



Sigea Sezione Puglia
Con il patrocinio
dell'Ordine dei Geologi della Puglia



**GEOTERMIA A BASSA ENTALPIA,
ESPERIENZE A CONFRONTO.**
**Dall'individuazione delle aree alla scelta
delle soluzioni impiantistiche per gli usi diretti**

**Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture
scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel
sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi**

Geol. Rocco Tasso

**Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di
sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi**

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

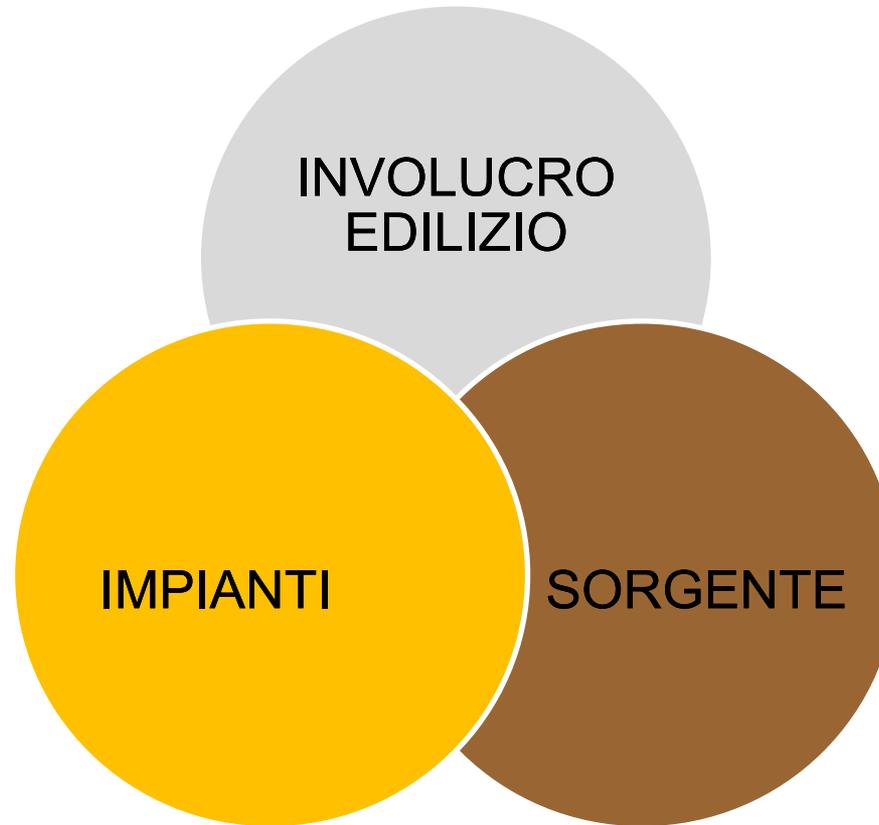


IMPIANTI GEOTERMICI A BASSA ENTALPIA LE COMPETENZE DEL GEOLOGO

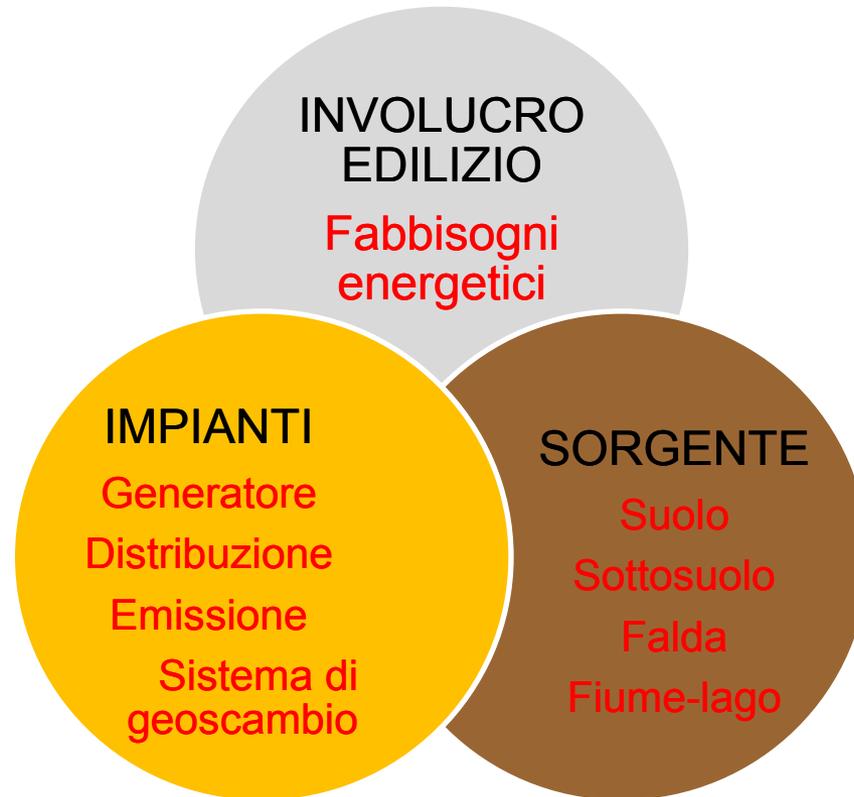
Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

LE COMPONENTI DEL SISTEMA



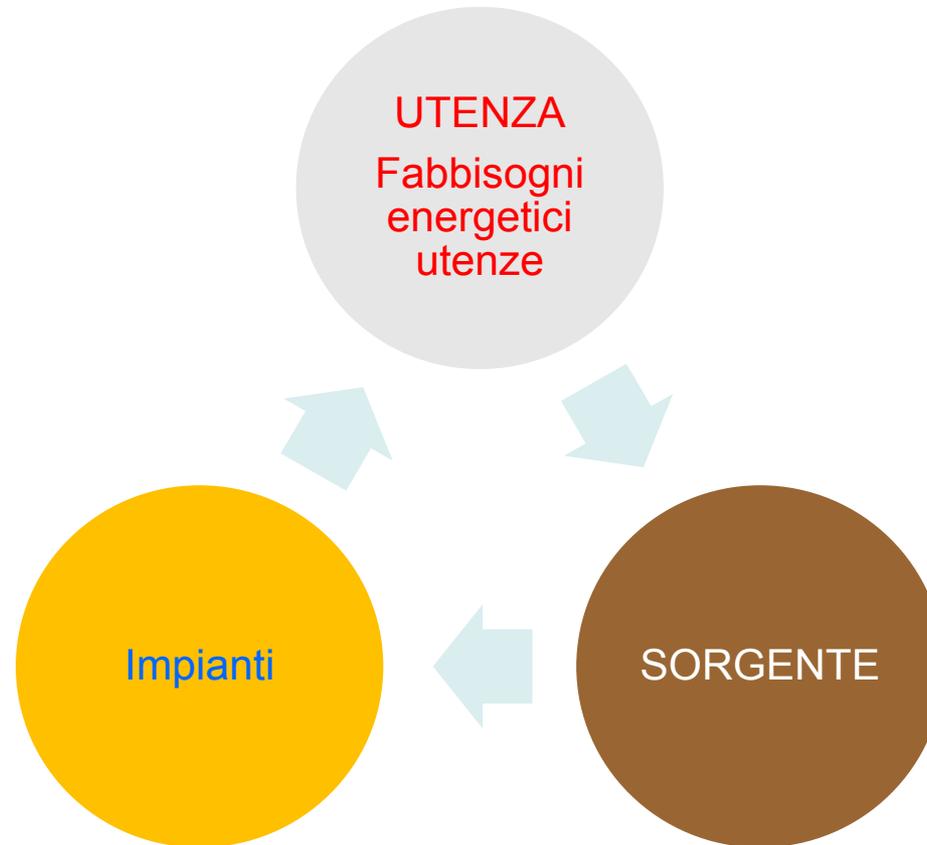
LE COMPONENTI DEL SISTEMA



Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

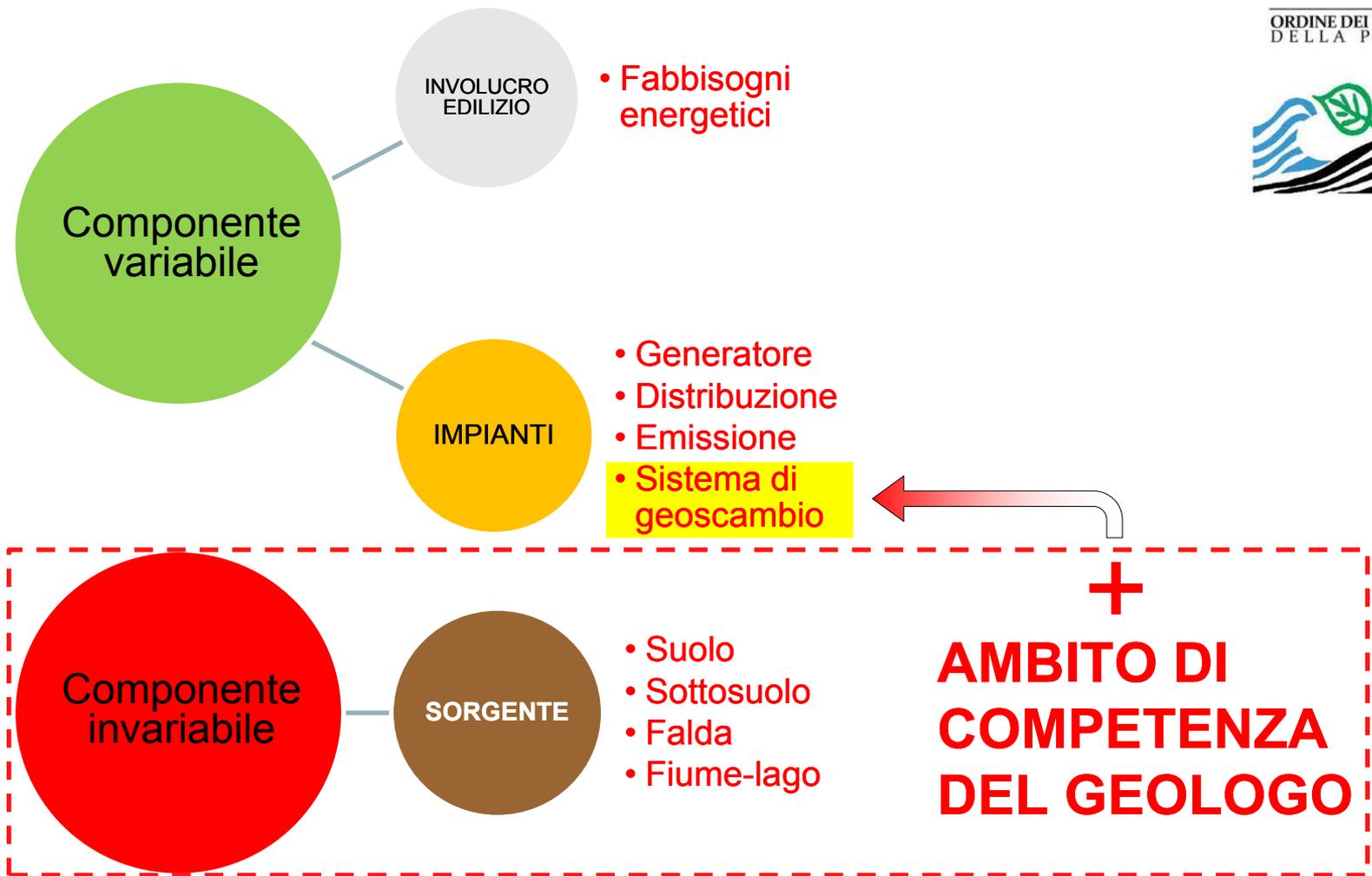
LE COMPONENTI DEL SISTEMA



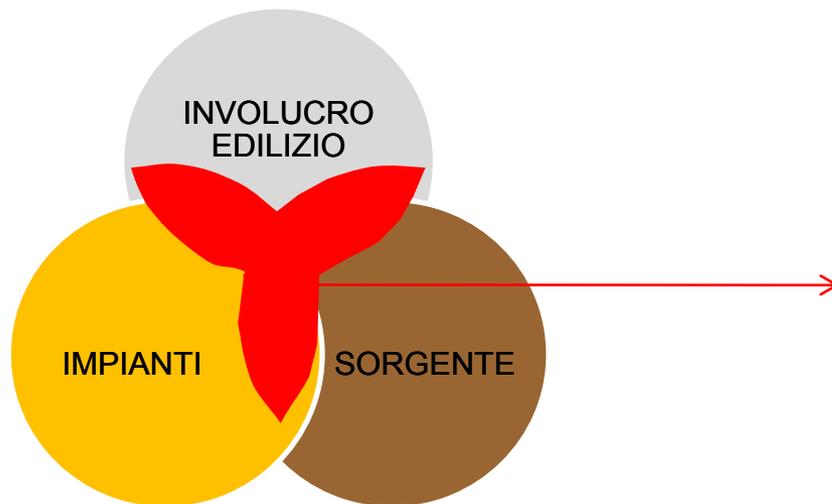
Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

L'AMBITO DI COMPETENZA DEL GEOLOGO



AUMENTARE LE CONOSCENZE PER AMPLIARE LE COMPETENZE

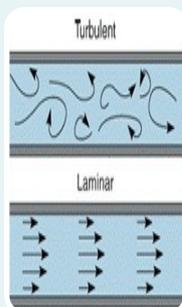


La progettazione di un sistema di geoscambio non prescinde dalla conoscenza delle altre componenti del sistema

È necessario quindi ampliare le proprie conoscenze (strettamente geologiche) per comprendere come il sistema di geoscambio va ad interfacciarsi con le altre componenti del sistema anche per acquisire un linguaggio comune alle altre figure tecniche e professionali coinvolte nella progettazione e realizzazione degli interventi.

AUMENTARE LE CONOSCENZE PER AMPLIARE LE COMPETENZE

LE COMPETENZE DEL GEOLOGO NELLA
PROGETTAZIONE DEI SISTEMI DI GEOSCAMBIO



ELEMENTI TEORICI

- Eq. Di Bernoulli
- Caratteri del moto
- Moto laminare
- Moto turbolento

IDRAULICA DEI CONDOTTI

Perdite di carico

CIRCUITI IDRAULICI

- Pompe e circ.
- Curve caratteristiche

AUMENTARE LE CONOSCENZE PER AMPLIARE LE COMPETENZE



- La conducibilità termica λ [W/(m·K)]**
 è la misura del materiale naturale di trasmettere calore.
- La capacità termica volumetrica c [J/(m³·K)]**
 è la quantità di calore necessaria a produrre una variazione di unità di temperatura in un volume unitario di suolo. In mezzi naturali la capacità termica volumetrica varia, ma solo nello spazio.
- La diffusività termica α [m²/giorno]**
 è una caratteristica intrinseca del corpo in quanto dipende esclusivamente da parametri relativi al materiale di cui è composto. Dà informazioni su quanto rapidamente il calore si diffonde all'interno del corpo.

Tipo di terreno	Diffusività termica [m ² /giorno]
Argilla	0.064
Sabbia	0.795
Arenaria	1.028

AUMENTARE LE CONOSCENZE PER AMPLIARE LE COMPETENZE

Per comprendere il funzionamento delle pompe di calore è necessario conoscere alcune nozioni fondamentali termodinamica

Principi della termodinamica

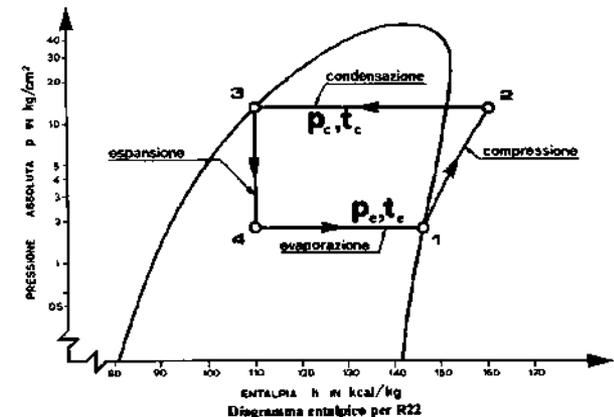
Principio della conservazione dell'energia $q - L = 0$ (I principio)
Trasformazione dell'energia termica in energia meccanica (II principio)

Trasformazioni termodinamiche

Trasformazioni termodinamiche per i gas $pv = nRT$
Trasformazioni termodinamiche per vapori

Il ciclo frigorifero e le pompe di calore

La pompa di calore è una macchina che consente di eseguire il trasferimento di calore da un corpo freddo ad uno caldo; l'energia spesa per il suo funzionamento può essere di origine elettrica, meccanica o termica. Come ogni macchina termica, opera secondo un ciclo termodinamico.



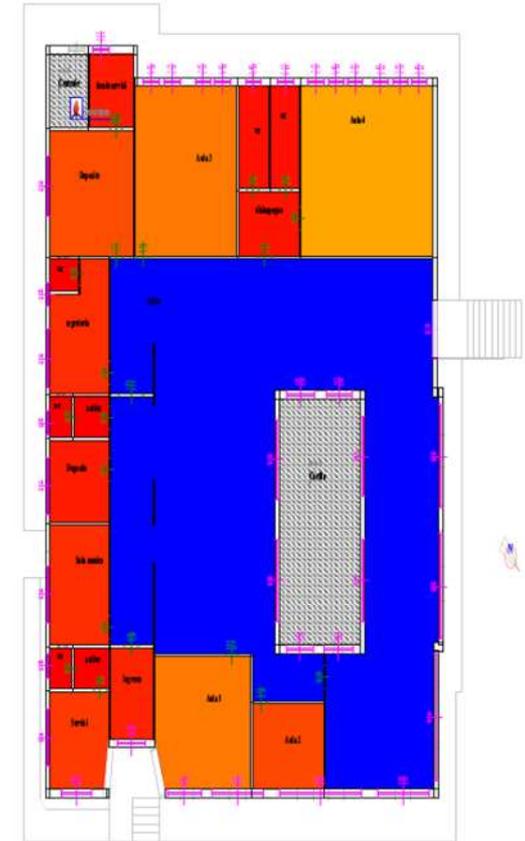
AUMENTARE LE CONOSCENZE PER AMPLIARE LE COMPETENZE



Fabbisogno energetico degli edifici

Dispersioni, Apporti solari, Apporti interni, Fabbisogni

	Un.Mis.	Nov	Dic	Gen	Feb	Mar	Totale
QnTR	MJ	33 236.08	85 709.39	100 697.97	84 183.97	74 884.30	378 681.71
QhVE	MJ	9 235.85	25 262.22	30 429.50	25 151.10	21 530.30	111 608.77
QnHT	MJ	42 441.73	10 971.61	131 127.46	109 335.07	96 414.61	490 290.48
Qsol	MJ	8 868.96	14 710.96	16 160.87	18 046.70	26 994.83	84 782.32
Qint	MJ	3 188.96	6 178.60	6 178.80	5 580.67	6 178.60	27 305.43
Qwi	kWh	348.60	675.41	675.41	610.05	675.41	2 984.89
Qh [MJ]	MJ	31 617.75	91 285.06	109 897.83	87 380.89	67 587.00	387 758.54
Qh	kWh	8 782.71	25 356.86	30 527.18	24 266.91	18 776.95	107 710.70
QRh	kWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
QIEh	kWh	447.00	1 292.10	1 555.52	1 235.30	953.29	5 483.21
QIRh	kWh	744.89	2 028.88	2 406.87	1 949.39	1 601.43	8 731.27
QhRD	kWh	9 974.81	28 677.94	34 489.37	27 451.61	21 331.67	121 925.19
QIDh	kWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
QIAh	kWh	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
QIGNh	kWh	-6 963.46	-18 651.78	-21 276.98	-17 394.73	-14 389.55	-78 676.49
QXh	kWh	196.75	478.69	552.78	455.64	406.96	2 090.82
QPh	kWh	7 114.54	23 297.87	30 528.68	23 314.86	16 298.94	100 554.89
CMBh	kWh	3 011	10 026	13 212	10 057	6 942	43 249



LE COMPETENZE DEL GEOLOGO NELLA
PROGETTAZIONE DEI SISTEMI DI GEOSCAMBIO

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

Geoenergia
la rivoluzione dal basso.

AUMENTARE LE CONOSCENZE PER AMPLIARE LE COMPETENZE

Sistemi di emissione



LE COMPETENZE DEL GEOLOGO NELLA
PROGETTAZIONE DEI SISTEMI DI GEOSCAMBIO

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

Geoenergia
la rivoluzione dal basso.

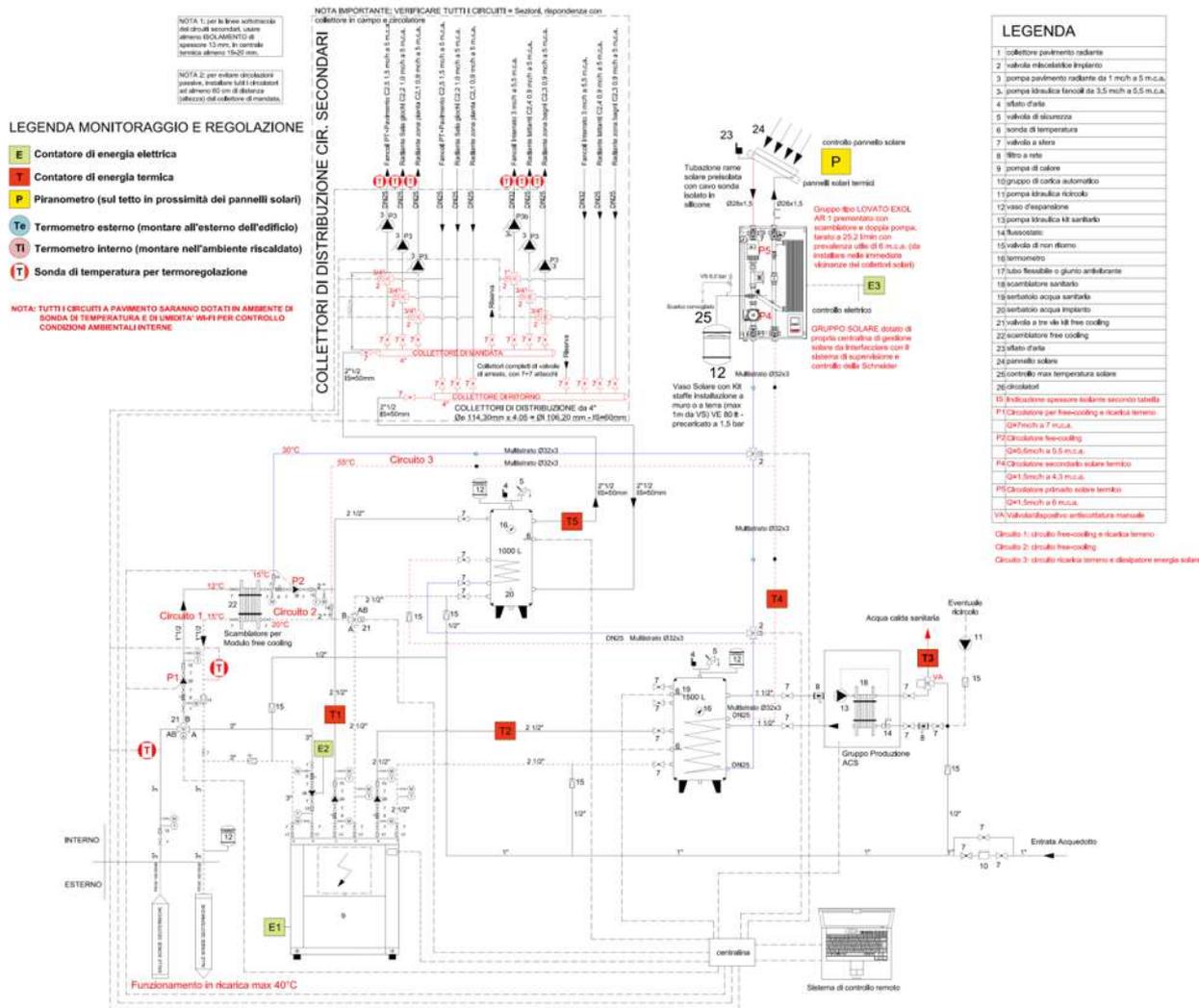
ALTRE CONOSCENZE SPECIFICHE: ELEMENTI DI TERMOTECNICA



ORDINE DEI GEOLOGI
DELLA PUGLIA



LE COMPETENZE DEL GEOLOGO NELLA
PROGETTAZIONE DEI SISTEMI DI GEOSCAMBIO



Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

Geoenergia

la rivoluzione dal basso.

