



**MOST EASY, EFFICIENT AND LOW COST
GEOTHERMAL SYSTEMS FOR RETROFITTING
CIVIL AND HISTORICAL BUILDINGS**

2018 - 2023

GEO4CIVHIC Historische Gebäude Broschüre

Autoren: GEO4CIVHIC-Konsortium
Projektkoordinatorin: Adriana BERNARDI

www.geo4civhic.eu

Das GEO4CIVHIC-Projekt wurde durch das Forschungs- und Innovationsprogramm Horizon 2020 der Europäischen Union unter der Fördervereinbarung Nr. 792355 gefördert.





Bei der Weitergabe von Ergebnissen ist darauf hinzuweisen, dass sie nur die Meinung des Verfassers wiedergeben und dass die Agentur nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich ist.

REDAKTIONEN:

Adriana Bernardi

Doinița - Iuliana Cucuțeanu

Das Ziel des europäischen Projekts " **Most Easy, Efficient and Low Cost Geothermal Systems for Retrofitting Civil and Historical Buildings** " (GEO4CIVHIC) ist es, die Nachrüstung ziviler und historischer Gebäude zu fördern. Vorläufige Studien in einem früheren europäischen Projekt: "**Cheap and Efficient Application of Reliable Ground Source Heat Exchangers and Pumps**" (Cheap-GSHPs) zeigten die Anwendbarkeit geothermischer Systeme in Gebäuden, die bisher nicht für eine Sanierung mit erneuerbaren Energiequellen, insbesondere Geothermie, in Betracht gezogen wurden.



Das Angel's Gate Gebäude

GEO4CIVHIC hat der Anwendung von Erdwärmepumpen in historischen Gebäuden besondere Aufmerksamkeit gewidmet, um die Beschränkungen und sehr strengen Vorschriften zu überwinden, die mit der Anwendung erneuerbarer Technologien in historischen Gebäuden verbunden sind. Dies stellt einen wichtigen Durchbruch beim Thema Heizung, Kühlung und Energieeinsparung in diesen Gebäuden dar.

Die im Rahmen des GEO4CIVHIC-Projekts durchgeführten Forschungsarbeiten hatten verschiedene Ziele, von denen einige speziell auf historische Gebäude ausgerichtet waren. Dazu gehörten der Energiebedarf und technische Lösungen zur Steigerung der Energieeffizienz, die geologischen Aspekte der europäischen Böden, der Einsatz innovativer hocheffizienter Wärmetauscher, der Einsatz neuer Bohrgeräte, die Innovationen bei Wärmepumpen und die Berücksichtigung rechtlicher, ökologischer und wirtschaftlicher Aspekte.



Standort der Fallstudie Greystones mit der Vorderseite des Gebäudes und der Position der Erdwärmetauscher in der Einfahrt links vom Haus

Die im Rahmen von GEO4CIVHIC entwickelten Systeme zielen darauf ab, den invasiven Charakter von Nachrüstungsmaßnahmen zu minimieren, indem sie Heiz- und Kühllösungen mit geringer sichtbarer Beeinträchtigung bereitstellen und zusätzliche Risiken für die historische Bausubstanz oder architektonische Elemente ausschließen. Die eingesetzten Lösungen bieten sehr begrenzte Umweltauswirkungen, verbesserte Betriebseffizienz, geringe Lärmemissionen und eine Senkung der Betriebskosten. Erreicht wurde dies durch die Berücksichtigung grundlegender Gestaltungsprinzipien, die Überwindung von Hindernissen, die Festlegung projektspezifischer Methoden sowie die Bewertung der Vorschriften, die der Anwendung geothermischer Lösungen in historischen Gebäuden zugrunde liegen.

Die Projekte GEO4CIVHIC und Cheap-GSHP haben die Integration von GSHP-Technologien zur Deckung des Heiz- und Kühlbedarfs historischer Gebäude demonstriert. Die Integration dieser Lösungen bietet klare Vorteile in Bezug auf die Verringerung der CO₂ Emissionen im Vergleich zu den konventionellen Heiztechnologien für fossile Brennstoffe, die ersetzt werden. Diese Lösungen bieten auch eine einzigartige Strategie zur Bereitstellung temperaturgesteuerter Bedingungen und zur Regelung der Umgebungstemperatur in Gebäuden, die traditionell schwer zu renovieren sind.

