

Zeitschrift: Archi : rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica = Swiss review of architecture, engineering and urban planning

Herausgeber: Società Svizzera Ingegneri e Architetti

Band: - (2006)

Heft: 5-6

Artikel: Calore ed elettricità con una prospettiva a lungo termine

Autor: Wyss, Roland

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-133503>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 30.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Ci sono diversi modi per sfruttare il calore terrestre. Il più semplice è quello di utilizzare la temperatura ambiente del terreno per riscaldare o raffreddare gli edifici. Un altro modo è quello di utilizzare le acque termali che sgorgano dal terreno e che possono essere utilizzate per generare energia elettrica.

Questa tecnica viene utilizzata da molti anni in Svizzera, dove esistono impianti geotermici che producono energia elettrica. I primi impianti furono installati nel 1950 e oggi ci sono circa 100 impianti in funzione. La Svizzera è una delle paesi con il più alto tasso di utilizzo dell'energia geotermica.

Calore ed elettricità con una prospettiva a lungo termine

Roland Wyss*

Già i Romani si sono occupati dello sfruttamento dell'energia geotermica. Oggi esistono molteplici possibilità per sfruttare in modo sostenibile le diverse temperature del terreno a differenti profondità. Questa tecnica viene prevalentemente utilizzata quale supporto al riscaldamento e al raffreddamento degli edifici; anche applicazioni particolari con acque termali o acque calde di drenaggio delle gallerie si sono dimostrate realizzabili. Da poco tempo, in Svizzera, si è in grado di eseguire perforazioni fino ad una profondità di cinque chilometri. Questo permette quindi di sfruttare l'elevata temperatura del sottosuolo per produrre energia elettrica.

I vantaggi della geotermia, ossia lo sfruttamento del calore della terra, sono molteplici. A livello mondiale lo sfruttamento dell'energia geotermica cresce in maniera importante e nel 2005 ha raggiunto una potenza installata di 28'000 MW. Anche in Svizzera è stato riconosciuto l'enorme potenziale di questa tecnica; oggi, la potenza installata corrisponde ad oltre 550 MW. Lo scorso anno sono state eseguite perforazioni per sonde geotermiche per una lunghezza complessiva di 750 km. Le temperature comprese tra 12 e 18°C sono particolarmente interessanti per un funzionamento efficiente delle pompe di calore. D'altro canto, nel caso di grandi edifici, la possibilità di raffreddamento tramite lo stoccaggio di calore nel terreno con sonde geotermiche risulta interessante dal profilo economico.

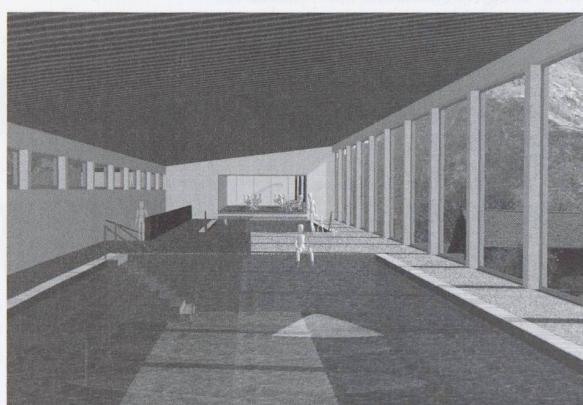
La molteplicità dell'offerta richiede un'adatta tecnica dei sistemi

La geotermia può essere sfruttata in differenti modi. Con l'aumentare della profondità cresce in genere anche la temperatura; si calcola all'incirca 1°K per 33 metri di profondità. Sulla base di queste conoscenze, è quindi possibile pianificare e realizzare impianti geotermici secondo le specifiche esigenze.

Il calore della terra può essere utilizzato anche in altri modi, come, ad esempio, tramite l'acqua calda di sorgente che sgorga dal terreno – già i Romani avevano fatto tesoro dell'acqua termale –

che, oltre al classico bagno termale, trova altre applicazioni nell'approvvigionamento termico degli edifici.

