

Energimyndighetens titel på projektet – svenska Utveckling av metod och kommersialisering av kostnadseffektivt utförande av geoenergi/borrhålslager	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska Development of method and commercialization of cost-effective construction of geo-energy / borehole storage	
Universitet/högskola/företag Energy Machines Sweden AB LKAB Wassara AB Neo Energy Sweden AB Skandia Fastigheter AB	Avdelning/institution
Adress Energy Machines Sweden AB, Skeppsgatan 19, 211 11 Malmö	
Namn på projektledare Jens Termén	
Namn på ev övriga projektdeltagare Stefan Swartling-LKAB Wassara AB Göran Hellström, Neo Energy Sweden AB Hentik Pihlblad, Skandia fastigheter AB	
Nyckelord: 5-7 st Geoenergi, Energieffektivisering, Numerisk modellering, Energisystem, Simulering	

Förord

Projektet ”Utveckling av metod och kommersialisering av kostnadseffektivt utförande av geoenergi/borrhålslager” har utförts i samarbete mellan Energy Machines Sweden AB, LKAB Wassara AB, Neo Energy Sweden AB.

Projektet har finansierats av Energimyndigheten samt Skandia fastigheter AB och Fastigheten Smeden nr 5. De båda fastighetsbolagen har bidragit genom att låta oss installera fullskaliga pilotanläggningar för försörjning av värme, kyla och varmvatten.

Vi är mycket tacksamma för att vi har fått utföra de båda pilotprojekten och för att ni gett oss förtroendet att använda och utveckla ny teknik i era fastigheter. Inte minst vill vi tacka för det tålamod ni har visat i de stunder tekniken strulat och vi behövt dryga veckor för att finna lösningar på problem och utmaningar vi stått inför. Så är det i utvecklingsprojekt. Allt går inte på räls, men med gemensamma ansträngningar och engagemang har vi åstadkommit någonting vi alla ska vara mycket stolta över.

Tillsammans har utvecklat en ny metod för utförande av borrhålslager, som innebär mindre miljöpåverkan och som möjliggör simulering av prestanda för kostnadseffektiva geoenergianläggningar.

Vi har även visat att det går att utföra geoenergi-anläggningar under befintliga byggnader i till exempel garage med en skonsam borrhäls teknik. Detta öppnar för tillämpning av geoenergitekniken centralt inne i våra större städer där den som bäst behövs. Vi har bidragit till ökade möjligheter att nå de globala miljömålen, genom minskad energianvändning och klimatpåverkan från byggnader.

Innehållsförteckning

Summary	3
Sammanfattning	6
Inledning/Bakgrund	8
Genomförande	8
Resultat	18
Diskussion.....	18
Publikationslista.....	19
Referenser, källor.....	20
Bilagor	20

Summary



"The fossil free energy system "GeoSol" combines geoenery and solar power on a unique scale in the Frölunda torg shopping centre. The energy solution was nominated in the category - Best Innovation in the NCSC Sweden Awards.

GeoSol is Frölunda Torg's new energy solution, where Energy Machine's integrated energy system is the heart. The solution is based on a unique combination of solar cells and a borehole thermal energy storage which makes the 100,000 square meter shopping mall largely self-sufficient and fossil-free. The building's carbon dioxide emissions have been drastically reduced by 225 tonnes annually, in addition, the total energy cost has been reduced by 30% and the cost of heating alone by as much as 80%.

GeoSol has been nominated in the NCSC Sweden Awards, which is a competition for shopping malls in the Nordic countries. In the category Best Innovation, GeoSol is described as "solar cells and geoenery systems for a radically reduced carbon footprint".

"It's great that the project has been nominated. An energy layer of 80 boreholes, each 200 meters deep, drilled inside in an old bowling alley is a fairly unique solution", says Torbjörn Sjögren, regional manager for Energy Machines. He

describes the project as challenging but ultimately very successful [and made possible by using the innovative drilling technology from LKAB Wassara].

"One of Energy Machine's guiding principles is that no surplus energy should be wasted. As little energy as possible should be released from the building, full stop. It is an approach that is radically different from the traditional way of looking at the cooling and heating needs in shopping malls. But Frölunda torg has been both knowledgeable and brave enough to change its entire strategy for how to manage energy demand and supply", says Torbjörn Sjögren.

