



ΠΙΟ ΕΥΚΟΛΑ ΣΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΤΑΣΗ,
ΑΠΟΔΟΤΙΚΑ ΚΑΙ ΧΑΜΗΛΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΜΕΤΑΣΚΕΥΗ
ΣΕ ΤΥΠΙΚΑ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ

2018 - 2023

ΓΕΟ4CIVHIC

Τεχνικό Φυλλάδιο

Συγγραφείς: Κοινοπραξία ΓΕΟ4CIVHIC
Συντονιστής του έργου: Adriana Bernardi

www.geo4civhic.eu

Το έργο GEO4CIVHIC έχει λάβει χρηματοδότηση από το πρόγραμμα έρευνας και καινοτομίας Horizon 2020 της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο πλαίσιο της συμφωνίας επιχορήγησης No. 792355





Οποιαδήποτε διάδοση των αποτελεσμάτων πρέπει να υποδεικνύει ότι αντικατοπτρίζει μόνο την άποψη του συγγραφέα και ότι ο Οργανισμός δεν είναι υπεύθυνος για οποιαδήποτε χρήση των πληροφοριών που περιέχει.

ΣΥΝΤΑΚΤΕΣ:

Adriana Bernardi

Doinița - Iuliana Cucușteanu



ΠΡΟΟΙΜΙΟ

Ο στόχος του ευρωπαϊκού έργου «Most Easy, Efficient and Low Cost Geothermal Systems for Retrofitting Civil and Historical Buildings» (GEO4CIVHIC) είναι να προωθήσει τη μετασκευή πολιτικών και ιστορικών κτιρίων διευκολύνοντας την εγκατάσταση, τη μείωση του κόστους και την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης αυτών των κτιρίων μέσω της χρήσης ρηχών γεωθερμικών συστημάτων.

Αυτό το τεχνικό φυλλάδιο περιγράφει και συνοψίζει τα ερευνητικά αποτελέσματα και τις καινοτομίες που επιτεύχθηκαν κατά τη διάρκεια του έργου.

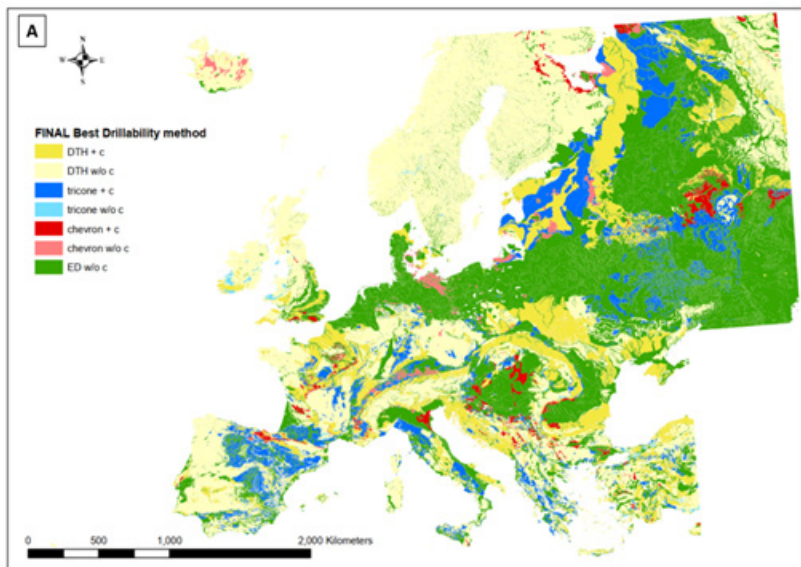
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΠΟΔΟΤΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ

Για τη διερεύνηση της δυνατότητας ανάπτυξης ρηχών γεωθερμικών λύσεων στο ευρωπαϊκό κτιριακό απόθεμα που βρίσκεται σε αστικές περιοχές, αναπτύχθηκαν αρχέτυπα κτιρίων με βάση τη γεωμετρία, τις θερμικές ιδιότητες του περιβλήματος, την τελική χρήση, και τον τύπο του εγκατεστημένου συστήματος θέρμανσης-κλιματισμού. Τα αρχέτυπα διαφοροποιούν τα υπάρχοντα και τα ιστορικά κτίρια καθώς και τις μονοκατοικίες, που τυπικά απαντώνται στα ευρωπαϊκά ιστορικά κέντρα. Αυτά τα αρχέτυπα επιλέχθηκαν στη συνέχεια ως περιπτωσιολογικές μελέτες, για να

τεκμηριωθεί η δυνατότητα σύζευξης της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας (ΓΑΘ) με άλλα συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) (δηλαδή, ηλιακούς θερμικούς συλλέκτες με δεξαμενές αποθήκευσης, αιολική ενέργεια, φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα, υβριδικές φωτοβολταϊκές θερμικές λύσεις και αντλίες θερμότητας αέρα-νερού), για τον προσδιορισμό βέλτιστων λύσεων για διαφορετικούς τύπους κτιρίων και κλιματικές συνθήκες.