In vielen Fällen müssen die Sanierungstechnologien den historischen Charakter der Gebäude respektieren, so dass der Charakter des Gebäudes mit minimalen Eingriffen erhalten werden kann. Der Vorteil der GEO4CIVHIC-Wärmepumpenlösungen gegenüber anderen auf dem Markt erhältlichen Technologien für erneuerbare Energien ist die extrem geringe optische Beeinträchtigung, die die installierten Wärmepumpen und Hybrid-Wärmepumpenlösungen bieten können.

Diese Lösungen bieten langfristige, nachhaltige und energieeffiziente Möglichkeiten zur Verbesserung der Bausubstanz historischer Gebäude und zur Durchführung geeigneter Erhaltungsmaßnahmen, die sich positiv auf die Erhaltung des kulturellen Erbes auswirken können.

Die Arbeit der beiden Projekte GEO4CIVHIC und Cheap-GSHP hat gezeigt, wie die Integration von GSHPs in historischen Gebäuden erfolgreich durchgeführt werden kann. Allerdings müssen während der Projektplanung und in der Umsetzungsphase kritische Strategien angewendet werden, um solche Lösungen erfolgreich zu integrieren. Ein detaillierter Planungsprozess, der die Bausubstanz historischer Gebäude sowie den spezifischen Energiebedarf und die Temperaturanforderungen berücksichtigt, um die Heiz- und Kühllasten solcher Systeme zu bestimmen, muss durchgeführt werden, bevor eine mögliche Lösung vorgeschlagen wird.

Wie in der CEN FprEN 16883 in einem allgemeineren Ansatz empfohlen, muss bei der Planung eine ganzheitliche Methodik angewandt werden, die nicht nur den Energiebedarf, sondern auch den Standort dieser Gebäude (oft in historischen Stadtzentren) berücksichtigt. Der verfügbare Platz bestimmt das Potenzial für die Installation eines Erdwärmekollektors, der einen integrierten, standortspezifischen Ansatz zur Risikobewertung erfordert. Die Platzbeschränkungen stehen im Zusammenhang mit nahe gelegenen Gebäuden oder anderen archäologischen und denkmalgeschützten Artefakten in unmittelbarer Nähe zum Projektstandort oder im Untergrund. Für die Dimensionierung und Installation eines Erdwärmetauschers (GHE) ist eine detaillierte Bewertung erforderlich, um sicherzustellen, dass die Auswirkungen auf das Kulturerbe und die umliegende Landschaft minimal sind. Die Versorgung historischer Gebäude mit Wärme und Kälte erfordert die Aufrüstung der internen Anschlüsse und der bestehenden Rohrleitungen, um die Effizienz zu maximieren. Der Standort des Wärmetauscherfeldes und der Anlagen (Wärmepumpen, Puffer- und Warmwasserspeicher) muss so gewählt werden, dass der historische Charakter der Gebäude erhalten bleibt und der für die Integration dieser Technologien verfügbare Raum erhalten bleibt.

In einigen Fällen ist der Einsatz von hybriden Luft- und Erdwärmepumpen eine geeignetere Lösung, die weniger Eingriffe erfordert und gleichzeitig die Betriebseffizienz des Systems maximiert. Die Projektbeteiligten müssen daher sorgfältig konsultiert werden, um sicherzustellen, dass die Projekte erfolgreich durchgeführt werden können.