This is how the project is described in one of many articles in Swedish trade press during the year. This article was published by Energinyheter, <https://www.energinyheter.se/20191011/20909/geosol-nominerad-till-prestigefylt-pris> .

The project "***Development of method and commercialization of cost-effective execution of geoenergy/borehole bearings***" has included the development of a new method for the drilling of thermal boreholes used in heat pump systems (geoenergy, or ground source energy systems). The method is based on the Wassara technology, developed for precision drilling at LKAB's iron ore mine in Kiruna, Sweden.

In parallel with development of the drilling technology, the project has also included development of a numerical tools for design and simulation of the performance of the borehole storage in concert with the heat pump system. The tool is unique in the ability to dynamically simulate the borehole storage and heat pump system performance linked to the property's current heating, cooling and domestic hot water needs, through coupled simultaneous processes.

The project has included the development of the drilling method at two pilot sites and has shown good results. Both projects have included indoor drilling, further broadening the use of the method beyond the original approach. The installations have been carried out partly in a former garage in stockholm's inner city and partly in a disused bowling alley under the shopping center Frölunda Torg outside Gothenburg – project GeoSol.

The methods uniqueness is that the boreholes are performed with small diameters and with water as a driving force. In turn, this means that less energy is required to push the hammer through the rock and less volume of cock needs to be removed from the borehole. This lowers costs and reduces climate impact and also leads to better working environment (no dust and lower noise levels). The drilling can also be carried out with smaller drilling equipment, which means lower depreciation and capital costs. The pilot tests demonstrated a reduction in the cost of driving energy of more than 60 % compared to traditional air drilling.

The method increases the competitiveness of geoenergy systems compared to traditional heating and cooling systems.

The numerical simulation tool EnergyMachines - Simulation Tool, enables economical design of the borehole thermal storage (number, spacing and length of boreholes) and the design of the installed heat pump plant. This in a way that was previously not been possible to do.

The tool is designed around a newly developed numerical core that can connect previously separated calculation models for, for example, the borehole storage, heat pump compressors and mechanical systems with logic controllers and building demands etc. The simulations are performed transient and the results can be reported on an hourly basis over the year.

The market for the export of the technology has been examined within the project. In particular, efforts have been directed at Poland, the USA and Canada as markets. The reception has been surprisingly positive. In Poland, the hospital sector in particular has shown great interest and commercial negotiations with 4 different hospitals have begun. In Poland, dependence on coal and fossil fuels is enormous and there is a high demand for cost- and energy-efficient technologies that can be used in major renovations to reduce this dependence.

In the United States, news of the method has been well received in that nascent geenergy sector. Above all, it is the possibility of drilling inside the central parts of cities such as New York, that has attracted the greatest interest. Traditionally, drilling is carried out there with much heavier and site-intensive equipment and is thus referred to sites in less densely populated areas.

Actors who have a strong commitment to the climate issue have also shown interest. Not least Princeton University plans to install a geenergy system for supplying most of the campus area. In the run-up to implementation, they intend to conduct a pilot test using the Wassara technology, which, if it falls well, can be used for the entire system of hundreds of boreholes.

The next step in the project is to carry out pilot projects in Poland and the USA. Positive contacts and dialogue are held with a number of actors, both with customers and with financial institutions who are very interested in further contributing to the development of technology for international exports of Nordic environmental technology and compliance with the UN climate goals.

Sammanfattning

”Klimatsmarta energisystemet GeoSol kopplar ihop geoenergi och solkraft i unik skala i köpcentret Frölunda torg. Energilösningen nominerades i kategorin Best Innovation i NCSC Sweden Awards.

GeoSol är Frölunda Torgs nya energilösning, där Energy Machines integrerade energisystem är hjärtat. Lösningen bygger på en unik kombination av solceller och marklager [utförd med Wassaras nya teknik för utförande av borrhål], som gör att det 100 000 kvadratmeter stora köpcentret till stor del är självförsörjande och fossilfritt. Byggnadens koldioxidutsläpp har minskat drastiskt med 225 ton årligen, dessutom har den totala energikostnaden sänkts med 30 procent och kostnaden för enbart uppvärmningen med hela 80 procent.

