

Final report

1.1 Project details

Project title	Demonstration af nyt fuldskala teknologisk koncept med en kombineret jordvarmeslange- og faskineløsning
Project identification (program abbrev. and file)	64015-0526 - Kombineret faskine og jordvarmeslange
Name of the programme which has funded the project	EUDP – Energieffektivitet
Project managing company/institution (name and address)	ROCKWOOL International A/S Hovedgaden 584 2640 Hedehusene
Project partners	Insero A/S Vølund Varmeteknik A/S VIA University College
CVR (central business register)	54879415
Date for submission	22.08.2018

1.2 Short description of project objective and results

1.2.1 English version

The project has demonstrated and dimensioned a new full scale technological concept to obtain increased energy efficiency using ground-water heat pump systems in buildings, compared to a traditional ground-water heat pump system, and a system including a traditional rain water harvesting tank. Test results confirm improved heat uptake around the underground heat pipe by increasing moistening of the surrounding soil. Secondly, the length of the heat pipe of the installation can be reduced 6-10%, and thereby reduce the investment. Soil conditions are determinant for the effect, as soil types that dry out faster should be expected to gain more advantage of the solution. The clear advantage of the solution is within new buildings, where soil construction work of normal piping is exploited.

1.2.2 Dansk version

Projektet har dimensioneret et nyt fuldskalaanlæg, der kombinerer en faskine og et jordvarmeanlæg, til demonstration af effektiviteten sammenlignet med et tilsvarende traditionelt anlæg. Forsøgene har vist forbedret varmeoptag til jordslange ved at øge opfugtningen af jorden omkring jordslangen. Endvidere viser resultater, at man kan reducere jordslange-længden på jordvarmeanlæg 6-10%, og således reducere investeringen. Jordbundsforholdene er afgørende for effekten idet jordtyper, som tørrer hurtigere ud må forventes at have større fordel af løsningen. Det har klart vist sig som en fordelagtig løsning ved nybyg, hvor der alligevel skal etableres jordvarme og faskine idet gravearbejdet reduceres, idet faskinen etableres i den grøft, der alligevel graves til jordvarmeslangen.

1.3 Executive summary

1.3.1 English version

The project demonstrates a new full scale technological concept to obtain increased energy efficiency using ground-water heat pump systems in buildings, compared to a traditional ground-water heat pump system, and a system including a traditional (sand/gravel based) rain water harvesting tank.

Furthermore, it has been demonstrated that the combination of two energy efficient solutions can provide to a more sustainable solution, as well as the possibility of decoupling rain water from the existing sewer system.

Project tests and experiments have proven an improved heat absorption around the underground heat pipe by increasing moistening of the soil around the heat pipe. As a result, it is seen that the length of the heat pipe of the installation can be reduced 6-10%, and thereby the investment can be reduced. Soil conditions are determinant for the effect, as soil types that dry out faster should be expected to gain more advantage of the solution. However, due to varying soil conditions during the test periods, it has not been possible to develop a specific dimensioning tool, as first expected. Nevertheless, results show a potential reduction of heat pipe length with up to 17%. Therefore, it should be decided if the higher efficiency should be converted to a shorter underground heat pipe or an underground heat installation with higher efficiency.

More data are needed to convert to an actual dimensioning tool, which is why project owner has decided to perform further tests during the summer 2018 at own expenses.

It is evident that the advantage of the solution is within new buildings, where soil construction work of normal piping can be used, and thereby savings for extra digging to install the traditional rainwater harvesting unit. Thus, the investment of the solution becomes more attractive for building owner. Other parameters will influence in case of renovations, firstly the choice of digging own ground. The renovation market is generally more difficult, but installation of underground heat pipe, and reduction in expenses for water discharge due to the rainwater harvesting unit, can give incitement to choose the solution.

The project assesses that results can contribute to a more environmental friendly heating and enable decoupling of rain water, hence contribute positively to the energy political goals.

1.3.2 Dansk version

Projektet har demonstreret og dokumenteret hvorvidt og i hvilket omfang kombinationen af en faskine og et jordvarmeanlæg i fuldskala er mere effektiv end et tilsvarende traditionelt anlæg. Det er endvidere demonstreret, at man kan kombinere to energimæssigt bæredygtige løsninger (dvs. jordvarme- og faskineanlæg), og derigennem opnå både en mere miljøvenlig opvarmningsform og samtidig gøre det muligt at afkoble regnvand fra eksisterende kloaksystemer og dermed bidrage aktivt til regionernes og kommunernes arbejde med lokal/kommunal klimatilpasning.