Οι μεθοδολογίες του έργου επικεντρώθηκαν στη βέλτιστη διαστασιολόγηση των λύσεων ΓΑΘ και ΑΠΕ, περιορίζοντας ταυτόχρονα τον αντίκτυπο στο αστικό περιβάλλον.

Πραγματοποιήθηκαν δυναμικές προσομοιώσεις για τον προσδιορισμό των θερμικών και ψυκτικών αναγκών των επιμέρους κτιρίων. Οι προσομοιώσεις βασίστηκαν σε μια



Χάρτης διάτρησης σε ευρωπαϊκή κλίμακα: προτεινόμενη μέθοδος διάτρησης

προσέγγιση αξιολόγησης του περιβλήματος του κτιρίου για τον καθορισμό των θερμικών φορτίων. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια για την διαστασιολόγηση και τον υπολογισμό του βέλτιστου μήκους των γεωναλλάκτη, με βάση τις τοπικές γεωλογικές και θερμικές συνθήκες, καθώς και τον διαθέσιμο χώρο σε κάθε τοποθεσία. Αυτή η προσέγγιση διασφαλίζει ότι το γεωθερμικό σύστημα δεν είναι υπερβολικά μεγάλο ή μικρό και προωθεί την εφαρμογή μακροπρόθεσμης βιώσιμης ανταλλαγής ενέργειας με το έδαφος χωρίς υποβάθμιση της ενεργειακής απόδοσης.

Πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις για την εκτίμηση του βαθμού αυτόρκειας και ιδιοκατανάλωσης για αρχέτυπα κτίρια εξοπλισμένα με φωτοβολταϊκά συστήματα και εξετάστηκαν πέντε διαφορετικοί προσανατολισμοί για κάθε κτίριο.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μπορούν να υιοθετηθούν πολλές διαφορετικές στρατηγικές με βάση το κλίμα, την τελική χρήση και τη ζήτηση ενέργειας (με βάση το έτος κατασκευής ή/και το επίπεδο των μέτρων μετασκευής που εφαρμόζονται) ενός κτιρίου.

Για τα διάφορα αρχέτυπα και λύσεις έργων που αναπτύχθηκαν, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, παρά το γεγονός ότι η τοποθεσία επηρεάζει σημαντικά τη διαθεσιμότητα της ηλιακής ακτινοβολίας, υπάρχει θετικός αντίκτυπος στην εξοικονόμηση ενέργειας και στο σχετικό ενεργειακό κόστος, επιβεβαιώνοντας έτσι τα οφέλη από την εγκατάσταση ΓΑΘ στα αστικά κέντρα των πόλεων.

ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ

Ο ρόλος της γεωλογίας στο σχεδιασμό και τη σκοπιμότητα των συστημάτων γεωθερμικού κλειστού βρόχου είναι κρίσιμος. Για να πραγματοποιηθεί μια γρήγορη προκαταρκτική προσέγγιση προκειμένου να αξιολογηθεί η σκοπιμότητα νέων συστημάτων ΓΑΘ κλειστού βρόχου και να εκτιμηθεί το κόστος, δημιουργήθηκαν ένα Σύστημα Υποστήριξης Αποφάσεων (DSS) και μια Εφαρμογή (APP) που ονομάζεται «Drillability» για να βοηθήσουν τους ενδιαφερόμενους. Οι πιο σχετικές πτυχές που είναι απαραίτητες για το σχεδιασμό ενός νέου συστήματος ΓΑΘ κλειστού βρόχου ενσωματώνονται στο DSS και, σε απλοποιημένη λειτουργία, στην APP, μέσω εργαλείων λογισμικού που συνδέονται με μια σειρά συνόλων δεδομένων για την παροχή των παραμέτρων σχεδιασμού που απαιτούνται από τον χρήστη.