GeoSol har nominerats i NCSC Sweden Awards, som är en tävling för köpcenter i de nordiska länderna. I kategorin Best Innovation beskrivs GeoSol som ”solceller och geoenergisystem för ett radikalt minskat klimatavtryck”.

– Det är jätteroligt att projektet har nominerats. Ett energilager av 80 stycken 200 meter djupa borrhål i en gammal bowlinghall är en ganska unik lösning, säger Torbjörn Sjögren som är regionchef för Energy Machines i Västsverige. Han beskriver projektet som utmanande men i slutändan väldigt lyckat.

– En av Energy Machines käpphästar är att ingen överskottsenergi ska gå till spillo. Så lite energi som möjligt ska släppas ut ur byggnaden, helt enkelt. Det är ett synsätt som skiljer sig radikalt från det traditionella sättet att betrakta kyl- och värmebehov i köpcenter. Men Frölunda torg har varit både kunniga och modiga nog att ändra hela sin strategi för hur energi hanteras, säger Torbjörn Sjögren”.

Så beskrivs projektet i en av många artiklar i svensk fackpress under året. Just denna hämtad från <https://www.energinyheter.se/20191011/20909/geosol-nominerad-till-prestigefylt-pris> .

Projektet ”*Utveckling av metod och kommersialisering av kostnadseffektivt utförande av geoenergi/borrhålslager*” har omfattat utveckling av en ny metod för utförande av borrhålslager kopplade till värmepumpssystem (geoenergissystem). Metoden baseras på Wassara-tekniken, som utvecklats för precisionsborrning vid LKABs gruva i Kiruna.

Parallellt med utveckling av tekniken för borrning har projektet även omfattat utveckling av ett numeriskt verktyg för dimensionering och simulering av prestanda för borrhålslaget i samverkan med värmepumpssystemet. Verktyget är unikt i förmågan att dynamiskt kunna simulera borrhålslaget och värmepumpssystemets prestanda kopplat till fastighetens aktuella behov av värme, kyla och tappvarmvatten, genom kopplade samtidiga processer.

Projektet har omfattat utveckling av bormetoden vid två pilotanläggningar och har uppvisat goda resultat. Båda projekten har omfattat borrhning inomhus, vilket ytterligare vidgar metodens användningsområde utöver den ursprungliga ansatsen. Installationerna har utförts dels i ett före detta garage i Stockholms innerstad, dels i en nedlagd bowlinghall under köpcentrumet Frölunda Torg utanför Göteborg – projekt GeoSol.

Metoden innebär att borrhålen utförs smalare och med vatten som drivande kraft. I sin tur medför detta att mindre energi krävs för att driva hammaren genom berget och mindre volym kax behöver bortföras från borrhålet. Detta sänker kostnaderna och innebär även minskad klimatpåverkan och bättre arbetsmiljö (dammfritt och lägre bullernivå). Borrhningen kan också utföras med mindre borrhutrustning vilket medför lägre avskrivningar och kapitalkostnader. Vid pilottesterna kunde minskning av kostnaderna för drivenergi på över 60 % påvisas i jämförelse med traditionell luftborrhning.

Metoden innebär ökad konkurrenskraft för geoenergisystem jämfört med traditionella system för värme och kyla.

Det numeriska simuleringsverktyget EnergyMachines - Simulation Tool, möjliggör ekonomisk dimensionering av borrhålslagrets storlek och den installerade värmepumpsanläggningens utformning. Detta på ett sätt som tidigare inte varit möjligt.

Verktyget är utformat kring en nyutvecklad numerisk kärna som kan koppla samman tidigare separata beräkningsmodeller för till exempel borrhålslagret, värmepumparnas kompressorer och energicentralens rör- och styrsystem mm. Den resulterande modellen kan med hög precision simulera anläggningens användning av drivel och gratis energi från borrhålslagret, för att försörja byggnadens med värme, kyla och tappvarmvatten. Simuleringarna utförs transient och resultaten kan redovisas på timbasis över året.

Inom projektet har marknaden för export av tekniken undersökts. Framför allt har insatserna riktats mot Polen, USA och Canada som marknader. Mottagandet har varit överraskande positivt. I Polen har framför allt sjukhussektorn visat stort intresse och kommersiella förhandlingar med 4 st sjukhus har påbörjats. I Polen är beroendet av kol och fossila bränslen oerhört stort och det finns en stor efterfrågan på kostnads- och energieffektiv teknik som kan användas vid större renoveringar för att minska detta beroende.