Forsøgene har vist forbedret varmeoptag til jordslange ved at øge opfugtningen af jorden omkring jordslangen. Det er et resultat, at man kan reducere jordslangelængden på jordvarmeanlæg 6-10%, og således reducere investeringen. Jordbundsforholdene er afgørende for effekten idet jordtyper, som tørrer hurtigere ud må forventes at have større fordel af løsningen. Grundet de varierende jordbundsforhold i testperioderne har det ikke været muligt at udarbejde et decideret dimensioneringsværktøj til at bestemme slangelængde, såvel som faskine-størrelse, som oprindeligt tænkt. Resultaterne har dog påvist en potentiel forkortelse af slangelængden på op til 17%. Det vil således være et valg om den forøgede effektivitet skal konverteres til kortere jordslange eller et til jordvarmeanlæg med en højere effektivitet.

Såfremt resultaterne skal omsættes til et decideret dimensioneringsgrundlag, kræves der flere data, hvorfor projektejer for egne midler fortsætter projektet hen over sommeren 2018.

Det har klart vist sig som en fordelagtig løsning ved nybyg, hvor der alligevel skal etableres jordvarme og faskine idet gravearbejdet reduceres, idet faskinen etableres i den grøft, der alligevel graves til jordvarmeslangen. Besparselsen er således udgravningen til den traditionelle faskine. Dette gør også jordvarmeløsningen investeringsmæssigt mere attraktiv for bygherren. Ved renovering spiller andre forhold ind, først og fremmest bygherrens vilje til at grave på egen grund. Det forventes betydeligt vanskeligere at komme ind på renoveringsmarkedet, men hvis der etableres jordvarme, og hvis faskine kan give reduktion i afledningsbidrag, vurderes der et incitament til at vælge løsningen.

Projektet vurderer også med resultaterne at kunne bidrage til en mere miljøvenlig opvarmningsform og muliggøre afkobling af regnvand, og dermed bidrage positivt til de energipolitiske mål.

1.4 Project objectives

Projektet understøtter den danske regerings energipolitiske dagsorden, fra marts 2012, med henblik på udbredelse af vedvarende energi i alle samfundets sektorer. For dette projekt med særlig vægt på at udvikle og implementere energieffektive løsninger i bygninger baseret på vedvarende energi og udfasning af fossile varmekilder.

Der skal gennemføres en fuldskala test og demonstration af et nyt teknologisk koncept med henblik på at øge energieffektiviteten ved at kombinere en faskine i et jordvarmeanlæg, og i hvilket omfang dette kan vise sig mere effektivt i forhold til et tilsvarende konventionelt anlæg uden faskine og/eller med en traditionelt etableret sten/grus-baseret faskine.

Herunder skal der etableres et bedre dimensioneringsgrundlag for fuldskalaanlæg, såvel for slangelængde, som faskine-størrelse. Endvidere demonstreres, at man kan kombinere to energimæssigt bæredygtige løsninger (dvs. jordvarme- og faskineanlæg), og derigennem opnå både en mere miljøvenlig opvarmningsform og samtidig gøre det muligt at afkoble regnvand fra eksisterende kloaksystemer og dermed bidrage aktivt til regionernes og kommunernes arbejde med lokal/kommunal klimatilpasning.

1.5 Project results and dissemination of results

1.5.1 Arbejdsplan 1: Projektledelse, rapportering og formidling

Projektet er gennemført under daglig projektledelse ved Inero, som har sikret fremdrift i projektets udviklings- og demonstrationsaktiviteter. Inero har endvidere varetaget projektets administration, økonomi og rapportering.

Projektets formidling gennemføres med tre artikler i HVAC-magasinet – den første udgivet i december 2017, med en mere overordnet introduktion til projektet, mens øvrige to artikler udgives i forbindelse med projektafslutningen med fokus måledata og resultater.

Projektet er blevet delt på partneres og relevant netværks websites, i omfang muligt i forhold til projektets tekniske udfordringer og forsøgsstadier.

Projektets test-site har via sin placering på Green Tech Center Vejle kunne fungere som et "live" demonstrationssite, med mulighed for at fremvise anlægget til husets gæster, i forbindelse med rundvisninger eller andre aktiviteter i GTC's bygninger.