Ο πύργος γεώτρησης στρίβει προς τα αριστερά



Ο ιστός εκτείνεται προς τα εμπρός

Οι θερμογεωλογικές ιδιότητες, συμπεριλαμβανομένων των τοπικών θερμικών ιδιοτήτων και του προφίλ θερμοκρασίας του υπεδάφους, διαδραματίζουν θεμελιώδη ρόλο στο σχεδιασμό των γεωεναλλάκτη.

Η ενεργειακή απόδοση μιας αντλίας θερμότητας εξαρτάται από τις θερμικές ιδιότητες (ειδικά τη θερμική αγωγιμότητα) και τη θερμοκρασία του εδάφους, η σωστή γνώση των οποίων είναι ζωτικής σημασίας για το σωστή διαστασιολόγηση του συστήματος. Δημιουργήθηκε βάση δεδομένων με τις θερμικές ιδιότητες του υπεδάφους, των πετρωμάτων και των χαλαρών ιζημάτων η οποία συμπεριλήφθηκε στα DSS και APP.

Αναπτύχθηκε μια μέθοδος για τη δημιουργία ενός οδηγού χάρτη. Δημιουργήθηκαν νέοι «χάρτες διάτρησης», οι οποίοι περιέχουν προκαταρκτικές πληροφορίες χρήσιμες για τις τοπικές αρχές και υποστηρίζουν τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων και τους σχεδιαστές στο σχεδιασμό συστημάτων γεωεναλλακτών. Οι χάρτες, που αναπτύχθηκαν με προσέγγιση πολλαπλής κλίμακας σε ευρωπαϊκή και δημοτική κλίμακα παρέχουν την λιθολογική ταξινόμηση που εμφανίζεται στο σύνολο δεδομένων της Ευρωπαϊκής Υποδομής Γεωλογικών Δεδομένων (EGDI).

Η προτεινόμενη μέθοδος χαρτογράφησης επαληθεύτηκε και επικυρώθηκε σε σύγκριση με τους μετρούμενους χρόνους διάτρησης και το κόστος στις 4 πραγματικές τοποθεσίες επίδειξης, λαμβάνοντας υπόψη τις ειδικές τεχνικές που εφαρμόζονται στις πραγματικές πιλοτικές τοποθεσίες του έργου GEO4CIVHIC, αποδεικνύοντας την αξιοπιστία της μεθοδολογικής προσέγγισης που μπορεί να επεκταθεί και σε άλλες τοποθεσίες. Η καταλληλότερη τεχνολογία διάτρησης για ρηχές γεωθερμικές εφαρμογές παίζει βασικό ρόλο σε μια τεχνοοικονομική αξιολόγηση. Έχει αναφερθεί μια μεγάλη βάση δεδομένων θερμικών ιδιοτήτων που ελήφθησαν από επιτόπιες μετρήσεις θερμικής απόκρισης (TRT), χάρη στη συλλογή περισσότερων από 140 TRT που πραγματοποιήθηκαν στην Ευρώπη, η οποία υποστηρίζεται επίσης από πληροφορίες λιθολογίας.

Δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων που συσχετίζει την τεχνική διάτρησης με τους τύπους πετρωμάτων, τον χρόνο που απαιτείται για τη διάνομιξη μιας γεώτρησης βάθους 100 m και το αντίστοιχο κόστος.

Το κόστος εγκατάστασης είναι ένας από τους κύριους περιορισμούς για την ευρύτερη εφαρμογή ρηχών γεωθερμικών εναλλακτών θερμότητας και οφείλεται κυρίως στον χρόνο και τα τέλη διάτρησης.

Οι προτάσεις για την καταλληλότερη τεχνική διάτρησης για ένα δεδομένο γεωλογικό πλαίσιο και για τον αντίστοιχο χρόνο και κόστος παρέχουν στον χρήστη χρήσιμη τεχνική και οικονομική καθοδήγηση.