I USA har nyheten om metoden tagits emot väl inom den där begynnande geoenergisektorn. Framför allt är det möjligheten till borrhning inne i de centrala delarna av städer som till exempel New York, som rönt störst intresse. Traditionellt utförs borrhning där med mycket tyngre och platskrävande utrustning och är därmed hänvisad till platser i mindre tätbefolkade områden.

Även aktörer som har stort engagemang i klimatfrågan har visat intresse. Inte minst Princeton University som planerar att installera ett geoenergisystem för försörjning av större delen av campus-området. Inför genomförandet har de för avsikt att genomföra ett pilottest med Wassara-tekniken, som om det faller väl ut kan användas för hela systemet med hundratals borrhål.

Nästa steg i projektet är att genomföra pilotprojekt i Polen och USA. Positiva kontakter och dialog förs med ett flertal aktörer, både med kunder och med finansieringsinstitut som är mycket intresserade av att vidare bidra till teknikutvecklingen för internationell export av Nordisk miljöteknik och uppfyllelse av FN:s klimatmål.

Inledning/Bakgrund

En av de största utmaningarna för utbyggnad av förnybara energilag är de initiala investeringskostnaderna. Det gäller i allra högsta grad geoenergilösningar där borrhållslagret i sig är en väsentlig del i den totala investeringen.

LKAB har mer än en hundraårig historia i att utveckla teknik för effektivare gruvbrytning där borrhning för olika ändamål är centralt. Det borrar t.ex drygt 1 miljon meter språnghål per år i världens mest moderna underjordsgruvor (Kiruna och Malmberget). Den borrhningsteknik som används är LKAB Wassara's vattendrivna DTH teknik.

Wassara-tekniken är unik och behöver utvecklas i egen regi för att förbättringar ska uppnås i borrhmetoden och kunna anpassas för specifika tillämpningar. Detta har LKAB gjort för språnghålsborrning, vilket resulterat i en kostnadssänkning med 30% för borrhning och ytterligare systemkostnadsbesparingar.

Behovet för effektiva system för energilagring förutspås öka, då de har potential att bidra till minskning av energianvändningen i fastigheter och därmed bidra till att uppnå de globala klimatmålen. BTES (Borehole Thermal Energy Storage) har överträffad förmåga att lagra termisk energi, och kommer därför att bli en allt viktigare komponent i kommande energisystem. Projektet syftar till att identifiera hur systemkostnader för anläggning och genomförande av dessa system kan göras.

Genomförande

Utgångspunkten för projektet är den nya Geo-Sol anläggning som Skandia Fastigheter hade för avsikt installera på köpcentrumet Frölunda Torg strax söder om Göteborg.

Planering och dimensionering av borrhålslager:

Projektering av borrhålslager och värmepumpsanläggningen utfördes av Energy Machines. Anläggningen dimensionerades baserat på data om uppmätt energibehov tillhandahållet av Skandia fastigheter.

Den ursprungliga borrhålsplanen korrigerades under projektets gång för att passa den nya tekniken, samt efter lokalens och borrhålsplatsens faktiska förutsättningar och mått samt nya beräkningar med tillkommande data. Geometri för energilagret utformas på ett så optimerat sätt som möjligt för att leverera önskade prestanda vid de angivna driftförhållandena.

Borrhålsdiametern är justerad från dagens standard $\varnothing 115$ mm till $\varnothing 89$ mm, ett smalare hål än vad som är möjligt att borra med konventionell borrhåls teknik (Luft DTH).

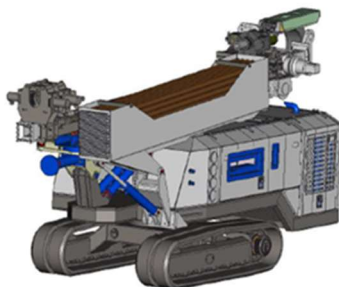
Utrustning för genomförande:

Borrhålsrigg som använts för genomförandet av borrhålslaget är en Ripamonti Geo Rig 001 beställd av LKAB Wassara för test och demonstrations ändamål. Denna rigg är dieseldriven (55 kW motor). Mast är en avkortad version för att rymmas i utrymmen med takhöjd minimum 3 meter.