Einbau der Erdwärmesonde

Die Installations- und Fertigstellungsphasen von GSHP-Projekten sind zeitlich begrenzt, können aber während ihrer Durchführung zu Störungen führen. Bei der Auswahl der Bohrmethode zur Fertigstellung des Sondenfeldes sowie bei



Gebäude "Ca' Rezzonico" in Venedig (Italien)

der Planung und Fertigstellung der Oberflächenanschlüsse müssen die physischen Eigenschaften des Standorts (verfügbarer Arbeitsbereich) und des Untergrunds (Böden, Geologie und Grundwasser) im Zusammenhang mit der Nähe zu anderen Nutzern wie benachbarten Gebäuden oder unterirdischer Infrastruktur in dichten städtischen Umgebungen berücksichtigt werden. Bei der Auswahl der Ausführungsmethoden ist darauf zu achten, dass die Beeinträchtigungen so gering wie möglich gehalten und die betriebliche Effizienz maximiert werden. Diese Maßnahmen wurden im Rahmen der Projekte GEO4CIVHIC und Cheap-GSHP erfolgreich demonstriert, bei denen GSHP-Technologien integriert wurden und zu einer Verbesserung des Gebäudekomforts bei gleichzeitiger nachhaltiger Erhaltung des historischen Charakters geführt haben.

historische Gebäude, die in GEO4CIVHIC umgesetzt werden. Sie stellen einen Fortschritt im Vergleich zu anderen Erdwärmepumpen-Technologien auf dem Markt dar. Das Projekt hat gezeigt, wie die Entwicklung und Installation innovativer Erdwärmepumpen nicht nur in neuen, sondern auch in historischen Gebäuden einfach und effizient integriert werden kann. Dies wurde durch die Anpassung der Systemkonfiguration, die Auswahl spezifischer Kältemittel und die Verwendung hocheffizienter Wärmetauscher erreicht, die von Fall zu Fall auf die Anforderungen der einzelnen ausgewählten Standorte abgestimmt wurden. Es wurden fünf verschiedene Wärmepumpen entwickelt, von denen einige speziell für die Bereitstellung hoher Temperaturen an bestehenden Anschlüssen, wie sie typischerweise in historischen Gebäuden vorhanden sind, entwickelt wurden.

Die Wärmepumpen sind zusammen mit den GHEs die zentralen technologischen Innovationen für

Die Anwendung der installierten Erdwärmepumpe bietet erhebliche Vorteile bei der Dekarbonisierung von Heizung und Kühlung in der bebauten Umwelt und liefert Lösungen mit sehr geringen visuellen Auswirkungen in historischen Zentren. In Anbetracht der Anzahl historischer Gebäude in den Städten und der Tatsache, dass diese Gebäude aufgrund ihres historischen Charakters in der Regel von den Zielvorgaben für die Gebäudesanierung ausgenommen sind, könnten die möglichen Umweltvorteile durch die Anwendung der Technologien des GEO4CIVHIC-Projekts sehr bedeutend sein, wenn diese auf eine große Anzahl historischer Gebäude angewendet werden könnten.

Der Planungs- und Installationsprozess von oberflächennahen geothermischen Systemen im Kontext der aktuellen nationalen und europäischen Normen und Vorschriften, die für die verschiedenen Systemelemente und für historische Gebäude gelten, wurde überprüft.

Zahlreiche historische Gebäude (die auch in die UNESCO-Liste des Kulturerbes aufgenommen wurden) wurden als relevante reale oder virtuelle Demonstrationsobjekte ausgewählt. Es wurden Empfehlungen entwickelt, um sowohl Fachleute als auch die breite Öffentlichkeit zu inspirieren, den Einsatz von GSHPs in historisch, architektonisch oder kulturell wertvollen Gebäuden in Betracht zu ziehen, in denen besondere Vorkehrungen erforderlich sind, um Innenraumkomfort und Energieleistung zu erreichen und die Erhaltungsanforderungen zu erfüllen.