ΔΙΑΤΡΗΣΗ: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ, ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΝΑΛΛΑΚΤΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Το έργο GEO4CIVILIC ανέπτυξε ένα προσαρμοστικό, ευέλικτο και συμπαγές γεωτρύπανο. Αυτό το καινοτόμο μηχάνημα χαμηλών εκπομπών έχει σχεδιαστεί ειδικά για την μετασκευή αστικών και ιστορικών κτιρίων και για να λειτουργεί σε περιορισμένους χώρους και σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές, όπου η κατασκευή γεωεναλλακτών είναι συνήθως δύσκολη. Αναπτύχθηκαν ποικίλες κεφαλές διάτρησης και κοπτικά που χρησιμοποιούν διαφορετικές μεθόδους διάτρησης, συμπεριλαμβανομένων της ώθησης και της δονούμενης ώθησης, μαζί με ειδικά σχεδιασμένη διατρητική στήλη. Αυτά δοκιμάστηκαν σε διάφορες γεωλογικές συνθήκες σε διαφορετικές τοποθεσίες στην Ευρώπη σε βάθη γεωτρήσεων μεταξύ 12 και 102 μέτρων από την επιφάνεια του εδάφους. Στις διαφορετικές τοποθεσίες δοκιμών, για την εγκατάσταση των γεωεναλλακτών χρησιμοποιήθηκαν ποικίλες συχνότητες δόνησης, ρευστά διάτρησης και κινητήρες.

Ένα νέο σύστημα ομοαξονικού γεωεναλλάκτη από ανοξείδωτο χάλυβα αναπτύχθηκε και εγκαταστάθηκε στις διάφορες τοποθεσίες επίδειξης στη Μάλτα, την Ιταλία, την Ιρλανδία και το Βέλγιο. Αυτό συνδυάστηκε με βελτιωμένα υλικά ενέματος για τη σφράγιση των γεωεναλλακτών και τη βελτίωση της απόδοσης του γεωθερμικού συστήματος.

Μια ανάλυση του μέσου κόστους διάτρησης ανά μέτρο γεωεναλλάκτη σε 11 ευρωπαϊκές χώρες κατέδειξε το πλεονέκτημα των νέων ομοαξονικών συστημάτων που αναπτύχθηκαν, σε σύγκριση με άλλα προϊόντα που διατίθενται στην αγορά.

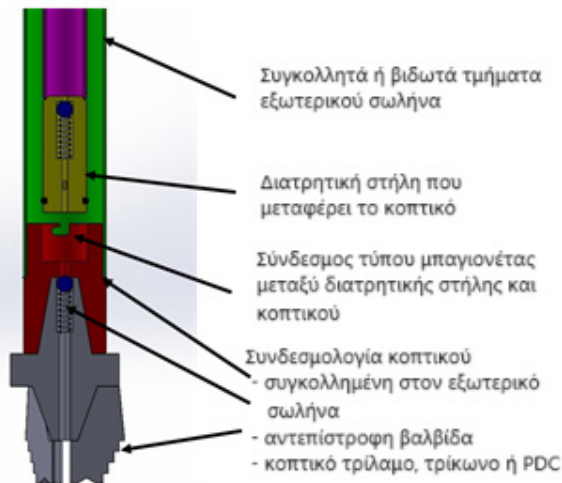
Καινοτόμα, πολύ ρηγά γεωθερμικά συστήματα που χρησιμοποιούν οριζόντια συστήματα γεωεναλλακτών (π.χ. θερμαντικά σώματα επίπεδης επιφάνειας & συστήματα ρηχών γεωτρήσεων αποστράγγισης) διερευνήθηκαν και αξιολογήθηκαν σε διάφορες τοποθεσίες δοκιμών στην Ευρώπη με θετικά αποτελέσματα. Για τον υπολογισμό της επίδρασης της ηλιακής ακτινοβολίας στους γεωεναλλάκτες, χρησιμοποιήθηκε υπολογιστικό εργαλείο που χρησιμοποιεί τη μέθοδο της Διεθνούς Ένωσης Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας.

Τέλος, αναπτύχθηκε μια εφαρμογή υποστήριξης για κινητά τηλέφωνα απευθυνόμενη σε επαγγελματίες του τομέα της γεωθερμίας, προκειμένου να απλοποιήσει και να ενθαρρύνει το έργο των σχεδιαστών και των εγκαταστατών γεωεναλλακτών. Η εφαρμογή, που ονομάζεται «Drillability», βοηθά τους γεωτρυπανιστές και τους σχεδιαστές να παρέχουν μια προκαταρκτική αξιολόγηση των απαιτήσεων σε γεωεναλλάκτες, καθώς και του αντίστοιχου κόστους και ενεργειακού οφέλους των νέων εγκαταστάσεων.