Riggen är banddriven och kan styras med hydraulventiler och styrning från rigg samt med fjärrkontroll.

HYDRAULIC DRILL RIG

GEO RIG



Operation and maintenance Manual



RIPAMONTI Dr. GIANNI
Strada Romana di Sotto, 27
28077 ORNAVASSO (VB) - Italia
tel. (int. +39) 0323 838211
fax (int. +39) 0323 836147
www.ripamonti.com
info@ripamonti.net



Strada Romana di Sotto, 27 - 28077 ORNAVASSO (VB) - Italia
tel. +39 0323 838211 - fax +39 0323 836147 - info@ripamonti.net

1.7 Name of the parts

For an easy understanding of machine user, operating and maintenance instructions, here are the names of the main components or groups of the machine mentioned in the manual:

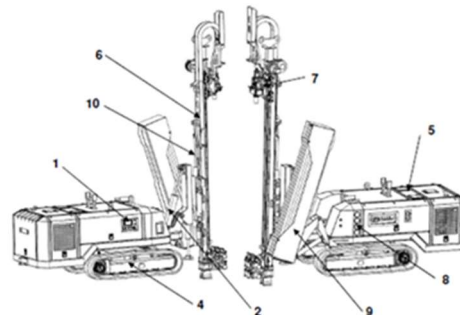


Fig.1 / 4

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1 Motor controls panel | 6 Drilling slide |
| 2 Positioning arm | 7 Carriage with drilling head |
| 3 Remote control panel (Radio control) | 8 Manometers and pressure regulators |
| 4 Undercarriage | 9 Rods support |
| 5 Motor group - hydraulic power unit | 10 Counter-slide |

Högtryckspumpen har en elektrisk motor och får sin elförsörjning från fastigheten. Högtrycksdelen utgörs av en s.k Triplex pump (alternerande kolvar). Pumpens effekt är 140 kW och ger ca. 300 liter per minut vid 210 bar.

Högtryckspump : WASP 80E



Pumpen får sitt vattenflöde från fastigheten via en bufferttank. Överskottsvatten går också tillbaka till bufferttank via en ventil (by-pass valve) som är en del av pumpkonfigurationen.

Hammare: Wassara W70 (3")

V70 (3") HAMMER

W70 HAMMER

Updated 11/13/2017 10:41 AM [PRINT](#) [SHARE](#)

Ø 82 - 89 mm



Download the Data sheet as PDF-file:

[PD_W70](#)

Basic information - W70 (3")

Hole size	Ø 82 / 89 mm (3.2 / 3.5")
Water consumption	80 - 270 l/min (20 - 70 USgpm)
Max operating pressure	180 bar (2 610 psi)

Borrning

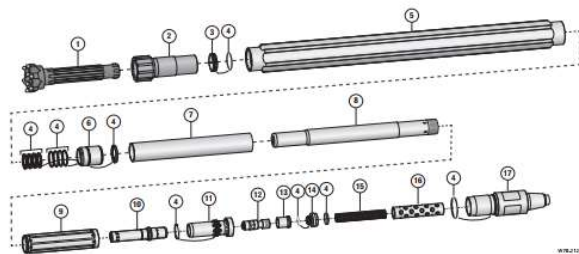
Vid borrning testades LKAB Wassara's OWD (Opimisation While Drilling) system, dels för funktion, konfiguration och optimering av borrningen.

- The Wassara OWD system is a sensor system aiming at reducing energy inefficiency in percussive rigs by optimization of rig drilling parameters.
- System derives and uses the Wassara Factor, an LKAB Wassara proprietary metric – patent pending.
- In its normal configuration, system seeks to reduce energy inefficiency due to vibrations and recoil and does so by primarily adjusting rig Feed Force and by suggesting optimal RPMs.

Utveckling och livslängdsanalyser för W70 sänkborrhammare

Då principen för LKAB Wassara's W70 skiljer sig från standardsortiment har man erfarit skillnader i livslängder och prestanda beroende borttillämpning. För energibrunnar har livslängder varit kortare än väntat och vad som bedöms vara ekonomiskt för energibrunnar. Inom projektet har ett antal varianter på kritiska komponenter testats. Framförallt har slider, slidhus och slidrör omdesignats och testats. För vissa komponenter har även materialvarianter och kombinationer testats.