GLI ASPETTI GEOLOGICI NELLA PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

L'IMPORTANZA DEGLI ASPETTI GEOLOGICI

La situazione geologica costituisce la parte invariante della filiera di impianto.

La progettazione termotecnica ed architettonica (in caso di nuovo intervento o ristrutturazione) si deve quindi adeguare ad essa.

È pertanto necessario conoscere adeguatamente la situazione geologica con il massimo dettaglio possibile:

Tipo di roccia o
sedimento

- Definisce il metodo di perforazione
- Caratterizzazione termica preliminare del sottosuolo

Caratteristiche termiche
del sottosuolo

- Necessarie per la progettazione
- Influenzano il funzionamento

Assetto idrogeologico

- Necessario per la progettazione e la perforazione
- Influenza il funzionamento

Temperatura del
sottosuolo

- Necessaria la progettazione
- Influenza il funzionamento



ORDINE DEI GEOLOGI
DELLA PUGLIA



CARATTERISTICHE TERMOFISICHE DEI TERRENI



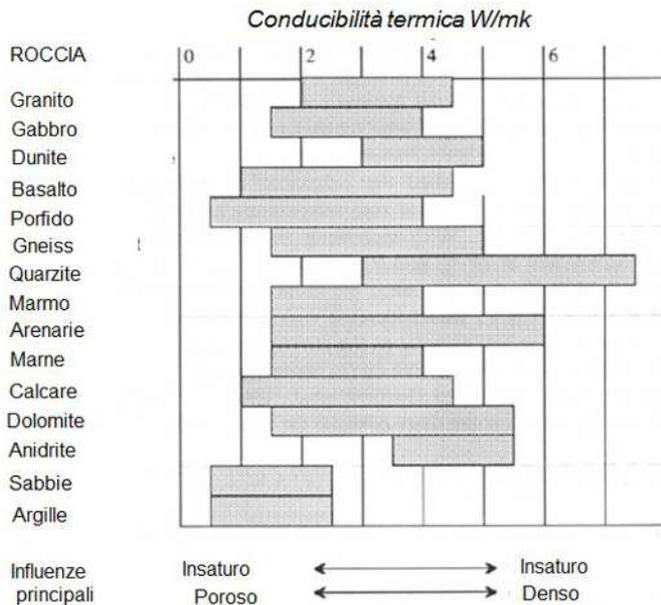
I fattori che determinano la quantità di scambio di calore sono strettamente legati alle caratteristiche proprie dei vari tipi di terreno.

Conducibilità termica, capacità termica volumetrica e temperatura dipendono intrinsecamente da:

I Fattori che influenzano le caratteristiche termofisiche dei terreni	Composizione mineralogica dei terreni
	Pressione litostatica e grado di compattazione
	Grado di umidità del sistema multifase
	Porosità
	Permeabilità
	Temperatura, gradiente geotermico (eventuali anomalie)

CONDUCIBILITÀ TERMICA DEI TERRENI

In generale la **conducibilità termica** delle rocce è superiore a quella dei depositi alluvionali



Classi Granulometriche	Satura [W/mK]	Insatura [W/mK]
Argilla	1.7	0.5
Limo	1.7	0.5
Sabbia	2.4	0.4
Ghiaia	1.8	0.4
Argilla e sabbia	2.05	0.45
Argilla limosa	1.7	0.5
Sabbia e ghiaia	2.1	0.4
Sabbia limosa	2.2	0.45
Terreno vegetale	1.8	0.5
Torba	0.4	0.4

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

LE CARATTERISTICHE TERMOFISICHE DEI TERRENI: Linee guida VDI 4640 (2001)



ORDINE DEI GEOLOGI DELLA PUGLIA



GLI ASPETTI GEOLOGICI NELLA PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI

Tipologia di Roccia	Densità ρ (10 ³ Kg/m ³)	Conducibilità Termica media λ [W/(m·K)]		Capacità termica volumica $\rho \cdot C_p$ [MJ/(m ³ ·K)]
Valori tipici caratteristici				
Rocce eruttive				
Basalto	2.6-3.2	1.3-2.3	(1.7)	2.3-2.6
Diorite	2.9-3.0	2.0-2.9	(2.6)	2.9
Gabbro	2.8-3.1	1.7-2.5	(1.9)	2.6
Granito	2.4-3.0	2.1-4.1	(3.4)	2.1-3.0
Peridotite	3.0	3.8-5.3	(4.0)	2.7
Riolite	ca. 2.6	3.1-3.4	(3.3)	2.1
Rocce metamorfiche				
Gneiss	2.4-2.7	1.9-4.0	(2.9)	1.8-2.4
Marmo	2.5-2.8	2.5-2.8	(2.1)	2.0
Metaquarzite	ca. 2.7	ca. 5.8	(5.8)	2.1
Micasciste	ca. 2.6	1.5-3.1	(2.0)	2.2
Sciste argillose	2.7	1.5-2.6	(2.1)	2.2-2.5
Rocce sedimentarie				
Pietra calcarea	2.6-2.7	2.5-4.0	(2.8)	2.1-2.4
Marna	2.5-2.6	1.5-3.5	(2.1)	2.2-2.3
Quarzo	ca. 2.7	3.6-6.6	(6.0)	2.1-2.2
Sale	2.1-2.2	5.3-6.4	(5.4)	1.2
Arena	2.2-2.7	1.3-5.1	(2.3)	1.6-2.8
Carbone compatto	n.a.	0.3-0.6	(0.3)	1.3-1.8
Pietra argillosa/limosa	2.5-2.6	1.1-3.5	(2.2)	2.1-2.4
Rocce friabili				
Ghiaia secca	2.7-2.8	0.4-0.5	(0.4)	1.4-1.6
Ghiaia satura di acqua	ca. 2.7	ca. 1.8	(1.8)	ca. 2.4
Morena	n.a.	1.0-2.5	(2.0)	1.5-2.5
Sabbia secca	2.6-2.7	0.3-0.8	(0.4)	1.3-1.6
Sabbia satura di acqua	2.6-2.7	1.7-5.0	(2.4)	2.2-2.9
Argilla, limo secco	n.a.	0.4-1.0	(0.5)	1.5-1.6
Argilla, limo saturo di acqua	n.a.	0.9-2.3	(1.7)	1.6-3.4
Torba	n.a.	0.2-0.7	(0.4)	0.5-3.8
Altre sostanze				
Bentonite	n.a.	0.5-0.8	(0.6)	ca. 3.9
Cemento	ca. 2.0	0.9-2.0	(1.6)	ca. 1.8
Ghiaccio (-10°C)	0.919	2.32		1.87
Plastica (PE)	n.a.	0.39		n.a.
Aria (0-20°C, secca)	0.0012	0.02		0.0012
Acciaio	7.8	60		3.12
Acqua (+10°C)	0.999	0.59		4.15

Valori di resa termica per i differenti materiali disponibili, sono puramente indicativi.

Valgono solo per la modalità riscaldamento, si riferiscono all'energia estraibile da una sonda singola e soprattutto hanno un range di variabilità del 15-20%.

Terreno	Potenza di estrazione specifica [W/m]
Depositi sciolti a bassa conducibilità termica ($\lambda < 1.5$ W/m·K)	< 20
Depositi sciolti saturi e substrati lapidei a media conducibilità termica ($1.5 < \lambda < 3.0$ W/m·K)	50
Substrati lapidei ad elevata conducibilità termica ($\lambda > 3.0$ W/m·K)	70
Ghiaie e sabbie asciutte	< 20
Ghiaie e sabbie in falda	55 – 65
Ghiaie e sabbie in falda con elevato flusso	80 – 100
Argille e limi umidi	30 – 40
Calcare massiccio	45 – 60
Arenaria	65 – 80
Rocce magmatiche acide (es. granito)	55 – 70
Rocce magmatiche basiche (es. basalto)	35 – 55
Gneiss	60 – 70

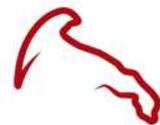
Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

Geoenergia

la rivoluzione dal basso.

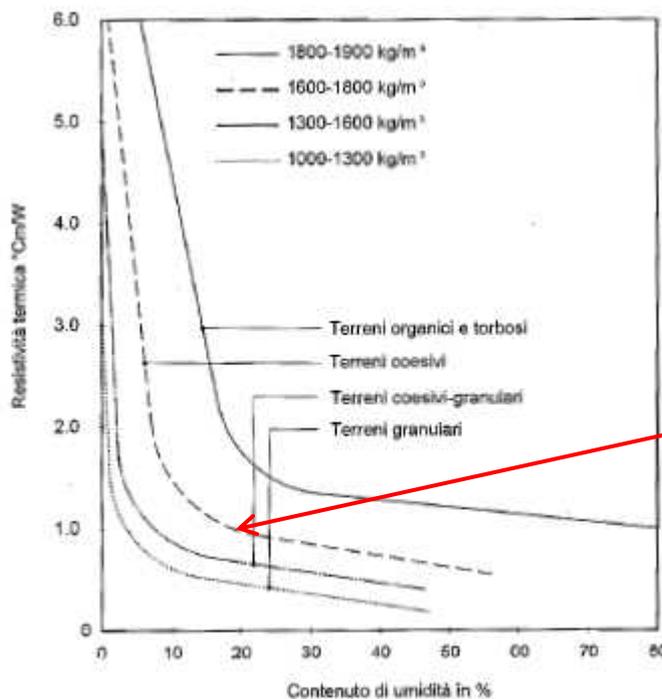
I FATTORI CHE INFLUENZANO LE CARATTERISTICHE TERMOFISICHE DEI TERRENI



ORDINE DEI GEOLOGI DELLA PUGLIA



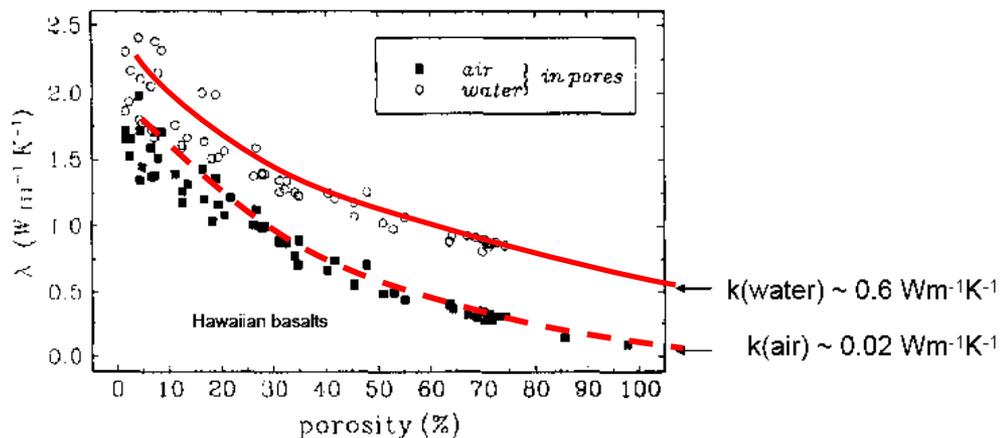
GLI ASPETTI GEOLOGICI NELLA PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI



La stabilità termica dipende dal contenuto in umidità.

Sotto una soglia critica, ad una piccola variazione di umidità corrisponde una grande variazione di resistività termica.

Relazione tra conducibilità e porosità



Geoenergia

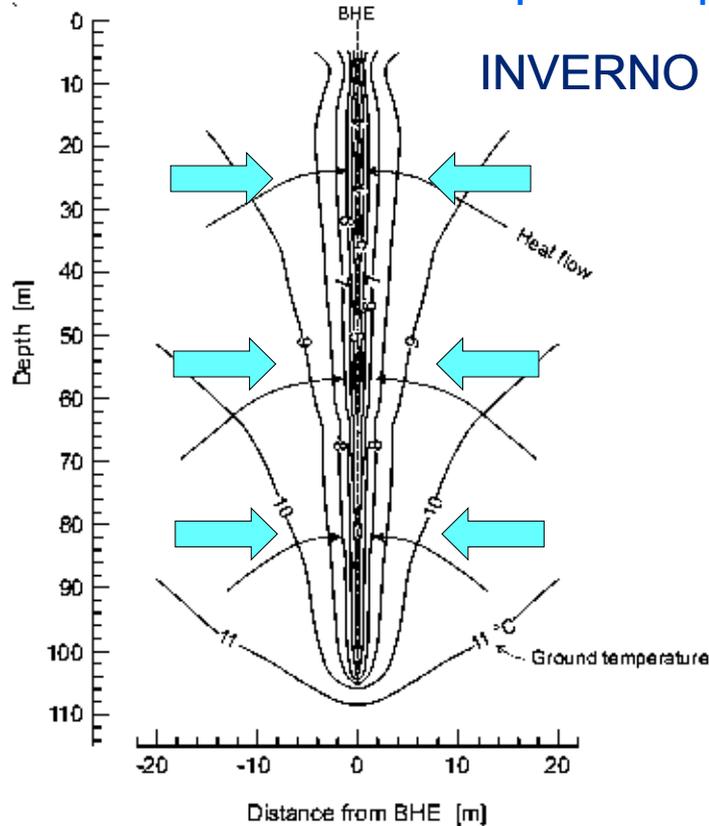
la rivoluzione dal basso.

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

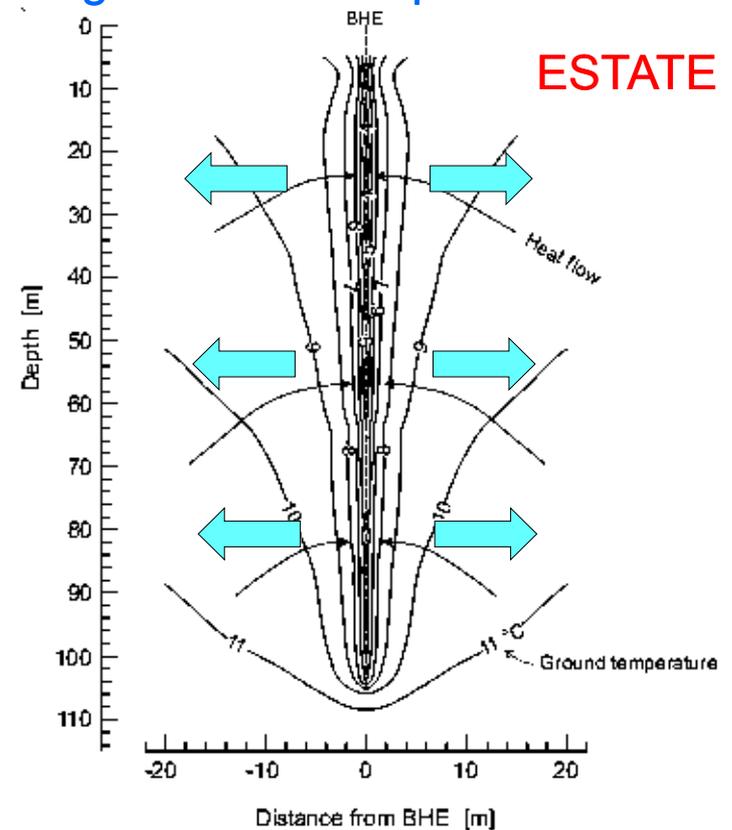
Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

LE CARATTERISTICHE TERMOFISICHE DEI TERRENI: Umidità e porosità

L'umidità si sposta in presenza di gradienti di temperatura



verso la sonda, più fredda, in inverno (diminuzione della resistenza termica / congelamento).



in allontanamento dalla sonda in estate (aumento della resistenza termica).

LE CARATTERISTICHE TERMOFISICHE DEI TERRENI: Effetti dello sfruttamento geotermico

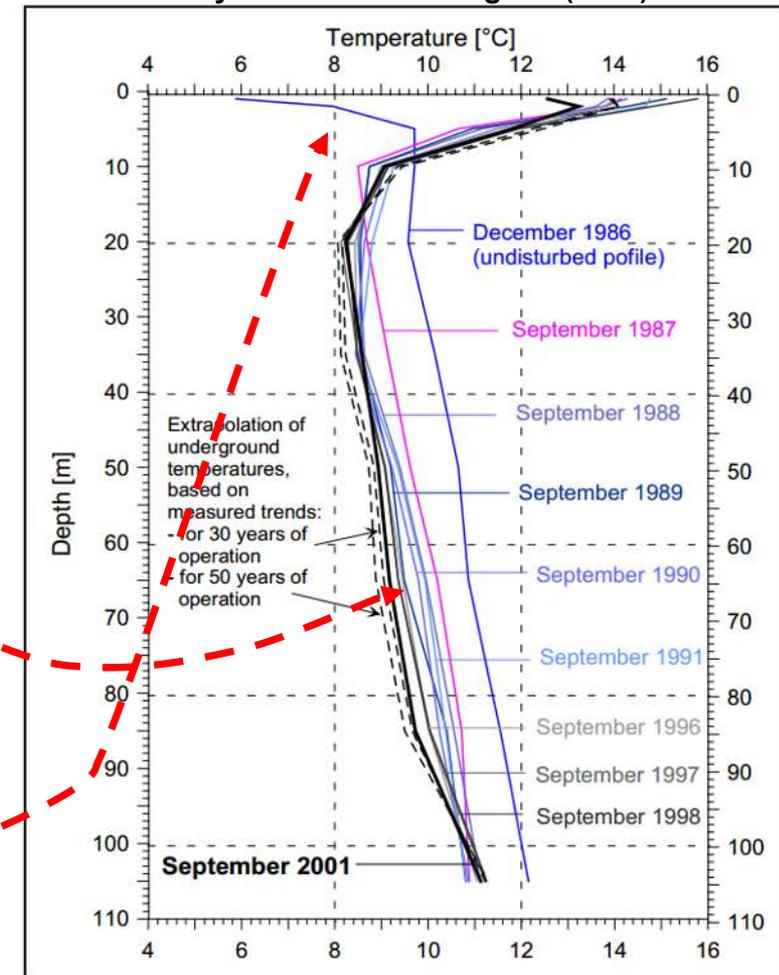
LE COMPETENZE DEL GEOLOGO NELLA PROGETTAZIONE DEI SISTEMI DI GEOSCAMBIO

La temperatura del suolo varia in seguito allo sfruttamento geotermico.

La temperatura del suolo è influenzata da diversi fattori quali temperatura esterna, gradiente geotermico, moti convettivi, ecc..

Ad ogni modo essa è una variabile spazio temporale, anche se le variazioni naturali stagionali sono significative solo nello strato superficiale termicamente instabile, in genere considerato i primi 10 metri al di sotto della superficie.

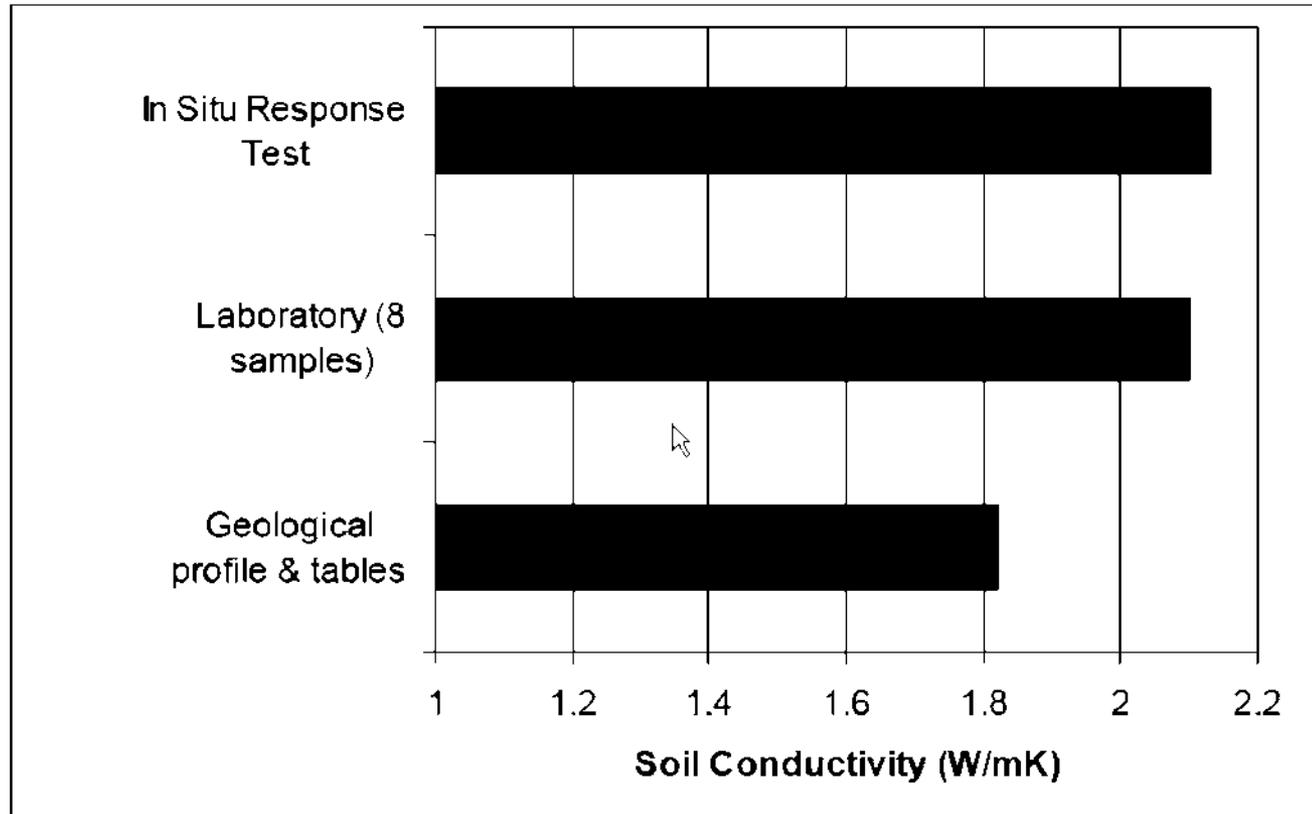
L. Rybach and W. J. Eugster (2002)



Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

LE CARATTERISTICHE TERMIFISICHE DEI TERRENI: Metodi di determinazione



LE COMPETENZE DEL GEOLOGO NELLA
PROGETTAZIONE DEI SISTEMI DI GEOSCAMBIO

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

L'INFLUENZA DELLA FALDA: Effetti positivi



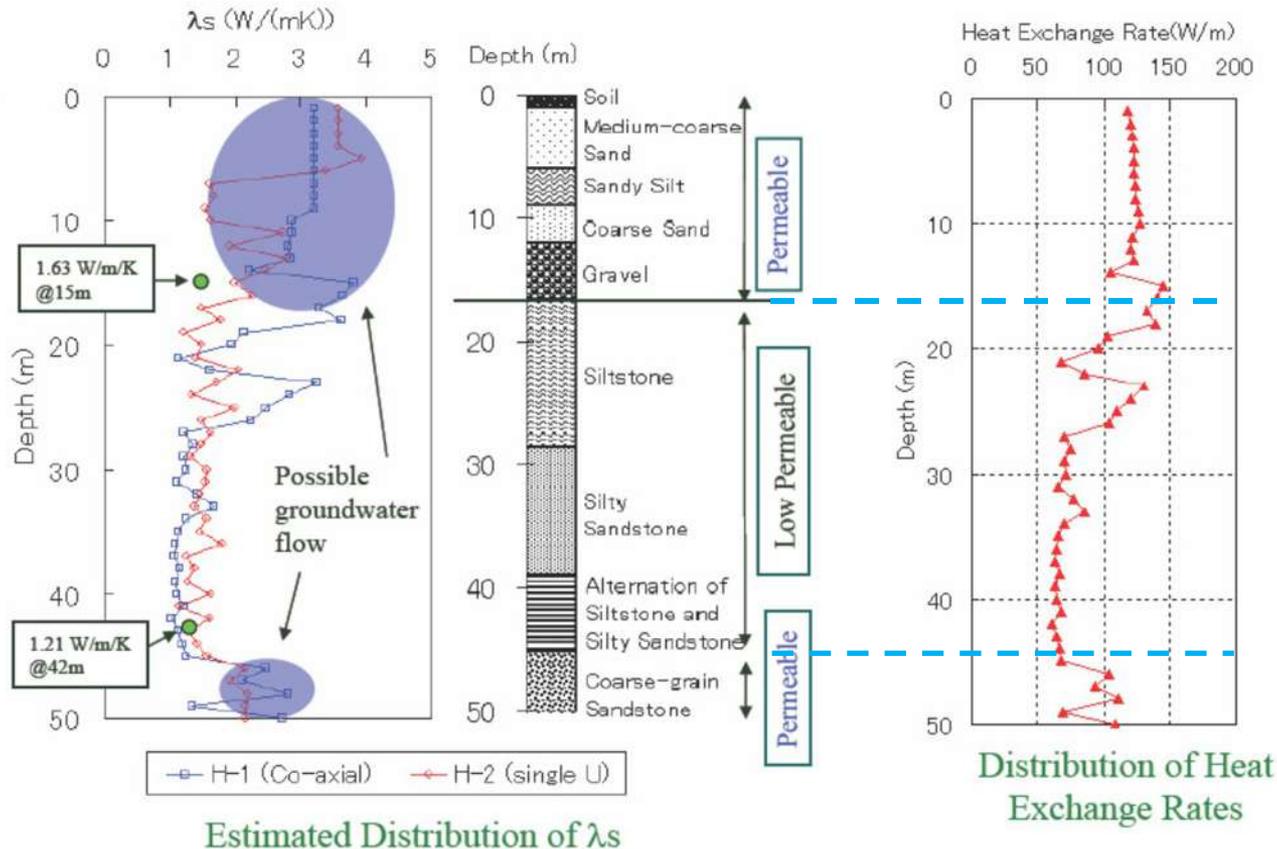
- Favorisce il contatto tra l'impianto ed il sottosuolo; ciò comporta un aumento del rendimento potenziale
- La presenza nel sottosuolo di una falda acquifera favorisce il ripristino del campo termico modificato dalle sonde geotermiche: in funzione della velocità, temperatura e geometria
- L'umidità naturale: nel caso di terreni insaturi migliora la conducibilità termica e garantisce un buon contatto tra sonda e sottosuolo

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

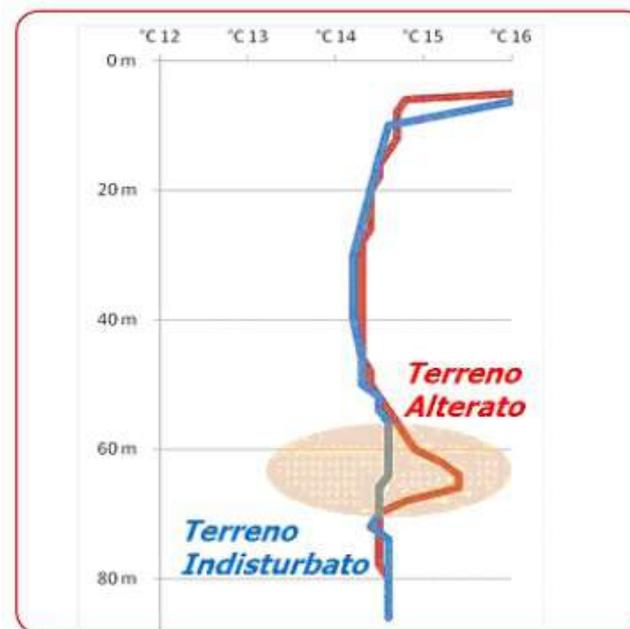
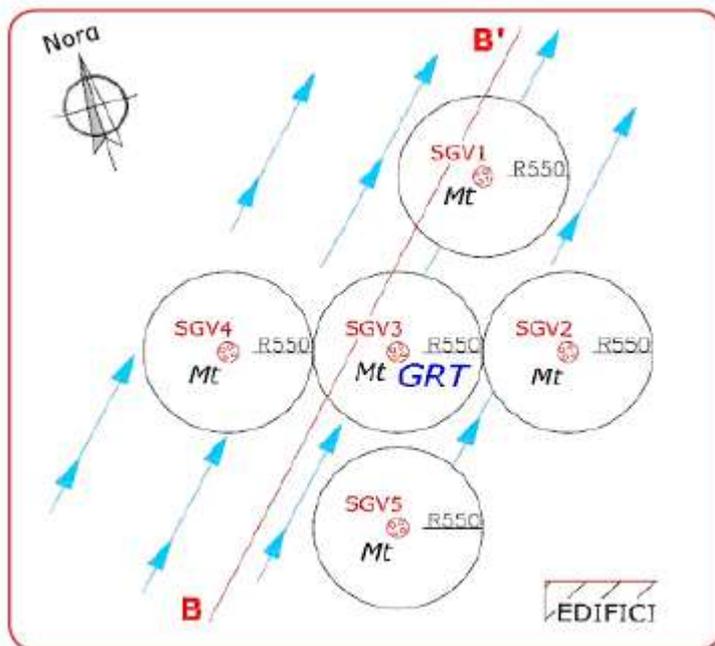
L'INFLUENZA DELLA FALDA

Estimated λ_s and Heat exchange Rates



L'INFLUENZA DELLA FALDA: Effetti negativi

- Interferenza termica tra le sonde dovuta alla dispersione del calore tramite il flusso della falda



Il ruolo del geologo nella progettazione dei sistemi di geoscambio



MODELLO GEOLOGICO

MODELLO IDROGEOLOGICO

MODELLO GEOTERMICO (GRT)

VERIFICA DEI VINCOLI E DEGLI IMPATTI

PROGETTAZIONE DEL CANTIERE

LE COMPETENZE DEL GEOLOGO NELLA
PROGETTAZIONE DEI SISTEMI DI GEOSCAMBIO

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

Geoenergia
la rivoluzione dal basso.

Quota (m s.l. od. m.)	prof. (m dalla p.c.)	Spessore (m)	Falso	Stratigrafia	Descrizione
58	2	2			Terreno agrario
54	6	4			Argilla
44	16	10			Ghiaia immersa in matrice limo argillosa
40	20	4	18		Sabbia e ghiaia
28	32	12			Ghiaia immersa in matrice limo argillosa
6	54	22			Argilla-limosa
-4	64	10			Sabbia e ghiaia
-20	80	16			limo-sabbioso

IL MODELLO GEOTERMICO

Comparazione con i profili termici

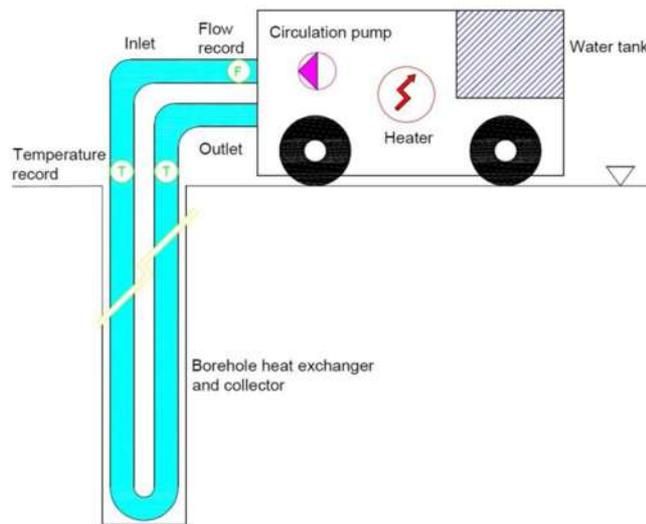


Spessore	Litotipo	Umidità	Conducibilità termica	Potenza estraibile	Valore teorico potenza estraibile
(m)			(W/mk)	(W/m)	(W)
6	argilla	umido	0.4	20	120
10	Ghiaia in matrice limo-argillosa	umido	1.2	34	340
4	Sabbia e ghiaia	saturo	2.1	65	260
12	Ghiaia in matrice limo-argillosa	saturo	2.3	60	720
22	Argilla-limosa	umido	1.2	35	770
10	Sabbia e ghiaia	saturo	2.4	70	700
16	limo-sabbioso	saturo	1.9	55	880
				TOTALE [W]	3790
				Resa media [W/m]	47,4

IL MODELLO GEOTERMICO: Test di Risposta termica (TRT o GRT)

Il Test di Risposta Termica (TRT) è, oggi, il test in situ per la caratterizzazione delle proprietà termiche del terreno con il più alto grado di accuratezza.

Il TRT consiste nella simulazione delle operazioni di iniezione/estrazione di calore a potenza costante all'interno di una Sonda Geotermica Verticale per un tempo limitato (Gehlin, 2002)



Il ruolo del geologo nella progettazione dei sistemi di geoscambio - SINTESI

- Predisposizione del modello geologico ed idrogeologico
- Indicazioni sulla fattibilità dell'opera
- Indicazioni sulla tipologia di impianto
- Configurazione del campo sonde
- Organizzazione del cantiere – Metodi di perforazione
- Caratterizzazione geotermica del sottosuolo
- Analisi dei vincoli e degli impatti
- Studi di area vasta



Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

Geoenergia
la rivoluzione dal basso.

ESEMPIO DI INTERVENTO FINANZIATO DAL POR-FESR CAMPANIA 2007/2013



Il finanziamento

ASSE 3 «Energia»

Obiettivo specifico 3 a - Risparmio Energetico e Fonti Rinnovabili

Ridurre il deficit energetico, agendo, in condizioni di sostenibilità ambientale, sul fronte della produzione, della distribuzione e dei consumi

Obiettivo operativo 3.1 “Offerta Energetica da fonte rinnovabile”

Obiettivo operativo 3.3 “Contenimento ed efficienza della domanda”

Programma ENERGIA EFFICIENTE – Bando del 29/08/2013

Avviso pubblico ai comuni aventi sede nella regione Campania, e le loro forme associative, per la presentazione di istanze per la realizzazione di interventi finalizzati alla realizzazione di impianti per la produzione di energia rinnovabile a servizio di edifici di proprietà dei comuni ed alla realizzazione di interventi di efficientamento energetico degli edifici di proprietà dei comuni

Dotazione finanziaria a valere sul bando

45 milioni di Euro (15 M€ O.o. 3.1 – 30 M€ O.o. 3.3)

Beneficiari

Comuni della Regione Campania

Contributo concedibile

100% delle spese ammissibili

Geoenergia

la rivoluzione dal basso.

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

ESEMPIO DI INTERVENTO FINANZIATO DAL POR-FESR CAMPANIA 2007/2013



Il Bando – Interventi ammissibili

- **Obiettivo operativo 3.1 - “Offerta Energetica da fonte rinnovabile”**
 - ❑ Impianti solari fotovoltaici;
 - ❑ Impianti solari termici e/o di solar cooling;
 - ❑ Impianti solari a concentrazione

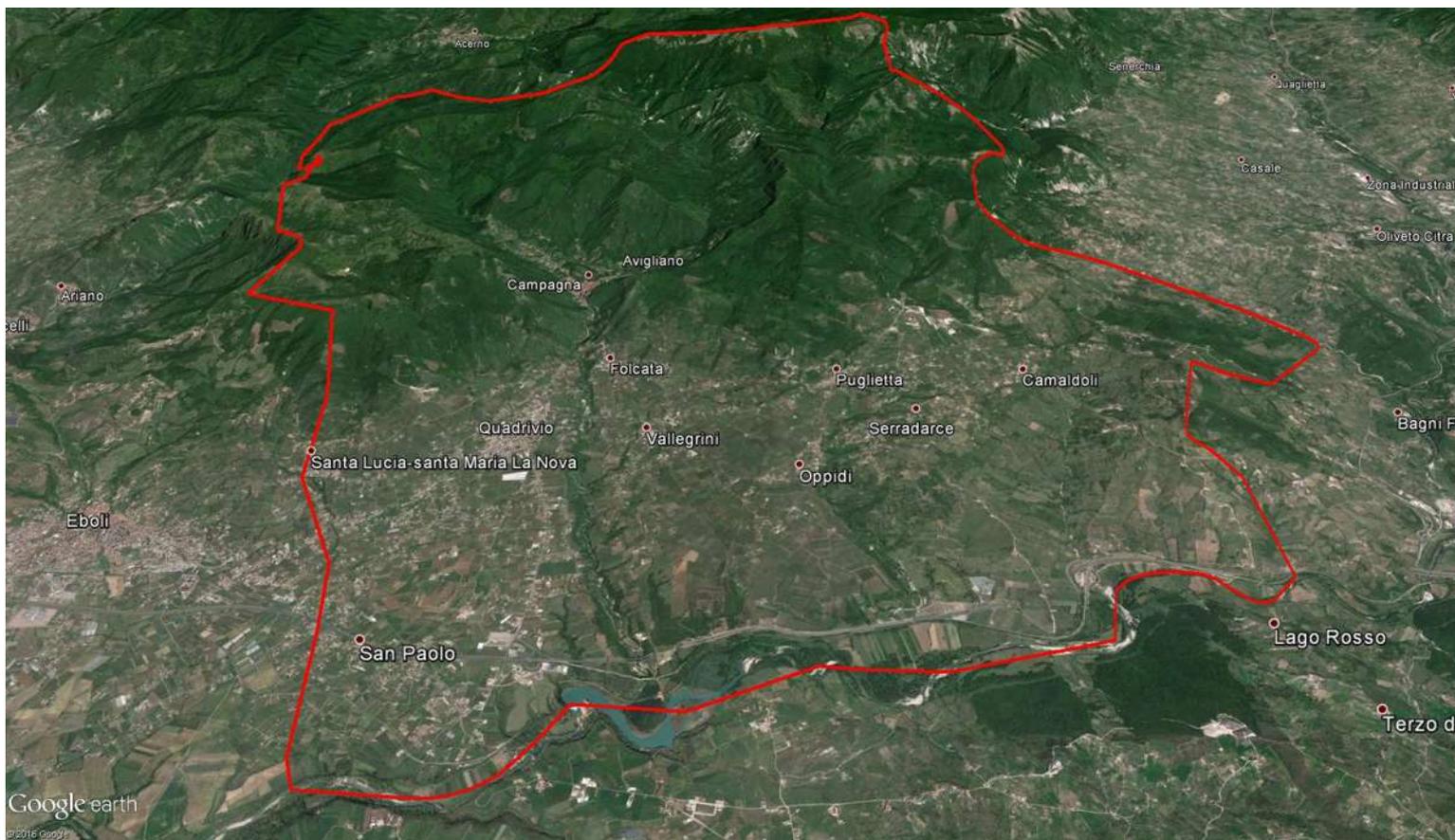
- **Obiettivo operativo 3.3 - “Contenimento ed efficienza della domanda”**
 - ❑ **interventi sull'involucro degli edifici**, anche degli edifici di elevato pregio architettonico, paesaggistico, storico e culturale al fine di promuovere l'efficienza energetica e il risparmio energetico anche attraverso la riduzione della trasmittanza termica degli elementi costituenti l'involucro;
 - ❑ **interventi di ristrutturazione e sostituzione di impianti generali**, elettrici e/o degli impianti di riscaldamento e raffrescamento convenzionali con eventuale e connessa realizzazione di impianti di cogenerazione ad alto rendimento e/o **impianti geotermici con pompe di calore geotermiche a bassa entalpia** al fine di promuovere l'efficienza energetica e il risparmio energetico.

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Ubicazione intervento: Comune di Campagna (SA)



Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

Geoenergia
la rivoluzione dal basso.

GLI EDIFICI OGGETTO DI INTERVENTO

Scuola Media "E. De Nicola"



Volume lordo dell'edificio (V)	10251 m ³
Superficie esterna che delimita il volume (S)	4714 m ²
Rapporto S/V	0,460 m ⁻¹
Superficie utile energetica dell'edificio	2455 m²

N. Utenti	
E. De Nicola	400

Generatore	Alimentazione	Potenza [kW]
Biklim mod. PR1	Gasolio	488.3



	Anno: 2010	Anno: 2011	Anno: 2012
(MWh):	34,197	(MWh): 36,534	(MWh): 40,66
Spesa (euro/anno):	6579,56	Spesa (euro/anno): 7502,34	Spesa (euro/anno): 9319,17

	Anno: 2010	Anno: 2011	Anno: 2012
litri	16.948	litri 14.489	litri 14.947
Spesa (euro/anno):	18010,82	Spesa (euro/anno): 18185,5	Spesa (euro/anno): 20663,2

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

Scuola Elementare “Don Milani”



Volume lordo dell’edificio (V)	3585 m ³
Superficie esterna che delimita il volume (S)	2559 m ²
Rapporto S/V	0,714 m ⁻¹
Superficie utile energetica dell’edificio	2455 m²

	N. Utenti
E. De Nicola	170

Generatore	Alimentazione	Potenza [kW]
Biklim mod. TS1	Gasolio	83



	Anno: 2010	Anno: 2011	Anno: 2012
(MWh):	8,672	(MWh): 7,747	(MWh): 7,812
Spesa (euro/anno):	2087,68	Spesa (euro/anno): 2048,76	Spesa (euro/anno): 2237,31

	Anno: 2010	Anno: 2011	Anno: 2012
litri	10.636	litri 6.502	litri 12.971
Spesa (euro/anno):	11071,38	Spesa (euro/anno): 7957,81	Spesa (euro/anno): 13445,6

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

GLI EDIFICI OGGETTO DI INTERVENTO

Scuola Elementare "A. Frank"



Volume lordo dell'edificio (V)	3342 m ³
Superficie esterna che delimita il volume (S)	1,999 m ²
Rapporto S/V	0,578 m ⁻¹
Superficie utile energetica dell'edificio	490 m²

N. Utenti	
A. Frank	96

Generatore	Alimentazione	Potenza [kW]
Chaffoteaux et Maury mod. Moduloflame 80	GPL	88,4



Anno: 2010		Anno: 2011		Anno: 2012	
(MWh):	3,194	(MWh):	3,032	(MWh):	2,541
Spesa (euro/anno):	887,64	Spesa (euro/anno):	917,94	Spesa (euro/anno):	946,75

Anno: 2010		Anno: 2011		Anno: 2012	
litri	6.450	litri	4.100	litri	4.600
Spesa (euro/anno):	4740,6	Spesa (euro/anno):	3201,25	Spesa (euro/anno):	4199,95

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

GLI EDIFICI OGGETTO DI INTERVENTO

Scuola Elementare "Vallegrini"



Volume lordo dell'edificio (V)	3342 m ³
Superficie esterna che delimita il volume (S)	1,999 m ²
Rapporto S/V	0,578 m ⁻¹
Superficie utile energetica dell'edificio	490 m²

N. Utenti	
Vallegrini	120

Generatore	Alimentazione	Potenza [kW]
Biklim mod. TS1	Gasolio	145,3



Anno: 2010		Anno: 2011		Anno: 2012	
(MWh):	15,815	(MWh):	12,606	(MWh):	9,711
Spesa (euro/anno):	3298,28	Spesa (euro/anno):	2891,87	Spesa (euro/anno):	2469,64

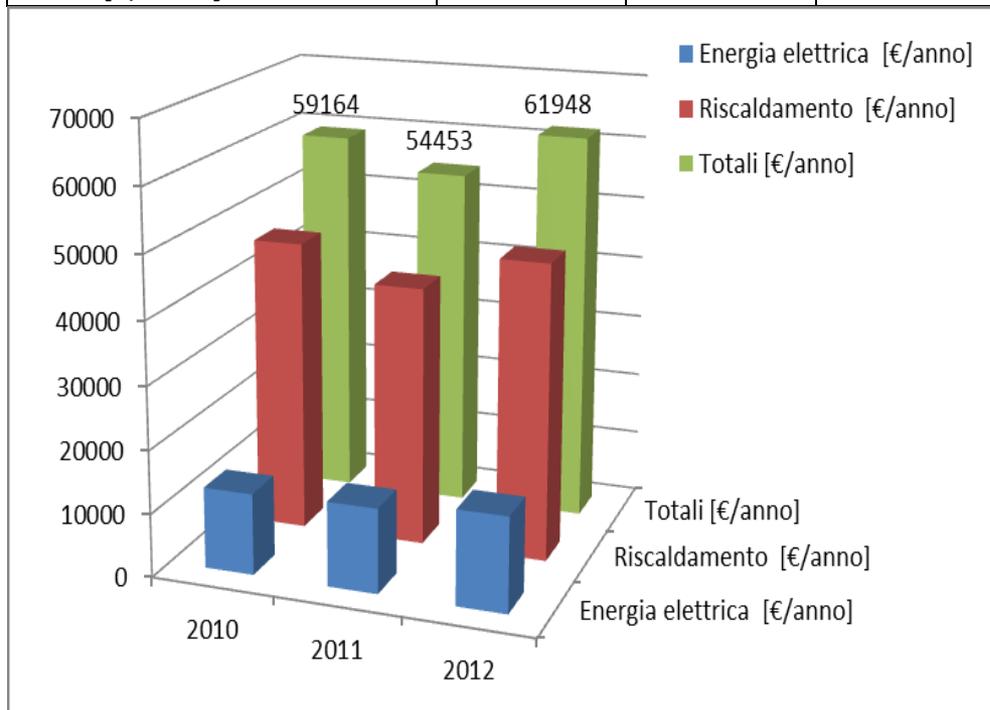
Anno: 2010		Anno: 2011		Anno: 2012	
litri	12.040	litri	9.501	litri	9.484
Spesa (euro/anno):	12488,19	Spesa (euro/anno):	11747,2	Spesa (euro/anno):	8666,19

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

I CONSUMI COMPLESSIVI

	2010	2011	2012
Energia elettrica [€/anno]	12853	13361	14973
Riscaldamento [€/anno]	46311	41092	46975
Totali [€/anno]	59164	54453	61948



Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

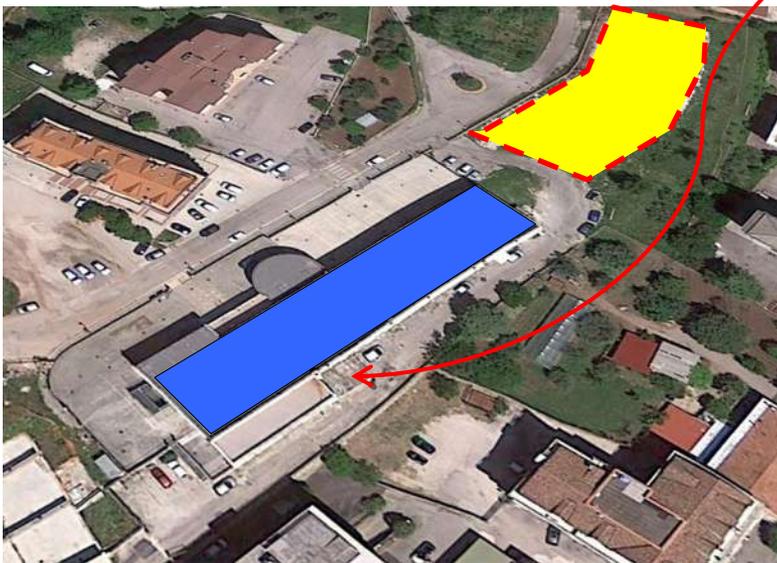
INTERVENTI REALIZZATI

Scuola Media "E. De Nicola"



Scuola "E. De Nicola"			
Isolamento Involucro		Impianti	
Partizioni opache	Elementi trasparenti	Produzione	Emissione
	Sostituzione infissi esistenti	Sostituzione caldaia a gasolio con impianto geotermico a bassa entalpia	Sostituzione elementi scaldanti in ghisa con ventilconvettori a bassa temperatura

+ impianto fotovoltaico da 50 kWp



ORDINE DEI GEOLOGI DELLA PUGLIA



Geoenergia

la rivoluzione dal basso.