Ανύψωση του γεωτρύπανου στον κήπο στο Battle (ΒΕΛΓΙΟ)

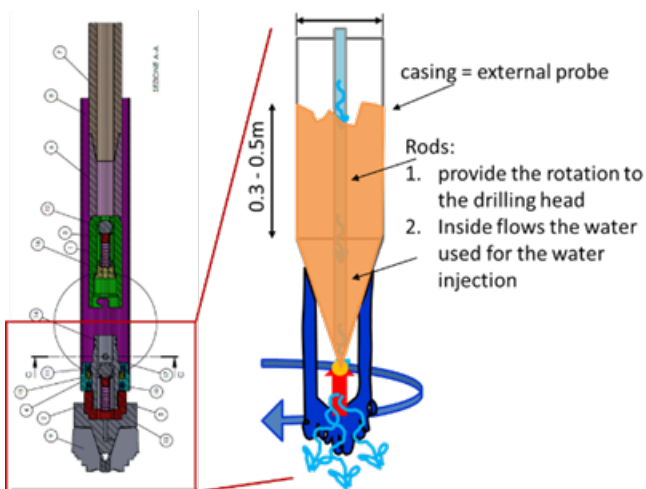
Εξωτερικός σωλήνας του γεωεναλλάκτη, ο οποίος χρησιμεύει και ως περιφραγματικός σωλήνας της γεώτρησης



Βασικά στοιχεία του Hydra-RED ομοαξονικού γεωεναλλάκτη από χάλυβα

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Η αντλία θερμότητας (Α/Θ) είναι μια από τις βασικές τεχνολογικές καινοτομίες του GEO4CIVHIC. Σε συνδυασμό με τους νέους γεωεναλλάκτες, η Α/Θ αντιπροσωπεύει τον πυρήνα των γεωθερμικών τεχνολογιών που επιδεικνύονται ως μέρος του έργου. Οι εγκατεστημένες ΓΑΘ έχουν αποδειχθεί ότι ενσωματώνονται εύκολα και αποτελεσματικά όχι μόνο σε νέα, αλλά και σε ιστορικά κτίρια, προσαρμόζοντας τη διαμόρφωση του ψυκτικού κύκλου, τα ψυκτικά μέσα και τους εναλλάκτες θερμότητας κατά περίπτωση.



**Κεφαλή του ωθούμενου ομοαξονικού γεωεναλλάκτη χωρίς ένεμα
(Η μέθοδος διάτρησης Hydra-RED έχει πατενταριστεί)**

καινοτομία, επικεντρώθηκε στις διαμορφώσεις του κύκλου ψύξης. Τα αναγεννητικά, εξοικονομητικά, υπό- και υπερκρίσιμα και τα κύκλα αλληλουχίας, αναπτύχθηκαν ως οι κύριες καινοτόμες λύσεις για τη διεύρυνση της δυνατότητας εφαρμογής των αντλιών θερμότητας σε διαφορετικά σενάρια μετασκευής.

Για την επίδειξη αυτών των καινοτομιών, αναπτύχθηκαν πέντε διαφορετικές αντλίες θερμότητας: (α) A/Θ plug-and-play για εύκολη εγκατάσταση και περιορισμό του χρόνου και του κόστους εγκατάστασης, (β) υβριδική A/Θ για ζεστά κλίματα, (γ) υβριδική A/Θ υψηλής θερμοκρασίας για ήπια έως ψυχρά κλίματα, (δ) A/Θ υψηλής θερμοκρασίας για ψυχρά κλίματα, και (ε) A/Θ που μπορεί να λειτουργήσει τόσο με σώματα υψηλής όσο και χαμηλής θερμοκρασίας, για μερική ανακαίνιση παλαιών κτιρίων. Αυτά τα πέντε πρωτότυπα εγκαταστάθηκαν σε πέντε τοποθεσίες επίδειξης, όπου αξιολογήθηκαν οι συνθήκες λειτουργίας και η απόδοσή τους.