PARTS LIST: W70.212



Pos	Detail	Part no	Pos	Detail	Part no
1	Hammer W70, Ø 78 mm	1002810-78	9	House retainer	2 1001619
	Hammer W70, Ø 85 mm	1002810-85	10	Sliding case	2 1001645
	Drill bit Ø 82 mm SB	3000096	11	Valve house	2 1001620
2	Chuck	1500004	12	Valve	2 1001563
	Drill bit Ø 89 mm SB	3000125	13	Sleeve	1001410
3	Bit retainer	1002876	14	Lid	2 1001274
4	Seal kit 1,2	1002081	15	Filter	1,2 1001138
5	Hammer case Ø 78 mm	1500203-78	16	Filter support	1000227
	Hammer case Ø 85 mm	1500203-85	17	Backhead WT70 Pin	1001439
6	Piston bushing 1,2	1000218			
7	Inner tube	1000225	Spare part kit 1		1002272
8	Piston 1,2	1000215	Spare part kit 2		1002263

© 2016 by Energiteknik AB

Vidare har utvärdering av standard borrarfront för W70's hammare Ø89mm samt modifierad design 1 och 2 skett. Syfte är finna en borrarfront som både har

optimerad livslängd och ger förutsättningar för bästa borrhastighet (ROP, *Rate of Penetration*).

Vattenhantering:

För Wassaras DTH teknik är vattenanvändning och vattenrening viktiga delar av borrhssystemet. Till skillnad från luft sänkhammarteknik används vatten som det media som överför energin till hammaren och slagverket. Vattnet har två primära funktioner, överföra kraft till hammare vid 100-200 bars tryck och att transportera borrhkax ur hålet då berget är avverkat. Vid vattendriven DTH (Wassara) borring är det värt att nämna att inga tillsatser eller smörjmedel normalt tillförs borrhålet.

Utmaningar med vattendriven borring är att försäkra sig om tillgång på tillräckligt rent vatten för att driva borrhssystemet och hur man bäst hanterar returvatten samt borrhkax. Förutom kostnad är miljöaspekten en viktig faktor.

Under de projekt som genomförts har vatten tagits från kommunal brandpost och från fastighetens egna vatten. Rening och bortledning av returvatten har skett via 2-3 sedimenteringscontainrar för att sedan släppas ut i dagvattenledning. Kontroll av vatten och sedimentansamling genomfördes kontinuerligt under projektens gång.

I samband med Frölunda Torg projektet testades även ett system för accelererad sedimentavskiljning; Skakbord, centrifug i kombination med omrörningstankar (AMC's 500SC enhet).

Syfte med testerna var att undersöka möjlighet att minska partikelhalter i returvatten innan utsläpp och möjligheten att återanvända vatten för borring.

Kvalitet och egenkontroll.

Egenkontroller innefattar borrhprotokoll, tryck-, täthets- och flödestester för genomförande och installation av energibrunnar enligt Normbrunn 16. Installation och projekt är besiktade av oberoende företag.

Installation.

Installationen (Frölunda Torg) omfattar 80 st energibrunnar borrhade och kollektorsatta till 200 meter. Håldiametrar 89-95 mm. Kollektorslangar, U-slang Ø40 mm (Muovitech Turbo kollektor®). Den isolerade markslangen är dragen ovan betongplatta och inkopplad till ett fördelar/samlingsrör installerad på vägg med genomföring till värmepumpscentral.

Ny teknik och alternativa metoder.

Metoder, delvis nya eller i kombination kan betraktas som alternativa metoder är;

- Genomförande av energilager i bottenplan av befintliga byggnader.

- Borring av energibrunnar med vattendriven borrhörsteknik för energibrunnar. I detta fall eldriven pump och dieseldriven rigg (det skulle vara fördelaktigt med eldriven rigg, men sådan utrustning fanns ej tillgänglig under projektens genomförande). Denna miljövänliga teknik möjliggör dammfri borring med låg bullernivå utan oljetillsatser till borrhålet.
- Håldiametrar för energibrunnar 89-95 mm (konventionell teknik 115 mm). Även foderrör har mindre dimensioner än vid vanlig luftborring.
- Test och utvärdering av OWD®. Ett system för att automatiskt optimera parametrar under borring med syfte att minska slitage på utrustning och borrhör, samtidigt som borrhörprestanda optimeras (ROP, Rate of penetration)
- Vattenreningsutrustning för accelererad sedimentering och avskiljning av mindre partiklar.