Der Universitätskomplex "Ex Ospedale Geriatrico" in Padua (Italien)

Die erfolgreiche Demonstration der Technologien inspiriert den Einsatz von GSHPs in anderen historischen und von der UNESCO anerkannten Stätten, sowohl in Europa als auch weltweit, indem sie ein Gleichgewicht zwischen der Bedeutung des

Kulturerbes und seiner Erhaltung schafft. GSHPs sind die beste Lösung, um die Anforderungen an die energetische Nachhaltigkeit mit der Erhaltung der Integrität und Authentizität von Gebäuden des Kulturerbes in Einklang zu bringen. Die geringen visuellen Auswirkungen der unterirdischen Elemente sind im Vergleich zu anderen Technologien wie Luftwärmepumpen, Kältemaschinen und Heizkesseln für fossile Brennstoffe vorteilhaft. Die GSHP-Alternativen umfassen externe Elemente (externe Einheiten oder Schornsteine), die das Aussehen der Gebäudehülle im Vergleich zur GHSP-Lösung verändern.

GEO4CIVHIC lieferte Strategien für Gebäudeeigentümer, Behörden und Fachleute, die an der Erhaltung und Sanierung historischer Gebäude beteiligt sind, um eine langfristige, nachhaltige Bewirtschaftung durch die Integration von Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Verringerung der Treibhausgasemissionen zu erleichtern und gleichzeitig die Durchführung angemessener Erhaltungsmaßnahmen zu ermöglichen.

Eine detailliertere Beschreibung der durchgeführten Arbeiten findet sich in Band (Nr. 7) der Projektpublikationen, der sich mit der Anwendung oberflächennaher geothermischer Technologien in historischen Gebäuden befasst. Band 7 steht auf der GEO4CIVHIC-Projektwebsite zum freien Download zur Verfügung.

1. CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE (CNR)

CNR - ISAC (Koordinator)

Adriana BERNARDI
Alessandro BORTOLIN
Gianluca CADELANO

CNR - ITC

Sergio BOBBO
Laura FEDELE
Stefano ROSSI
Mauro SCATTOLINI

2. UNIVERSITA DEGLI STUDI DI PADOVA (UNIPD)

Abteilung für Wirtschaftsingenieurwesen

Michele DE CARLI
Angelo ZARRELLA
Giuseppe EMMI
Laura CARNIELETTO
Samantha GRACI
Davide QUAGGIOTTO

Fachbereich Geowissenschaften DG Referat

Antonio GALGARO
Eloisa DI SIPIO
Giorgia DALLA SANTA
Alberto CARRERA

3 UNIVERSITAT POLITECNICA DE VALENCIA (UPV)

Javier F. URCHUEGUÍA
Borja BADENES
Hossein JAVADI
Miguel Á. MATEO

4. R.E.D. SRL RESEARCH AND ENVIRONMENTAL DEVICES (RED)

Luc POCKELÉ
Giulia MEZZASALMA
Silvia CONTINI
Mattia CHINELLO
Nicola MUTINELLI

5. TERRA GEOSERV LIMITED (GEOSERV)

Riccardo PASQUALI
Aisling CUNNINGHAM

6. GALLETTI BELGIUM / HIREF (GALLETTI)

Fabio POLETTO
Andrea TARABOTTI
Enrico PACCHIN

7. FUNDACION TECNALIA FORSCHUNG & INNOVATION (TECNALIA)

Miguel Ángel ANTÓN
Amaia CASTELRUIZ
Sarah NOYÉ
Beatriz SÁNCHEZ
Arantza LÓPEZ

8. TERRA INFRASTRUCTURE (EHEMALS THYSSENKRUPP INFRASTRUCTURE)

Arno ROMANOWSKI
Franziska HELBIG

9. UNESCO REGIONALBÜRO FÜR WISSENSCHAFT UND KULTUR IN EUROPA

Jonathan BAKER
Francesca BAMPA
Matteo ROSATI
Iuliia KOZLOVA
Francesco LIPPARINI
Anh Thi Ngoc NGUYEN
Akémi LAMARCHE VADEL