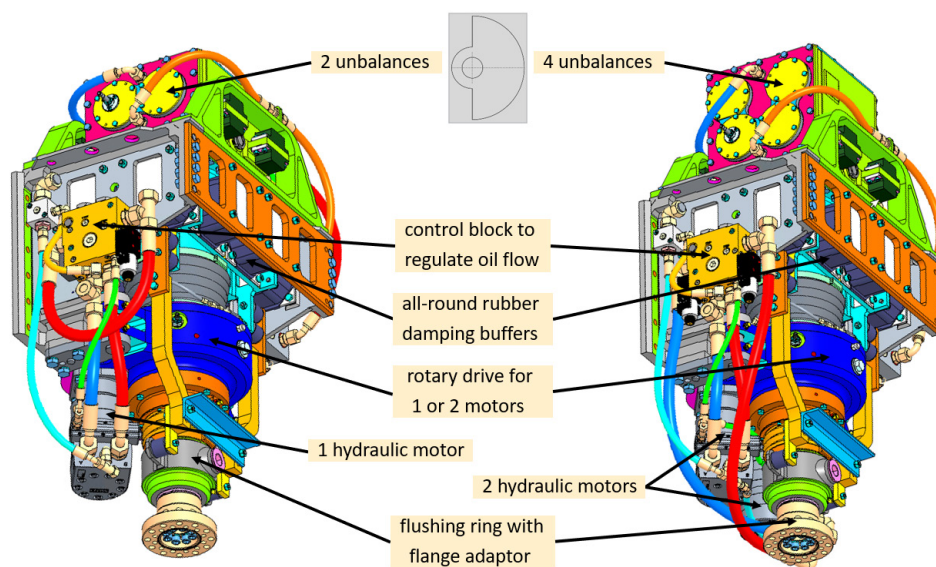
Η ανάπτυξη των καινοτομιών της A/Θ, επικεντρώθηκε στην ανάλυση των λειτουργικών ρευστών, δηλαδή των ψυκτικών μέσων, εστιάζοντας στο δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (GWP) και στην ανάγκη εύρεσης ρευστών που δεν συμβάλλουν (ή συμβάλλουν λιγότερο) στις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (GHG).

ΜΕΓΕΘΟΣ ΓΑΘ ΚΑΙ ΥΒΡΙΔΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

Η A/Θ αποτελεί ώριμη τεχνολογία που μπορεί να συνδυαστεί με άλλες τεχνολογίες ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την παροχή λύσεων θέρμανσης και ψύξης χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Οι A/Θ έχουν αναγνωριστεί ως βασική τεχνολογία που επιτρέπει την απανθρακοποίηση του κλιματισμού στα κτίρια και συμβάλλει στην επίτευξη των στόχων σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης στον κτιριακό τομέα. Ορισμένες δραστηριότητες πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του έργου GEO4CIVILIC σχετικά με (α) αναλυτικές μεθόδους για την αξιολόγηση της θερμικής παρεμβολής μεταξύ γεωθερμικών συστημάτων που είναι εγκατεστημένα σε κοντινή απόσταση, (β) οδηγίες για προσαρμοσμένη δοκιμή θερμικής απόκρισης (TRT), (γ) εργαλεία για προσχεδιασμό, διαστασιολόγηση και παρακολούθηση ριγών συστημάτων γεωθερμίας, (δ) συνέργειες με άλλες υβριδικές τεχνολογίες ΑΠΕ, και (ε) στρατηγικές ρύθμισης λειτουργίας. Η ενεργειακή απόδοση, τα οικονομικά και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε διάφορες τοποθεσίες μελέτης περίπτωσης κατά τη διάρκεια του έργου αξιολογήθηκαν λεπτομερώς.



Έναρξη της γεώτρησης με τη μέθοδο Hydra-Red



Τρισδιάστατη άποψη του πολυλειτουργικού VibroDrill VD80

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΠΡΟΤΥΠΑ

Το έργο έδειξε πώς η χρήση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας στο δομημένο περιβάλλον παρέχει σημαντικά οφέλη στην απανθρακοποίηση της θέρμανσης και της ψύξης. Συγκεκριμένα, οι ΓΑΘ παρέχουν μια λύση χαμηλού οπτικού αντίκτυπου για τη διευκόλυνση της απανθρακοποίησης στα πυκνά αστικά περιβάλλοντα και τα ιστορικά κέντρα. Καταδείχθηκαν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται με την εγκατάσταση και λειτουργία ρηχών γεωθερμικών συστημάτων. Εφαρμόστηκαν μεθοδολογίες για