Bilagor:

- Borrhörplan Smeden och Frölunda Torg.
- OWD sammanställning
- Rapport för utvärdering av borrhörkronedesign och konfiguration
- Produktblad AMC - Vattenreningsutrustning
- Egenkontroll; Borrhörprotokoll

Simuleringsverktyget – Simulation Tool

Energy Machines har inom projekt utvecklat ett verktyg för att simulera funktionen hos ett bergvärmepumpssystem (GSHP) och optimera prestanda.

Verktyget har utvecklats för att fungera generellt för vilket energisystem som helst, med moduler för borrhörssystem och värmepumpssystem, och har därför inte begränsats till att användas inom projekt GeoSol på Frölunda Torg.

Verktyget är uppbyggt som ett system av fysikaliska modeller för de respektive ingående komponenterna i det simulerade energisystemet och modellerar interaktionen mellan dem. Simuleringen integrerar den faktiska kontrollstrategin för det simulerade systemet, så som det implementeras i det verkliga styrsystemet.

Den upprättade modellen kan kombineras med uppmätta eller modellerade behovsprofiler för den byggnad (eller byggnader), som värmepumpen ska försörja med värme och kyla. Den övergripande modellen simulerar ett virtuellt system där alla relevanta fysiska storheter kan följas och mätas. Simuleringar med modellen

kan utföras transient (över tid) och omfattar driften mellan 1 till 25 år. Detta innebär att säsongsvariationer i energibehov och långsiktig funktion för energilagringen i berget kan bedömas. Baserat på den resulterade simulerade rådatan, sammanställs resultat som presenteras i en rapport för att ge en total översikt över den simulerade anläggningens prestanda och driftekonomi.

Verktyget består av två delar. En del är en så kallad simulerings-motor, som är den kod i vilken modellerna byggs och löses. Den andra delen är en webbapplikation som håller reda på konfigurationen av modeller och simuleringar, samt de rapporter som visualiserar resultaten av de utförda simuleringarna. Det webbaserade-gränssnittet gör det också möjligt att snabbt och enkelt dela resultat och möjliggör kreativa och kvalitetssäkrade samarbetsmöjligheter kring utformningen av den studerade anläggningen. Det webbaserade gränssnittet gör det också möjligt att skala tillgängliga CPU-resurser så många simuleringar kan utföras parallellt, med så kallade Cloud-beräkningar.

Förutom själva simuleringsverktyget har kod också utvecklats för att stödja digitala tvillingar av befintliga installationer. Det vill säga, simuleringar som ständigt och automatiskt beräknas med samma driftförhållanden som det verkliga systemet utsätts för. Med den här koden kan en eller flera digitala tvillingar automatiskt uppdateras och de simulerade värdena matchas mot de uppmätta värdena. Denna information kan används för att felsöka och optimera driften av värmepumpssystemen.

Resultaten av simuleringarna dokumenteras i HTML-rapporten, som genereras automatiskt av systemet baserat på en mall. HTML-rapporten gör det möjligt för ingenjörer och klienter att granska och analysera resultaten bättre eftersom det är interaktivt med möjlighet att till exempel exportera värden och ändra axlar och zoomläge i resultatgraferna, se bilaga *Simulation report Standard 03 Frölunda Torg v9 No hemkob return.pdf*.

Valideringstester av simuleringsverktygets beräkningsresultat har utförts med ClimaCheck-mätningar över värmepumpssystemets kylkrets, kompressorer och värmeväxlare. Valideringarna visar på ca 5 % felmarginal.

Beräkningarna för borrhålslagret har validerats mot beräkningar utförda med Göran Hellströms beräkningsprogram Earth Energy Designer.

Anläggningarna GeoSol på Frölunda Torg och Smeden 5 är uppkopplade mot EnergyMachines styr och övervakningssystem ControlMachines. Detta möjliggör långsiktig mätning av systemparametrarna och uppföljning av simuleringsverktygets resultat mot verklig prestanda.