Følgende milepæle er nået, jf. projektansøgningen:

- Indgåelse af robust samarbejdsaftale mellem projektpartnerne
- Etablering af styregruppe for projektet med repræsentanter fra hver projektpartner, samt facilitering af kvartalsvise styregruppemøder. *Af hensyn til projektets forsøgsstadier, har frekvensen af styregruppemøder i dele af projektets levetid været på halvårlig basis*
- Løbende administration, økonomistyring og rapportering i henhold til EUDPs regelsæt. *Der er afholdt fire større projektmøder, en række virtuelle projektmøder/telefonmøder, samt tre styregruppemøder. Projektet foretog en budgetændring tidligt i projektet, juni 2016, og har i senere faser erkendt behov for forlængelser af hensyn til varmesæsonen i henhold til indhentning af forsøgsdata. Anmodninger er blevet godkendt ved EUDP.*
- Udarbejdelse af faglig slutrapport for projektet
- Løbende formidling af projektets (del-)resultater via artikler, web og konferencedeltagelse
- Løbende live demonstration af anlægget for interessenter, investorer, beslutningstagere og internationale besøgende
- Udarbejdelse af formidlingsvenlig slutrapportering.

1.5.2 Arbejdsplan 2: Dimensionering og installation af testanlæg

Projektet har gennemført dimensionering og installation af et fuldskala-testanlæg baseret på en kombineret faskine- og jordvarmeslange-løsning, samt dokumenteret et overblik over de anlægsomkostninger og driftsbesparelser, der er forbundet med anlægget.

Hertil er der udarbejdet en timelapse-analyse, der dokumenterer tidsforbruget til nedlægning af de fire slangekredse dokumenteres via relevante målinger, interviews og video (jf. bilag 1 – Analyse af timelaps og interview, og bilag 2 – Timelapsbeskrivelse).

Det kan ud fra analysen konkluderes, at graveprocessen uanset faskinetype er lige tidskrævende. Dog er merforbruget ved nedgravning af en rockwool-faskine ca. 1 time pr. 100 meter inkl. forarbejde og nedlægning. Observationerne fra entreprenøren er opdelt i:

- Vejledningssituationen
- Anlægning af carport/terrasse ovenpå
- Tidspunkt for anlægning v. nybyggeri
- Jordbundsforhold

Det er endvidere undersøgt, hvilke omkostninger og tilskudsmuligheder der er forbundet med etablering af egen faskine i stedet for kommunal vandafledning. Undersøgelsen afrapporteres særskilt i et kort notat (jf. bilag 3 – Screening spildevandsselskaber).

1.5.3 Arbejdspakke 3: Test og demonstration af kombineret faskine- og jordvarmeanlæg.

Formålet med denne arbejdsopgave er, jf. ansøgningens arbejdsbeskrivelse, at gennemføre en fuldskala test og demonstration af anlægget med afsæt i en række systematiske og kontrollerede målinger af anlægget og dets performance: "Forsøgene skal dokumentere en forventet energieffektivisering ved kombinationen af en faskine og et jordvarmeanlæg set i forhold til et tilsvarende traditionelt anlæg uden faskine og/eller med en traditionelt etableret sten/grus-baseret faskine."

Der er gennemført to egentlige måleforsøg og test på anlægget i projektet, henholdsvis over 6 forsøgskørsler i 2017 med henblik på at finde den bedste forsøgsopstilling, og en samlet måleperiode i 2018. Se afsnit 1.5.3.2 og bilag 4-5 med uddybende forsøgsrapporter. Der er sideløbende kørt nedrivningsforsøg og termiske responstests (TRT) af de fire jordvarmekredse til undersøgelse af opfugtning og varmeoptag. Se afsnit 1.5.3.1 og bilag 6.

1.5.3.1 Undersøgelser af opfugtning og varmeoptag

Som supplement til monitoreringsskampaignen, er der også gennemført detaljerede, numeriske modelberegninger af varmeoptaget fra kredsene givet varierende opfugtning af jorden. Beregningerne er baseret på og valideret med de termiske respons-test af de fire strenge samt infiltrationstest af jorden ved GTC.