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

INTERVENTI REALIZZATI

Scuola Elementare "Don Milani"



Scuola "Don Milani"			
Isolamento involucro		Impianti	
Partizioni opache	Elementi trasparenti	Produzione	Emissione
Cappotto su pareti esterne	Sostituzione infissi esistenti in alluminio	Sostituzione caldaia a gasolio con pompa di calore aria-acqua ad alta temperatura	Sostituzione parziale elementi scaldanti in ghisa con ventilconvettori a bassa temperatura

+ impianto fotovoltaico da 20 kWp



INTERVENTI REALIZZATI

Scuola elementare "A. Frank"



Scuola "A. Frank"			
Isolamento involucro		Impianti	
Partizioni opache	Elementi trasparenti	Produzione	Emissione
Completamento isolamento termico di copertura	Sostituzione infissi esistenti in alluminio	Sostituzione caldaia a GPL con impianto geotermico a bassa entalpia	Sostituzione elementi scaldanti in ghisa con ventilconvettori a bassa temperatura

+ impianto fotovoltaico da 10 kWp



INTERVENTI REALIZZATI

Scuola elementare "Vallegrini"



Scuola "Vallegrini"			
Isolamento involucro		Impianti	
Partizioni opache	Elementi trasparenti	Produzione	Emissione
Cappotto su pareti esterne; Pareti ventilate in sostituzione delle attuali pareti a vetrata; Isolamento termico di copertura	Sostituzione infissi esistenti	Sostituzione caldaia a gasolio con impianto geotermico a bassa entalpia	Sostituzione elementi scaldanti (radiatori in ghisa e ventilconvettori) con ventilconvettori a bassa temperatura

+ impianto fotovoltaico da 20 kWp



IMPORTO LAVORI



N	Categorie	importo categoria	%
001	Impianti geotermici	€ 246'938,27	26,3
002	Impianti di climatizzazione	€ 240'336,45	25,6
003	Impianti elettrici	€ 39'156,90	4,2
004	Sistemi di supervisione e controllo	€ 55'810,00	5,9
005	Interventi di efficientamento dell'involucro edificio	€ 357'446,02	38,0
Totale CATEGORIE		€ 939'687,64	100

€ 684'554,13

N	Categorie	importo categoria	%
001	Sonde Geotermiche	€ 189'291,70	20,1
002	Sistema di distribuzione orizzontale	€ 57'646,57	6,1
003	Centrale termica	€ 142'770,00	15,1

+

N	Categorie	importo categoria	%
001	Fotovoltaico scuola De Nicola (50 kWp)	€ 107'673,07	48,0
002	Fotovoltaico scuola A. Frank (10 kWp)	€ 23'678,27	10,6
003	Fotovoltaico scuola Don Milani (20 kWp)	€ 44'889,23	20,0
004	Fotovoltaico scuola Valleggrini (20 kWp)	€ 48'173,14	21,5
Totale CATEGORIE		€ 224'413,71	100

€ 157'011,82

009	Isolamento partizioni opache verticali (Cappotti)	€ 19'538,62	10,0
010	Isolamento partizioni opache verticali (Pareti ventilate)	€ 19'538,62	2,1
011	Isolamento elementi trasparenti (Infissi)	€ 134'256,45	14,3
012	Isolamento partizioni opache orizzontali (coperture)	€ 105'314,50	11,2
013	Opere edili	€ 3'116,42	0,3
Totale SUB CATEGORIE euro		€ 1'164'101,35	100,0

Importo lavori di progetto

Importo lavori di contratto

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

Progettazione geologica

- Predisposizione del modello geologico ed idrogeologico
- Caratterizzazione geotermica del sottosuolo
- Configurazione del campo sonde
- Organizzazione del cantiere – Metodi di perforazione

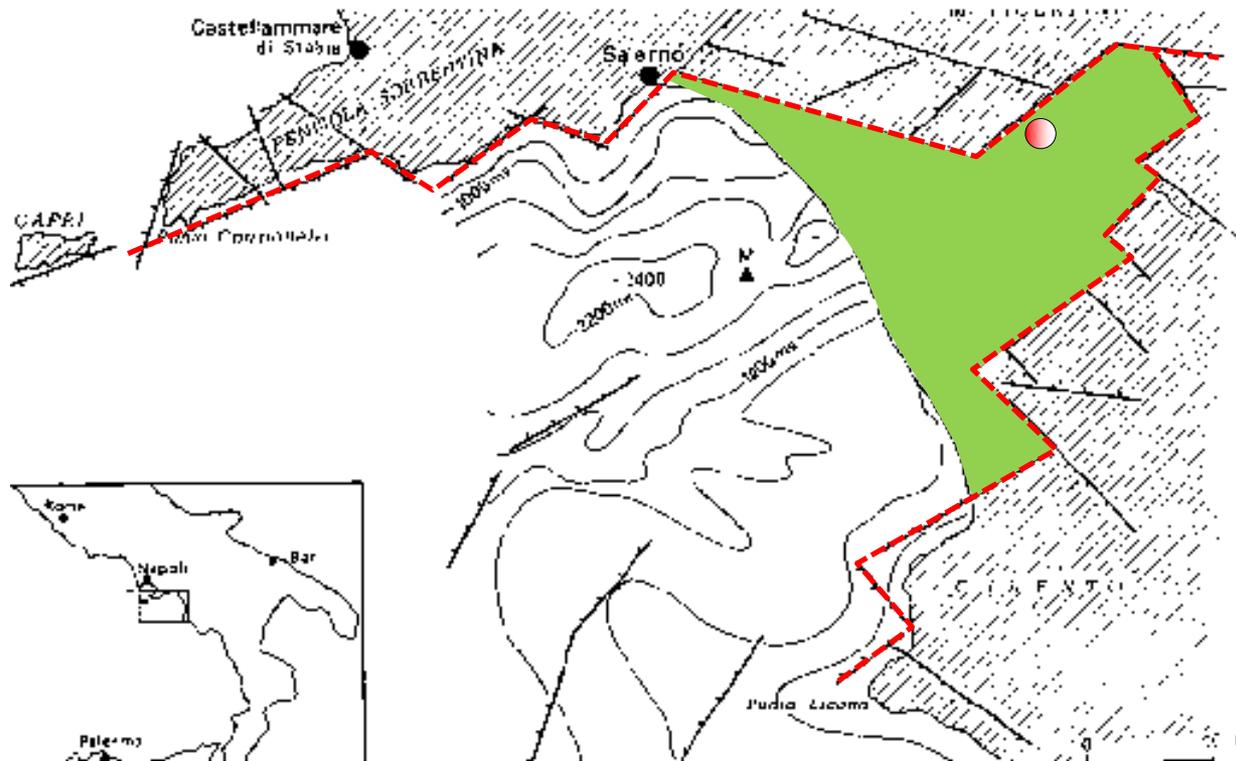


Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

Geoenergia
la rivoluzione dal basso.

Modello Geologico

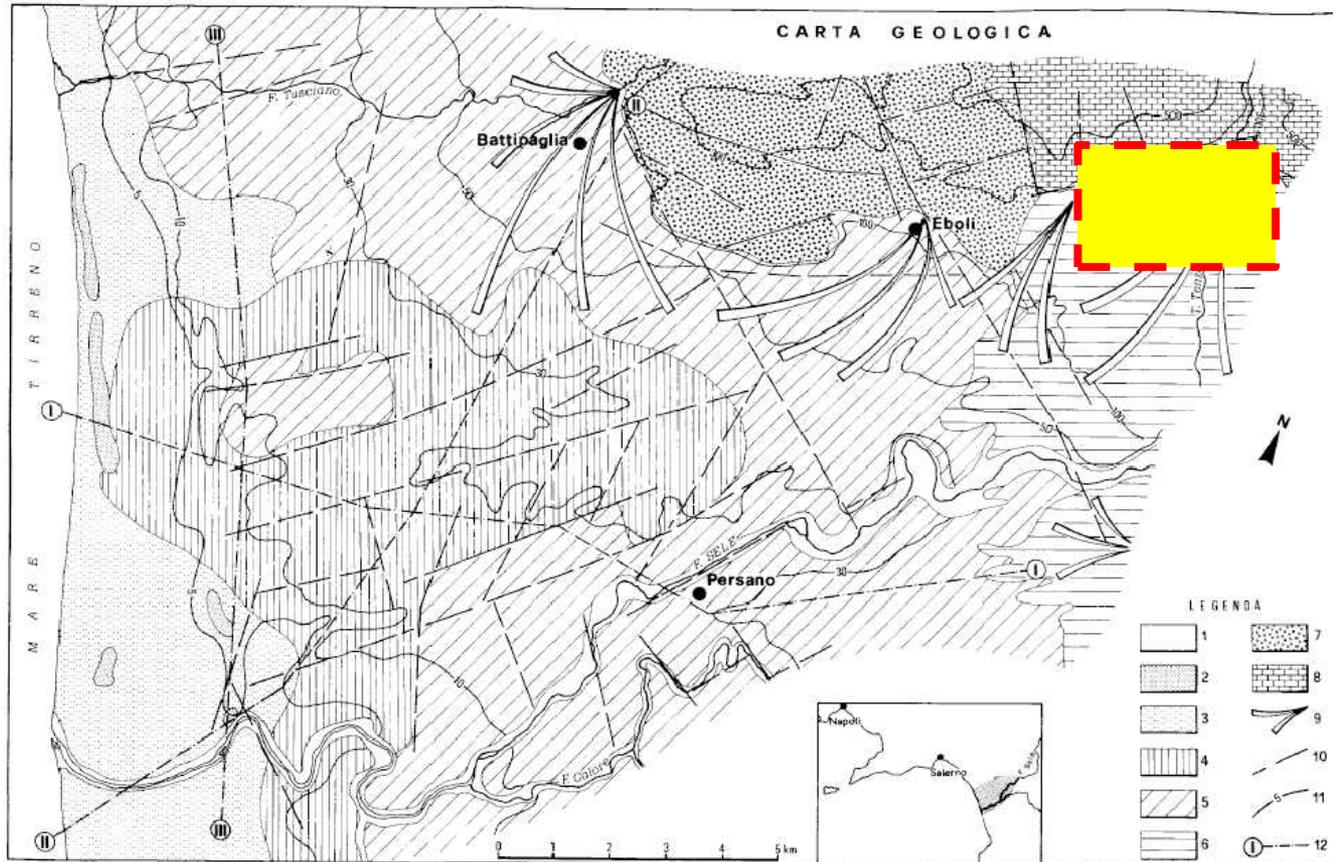


La Piana del Sele, è una pianura alluvionale che occupa la parte emersa del graben peritirrenico del Golfo di Salerno

Modello Geologico



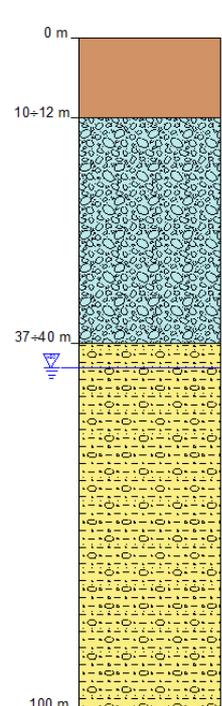
ORDINE DEI GEOLOGI
DELLA PUGLIA



Schema geologico della Piana in destra Sele
(Budetta et al., 1996)

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

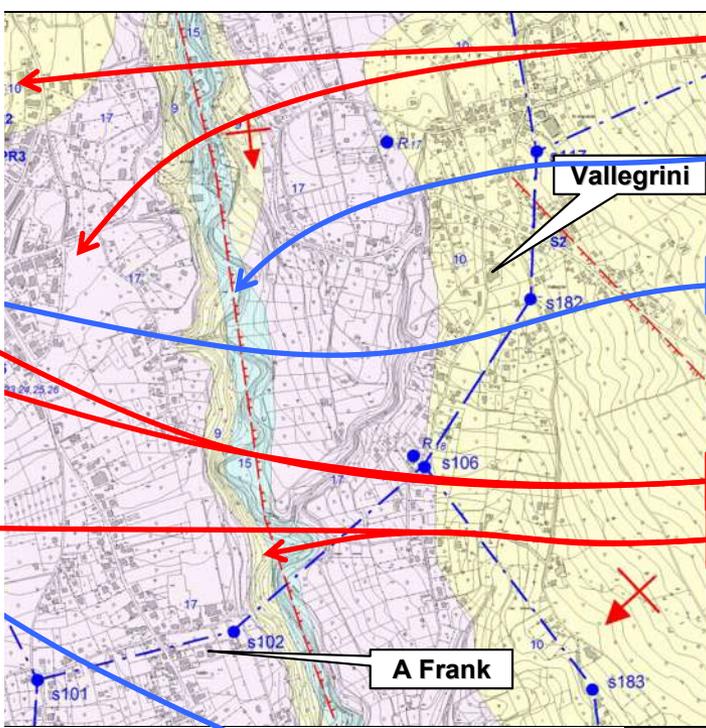
Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus



Depositi eluvio-colluviali (limo-sabbioso)

Formazione di Puglietta
Conglomerati a clasti calcarei smussati
in matrice sabbiosa

Formazione del Quadrivio
ghiaie sabbioso-limose
con intercalazioni di travertino



- 17 = Terreni eluviali prevalentemente limosi e piroclastici sciolte generalmente alterate con intercalazioni lenticolari di detriti calcarei (Olocene);
- 16 = Terreni alluvionali di fondo valle costituiti da ghiaie, sabbie e limi periodicamente rimobilizzati (Olocene);
- 15 = Terreni alluvionali terrazzati costituiti da ghiaie, sabbie e limi (Olocene - Pleistocene superiore);
- 14 = Terreni piroclastici sciolti prevalentemente alterati (Olocene - Pleistocene superiore);
- 13 = Terreni detritici costituiti da clasti lapidei prevalentemente carbonatici, con matrice rappresentata da piroclastici alterate (Olocene - Pleistocene superiore);
- 12 = Terreni detritici costituiti da clasti lapidei in abbondante matrice argillosa (Olocene - Pleistocene superiore);
- 11 = Detrito di frana costituito da prismi lapidei anche di notevoli dimensioni e da argille caotiche (Olocene - Pleistocene superiore);
- 10 = Terreni detritici della Formazione di Puglietta costituiti da clasti e sabbie carbonatiche (Pleistocene superiore);
- 9 = Terreni detritici e travertini della Formazione di Quadrivio (Pleistocene medio);
- 8 = Terreni detritici e travertini della Formazione di Serra d'Arce (Pleistocene medio);
- 7 = Terreni detritici della Formazione di Conglomerati di Eboli (Pleistocene inferiore - medio);
- 6 = Terreni argillosi con intercalazioni di arenarie (Miocene superiore);
- 5 = Terreni argillosi con intercalazioni di marne, calcareniti ed arenarie, con giacitura disturbata e caotica, appartenenti alla copertura terrigena (Miocene inferiore) della Piattaforma campano - lucana ed alle sovrastanti Unità delle Argille Varicolori (Oligene - Miocene inferiore);
- 4 = Terreni carbonatici (calcarei e dolomie) dell'Unità della Piattaforma campano lucana (Trias - Cretacico superiore);
- 3 = Terreni carbonatici, silicei, argillosi, marnosi e quarzarenitici delle Unità Lagonegresi (Trias - Miocene inferiore);
- 2 = Terreni aranacei ed argillosi della copertura terrigena della Piattaforma abruzzese - campana, appartenenti alle Formazioni di Vallimala (Miocene medio - superiore);
- 1 = Terreni carbonatici con intercalazioni di marne della Formazione di Monte Croce, appartenenti all'Unità della Piattaforma abruzzese - campana (Trias - Miocene medio).

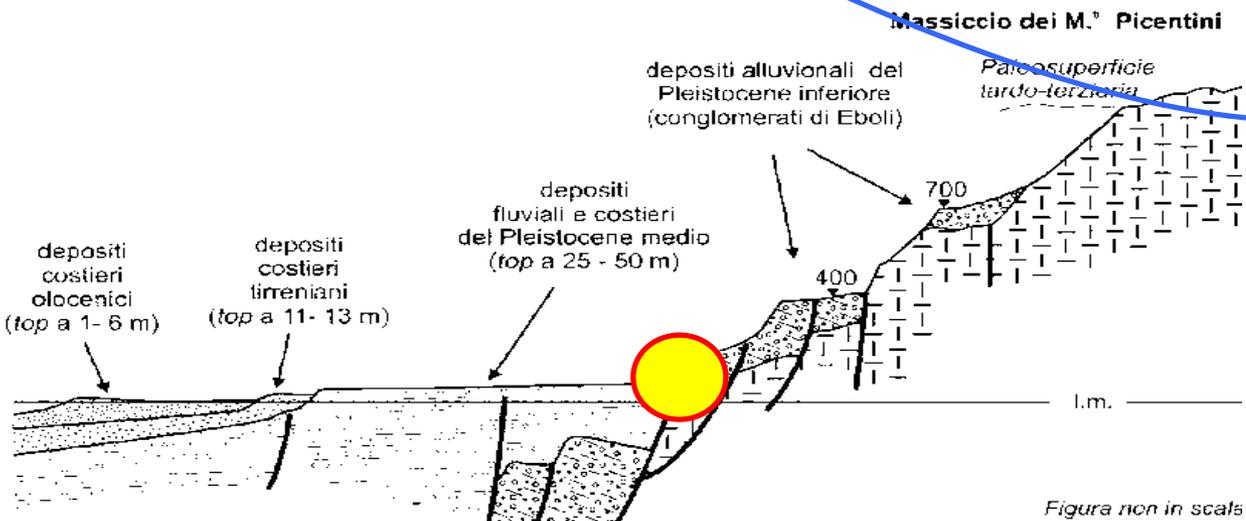
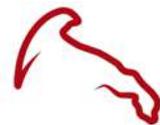
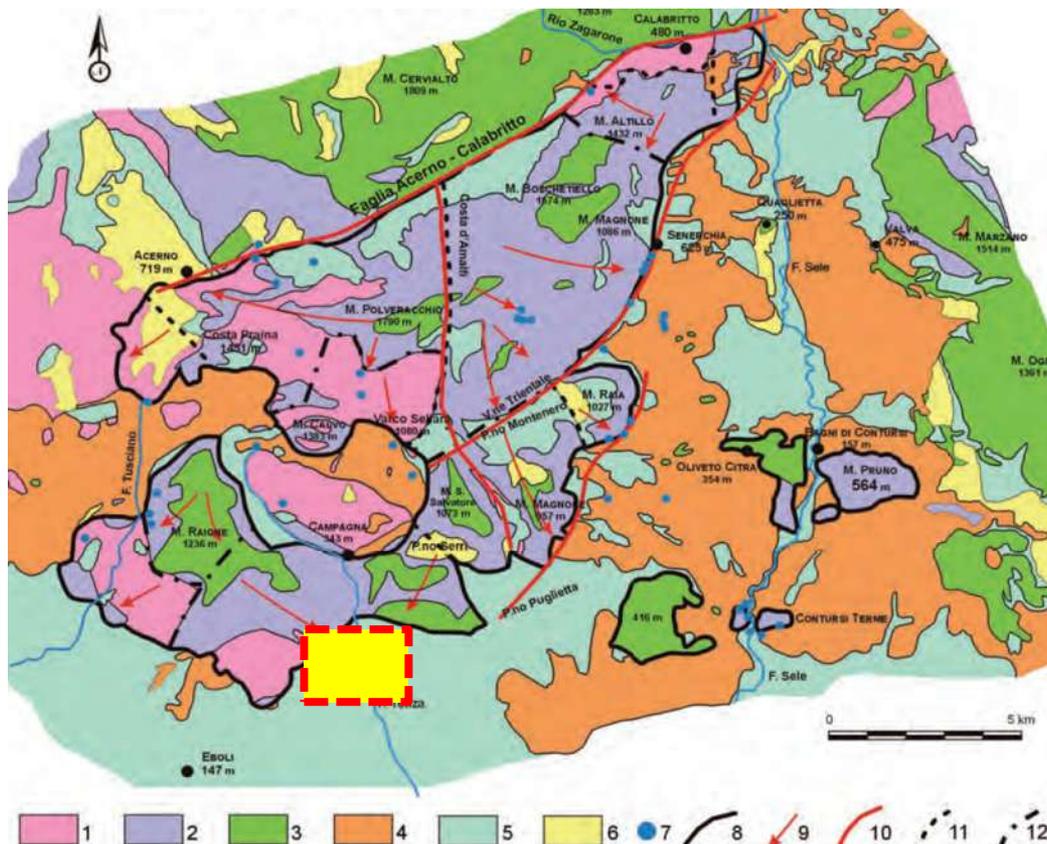


Figura non in scala

Modello Idrogeologico



ORDINE DEI GEOLOGI
DELLA PUGLIA



Legenda: 1) complesso dolomitico a permeabilità media; 2) complesso calcareo-dolomitico a permeabilità elevata; 3) complesso calcareo a permeabilità elevata; 4) complesso argilloso-marnoso-arenaceo a permeabilità bassa; 5) complesso detritico-alluvionale a permeabilità elevata; 6) complesso fluvio-lacustre-piroclastico a permeabilità mediobassa; 7) sorgente; 8) limite di Unità idrogeologica; 9) deflusso idrico sotterraneo; 10) faglia bordiera dell'idrostruttura del Polveracchio; 11) spartiacque sotterraneo tamponante; 12) spartiacque sotterraneo parzialmente tamponante. (da CELICO et alii, 1979, mod.)

