produce, di per sé, impatto significativo sull'ambiente, ma, per l'impiego di energia elettrica, si debbono considerare le emissioni di gas serra derivanti dal ciclo di produzione nella centrale Enel.
- Si determinano, ad esempio, le emissioni di gas serra nel caso di un impianto con caldaia a gas ed in quello di un impianto con pompa di calore elettrica

EMISSIONE DI GAS SERRA (CO₂)

- Impianto a gas:
 $0.21 \times 1,28 = 0.27$ kg/kWh
- Impianto pompa di calore geotermica:
 $0.65 \times 0.29 = 0.19$ kg/kWh
- Impianto a pompa di calore geotermica e pannelli fotovoltaici:
 0.00 kg/kWh

LA DIMINUIZIONE DI GAS SERRA DERIVANTE
DALL'IMPIEGO DI UNA POMPA DI CALORE
GEOTERMICA, RISPETTO AD UNA CALDAIA A
CONDENSAZIONE DI PARI POTENZA NOMINALE
RISULTA PARI AL **29 %** E SALE AL **100%** NEL CASO DI
INSTALLAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO CHE
ALIMENTA LA POMPA DI CALORE

ESEMPI APPLICATIVI

EDIFICIO IN PISTOIA CONDOMINIO “ENECEO”







grazie per
l'attenzione

ing.patrizio pastacaldi