10. FRIEDRICH-ALEXANDER-UNIVERSITAET ERLANGEN NUERNBERG (FAU)

David BERTERMANN
Oliver SUFT
Moritz FAUDE
Johannes MULLER

11. SOCIETATEA ROMANA GEOEXCHANGE / RUMÄNISCHE GEOEXCHANGE-GESELLSCHAFT (SRG - RGS)

Robert GAVRILIU
Doinița- Iuliana CUCUȚEANU
Tiberiu CATALINA
Marian ALEXANDRU

12. CENTRE FOR RENEWABLE ENERGY SOURCES AND SAVING FONDATION (CRES)

Dimitrios MENDRINOS
Konstantin KARYTSAS
Ioannis CHOROPANITIS
Ioannis CHALDEZOS
Spyridon KARYTSAS

13. HYDRA SRL (HYDRA)

Davide RIGHINI
Elisabetta GARDENGHI

14. UBEG DR ERICH MANDS U MARC SAUER GBR (UBEG)

Burkhard SANNER
Erich MANDS
Marc SAUER

15. GEO-GREEN SPRL (GEO-GREEN)

Jacques VERCRUYSSÉ

16. PIETRE EDIL SRL (PIETRE)

Elena Loredana FODOR
Leonardo ROSSI
Alexandru TĂNASE

17. SOLINTEL M&P SL (SOLINTEL)

Dery TORRES
Hugo GRASSET
Miguel Angel GOMEZ

18. DIN L-ART HELWA (DLH)

Luciano MULE'STAGNO
Daniel MICALLEF
Ingrid GALEA
Davide POLETTO
Daniele SFERRA
Manuel SCARPA

19. SCUOLA UNIVERSITARIA PROFESSIONALE DELLA SVIZZERA ITALIANA (SUPSI)

Marco BELLARDI
Linda SOMA
Sebastian PERA
Rodolfo PEREGO

PARTNER



INSTITUTE OF ATMOSPHERIC SCIENCES AND CLIMATE
NATIONAL RESEARCH COUNCIL (CNR – ISAC)
www.isac.cnr.it



INSTITUTE OF CONSTRUCTION
TECHNOLOGIES NATIONAL
RESEARCH COUNCIL (CNR-ITC)
www.itc.cnr.it



UNIVERSITA' DEGLI
STUDI DI PADOVA (UNIPD)
www.unipd.it



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA (UPV)
www.upv.es



RESEARCH AND
ENVIRONMENTAL
DEVICES SRL (RED)
www.red-srl.com



TERRA INFRASTRUCTURE
(FORMER THYSSENKRUPP
INFRASTRUCTURE)
www.terra-infrastructure.com



TERRA GEOSERV LIMITED
(GEOSERV)
www.geoservsolutions.com



GALLETTI BELGIUM/
HIREF (GALLETTI)
www.galletti.be/hiref.it



MEMBER OF BASQUE RESEARCH
& TECHNOLOGY ALLIANCE
FUNDACION TECNALIA
RESEARCH & INNOVATION
www.tecnalia.com



GEO GREEN SPRL
(GEO-GREEN)
www.geo-green.be



UNESCO REGIONAL BUREAU
FOR SCIENCE AND CULTURE
IN EUROPE
www.unesco.org/venice



Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

FRIEDRICH-ALEXANDER-
UNIVERSITÄT ERLANGEN
NURNBERG (FAU)
www.uni-erlangen.de



ROMANIAN GEOEXCHANGE SOCIETY
SOCIETATEA ROMANA
GEOEXCHANGE /ROMANIAN
GEOEXCHANGE SOCIETY
(SRG - RGS)
www.geoexchange.ro



CENTRE FOR RENEWABLE
ENERGY SOURCES
AND SAVING FUNDATION
(CRES)
www.cres.gr



HYDRA SRL
(HYDRA)
www.hydrahammer.it



UBEG DR ERICH MANDS
U MARC SAUER
GBR (UBEG)
www.ubeg.de

Scuola universitaria professionale
della Svizzera italiana



SCUOLA UNIVERSITARIA
PROFESSIONALE
DELLA SVIZZERA ITALIANA
(SUPSI)
www.supsi.ch



PIETRE EDIL SRL
(PIETRE EDIL)
www.pietre-edil.ro



SOLINTEL M&P SL
(SOLINTEL)
www.solintel.eu



DIN I-ART HELWA
(DLH)
www.dinlarthelwa.org