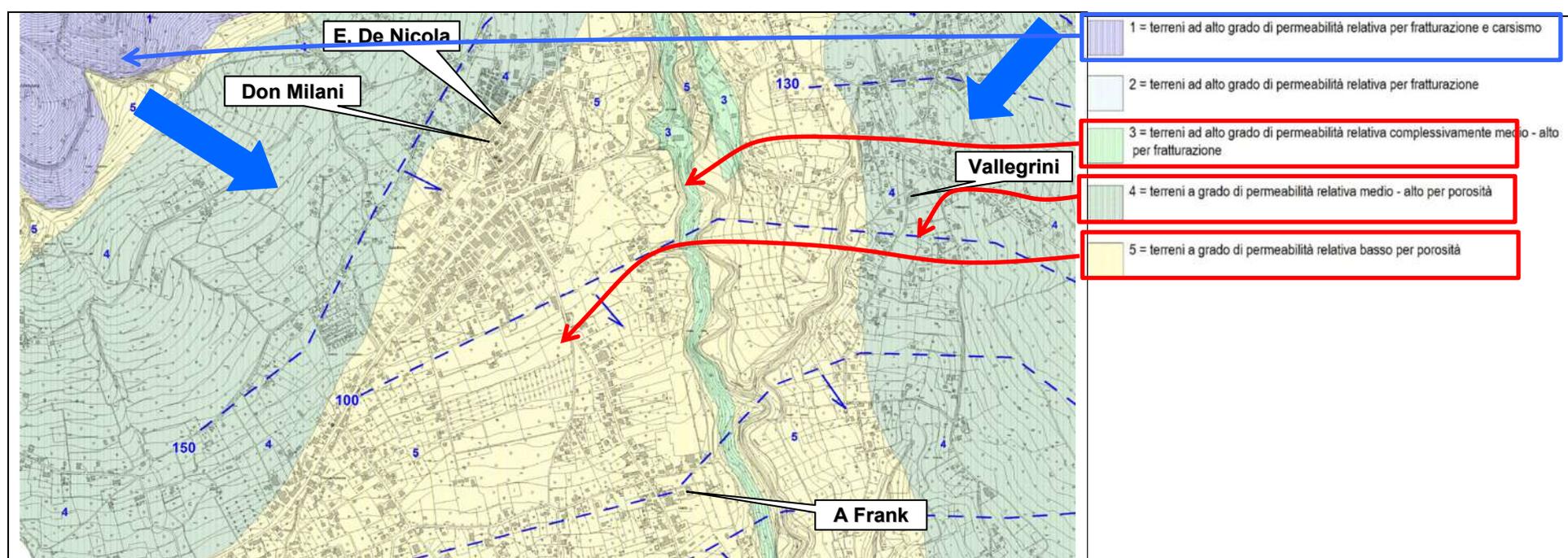
Schema idrogeologico Unità Idrogeologica Polveracchio-Raione(Celico et alii, 1979)

Geoenergia

la rivoluzione dal basso.

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus



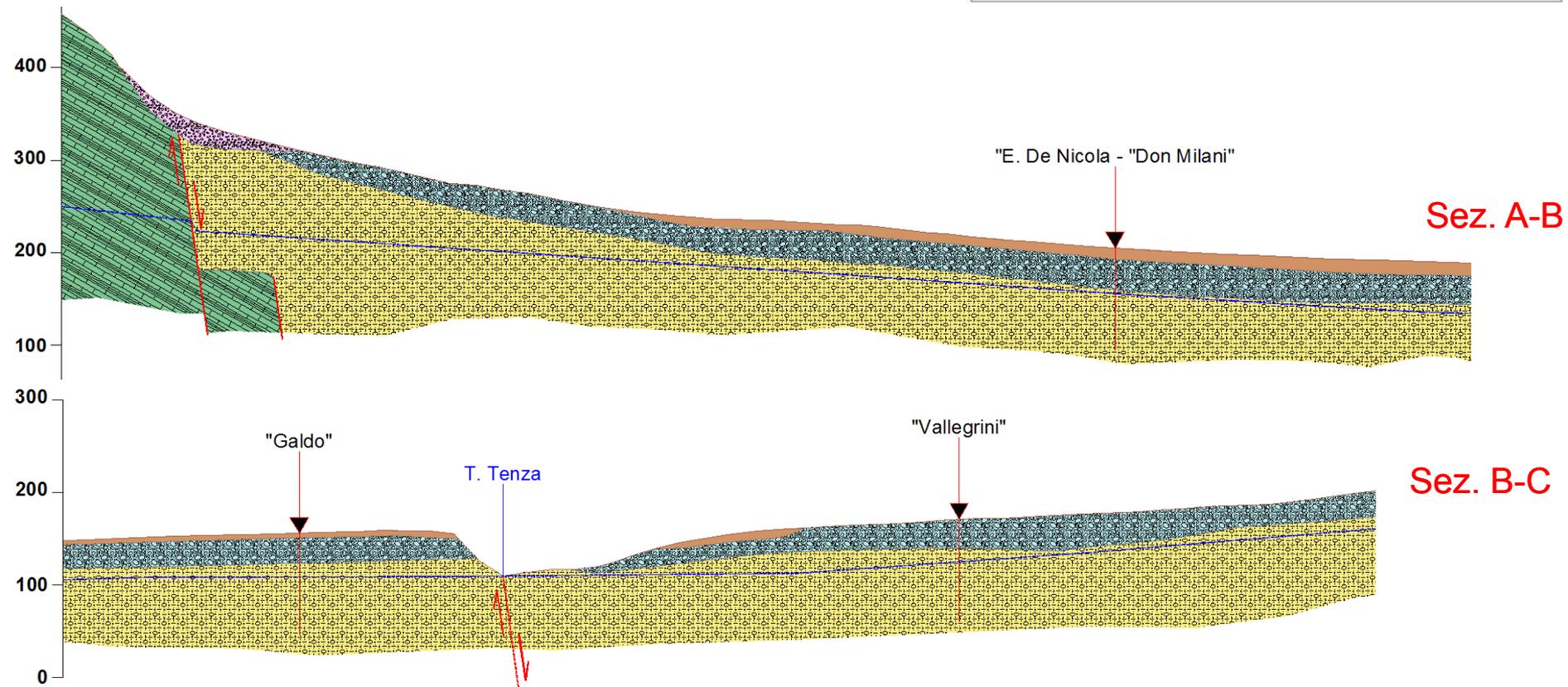
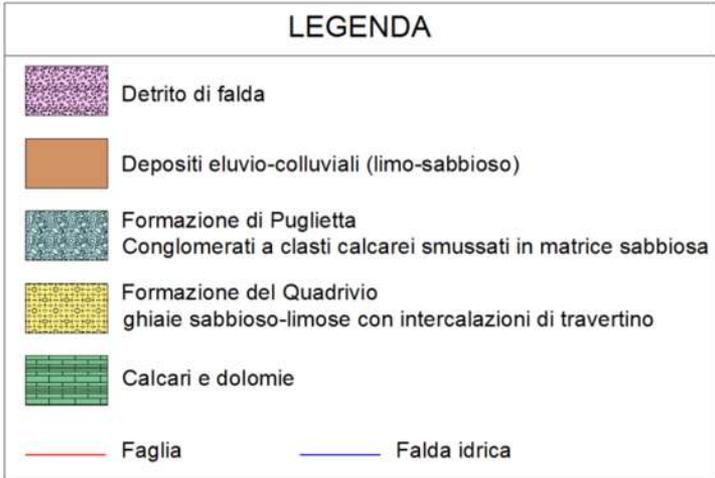
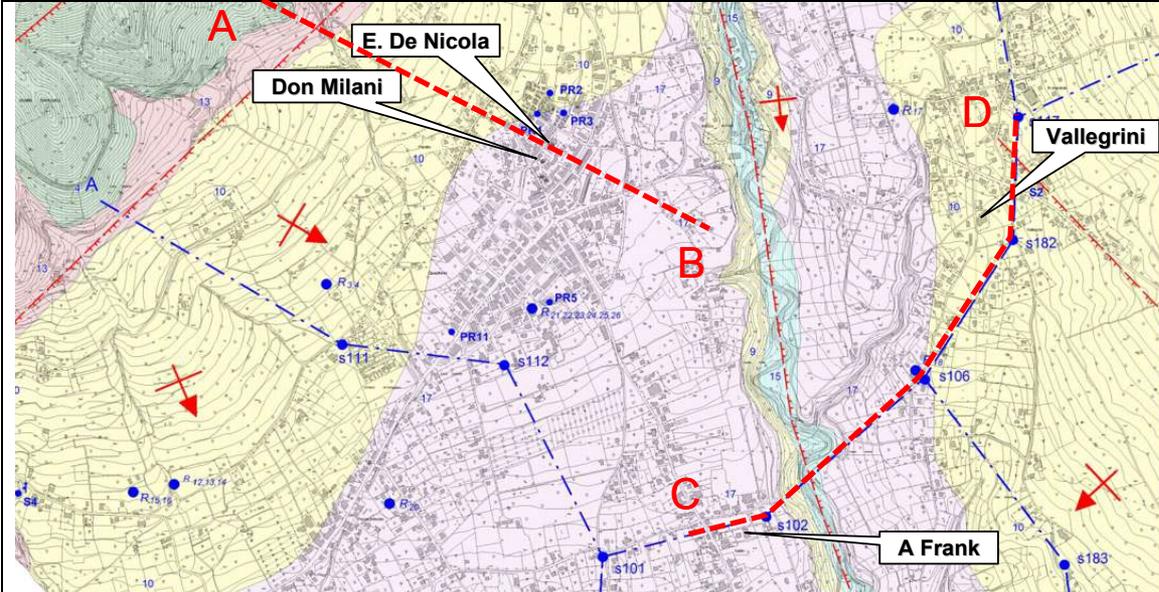
ORDINE DEI GEOLOGI
DELLA PUGLIA



Geoenergia
la rivoluzione dal basso.

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus



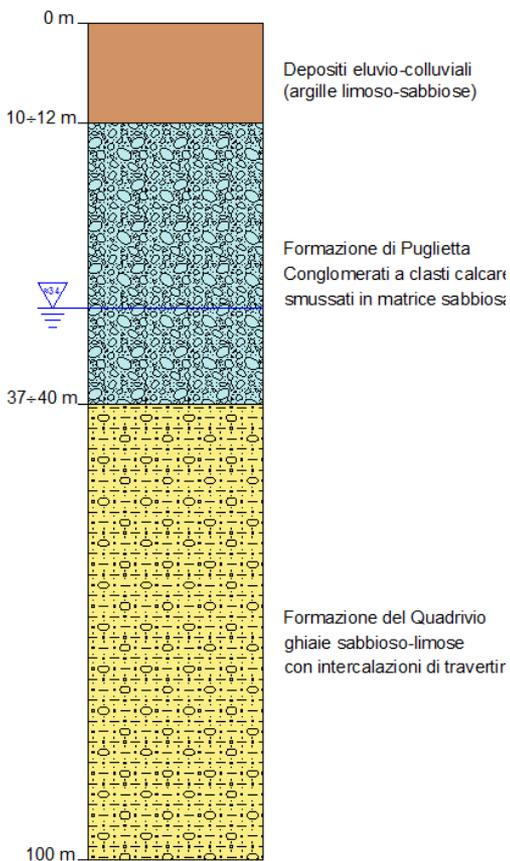
Stratigrafie di progetto



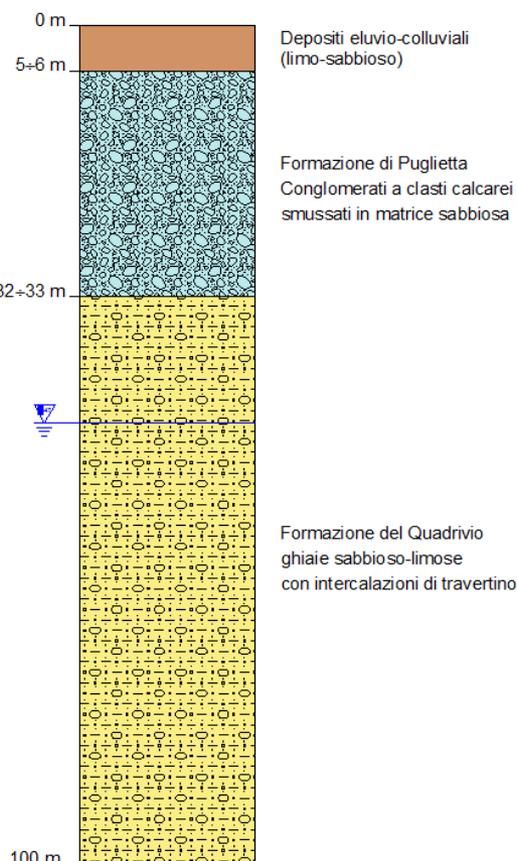
ORDINE DEI GEOLOGI DELLA PUGLIA



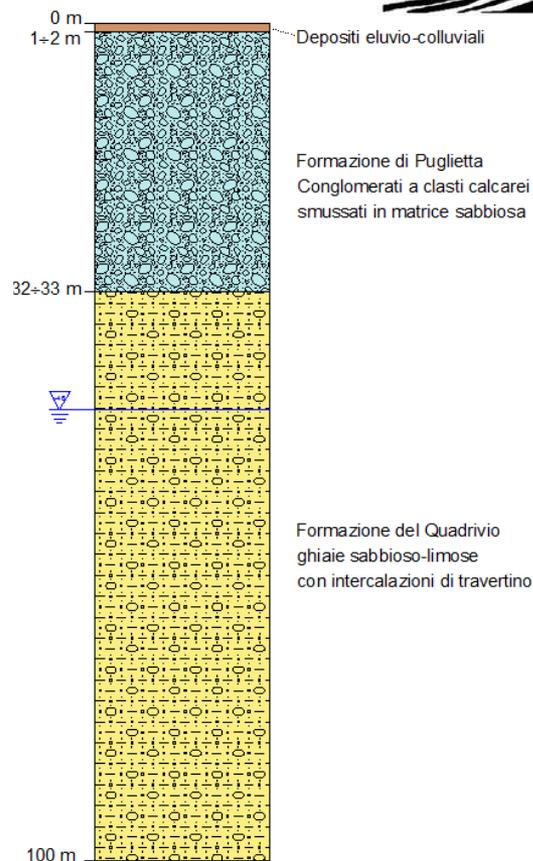
Stratigrafia De Nicola-Don Milani



Stratigrafia Galdo



Stratigrafia Vallegrini



Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

Geoenergia

la rivoluzione dal basso.

CARATTERISTICHE TERMOFISICHE DEI TERRENI



ORDINE DEI GEOLOGI DELLA PUGLIA



tipo di terreno	densità a secco kg/m ³	5% umidità		10% umidità		15% umidità		20% umidità	
		λ [W/(mK)]	α 10 ⁻⁶ m ² /s						
100% sabbia orduciana	1920	2.08-3.29	1.03-1.61	2.42-3.46	1.00-1.40	2.75-3.78	0.91-1.20	--	--
	1600	1.38-2.42	0.83-1.40	2.08-2.60	1.03-1.29	2.24-2.76	0.96-1.18	2.41-2.92	0.90-1.08
	1280	0.86-1.90	0.65-1.40	1.04-1.90	0.65-1.18	1.03-2.07	0.55-1.08	1.20-2.06	0.56-0.97
100% argilla fioc	1920	1.03-1.37	0.52-0.69	1.04-1.38	0.43-0.57	1.38-1.90	0.49-0.68	--	--
	1600	0.85-1.03	0.52-0.62	0.85-1.03	0.43-0.52	1.03-1.21	0.40-0.52	1.03-1.37	0.44-0.59
	1280	0.52-0.86	0.39-0.65	0.60-0.86	0.38-0.54	0.69-0.95	0.37-0.51	0.69-1.03	0.32-0.48

ASHRAE – Handbook 2007

Tipo di sottosuolo	Quota specifica di estrazione	
	W/m su 1800 h	W/m su 2400 h
Valori generali*		
Sottosuolo povero e sedimenti secchi ($\lambda < 1.5$ W / (m · K))	25	20
Sottosuolo roccioso e sedimenti saturi d'acqua ($1.5 < \lambda < 3$ W / (m · k))	60	50
Roccia consolidata con elevata conducibilità termica ($\lambda > 3$ W / (m · K))	84	70
Tipi di rocce		
Ghiaia e sabbia secche	< 25	< 20
Ghiaia e sabbia sature d'acqua	65 – 80	55 – 65
Ghiaia e sabbia con un notevole flusso di acqua di falda	80 – 100	80 – 100
Argilla	35 – 50	30 – 40
Calcare	55 – 70	45 – 60
Arenaria	65 – 80	55 – 65
Rocce magmatiche silicee (es: granito)	65 – 85	55 – 70
Rocce magmatiche basiche (es: basalto)	40 – 65	35 – 55
Gneiss	70 – 85	60 – 70

VDI 4640

Per la corretta progettazione di un sistema geotermico a bassa entalpia è necessario conoscere le caratteristiche termiche del sottosuolo. In fase di progettazione i parametri termici dei terreni sono stati determinati in **maniera tabellare** prendendo come riferimento i dati forniti dall'ASHRAE e dalla norma tecnica tedesca VDI 4640 e da altre fonti bibliografiche

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

CARATTERISTICHE TERMOFISICHE DEI TERRENI



ORDINE DEI GEOLOGI
DELLA PUGLIA



Scuola «De Nicola»

Prof	Litologia	Conducibilità termica λ [W/m·k]	Diffusività Termica [m ² /giorno]	Estrazione spec. [W/m]	
				min	max
0-10	Sabbie limo-argillose umide	1.5	0.045	20	50
10-40	Ghiaie in matrice sabbiosa da asciutte a umide	2	0.060	25	50
>40	Ghiaie sabbioso-limose in falda	2.5	0.085	80	100

Scuola «A. Frank»

Prof	Litologia	Conducibilità termica λ [W/m·k]	Diffusività Termica [m ² /giorno]	Estrazione spec. [W/m]	
				min	max
0-5	Sabbie limo-argillose umide	1.5	0.045	20	50
5-32	Ghiaie in matrice sabbiosa da asciutte a umide	2	0.060	25	50
32-47	Ghiaie sabbioso-limose sature	2.2	0.078	65	80
>47	Ghiaie sabbioso-limose in falda	2.5	0.085	80	100

Scuola «Vallegrini»

Prof	Litologia	Conducibilità termica λ [W/m·k]	Diffusività Termica [m ² /giorno]	Estrazione spec. [W/m]	
				min	max
0-2	Sabbie limo-argillose umide	1.5	0.045	20	50
2-32	Ghiaie in matrice sabbiosa da asciutte a umide	2	0.060	25	50
32-46	Ghiaie sabbioso-limose sature	2.2	0.078	65	80
>46	Ghiaie sabbioso-limose in falda	2.5	0.085	80	100

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI GEOSCAMBIO



Attualmente esistono diversi modelli di calcolo per dimensionare un campo di sonde geotermiche verticali che in base al tipo di approccio si distinguono in:

Modelli analitici approssimati;

Modelli numerici agli elementi finiti.

Appartengono al primo approccio due famiglie di soluzioni analitiche: modelli basati sulla teoria della sorgente lineare e modelli basati sulla teoria della sorgente cilindrica.

Il modello di calcolo utilizzato per il dimensionamento delle sonde è del tipo analitico conduttivo basato sulla teoria della sorgente cilindrica.

Nello specifico i calcoli sono stati effettuati secondo il metodo proposto da **ASHRAE** (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) **ASHRAE (2003) Application Handbook, 32 – Geothermal Energy**

DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI GEOSCAMBIO

Scuola Media "E. De Nicola"



Volume delle parti di edificio al lordo delle strutture che le delimitano (V)	10.424,4	m ³
Superficie lorda disperdente	4.736,6	m ²
Rapporto di Forma S/V	0,45	1/ m
Superficie utile energetica dell'edificio	2.454,6	m ²



Fabbisogno energetico per la climatizzazione dell'edificio

Mese	Fabbisogno mensile riscaldamento KWh	Carico di picco KW	Fabbisogno mensile raffrescamento KWh	Carico di picco KW
gennaio	36101,1	140,0		
febbraio	27867,0	115,5		
marzo	19928,3	77,3		
aprile	5020,3	43,1		
maggio				
giugno			6074,1	24,3
luglio			0,0	0,0
agosto			0,0	0,0
settembre			3463,4	13,9
ottobre				
novembre	13902,7	55,7		
dicembre	29344,2	113,8		
totale	132163,6		9537,50	

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI GEOSCAMBIO



ORDINE DEI GEOLOGI
DELLA PUGLIA



Caratteristiche scambiatore

Tipo di sonda	doppio U (PEAD)
Conducibilità termica del tubo λ_p [W/(m K)]	0.53
Diametro esterno del tubo d_e [mm]	32
Spessore del tubo s [mm]	3
Diametro interno del tubo d_i [mm]	26
Spaziatura dei tubi	distanziati
Diametro della perforazione d_b [mm]	130
Tipo di fluido	Glicole etilenico
Soluzione [%]	15%
Connessione tra le sonde	parallelo



Caratteristiche termofisiche del terreno

Conducibilità termica λ_g [W/(m K)]	2.19
Diffusività termica α_g [m ² /s giorno]	0.071
Temperatura indisturbata t_g [°C]	12
Conducibilità termica del riempimento λ_{gr} [W/(m K)]	2.0

Caratteristiche Pompa di Calore Geotermica

	Riscaldamento	Raffrescamento
Potenza Termica/Frigorifera[kW]	164	172
Potenza Elettrica[kW]	39,1	30,6
COP/EER	4,19	5,62
Portata[l/s]	6,3	1,094
Fattore di Carico Parziale	0,85	0,14
SPF/ESEER	3,7	5,2

DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI GEOSCAMBIO



Riepilogo elementi di calcolo

	Riscaldamento
Temperatura Ingresso Pompa di Calore [°C]	3
Temperatura Uscita Pompa di Calore [°C]	-1,1
DT Ingresso/Uscita Pompa di Calore [°C]	-4,1
Carico di Picco [kW]	140
Potenza Term. Effettiva Pompa di Calore [kW]	140
Potenza Term. Nominale Pompa di Calore [kW]	164
Fattore di Carico Parziale	0,85
Potenza Term. Prelevata/Riversata Terreno [kW]	106,62
Potenza Elett. Effettiva Pompa di Calore [kW]	33,38
Potenza Elett. Nominale Pompa di Calore [kW]	39,1
COP/EER Nominale Pompa di Calore	4,19
SPF/ESEER Pompa di Calore	3,7

Risultato del calcolo

Lunghezza Totale Sonde [m]:	2200
Lunghezza Singola Sonda[m]:	110
Numero Sonde:	20
Resa Termica Sonde[W/m]:	48.3

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI GEOSCAMBIO

Scuola «E. De Nicola»



Lunghezza Totale Sonda [m]:	2200
Lunghezza Singola Sonda[m]:	110
Numero Sonde:	20
Resa Termica Sonda[W/m]:	48.3

	Riscaldamento	Raffrescamento
Potenza Termica/Frigorifera[kW]	164	172
Potenza Elettrica[kW]	39,1	30,6
COP/EER	4,19	5,62

Scuola «A. Frank»



Totale potenza impianti [kW]	293
Lunghezza complessiva dei geoscambiatori [m]	3970
Numero complessivo di Sonde:	38
Resa Termica media Sonda[W/m]:	49,7

	Riscaldamento
	2,2
	7,7
	35

Scuola «Vallegrini»



Lunghezza Totale Sonda [m]:	1209.1
Lunghezza Singola Sonda[m]:	100.8
Numero Sonde:	12
Resa Termica Sonda[W/m]:	52.3