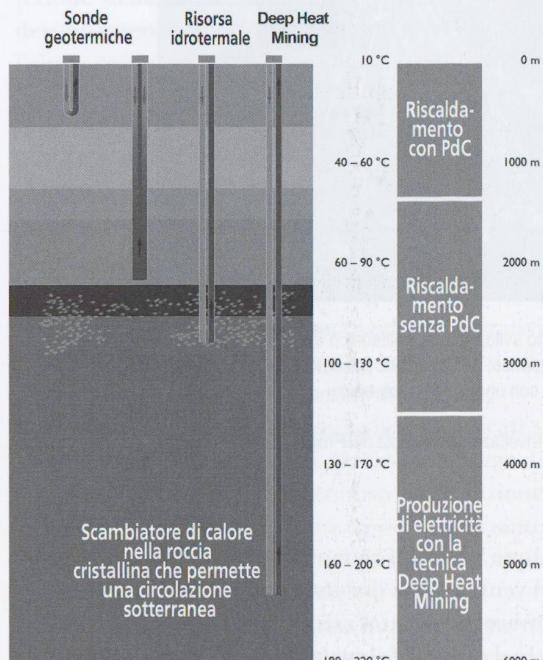
La costruzione di gallerie attraversa orizzontalmente il sottosuolo e spesso incrocia flussi d'acqua sotterranei. La captazione dell'acqua di drenaggio, prima di essere introdotta nei corsi d'acqua superficiali vicini al portale della galleria, permette un interessante sfruttamento dal punto di vista energetico. Nel caso di lunghe gallerie scavate sotto imponenti montagne, l'acqua di drenaggio raggiunge quantità e temperature tali da rendere necessario l'impiego di uno scambiatore di calore per il suo raffreddamento, offrendo così la possibilità di sfruttare il calore recuperato. Già nel 1995 l'Ufficio federale dell'energia (UFE) ha condotto uno studio a livello svizzero sul potenziale geotermico delle gallerie sotterranee e dei cunicoli di servizio e accesso. Sono così state studiate circa 600 opere; complessivamente, il potenziale sfruttabile ammontava a circa 30 MW. Attualmente, ai quattro portali delle due gallerie di Alptransit attraverso le Alpi, sono in fase di studio dei concetti per uno sfruttamento intelligente dell'energia geotermica. A Frutigen (BE) sono addirittura già in atto degli interventi per un simile sfruttamento.



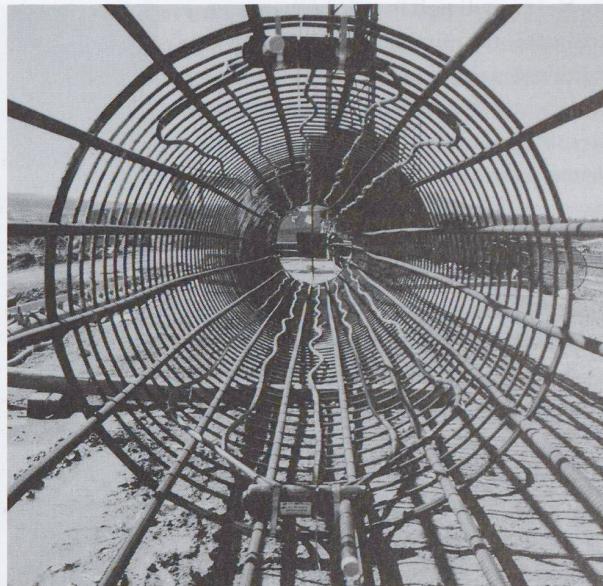
Nuovo centro termale quale concetto di sfruttamento delle acque di drenaggio delle gallerie al portale sud del Gotthard (Alptransit)
(Grafico: D. Pahud)

La temperatura aumenta con la profondità

La geotermia offre energia per riscaldare e raffreddare gli edifici, indipendentemente sia dal tempo meteorologico che dal momento del giorno. Fino a circa 15 metri di profondità si riscontra un influsso stagionale dell'estate e dell'inverno; a questa profondità, per la progettazione, si può contare su una temperatura che corrisponde all'incirca alla media annuale del luogo. Con la profondità il gradiente di temperatura, sotto l'influsso dalle condizioni geologiche e idrogeologiche, diventa sempre più effettivo. Ad una profondità di diversi chilometri si hanno temperature tali da permettere anche la produzione di energia elettrica. Questo è l'obiettivo del progetto Deep-Heat-Mining di Basilea, il quale viene realizzato sulla base del sistema EGS (Enhanced Geothermal System = sistema geotermico perfezionato). Nell'ambito di questo progetto, si prevede di creare uno scambiatore di calore aprendo le fessure presenti nelle rocce con la pressione dell'acqua, in modo da poter realizzare un circuito ad acqua. Questo sistema per lo scambio di calore viene creato in un substrato geologico formato da rocce cristalline ad una profondità di 5 chilometri, dove si ha una temperatura di ca. 200°C. Tale circuito può essere realizzato/innescoato con un totale di tre perforazioni di profondità. Attualmente è in corso la prima delle tre perforazioni.