På baggrund af de gennemførte beregninger, konkluderes følgende:

For forholdene ved GTC vurderes det at 300 m jordvarmekreds kan forkortes med 12-19 m (4-6%) ved kombination med 100 m stenuldsfaskine. Kan der sikres kontinuerlig og fuld vandmætning af kompakteret sand omkring jordvarmeslangen, vurderes afkortningspotentialet til at være godt 52 m (17%). Vurderingen af afkortningspotentialet er ligeledes konservativt, da energien der tilføres fra vandet, giver en positiv temperaturforskul imellem nedbør og jord, ikke er taget i regning.

Der henvises i øvrigt til bilag 6 – "Kombineret faskine og jordvarme, undersøgelser af opfugtning og varmeoptag", som udgør den fulde rapport for disse forsøg og beregninger.

1.5.3.2 Måleforsøg og test på anlæg

Begge måleforsøg af anlægget og dets performance har vist et øget effektoptag på op til ca. 10% for en faskine løsning. For begge forsøgsperioder har nedbørsmængden været meget over normalen og dermed har den naturlige opfugtning af jorden omkring den almindelige jordvarmeslange været næsten på højde med faskine løsningerne. Dette betyder, at vi IKKE kan se en effekt på varmeoptaget som følge af forskellige temperatur og fugtforhold omkring de enkelte slangetyper. Den **eneste** effekt vi kan se af målingerne er derfor relateret til jordens varmeledning og varmekapacitet og dermed IKKE bestemt af faskineløsningerne og tilført vand, men i højere grad af den jord/grus/rockwool, der ligger omkring jordslangen og den fysiske beskaffenhed af denne.

Vi kan derfor på det foreliggende grundlag ikke anviser nye og forbedrede dimensioneringsmetoder til bestemmelse af længden af faskineløsninger i kombination med jordvarmeslanger.

Forsøgene viser dog, at faskineløsningerne udviser en bedre performance i en periode med meget tilført energi i form af nedbør, som har højere temperatur end jorden omkring jordslangen, til trods for at slangelængden i denne situation er overdimensioneret. I en situation med tørke vil effekten af en faskineløsning derfor være højere.

For at kunne lave et bedre dimensioneringsgrundlag for længden af jordslangerne, skal der derfor gennemføres en målekampagne i en periode med tørke eller nedbør under normalen, da det er det nuværende dimensioneringsgrundlag.

Under forsøget har der også været konstateret en række fejlkilder, der specielt i første målekampagne havde indflydelse på målingerne. Det drejer sig om:

- 1) Måling af fugt og temperatur i jorden er vanskelig at stedbestemme nøjagtigt
- 2) Fejl i datalogning
- 3) Forskel i hvordan jorden har sat sig og er blevet komprimeret omkring de fire slangetyper
- 4) Indkobling af brineslanger på skift giver udsving af brinetemperatur under forløbet, der gør målingen mindre præcis og gør at brinetemperaturen påvirkes af de øvrige briner

Den sidste forsøgsrække har dog vist et mere ensartet forløb, da der nu skiftes mellem tre brineløsninger og der er kommet fokus på, hvordan jordsensorerne er placeret. Samtidig er datalogningen blevet mere pålidelig. Endelig bliver forskellen i komprimeringen mindre og mindre som tiden går.

Den største udfordring ved denne type "real-life" test og målinger, er at de tager tid og er meget påvirkede af aktuelle forhold som jordens sammensætning, nedbør, solskin og temperatur.

Det foreslås derfor – også i lyset af den tørkeperiode der pt. er til stede – at forsætte forsøget uden for EUDP-regi i nogle måneder for at konstatere om performance af faskineløsningerne stiger som forventet i forhold til den almindelige jordvarmeslange. Projektejer har besluttet for egne midler at gennemføre målinger i sommeren 2018.

Der henvises i øvrigt til bilag 4 – "Måleforsøg ROCKWOOL projektet 2017" og bilag 5 – "Målerapport 2" for beskrivelser af forsøg på anlægget og resultater.

1.6 Utilization of project results

ROCKWOOL International: Løsningen matcher koncernens strategi om at arbejde inden for klimatilpasningsløsninger med stenuldsprodukter, der kan optage og opbevare store mængder vand. Udrulningen af denne er netop påbegyndt i flere europæiske lande – læs her: <http://www.lapinus.com/markets-products/rockflow-dk/>

Koncernen har ikke naturlig adgang til denne løsnings målgruppe, og der arbejdes derfor i samarbejde med Vølund på hvorledes man bedst kan trænge ind i markedet.