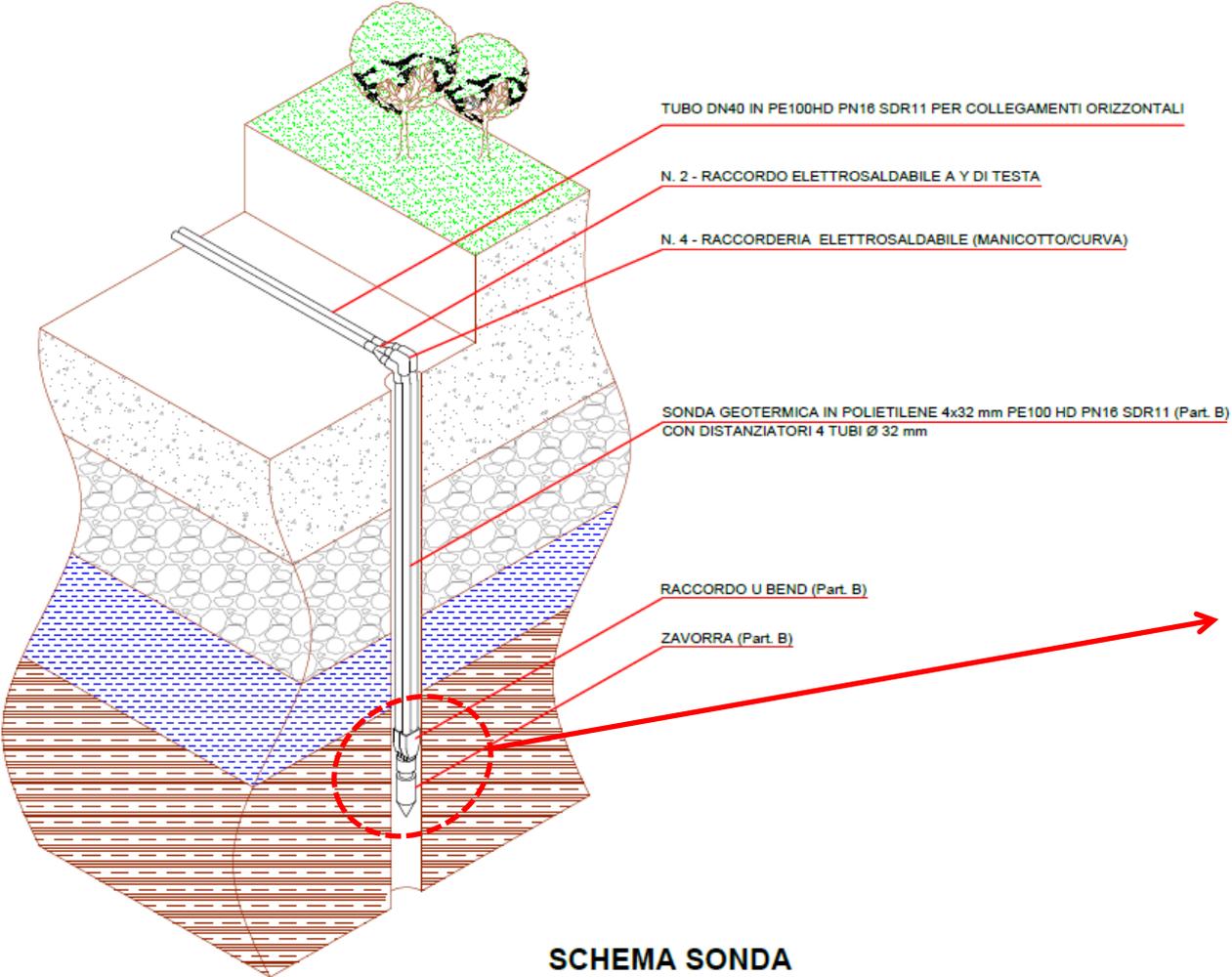
	Riscaldamento	Raffrescamento
Potenza Termica/Frigorifera[kW]	92	111
Potenza Elettrica[kW]	23.5	19.6
COP/EER	92	111

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

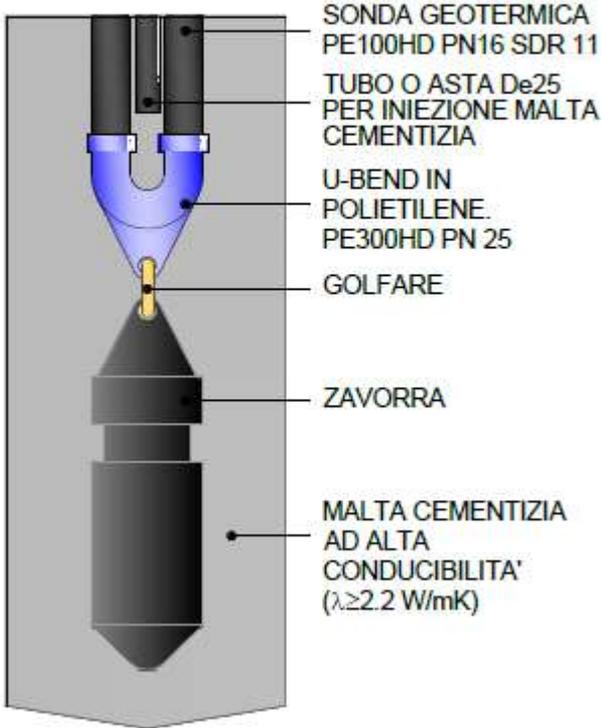
Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus



Sistema di geoscambio E. De Nicola – Particolari costruttivi



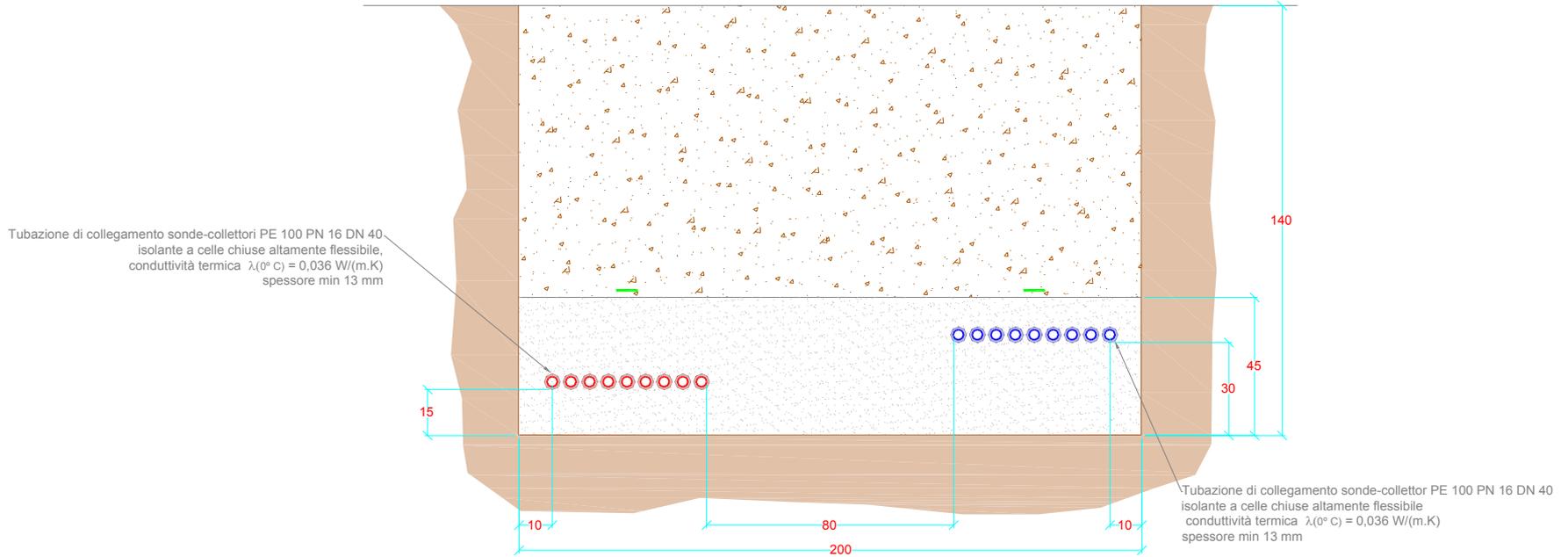
Particolare B PIEDE SONDA GEOTERMICA DOPPIA U (4x32 mm)



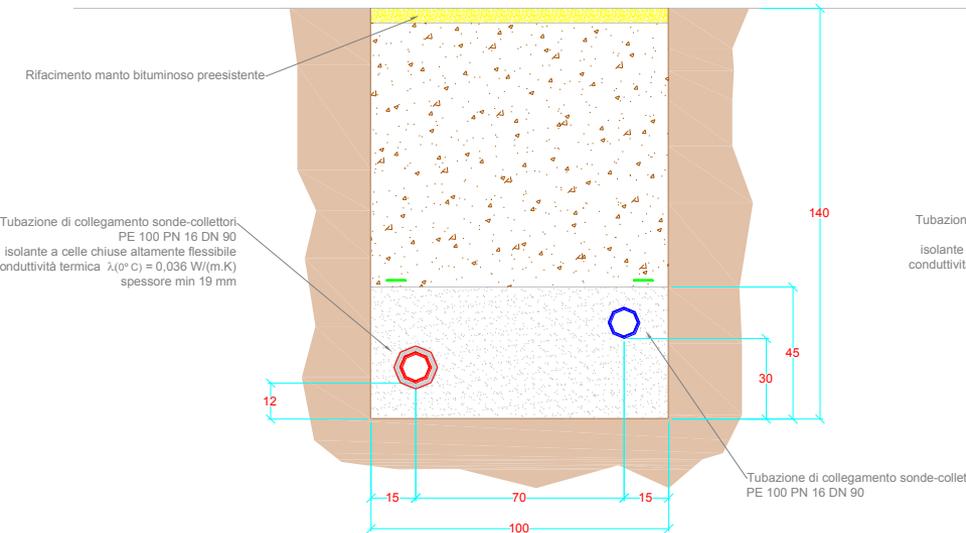


Sistema di geoscambio E. De Nicola – Particolari costruttivi

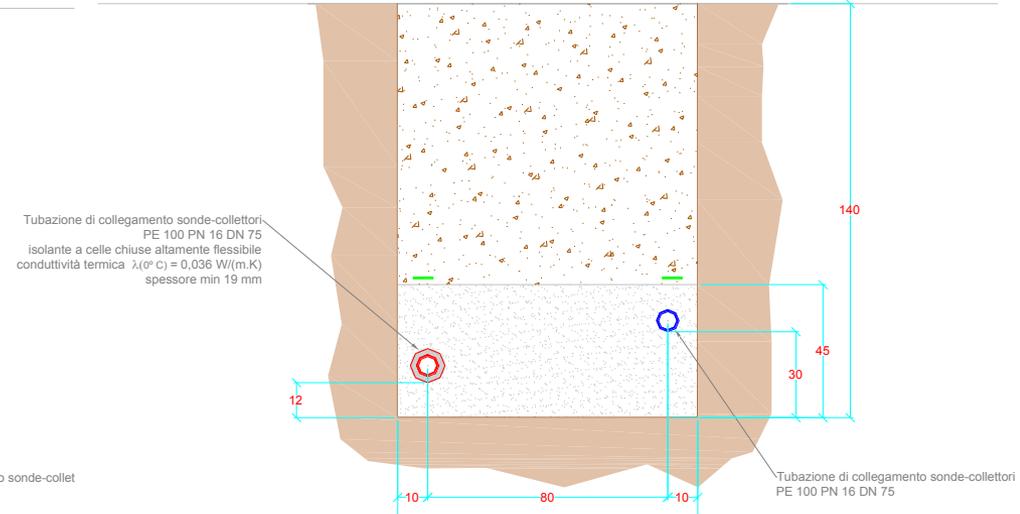
Sez. A-A



Sez. C-C



Sez. B-B

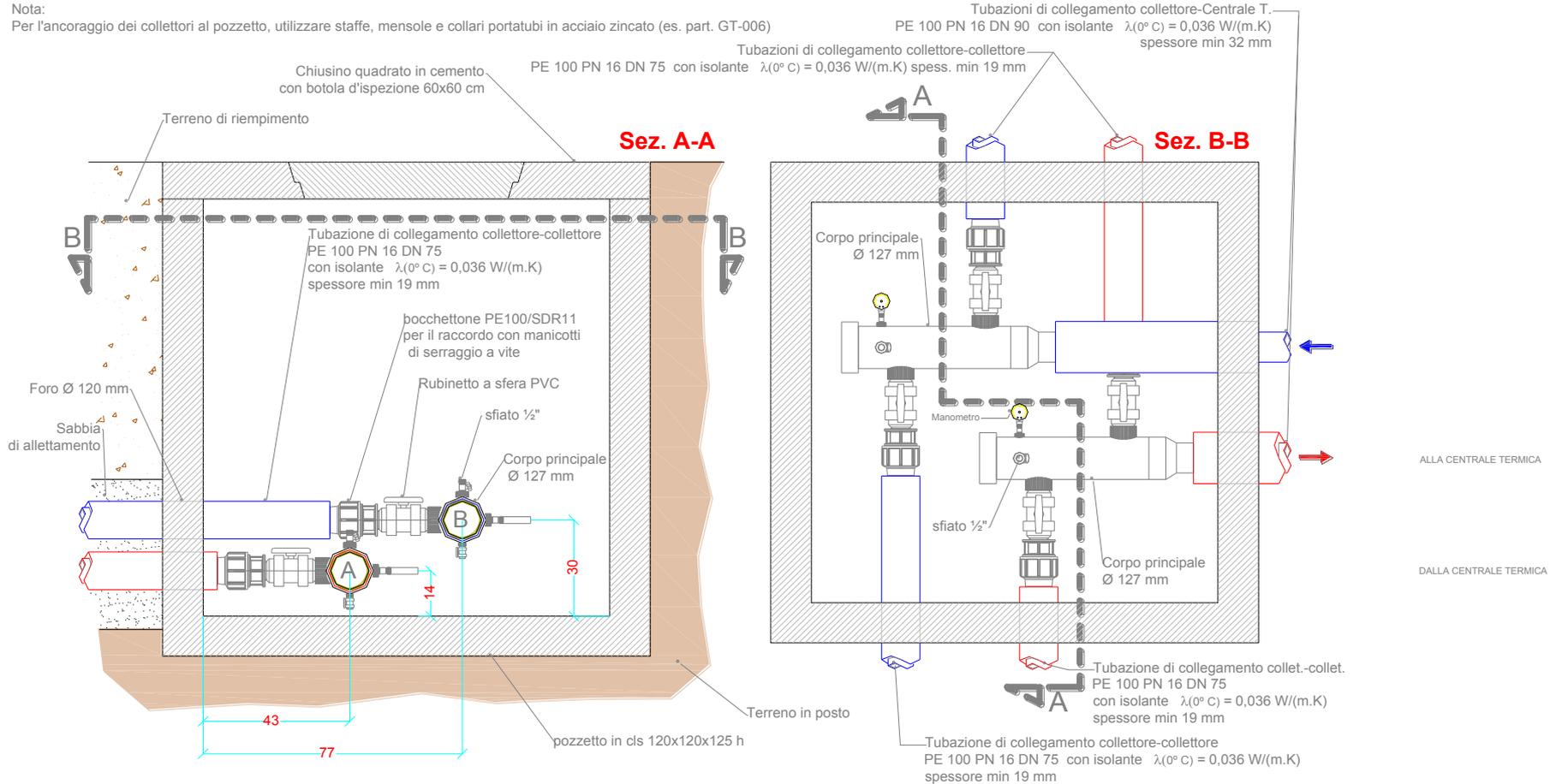




Sistema di geoscambio E. De Nicola – Particolari costruttivi

Nota:

Per l'ancoraggio dei collettori al pozzetto, utilizzare staffe, mensole e collari portatubi in acciaio zincato (es. part. GT-006)



A - Collettore a 2 connessioni comprendente:

- corpo principale Ø 127 mm
- N. 2 rubinetti a sfera PVC con bocchettone PE100/SDR11 per il raccordo con manicotti di serraggio a vite
- 1 rubinetto a sfera in PVC con raccordo Rp 3/4" attacco femmina come rubinetto di riempimento/di scarico
- 1 manicotti Rp 1/2" attacco femmina per manometro
- 1 elemento di sfiato 1/2" con grande passaggio

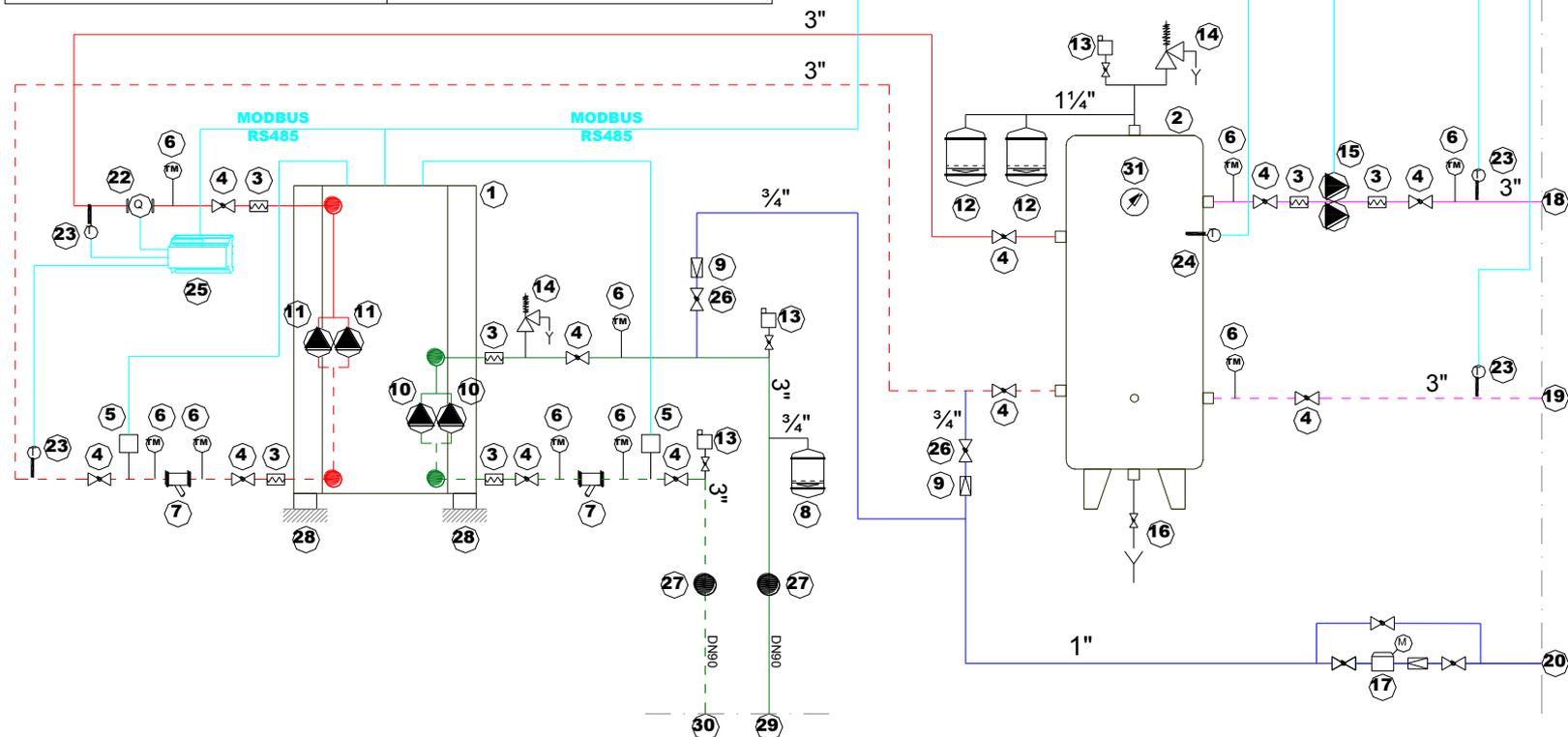
B - Collettore a 2 connessioni comprendente:

- corpo principale Ø 127 mm
- N. 2 rubinetti a sfera PVC con bocchettone PE100/SDR11 per il raccordo con manicotti di serraggio a vite
- 1 rubinetto a sfera in PVC con raccordo Rp 3/4" attacco femmina come rubinetto di riempimento/di scarico
- 1 manicotti Rp 1/2" attacco femmina per manometro
- 1 elemento di sfiato 1/2" con grande passaggio

CENTRALE TERMICA «E. DE NICOLA»

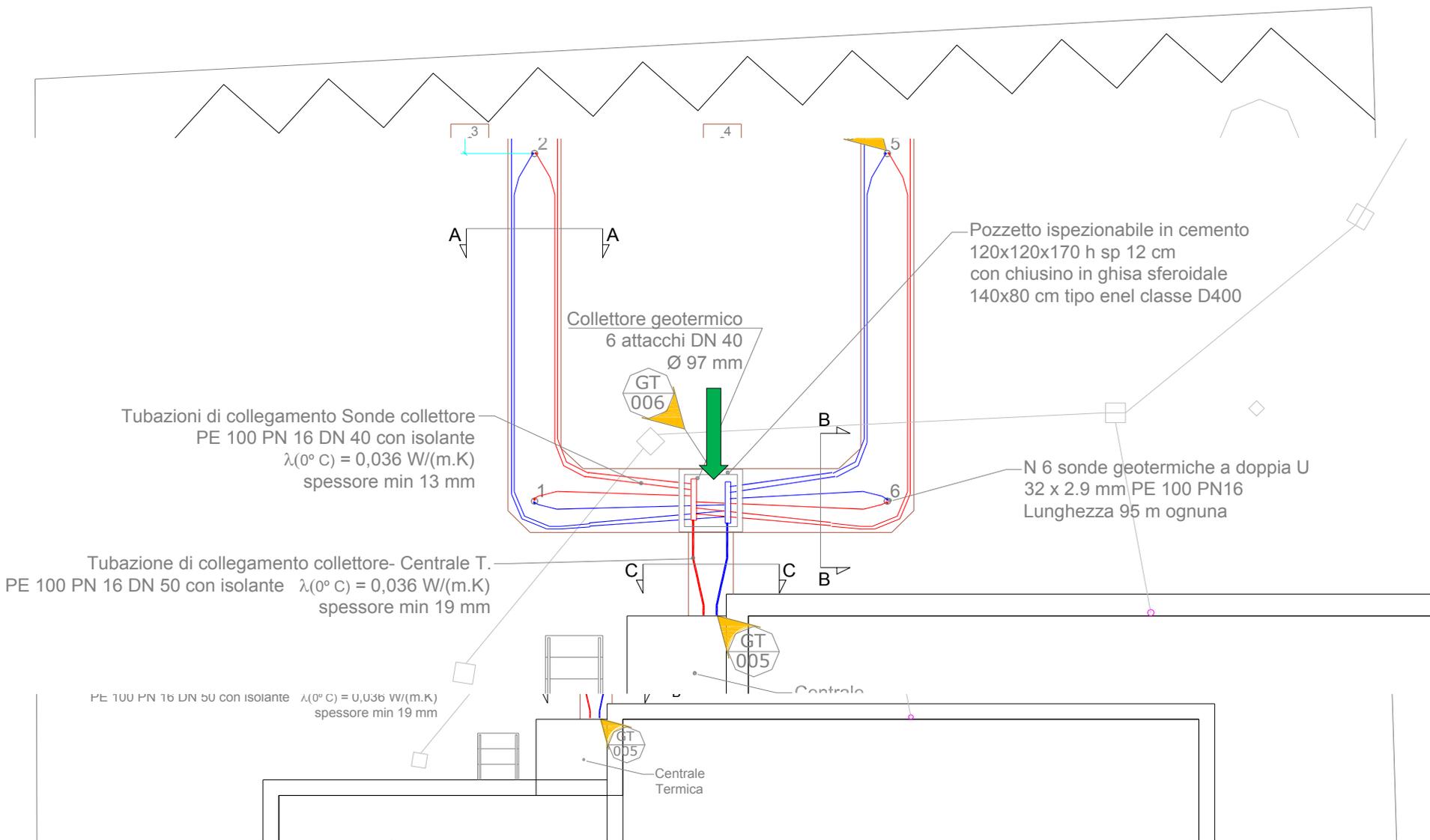
LEGENDA

1	Pompa di calore geotermica potenzialità termica 160 kW	17	Gruppo di riempimento automatico da 1" con manometro
2	Serbatoio equalizzatore coibentato per impianti di refrigerazione da Lt 1500	18	Collegamento alla tubazione di mandata dell'impianto di distribuzione interna esistente
3	Giunto antivibrante da 3"	19	Collegamento dalla tubazione di ritorno dell'impianto di distribuzione interna esistente
4	Saracinesca a sfera da 3"	20	Collegamento alla tubazione di carico esistente
5	Flussostato	21	Controllore programmabile
6	Termomanometro a quadrante	22	Contabilizzatore ad ultrasuoni
7	Filtro a Y da 4"	23	Sonda di temperatura ad immersione con pozzetto per tubazione
8	Vaso di espansione da 80 Lt, P _{max} 10 bar, P _{prec} 1,5 bar	24	Sonda di temperatura ad immersione con pozzetto per bollitore
9	Valvola di ritegno da 3/4"	25	Contatore energia
10	Elettropompa elettronica lato sonde geotermiche a bordo pompa di calore	26	Saracinesca a sfera da 3/4"
11	Elettropompa elettronica lato impianto a bordo pompa di calore	27	Giunto di transizione DN90/3"
12	Vaso di espansione da 105 Lt, P _{max} 10 bar, P _{prec} 1,5 bar	28	Supporti antivibranti
13	Eliminatore automatico d'aria	29	Tubazione mandata al collettore geotermico
14	Valvola di sicurezza da 1", tarata a 3,5 bar, toll. 10%	30	Tubazione ritorno dal collettore geotermico
15	Pompa gemellare in line elettronica, 2 poli, 28 mc/h, 24 mca, 2x4 kW	31	Termometro
16	Scarico		