La temperatura della terra aumenta con la profondità, da questo dipendono le differenti tecnologie di sfruttamento
(Grafico: Geopower Basel AG)



Le geostrutture rappresentano un'ideale combinazione tra la stabilità dell'opera e l'approvvigionamento energetico, ossia il riscaldamento e il raffreddamento di edifici grazie alla geotermia

Sfruttamento geotermico delle strutture in calcestruzzo nei nuovi edifici

Mentre le sonde geotermiche sono concepite unicamente come strumento specifico per sfruttare l'energia termica della terra, le geostrutture offrono un interessante combinazione tra l'elemento costruttivo e lo sfruttamento energetico. I pali di fondazione diventano così pali energetici e le pareti dei pali pareti energetiche. Oggi giorno le parti della costruzione a contatto con il terreno possono venire utilizzate per lo sfruttamento dell'energia geotermica, diventando così parte integrante del sistema energetico di un edificio o di un'infrastruttura.

Su mandato dell'Ufficio federale dell'energia (UFE), la Società svizzera degli Ingegneri e Architetti (SIA) e la Società Svizzera per la Geotermia (SSG) hanno recentemente elaborato la documentazione SIA 0190 sulla tematica delle geostrutture energetiche. Questo manuale descrive le possibilità di trasformare una geostruttura, che serve in primo luogo alla stabilità dell'opera, in uno scambiatore di calore. In questo modo in inverno si può sfruttare il calore della terra per il riscaldamento, mentre in estate viene restituito alla terra il calore superfluo presente nell'edificio. A questo scopo possono essere utilizzati pali prefabbricati (ad es. pali battuti) oppure pali gettato sul posto. Con il primo sistema, i tubi in polietilene contenenti il fluido termovettore sono introdotti successivamente nella parte cava del palo e gli spazi restanti sono colmati con materiale di

riempimento. Nel caso di pali in calcestruzzo gettato sul posto, i tubi sono fissati all'armatura prima dell'inserimento nel foro.

Il dimensionamento dei sistemi di riscaldamento e raffreddamento con l'utilizzo di geostrutture dipende da alcuni parametri. Inoltre, bisogna conoscere le caratteristiche geologiche e idrogeologiche del posto. In effetti, queste determinano, tra le altre cose, anche la conducibilità termica del terreno e così il suo rendimento energetico. Quindi, la distribuzione e la geometria delle strutture in calcestruzzo utilizzate a scopi energetici, giocano anch'esse un ruolo importante. In tal modo è possibile conoscere la quantità di energia disponibile e paragonarla al reale fabbisogno per il riscaldamento e il raffreddamento. Il calcolo e la pianificazione di questi aspetti vengono oggi eseguiti con l'ausilio di appositi programmi di simulazione.

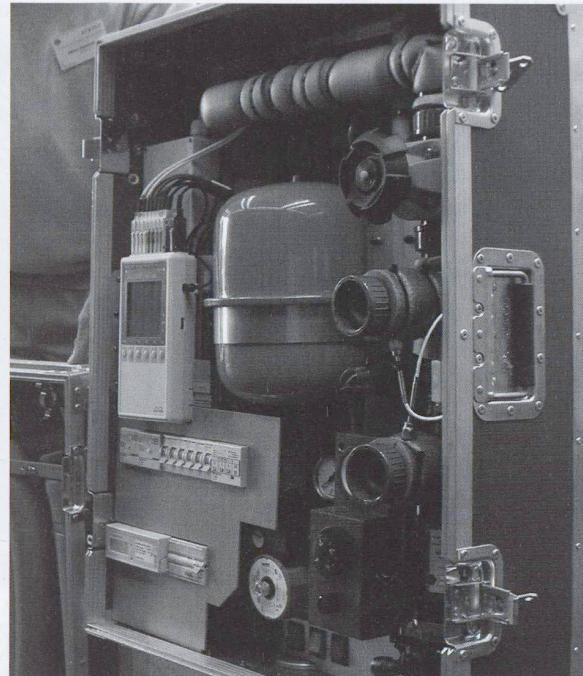
Geotermia come base di un concetto energetico