Vølund Varmeteknik: I projektets slutfase drøftes potentialet med ROCKWOOL International, og dialog om at tilbyde konceptet som en del af produktporteføljen. Hertil er der parterne imellem udarbejdet et oplæg på økonomi og logistik, som er afgørende for at kunne vurdere casen og prisfastsætte. Vølund vil således etablere et bedre grundlag at gå til kunden med, som kan medvirke til at afsøge markedspotentialet for løsningen (se bilag 7 om markedspotentiale), begyndende i andet halvår 2018.

VIA University College: VIA er en offentlig vidensinstitution, som er engageret med relevant forskningsenhed inden for energiteknologier og -systemer baseret på jordvarme og anvendelse af regnvand som energiressource. For VIA er en væsentlig anvendelse derfor at kunne publicere relevante resultater.

Insero: Projektet indgår i Inseros strategi om at arbejde med fleksibilitet i energisystemet, hvor specielt effektoptaget fra varmepumper er interessant i fremtidens energisystem. Derudover har Insero et datterselskab, Best Green, som leverer varmeløsning baseret på varmepumper.

1.7 Project conclusion and perspective

Projektet har demonstreret og dokumenteret hvorvidt og i hvilket omfang kombinationen af en faskine og et jordvarmeanlæg i fuldskala er mere effektiv end et tilsvarende traditionelt anlæg. Måleforsøgene viser et øget effektoptag på op til ca. 10% for en faskineløsning ved at øge opfugtningen af jorden omkring jordslangen. Det er et resultat, at man kan reducere jordslangelængden på jordvarmeanlæg 6-10%, og således reducere investeringen. Men hvis der sikres kontinuerlig og fuld vandmætning af kompakteret sand omkring jordvarmeslangen, vurderes afkortningspotentialet til at være godt 52 m (17%). Dette er konservativt vurderet, da energien der tilføres fra vandet, giver en positiv temperaturforskul imellem nedbør og jord, ikke er taget i regning.

Resultaterne af projektet er derfor på den ene side ikke så store som Teknologisk Institut tidligere har beregnet, men på den anden side vurderer projektgruppen, at der er et markedspotentiale; hvorfor projektejer for egne midler vil gennemføre yderligere målinger i sommeren 2018.

Det har klart vist sig som en fordelagtig løsning ved nybyg, hvor der alligevel skal etableres jordvarme og faskine er påbudt. Besparelsen er således udgravningen til den traditionelle faskine. Dette gør også jordvarmeløsningen investeringsmæssigt mere attraktiv for bygherren. Ved renovering spiller andre forhold ind, først og fremmest bygherrens vilje til at grave på egen grund. Det forventes betydeligt vanskeligere at komme ind på renoveringsmarkedet, men hvis der etableres jordvarme, og hvis faskine kan give reduktion i afledningsbidrag, vurderes der et incitament til at vælge løsningen.

Endelig har projektet bidraget til en vigtig læring for ROCKWOOL omkring konstruktionen af den kombinerede løsning, som har medført, at konstruktionen ændres. Ved at flytte vandtilførelsen (drænrør) fra toppen af faskinen til bunden, sikres jordvarmeslangen et mere kontinuerligt fugtigt miljø, og hermed bedre varmeoptag.

Annex

Bilag 1 – Analyse af timelaps og interviews

Bilag 2 – Timelapsbeskrivelse

Bilag 3 – Screening spildevandsselskaber

Bilag 3a – Prisscreening kommunale spildevandsselskaber

Bilag 4 – Måleforsøg ROCKWOOL projekt 2017

Bilag 5 – Målerapport 2

Bilag 6 – Kombineret faskine og jordvarme, Undersøgelser af opfugtning og varmeoptag

Bilag 7 – Markedspotentiale

Relevant links:

Udgivelse i HVAC magasinet, december 2017:

<http://ipaper.ipapercms.dk/TechMedia/HVACMagasinet/2017/?page=26>

<https://inero.com/da/projekter/nyt-demoprojekt-fuldskala-teknologisk-koncept-til-oeget-energieffektivisering/>

<http://greentechcenter.dk/dk/nyheder/nyheder/2016/nyt-demoprojekt.aspx?alttemplate=print>