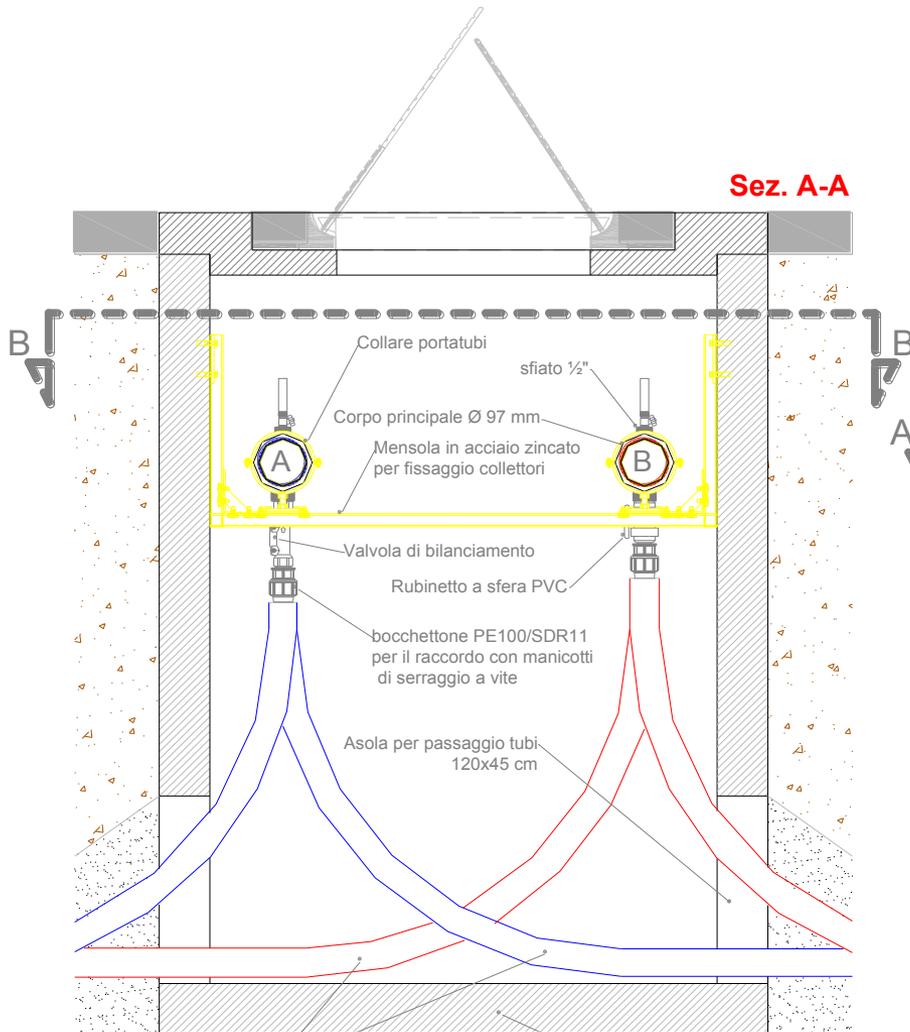


SISTEMA DI GEOSCAMBIO A. FRANK



Sistema di geoscambio A. Frank– Particolari costruttivi

Sez. A-A



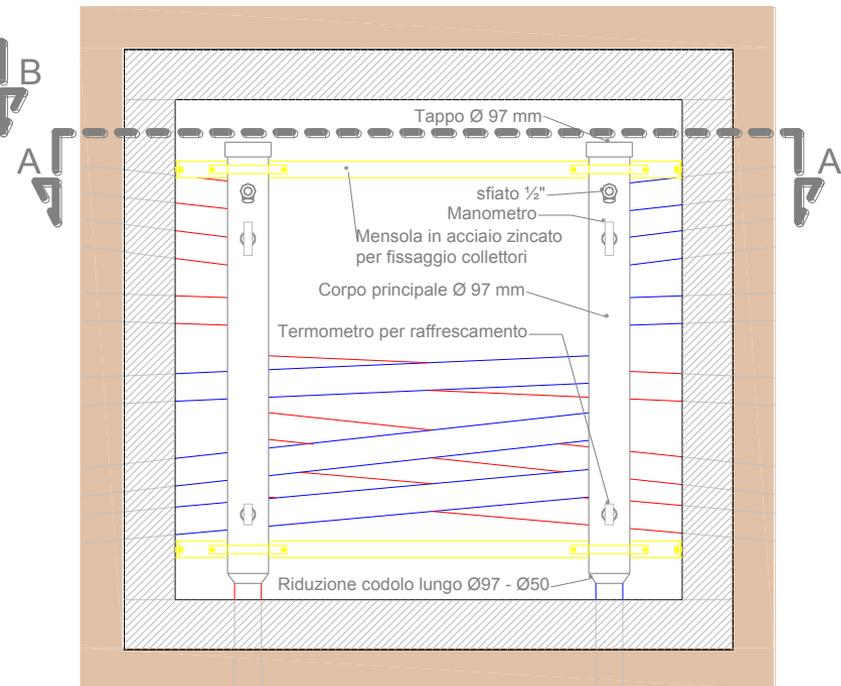
Tubazione PE 100 PN 16 DN 40
con guaina isolante sp. 13mm
bassa conduttività termica
 $\lambda(0^\circ \text{C}) = 0,036 \text{ W/(m.K)}$

Pozzetto in cls 120x120x170 cm
comprensivo di:
- sopralzo per pozzetto con apertura
per alloggiamento chiusino 140x80 cm
- chiusino ghisa sfer. 140x80
tipo enel telecom classe D400

A - Collettore a 6 connessioni comprendente:

- corpo principale $\varnothing 97 \text{ mm}$
- N. 6 valvole di bilanciamento SETTER con bypass SD con attacco femmina Rp
- elementi adattatori con attacco maschio e tubo in PE100 SDR11 per il raccordo con manicotti per serraggio a vite
- 1 rubinetto a sfera in PVC con raccordo Rp $\frac{3}{4}$ " attacco femmina come rubinetto di riempimento/di scarico
- 3 manicotti Rp $\frac{1}{2}$ " attacco femmina per termometro, elemento di sfiato e utilizzo destra/sinistra
- 1 elemento di sfiato $\frac{1}{2}$ " con grande passaggio

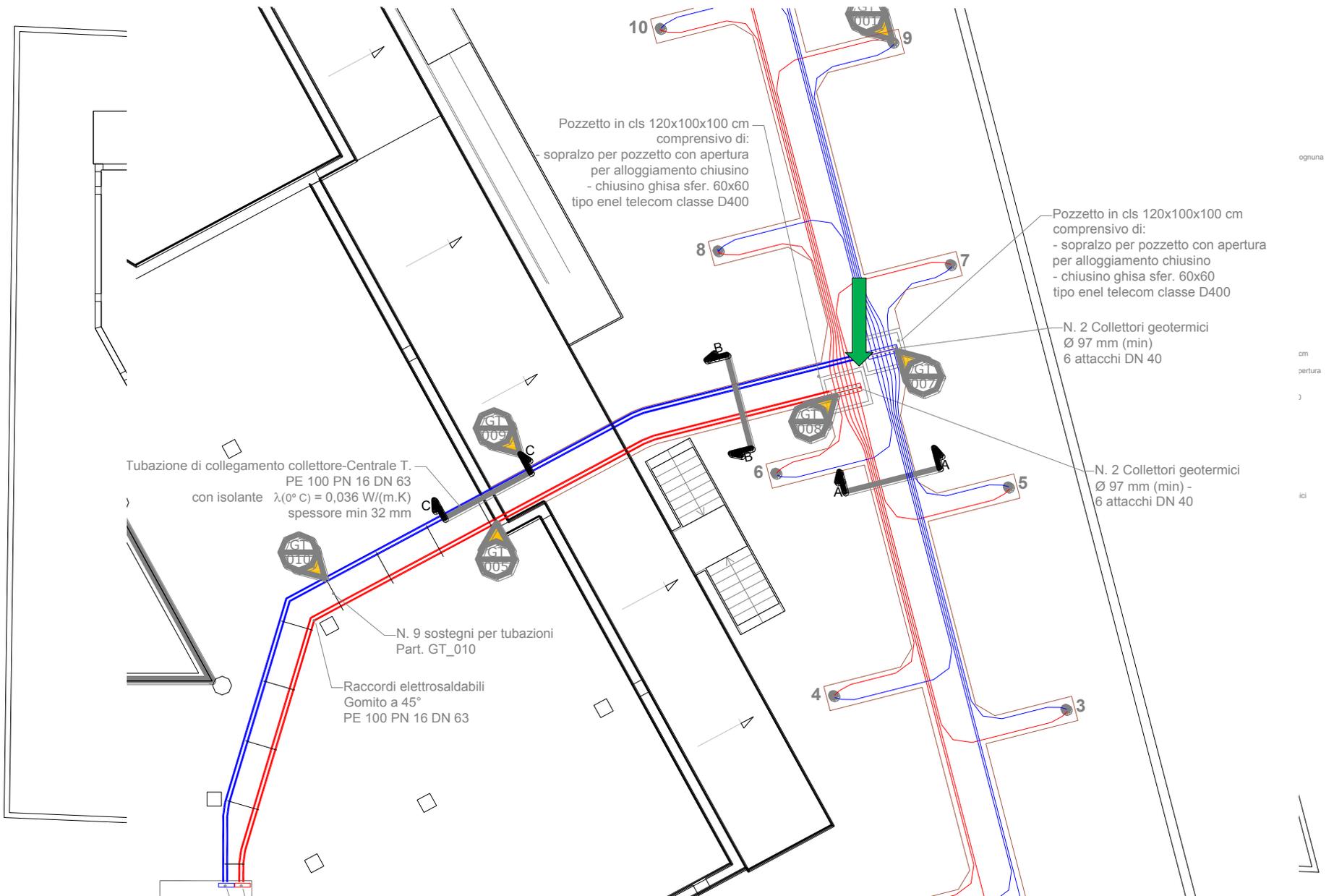
Sez. B-B



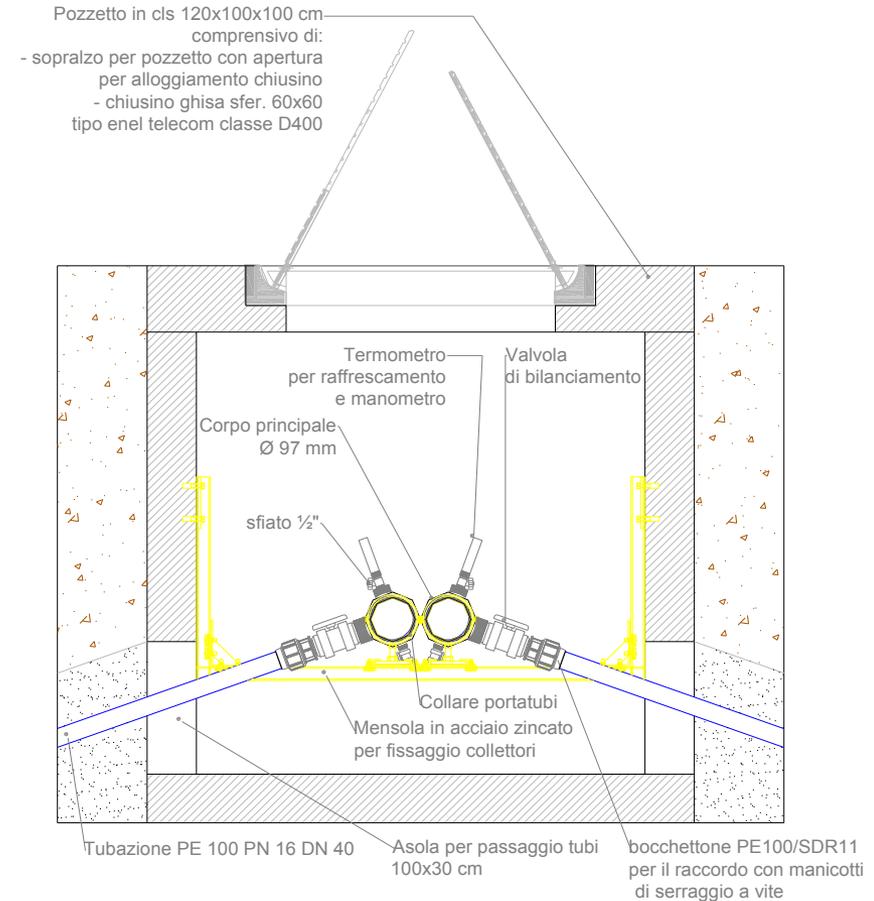
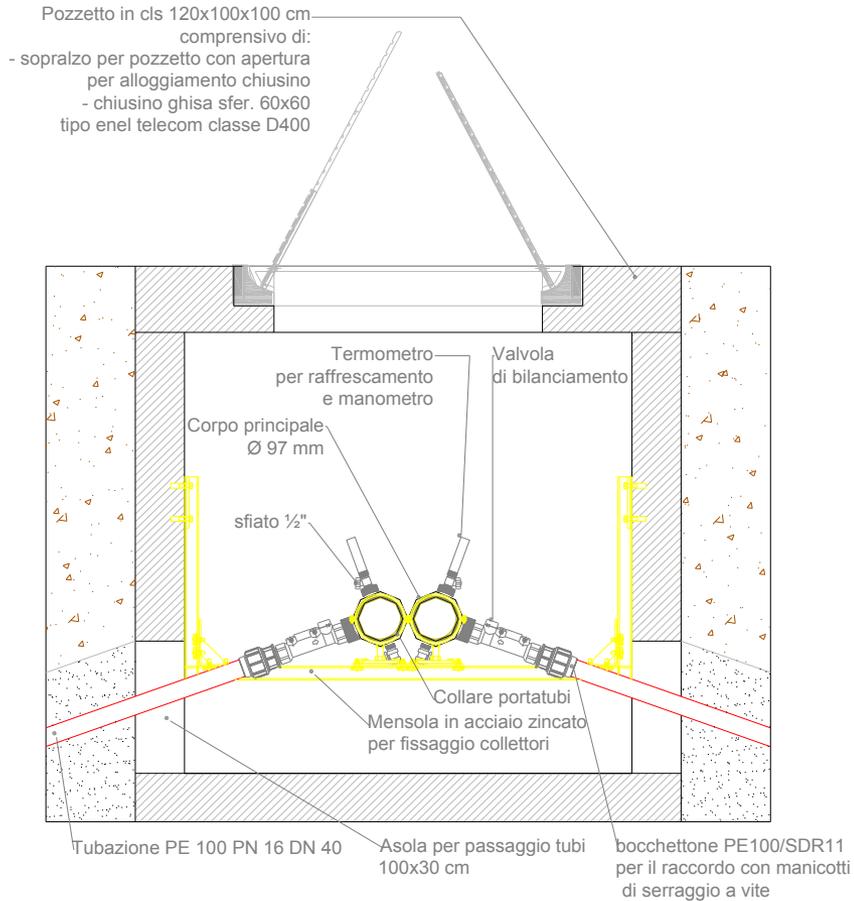
B - Collettore a 6 connessioni comprendente:

- corpo principale $\varnothing 97 \text{ mm}$
- N. 6 rubinetti a sfera PVC con bocchettone PE100/SDR11 per il raccordo con manicotti di serraggio a vite
- 1 rubinetto a sfera in PVC con raccordo Rp $\frac{3}{4}$ " attacco femmina come rubinetto di riempimento/di scarico
- 3 manicotti Rp $\frac{1}{2}$ " attacco femmina per termometro, elemento di sfiato e utilizzo destra/sinistra
- 1 elemento di sfiato $\frac{1}{2}$ " con grande passaggio

SISTEMA DI GEOSCAMBIO VALLEGRINI



Sistema di geoscambio Vallegrini – Particolari costruttivi



N. 2 Collettori a 6 connessioni comprendenti ognuno:

- corpo principale Ø 97 mm
- N. 6 valvole di bilanciamento SETTER con bypass SD con attacco femmina Rp
- elementi adattatori con attacco maschio e tubo in PE100 SDR11 per il raccordo con manicotti per serraggio a vite
- 1 rubinetto a sfera in PVC con raccordo Rp 1/4" attacco femmina come rubinetto di riempimento/di scarico
- 3 manicotti Rp 1/2" attacco femmina per termometro, elemento di sfiato e utilizzo destra/sinistra
- 1 elemento di sfiato 1/2" con grande passaggio

N. 2 - Collettori a 6 connessioni comprendenti ognuno:

- corpo principale Ø 97 mm
- N. 6 rubinetti a sfera PVC con bocchettone PE100/SDR11 per il raccordo con manicotti di serraggio a vite
- 1 rubinetto a sfera in PVC con raccordo Rp 1/4" attacco femmina come rubinetto di riempimento/di scarico
- 1 manicotti Rp 1/2" attacco femmina per manometro
- 1 elemento di sfiato 1/2" con grande passaggio

Esecuzione- direzione lavori

- Verifiche e controlli spaziali e dimensionali
- Accettazione dei materiali
- Controllo della stratigrafia
- Verifica degli impatti sull'ambiente
- Verifiche in corso d'opera



Verifiche e controlli spaziali e dimensionali

- Distanza tra le sonde
- Disposizione del sistema di geoscambio
- Lunghezza dei geoscambiatori
- Larghezza e profondità degli scavi
- Verifica degli spazi dedicati ai collettori



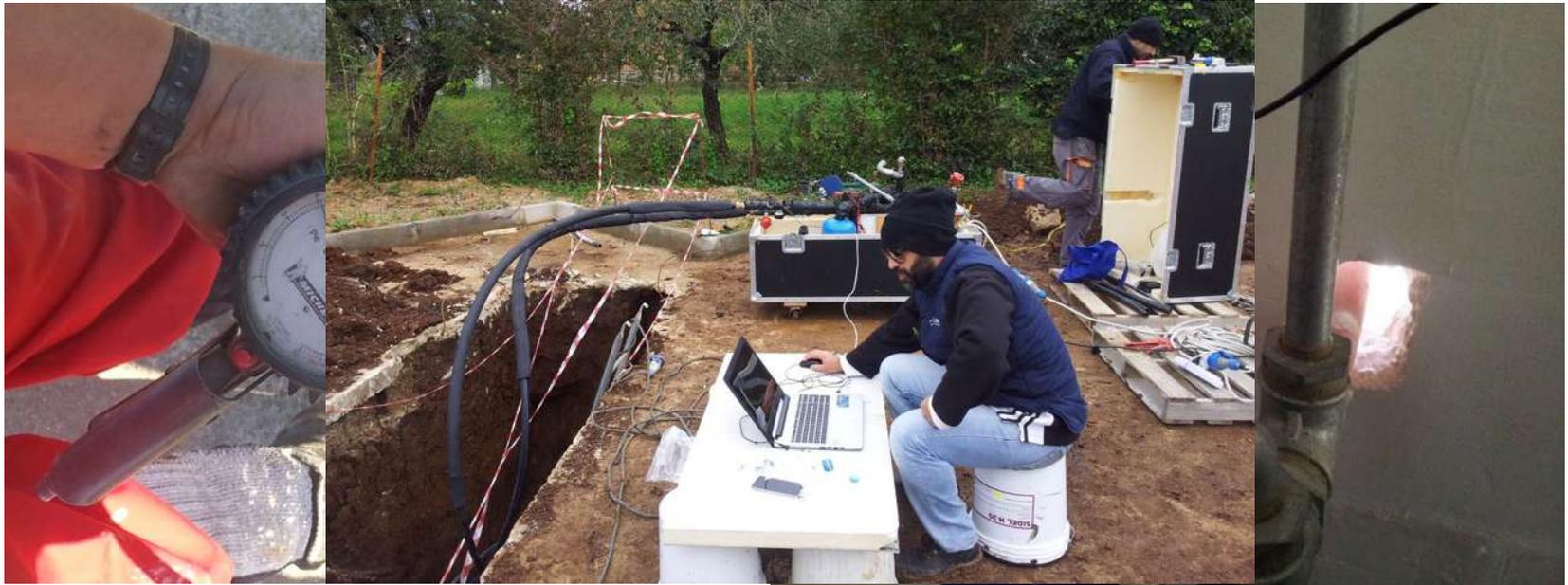
Accettazione dei materiali

- Verifica della conformità dei materiali forniti e/o posati al progetto (CSA e/o specifiche tecniche)



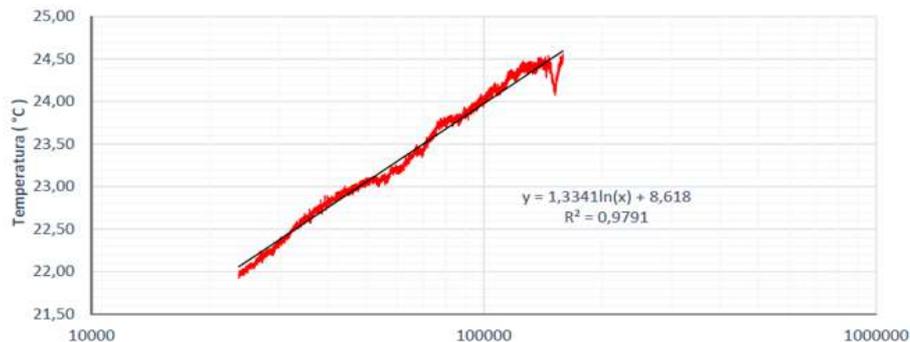
Verifiche in corso d'opera e finali

- Verifica dei collegamenti
- Verifica della tenuta idraulica dei singoli scambiatori
- Test di flusso e di tenuta sull'intero circuito
- Test di risposta termica (TRT o GRT)