Ανόρυξη γεώτρησης γεωεναλλάκτη ΤΚΙ

την αξιολόγηση αυτών των επιπτώσεων στο στάδιο της κατασκευής και κατά τη διάρκεια των φάσεων λειτουργίας μιας ΓΑΘ στο πλαίσιο μιας προσέγγισης κύκλου ζωής. Αυτά επικεντρώθηκαν στις νέες τεχνολογίες διάτρησης, γεωεναλλάκτη και αντλιών θερμότητας που αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια του GEO4CIVHIC. Αξιολογήθηκε η διαδικασία σχεδιασμού και εγκατάστασης αβαθών γεωθερμικών συστημάτων στο πλαίσιο των σημερινών εθνικών και ευρωπαϊκών προτύπων, καθώς και η σημασία της αδειοδότησης και της λειτουργίας των συστημάτων όταν αυτά βρίσκονται σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους. Παραδείγματα και μεθοδολογίες για την επίδειξη και την πρόληψη της θερμικής παρεμβολής γειτονικών γεωεναλλακτών αξιολογήθηκαν ως ειδικό εργαλείο για την προώθηση του βιώσιμου σχεδιασμού και λειτουργίας του συστήματος. Πραγματοποιήθηκε υπολογισμός του ανηγμένου (levelized) κόστους Ενέργειας (θέρμανσης ή ψύξης) από τις ΓΑΘ (κόστος κεφαλαίου-λειτουργίας-αποεπένδυσης).

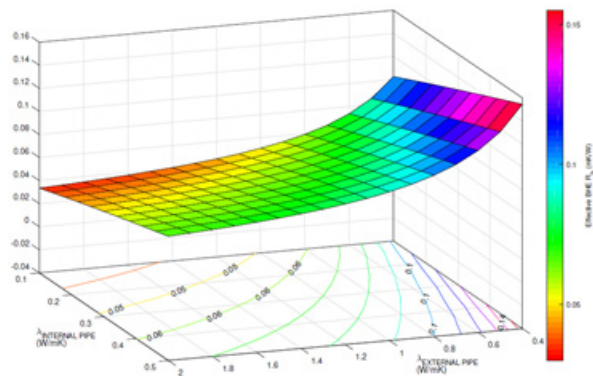
ΚΤΙΡΙΑ ΙΣΤΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΑΣ

Η βιωσιμότητα και η ευκαιρία που προσφέρει η μετασκευή ιστορικών κτιρίων μέσω της εγκατάστασης και εφαρμογής ΓΑΘ αποδείχθηκε κατά τη διάρκεια του GEO4CIVHIC. Τα συστήματα που αναπτύχθηκαν παρέχουν μια χαμηλού κινδύνου και μη παρεμβατική λύση σε μετασκευές ιστορικών

κτιρίων και στα αρχιτεκτονικά τους στοιχεία. Αυτά περιορίζουν επίσης τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, μεγιστοποιούν τη λειτουργική απόδοση, παρέχουν χαμηλές εκπομπές θορύβου και CO₂ και μειώνουν το λειτουργικό κόστος.

Αξιολογήθηκαν οι βασικές αρχές, τα εμπόδια, οι προσεγγίσεις και οι διαδικασίες, καθώς και η νομοθεσία στη βάση της εφαρμογής της γεωθερμίας στα ιστορικά κτίρια. Επιλέχθηκαν και μελετήθηκαν πολυάριθμες τοποθεσίες μελέτης περίπτωσης ιστορικών κτιρίων ως πραγματικές ή προσομοιωμένες επιδεικτικές μονάδες. Η επιτυχημένη εμπειρία που αποκτήθηκε εμπνέει τη χρήση αυτής της ανανεώσιμης πηγής για άλλους ιστορικούς χώρους, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που έχουν χαρακτηριστεί από την UNESCO τόσο εντός όσο και εκτός Ευρώπης.

Το έργο έδειξε επίσης πώς τα συστήματα γεωθερμικής ενέργειας διευκολύνουν την εξισορρόπηση της απανθρακοποίησης των ιστορικών κτιρίων, καθώς και την ανάδειξη της σημασίας και τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Οι λύσεις ΓΑΘ, προσφέρουν μια λύση ελάχιστης οπτικής επίδρασης με ένα μεγάλο μέρος του συστήματος να είναι υπόγειο (δηλαδή το πεδίο γεωεναλλακτών) σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες όπως είναι οι αερόψυκτες αντλίες θερμότητας, τα ψυκτικά συγκροτήματα και οι συμβατικοί λέβητες ορυκτών καυσίμων, όπου τα εξωτερικά στοιχεία των οποίων (εξωτερικές μονάδες ή καμινάδες) αλλάζουν την εμφάνιση του ιστορικού κελύφους του κτιρίου.