Il Dock E dell'aeroporto di Zurigo, a causa della scarsa qualità del sottosuolo, è stato costruito su 440 pali di fondazione. Questi pali, con un diametro compreso tra 0,9 e 1,5 metri, raggiungono lo strato morenico che si trova a 30 metri di profondità. L'obiettivo della committenza era di ridurre al minimo il consumo di energie non rinnovabili dell'edificio. Nell'ambito del concetto energetico generale sono stati presi in considerazione anche i pali energetici. Attualmente, 310 pali sono utilizzati a questo scopo. Per definire le caratteristiche termiche del terreno è stato effettuato un Response-Test in due apposite perforazioni.

Il terreno è costituito da materiale poco permeabile (argilla e limo) in cui si rileva la presenza di acqua sotterranea stagnante. Pertanto, la capacità termica del terreno risulta migliore; bisogna però tener conto del livello piuttosto alto della falda. Per questo motivo, l'impermeabilizzazione dei punti di attraversamento della soletta di fondazione da parte dei tubi in polietilene doveva essere eseguite in maniera accurata.

Una volta montati i tubi in polietilene nei pali energetici, l'impermeabilità dei circuiti è verificata prima della gettata del calcestruzzo, sottoponendo i tubi ad una pressione di 5 - 8 bar. Infine viene chiuso il circuito. Dopo la gettata del calcestruzzo, può essere constatato se la pressione viene mantenuta, cosicché non si abbia nessun danno ai tubi.

La geotermia rappresenta la base del concetto energetico del Dock E in combinazione con altri sistemi volti a migliorare l'efficienza energetica nella costruzione come l'isolamento termico, gli impianti di ventilazione decentralizzati, i dispositivi per l'ombreggiamento, i sistemi per il recupero del calore, i moduli fotovoltaici, ecc.



1



2

1- Apparecchio compatto sviluppato al Politecnico Federale di Losanna per l'esecuzione del Response-Test, utilizzato per determinare la conducibilità termica del terreno con una sonda geotermica

2- Terreno per la torre di trivellazione utilizzata nel Progetto Deep-Heat-Mining di Basilea

Nel caso dell'edificio scolastico di Vers-l'Église a Fully (vs) sono stati utilizzati pali in calcestruzzo centrifugo con una lunghezza media di 23 metri.

Dei 118 pali installati, 41 sono pali energetici dotati di circuiti di tubi ad U. Quest'ultimi vengono inseriti nella parte cava dei pali prima della posa della piastra di fondazione. In questo progetto, la scelta del concetto di collegamento è particolarmente interessante. Mentre in genere ogni palo è collegato ad un distributore centrale, la soluzione scelta in questo caso prevedeva di installare dei collettori accessibili. Questi sono disposti lungo il perimetro dell'edificio e all'interno di un canale tecnico al centro dell'edificio.

L'utilizzo di vettori energetici fossili diventa sempre meno conveniente dal profilo economico

L'efficienza economica di un impianto con geostruuture dotate di sonde geotermiche, viene calcolata in base ai costi di investimento e ai costi operativi annuali. Normalmente viene fatto il paragone con sistemi di riscaldamento convenzionali, dove sono presi in considerazione anche i costi dei combustibili fossili. Se si tiene conto del tendenziale aumento dei prezzi del combustibile e delle incertezze che caratterizzano il lungo periodo, la geotermia offre già oggi una soluzione soddisfacente. In merito è però necessario tener conto del contesto, in modo da rendere più realistici i calcoli. In genere, i pali energetici che raggiungono grandi profondità hanno una maggior resa termica. Anche l'impiego di pali energetici in zone di falda acquifera risulta vantaggioso. In questo caso è però necessario rispettare le leggi cantonali per la protezione delle acque sotterranee. I pali energetici devono essere posti a sufficieente distanza l'uno dall'altro, così da ridurre al minimo o addirittura escludere l'influsso reciproco durante la cessione e il prelievo di calore. Con il riscaldamento e il raffreddamento combinato, grazie ad un scambio equilibrato di energia, è possibile assicurare a lungo termine un ottimo livello di sfruttamento dello stoccaggio di calore nel terreno. Lo sviluppo futuro della geotermia interesserà i seguenti tre settori:

- le costruzioni complesse, quali edifici lavorativi (uffici) e gli alberghi, con una necessità di riscaldamento e raffreddamento combinati;
- gli impianti con sonde geotermiche applicati a case monofamiliari, i quali, grazie all'impiego di una pompa di calore, diverranno una soluzione sempre più diffusa. In ogni caso è importante osservare che il funzionamento di una pompa di calore richiede elettricità;
- un ulteriore settore riguarda la produzione di grandi quantità di energia elettrica con la geotermia di profondità e questo primo progetto di Basilea permette di compiere un passo importante in merito.

GEOTHERMIE.CH viene subito al dunque

La Società Svizzera per la Geotermia (ssg) è stata fondata 16 anni fa, con l'obiettivo di fare conoscere questa fonte energetica e di ampliarne il suo sfruttamento a livello svizzero. A partire dalla metà degli anni 90, l'Ufficio federale dell'energia ha delegato alla ssg precisi compiti d'informazione nell'ambito del Programma Energia2000. Dal 2001 la ssg è un partner nel Programma svizzeraenergia e si occupa della promozione indiretta della geotermia. Nel frattempo nella ssg, con l'istituzione dell'organizzazione «ombrello» GEOTHERMIE.CH, è stato compiuto un passo importante verso una professionalizzazione delle strutture. Questa nuova e ampliata piattaforma offre un'ottima base per le molteplici attività nell'ambito della ricerca e dello sviluppo, così come nel campo della vendita dei prodotti sul mercato. Inoltre, sono in corso l'allestimento di un nuovo sito internet e l'ammodernamento del bollettino già esistente. Il «Centre de Recherche en Géothermie» (CREGE) di Neuchâtel è un importante partner nella svizzera occidentale e, in qualità di centro di competenza per la ricerca applicata, partecipa attivamente alle attività dell'organizzazione «ombrello».

La ricerca e lo sviluppo sono la base delle possibilità di sfruttamento della geotermia

Le possibilità di sfruttamento della geotermia che esistono oggi, sono il risultato di un intenso lavoro di ricerca e sviluppo sia a livello svizzero che internazionale. I ricercatori svizzeri sono coinvolti da molto tempo in progetti internazionali, come ad esempio il progetto EGS a Soultz-sous-Forêts (Francia), il quale funge da progetto pilota europeo nel campo della geotermia di profondità. Grazie alla promozione sostenuta dall'Ufficio federale dell'energia, dai cantoni, dai fondi e dagli imprenditori privati, è stato possibile nel passato affrontare le tematiche riguardanti i sistemi tecnologici e il potenziale geologico di sfruttamento dell'energia geotermica. In futuro la ricerca e lo sviluppo si concentreranno sulle tecniche innovative di perforazione, sulla geologia, sui processi di trasformazione dell'energia, così come sulla garanzia della qualità e sulla standardizzazione.

Contatti

GEOTHERMIE.CH

Società Svizzera per la Geotermia (ssg)

Centro operativo: Dr. Roland Wyss

geothermie@rwgeo.ch

Kompetenzzentrum Geothermie-Forschung CREGE
(Centro di competenza per la ricerca nel campo della geotermia)

Dr. François-D. Vuataz – francois.vuataz@crege.ch

Ufficio Federale dell'Energia (UFE)

Responsabile del settore geotermia: Markus Geissmann – markus.geissmann@bfe.admin.ch

Centro Ticinese di Promozione della Geotermia

(CTPG)

c/o ISAAC - Dacd - SUPSI

Responsabile centro: Daniel Pahud

daniel.pahud@geothermal-energy.ch

* Geologo, dirigente di GEOTHERMIE.CH, Società Svizzera per la Geotermia (ssg)