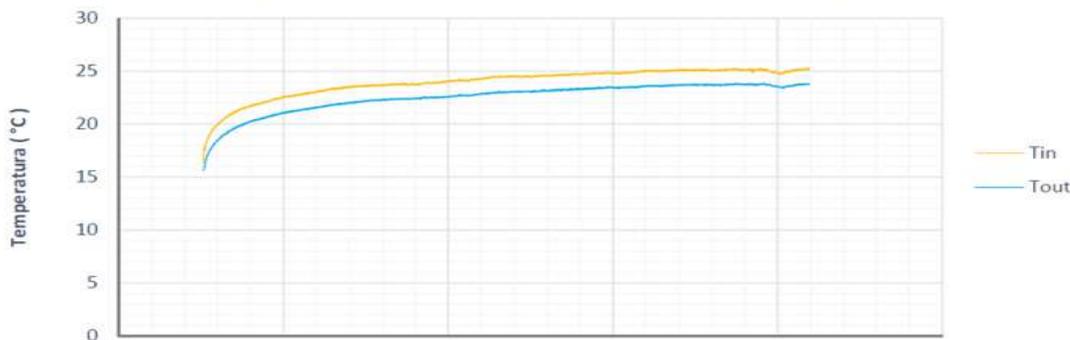
I TEST DI RISPOSTA TERMICA

Interpolazione profilo temporale della T_{media}



Conducibilità termica equivalente (λ_{eq})	W/m K	2.37
Diffusività termica equivalente (α_{eq})	m ² / s giorno	0.128
Resistenza termica dello scambiatore a terreno (R_b)	m K/W	0.04
Temperatura indisturbata del terreno	°C	15.56

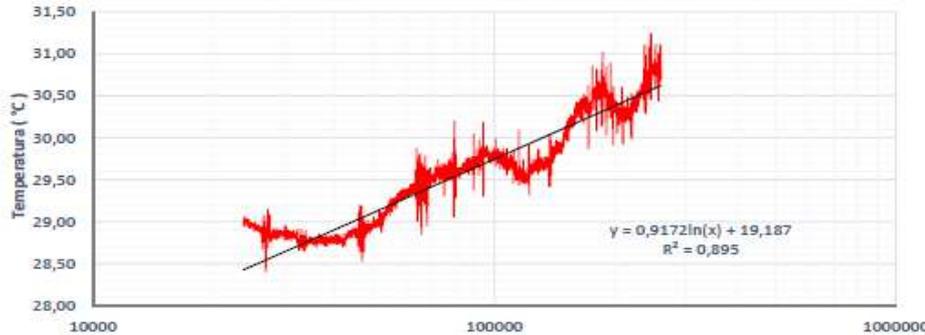
Temperatura di mandata (in) e ritorno (out)



● Scuola De Nicola

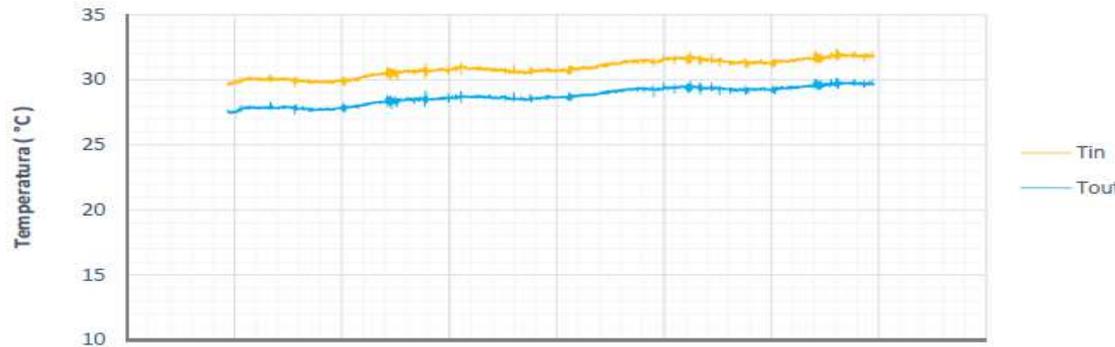
I TEST DI RISPOSTA TERMICA

Interpolazione profilo temporale della T_{media}



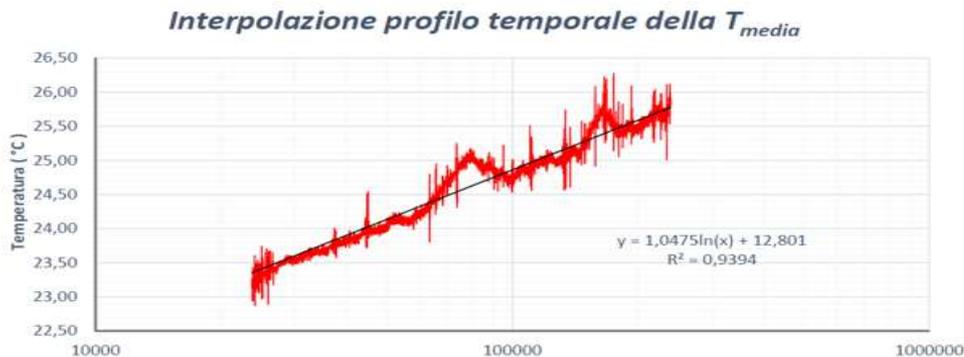
Conducibilità termica equivalente (λ_{eq})	W/m K	5.25
Diffusività termica equivalente (α_{eq})	m ² / s giorno	0.284
Resistenza termica dello scambiatore a terreno (R_b)	m K/W	0.16
Temperatura indisturbata del terreno	°C	15.25

Temperatura di mandata (in) e ritorno (out)

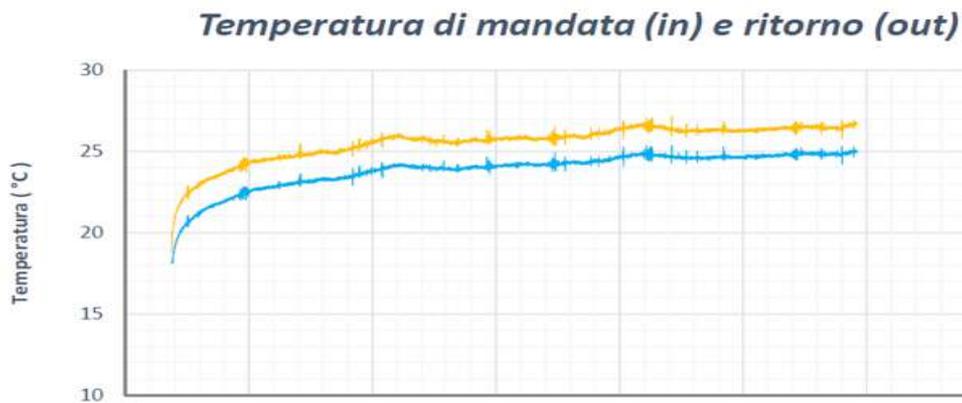


● Scuola A. Frank

I TEST DI RISPOSTA TERMICA



<i>Conducibilità termica equivalente (λ_{eq})</i>	W/m K	3.67
<i>Diffusività termica equivalente (α_{eq})</i>	m ² / s giorno	0.198
<i>Resistenza termica dello scambiatore a terreno (R_b)</i>	m K/W	0.09
<i>Temperatura indisturbata del terreno</i>	°C	15.61



● Scuola Vallegrini

— Tin
— Tout



ORDINE DEI GEOLOGI
DELLA PUGLIA



Geoenergia

la rivoluzione dal basso.

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

I TEST DI RISPOSTA TERMICA

Comparazione con i valori di progetto

Scuola «De Nicola»

Parametri	U.m.	Progetto	TRT
Temperatura indisturbata del terreno	°C	12	15,6
Conducibilità termica equivalente	W/mk	2,32	2,37
Diffusività termica equivalente	m ² /s giorno	0,077	0,128
Resistenza termica dello scambiatore a terreno	m k/W	0,053	0,04
Resa termica	w/m	53,3	65

Scuola «A. Frank»

A. Frank	U.m.	Progetto	TRT
Temperatura indisturbata del terreno	°C	12	15,3
Conducibilità termica equivalente	W/mk	2,3	5,25
Diffusività termica equivalente	m ² /s giorno	0,077	0,284
Resistenza termica dello scambiatore a terreno	m k/W	0,053	0,16
Resa termica	w/m	48,5	68,4

Scuola «Vallegrini»

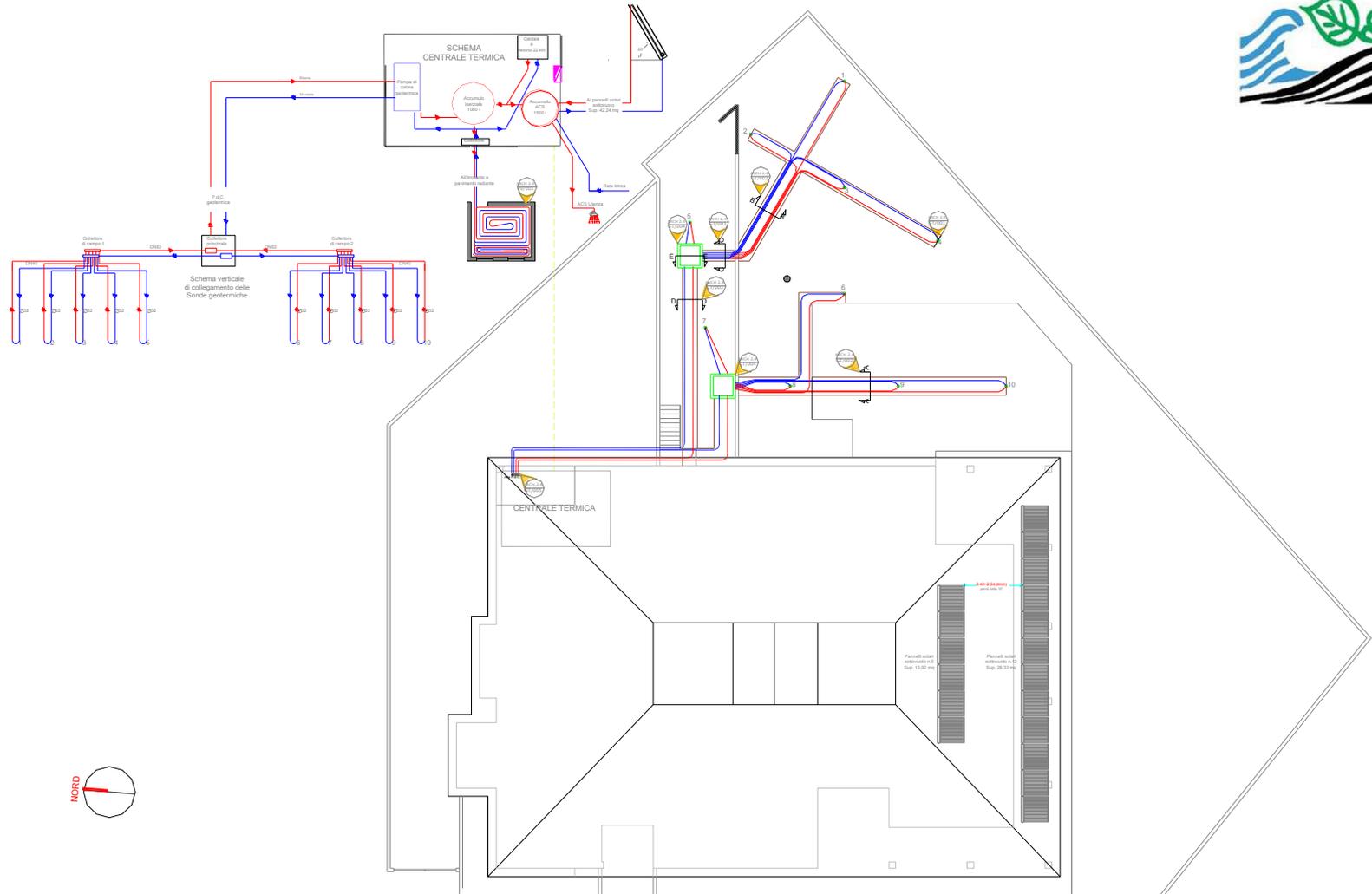
Vallegrini	U.m.	Progetto	TRT
Temperatura indisturbata del terreno	°C	12	15,6
Conducibilità termica equivalente	W/mk	2,47	3,67
Diffusività termica equivalente	m ² /s giorno	0,077	0,198
Resistenza termica dello scambiatore a terreno	m k/W	0,053	0,09
Resa termica	w/m	52,3	67

Sottoservizi e imprevisti



LO STOCCAGGIO GEOTERMICO

L'ESEMPIO DEGLI ASILI NIDO DI EBOLI



ORDINE DEI GEOLOGI DELLA PUGLIA



Geoenergia

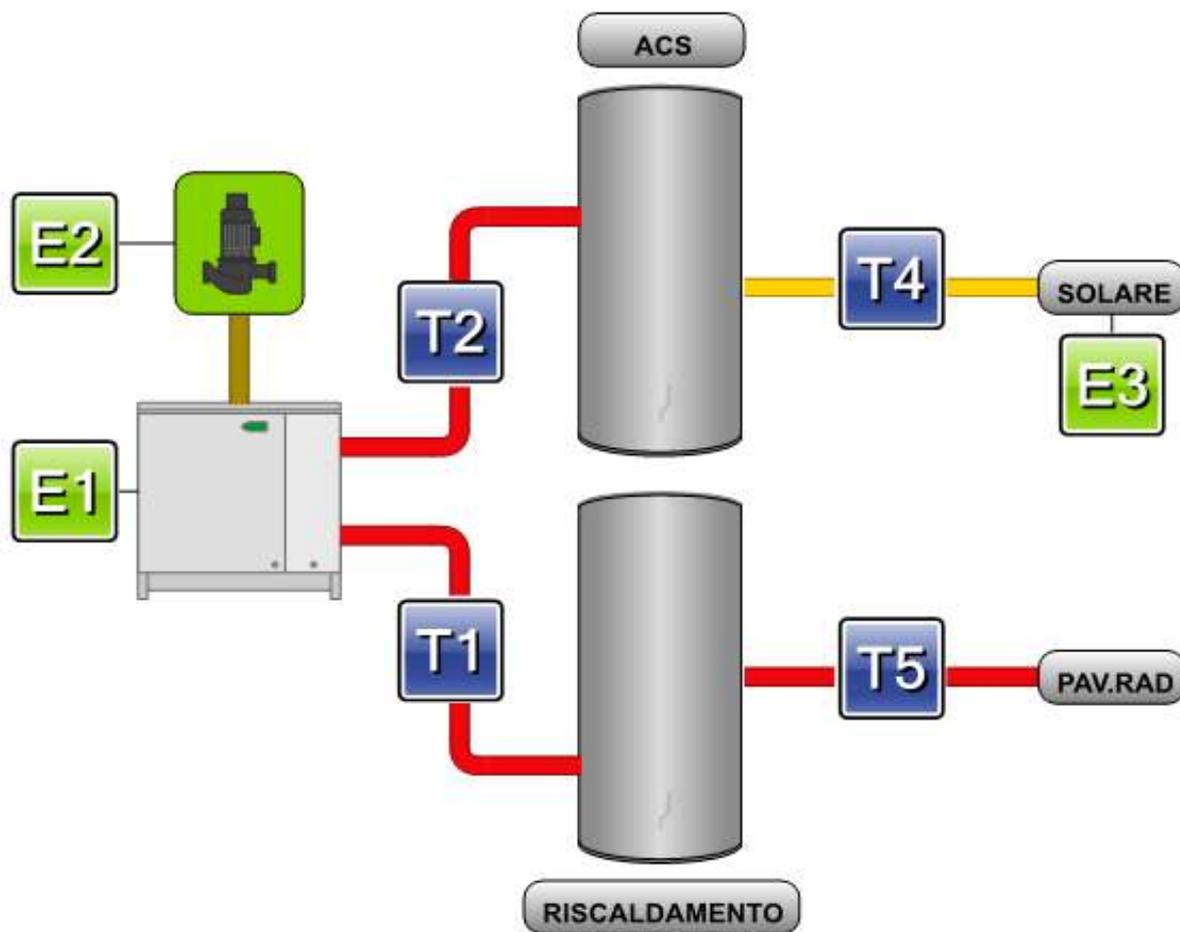
la rivoluzione dal basso.

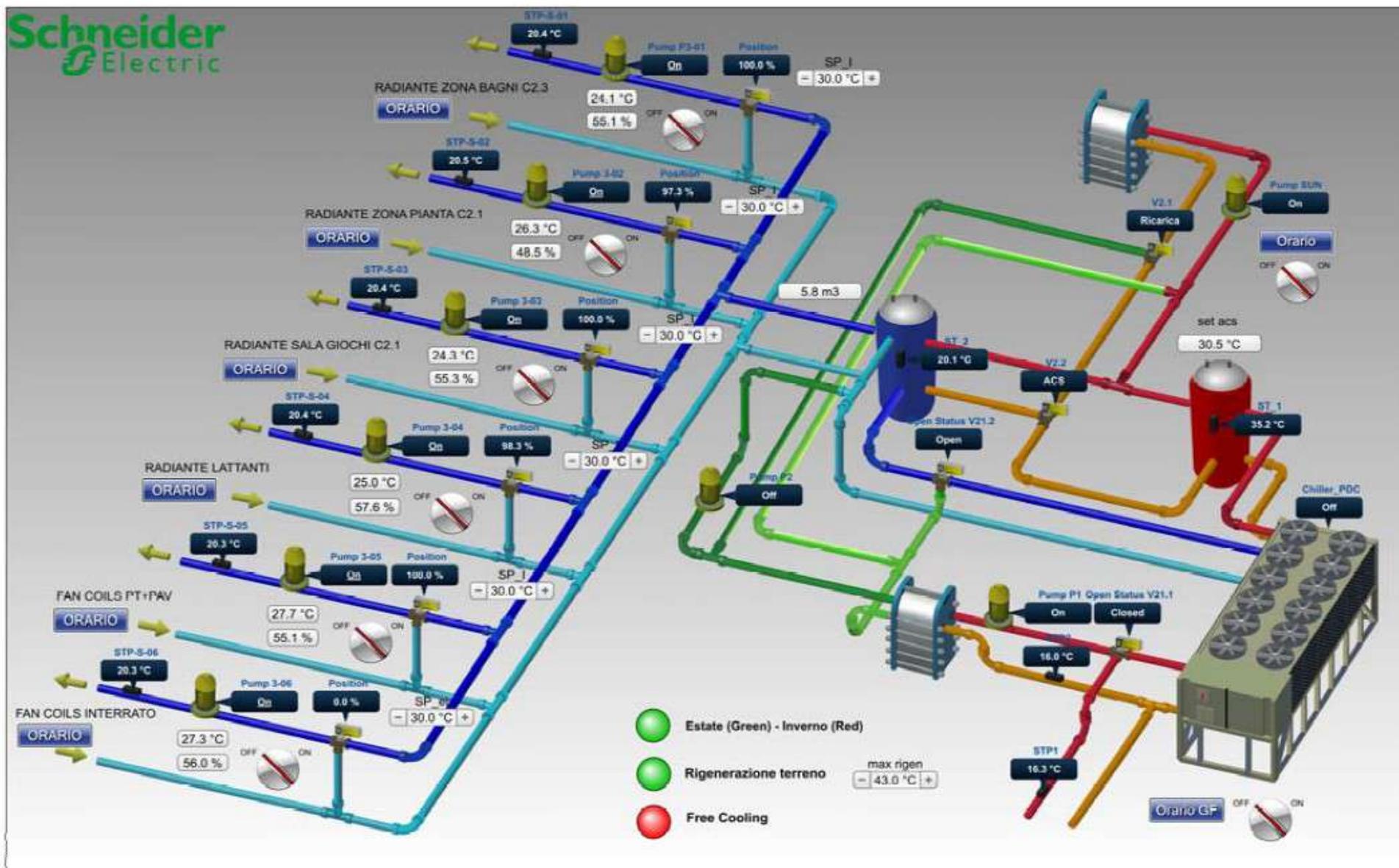
Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus



— GESTIONE ENERGIA





XXI Conferenza delle Parti dell'UNFCCC



ORDINE DEI GEOLOGI
DELLA PUGLIA



Ambiente

Home

Politica

Economia

Sport

Spettacoli

Tecnologia

Motori

Tutte le sezioni ▾

D

Rep tv

Passa a **Vodafone Super Fibra** a partire da **25 euro**.

Scopri di più >



126



L'Europarlamento dice sì: in vigore l'accordo globale sul clima



Cape Town, Sudafrica (reuters)

Diventa operativa l'intesa per la salvaguardia dell'atmosfera. Adesso si dovranno definire le strategie per ridurre l'uso dei combustibili fossili spingendo su efficienza energetica, fonti rinnovabili e recupero della materia

di ANTONIO CIANCIULLO

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

Geoenergia

la rivoluzione dal basso.

AZIENDA – Il Gruppo Mascetti

Il Gruppo Mascetti è una società leader nei settori della perforazione e dell'ingegneria del sottosuolo sull'intero territorio nazionale. Forte di un'esperienza di oltre trent'anni e di una solida tradizione imprenditoriale, ha effettuato cospicui investimenti sulla ricerca, sulla strumentazione tecnica e sulla formazione del personale. La vera forza del nostro gruppo è rappresentata dalla possibilità di avere a disposizione una vasta gamma di macchine operatrici e di professionisti del settore che lavorano nelle società del gruppo: Geoteam e Geoenergia, specializzata nel settore delle fonti rinnovabili. Il Gruppo Mascetti, che oggi può contare su oltre 100 dipendenti, è composto da due società



ORDINE DEI GEOLOGI
DELLA PUGLIA

Geoenergia[®]
la rivoluzione dal basso.

Impianti geotermici
per riscaldamento e
raffrescamento.

geoenergia.net
info@geoenergia.net



Geoenergia[®]
la rivoluzione dal basso.



Geoenergia srl progetta e realizza impianti geotermici a bassa temperatura per edifici pubblici e privati; inoltre opera nel campo dei lavori nel sottosuolo, coprendo l'intero campo della geologia applicata.

Siamo specializzati nel settore delle fonti rinnovabili, progetta e realizza impianti geotermici a bassa temperatura per edifici pubblici e privati. Il core-business aziendale è rappresentato dai piccoli impianti per l'edilizia residenziale e per la piccola-media industria.



Da sempre attenta a forme di energia alternative e rinnovabili, ha nella realizzazione di impianti a basso impatto ambientale dai sicuri vantaggi economici la sua mission.

Geoenergia fornisce servizi e consulenze coprendo l'intero sistema della geologia applicata, si rivolge prevalentemente a progettisti (geometri, architetti, ingegneri, ecc); installatori, imprese edili e privati.

**Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche
dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi**

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

Geoenergia[®]
la rivoluzione dal basso.

Impianti geotermici
per riscaldamento e
raffrescamento.

geoenergia.net
info@geoenergia.net



ORDINE DEI GEOLOGI
DELLA PUGLIA

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Geoenergia Srl

Via Nizza, 45 00198 Roma

Sede Operativa: Via Fedele Calvosa, 147

03100 Frosinone (FR)

Tel. +39 0775 93 74 51 Fax +39 0775 93 74 26

e-mail info@geoenergia.net

Impianti geotermici a bassa entalpia a servizio di strutture scolastiche dotati di sistema di stoccaggio del calore nel sottosuolo: aspetti progettuali ed esecutivi

Bari 20 dicembre 2016 - Sala Convegni Universus

Geoenergia[®]

la rivoluzione dal basso.