Ταυτόχρονη επίδραση στην αποτελεσματική θερμική αντίσταση γεωεναλλάκτη της μεταβολής του λ_{PIPE} στους εξωτερικούς και εσωτερικούς σωλήνες ενός ομοαξονικού συστήματος για κτίριο γραφείων σε ήπιο κλίμα με μέτρια θερμική αγωγιμότητα του υπεδάφους. Ισόγραμμες κάθε 0,01 (m K)/W



Αντλία θερμότητας κατά τις εργαστηριακές δοκιμές

1. CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE (CNR)

CNR – ISAC
(συντονιστής)

Adriana BERNARDI
Alessandro BORTOLIN
Gianluca CADELANO

CNR – ITC

Sergio BOBBO
Laura FEDELE
Stefano ROSSI
Mauro SCATTOLINI

2. UNIVERSITA DEGLI STUDI DI PADOVA (UNIPD)

Τμήμα Βιομηχανικών Μηχανικών

Michele DE CARLI
Angelo ZARRELLA
Giuseppe EMMI
Laura CARNIELETTO
Σαμάνθα ΓΚΡΑΤΣΙ
Davide QUAGGIOTTO

Τμήμα Γεωεπιστημών Μονάδα ΓΔ

Antonio GALGARO
Eloisa DI SIPIO
Giorgia DALLA SANTA
Αλμπέρτο ΚΑΡΕΡΑ

3 UNIVERSITAT POLITECNICA DE VALENCIA (UPV)

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

4. RED SRL EPEYNA KAI ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ (KOKKINO)

Luc POCHELÉ
Giulia MEZZASALMA
Σίλβια ΚΟΝΤΙΝΙ
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 EPEYNA & KAINOTOMIA (TECNALIA)

Miguel Ángel ANTÓN
Amaia CASTELRUIZ
Sarah NOYÉ
Beatriz SÁNCHEZ
Arantza LÓPEZ

8. TERRA INFRASTRUCTURE (ΠΡΩΗΝ ΥΠΟΔΟΜΗ THYSSENKRUPP)

Arno ROMANOWSKI
Franziska HELBIG

9. ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ ΓΡΑΦΕΙΟ UNESCO ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΟΝ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Τζόναθαν Μπέκερ
Francesca BAMPA
Matteo ROSATI
Iuliia KOZLOVA
Francesco LIPPARINI
Anh Thi Ngoc NGUYEN
Akémi LAMARCHE VADEL

10. FRIEDRICH-ALEXANDERUNIVERSITÄT ERLANGEN NUERNBERG (FAU)

Ντέιβιντ ΜΠΕΡΤΕΡΜΑΝ
Oliver SUFT
Moritz FAUDE
Johannes MULLER

11. SOCIETATEA ROMANA GEOEXCHANGE / ROMANIAN GEOEXCHANGE SOCIETY (SRG - RGS)

Robert GAVRILIUC
Doiņița- Iuliana CUCUȚEANU
Τιβερίου ΚΑΤΑΛΙΝΑ
Μαριάν ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ

12. ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (ΚΑΠΕ)

Δημήτριος ΜΕΝΔΡΙΝΟΣ
Κωνσταντίνος ΚΑΡΥΤΣΑΣ
Ιωάννης ΧΩΡΟΠΙΑΝΙΤΗΣ
Ιωάννης ΧΑΛΔΕΖΟΣ
Σπυρίδων ΚΑΡΥΤΣΑΣ

13. HYDRA SRL (HYDRA)

Davide RIGHINI
Elisabetta GARDENGHI

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

Burkhard SANNER
Έρχ ΜΑΝΤΣ
Marc SAUER

15. GEO-GREEN SPRL (ΓΕΩ-ΠΡΑΣΙΝΟ)

Jacques VERCROYSSSE

16. PIETRE EDIL SRL (PIETRE)

Έλενα Λορεντάνα FODOR
Λεονάρντο Ρόσι
Alexandru TĂNASE

17. SOLINTEL M&P SL (SOLINTEL)

Ντέρι ΤΟΠΠΕΣ
Hugo GRASSET
Miguel Angel GOMEZ

18. DIN L-ART HELWA (DLH)

Luciano MULE'STAGNO
Daniel MICALLEF
Ingrid GALEA
Davide POLETTO
Daniele SFERRA
Μανουήλ ΣΚΑΡΠΙΑ

19. SCUOLA UNIVERSITARIA PROFESSIONALE DELLA SVIZZERA ITALIANA (SUPSI)

Marco BELLARDI
Λίντα ΣΩΜΑ
Σεμπάστιαν ΠΕΡΑ
Rodolfo PEREGO

ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ



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

UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



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



Dín I-Art Helwa

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