EnergyMachines medverkar i projektet IEA HPT Annex 52 avseende “long-term monitoring of GSHP performance”. Vi har för avsikt att medverka inom det programmet med resultat från detta projekt.




Energy Design Report

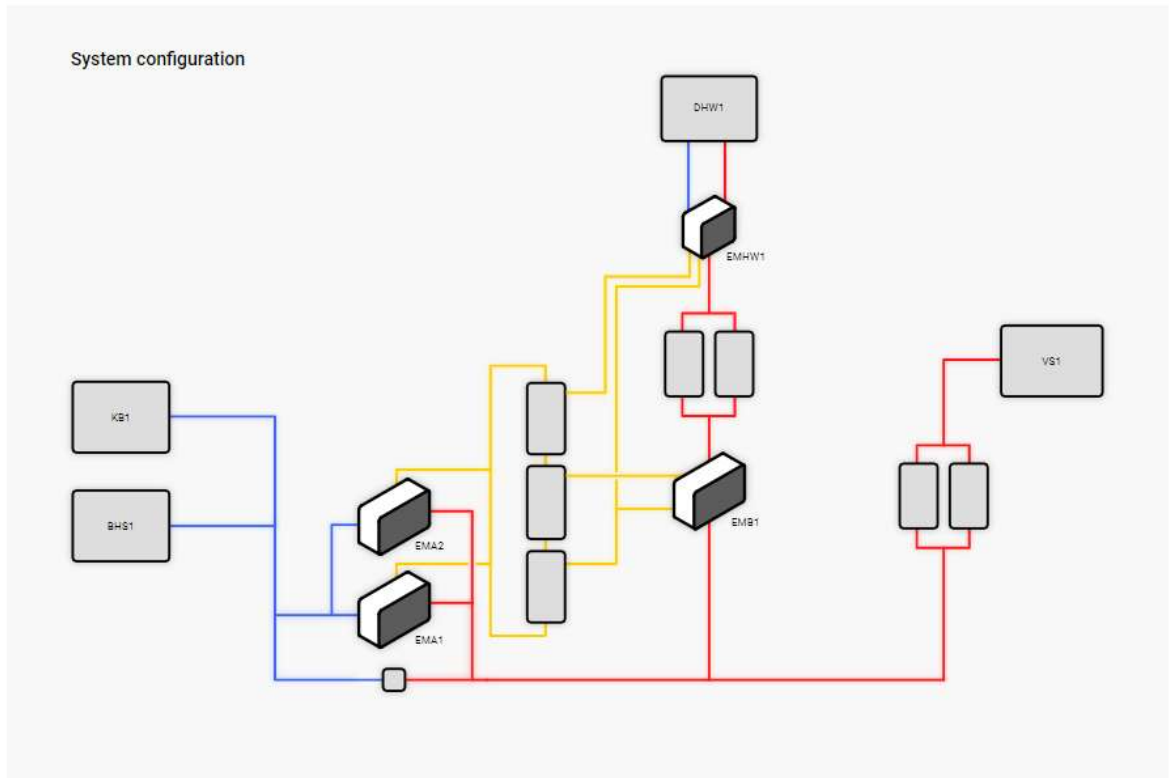
Frolunda_Torg

Group 1

EM8

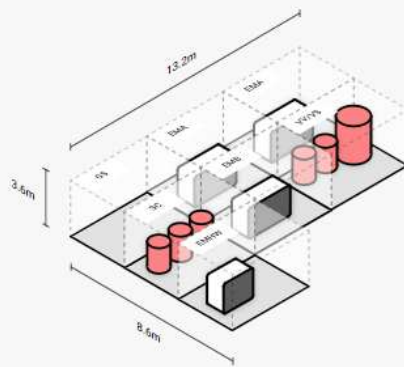
Lasse Thomsen, 29-12-2019

System configuration



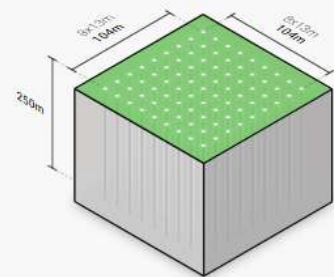
System dimensions

Footprint: 87.8m²



Boreholes

Total boreholes: 81
Footprint: 13689m²



Inom projektet har informationsmaterial tagits fram i form av i text, bild och film. Materialet har tagits fram i samarbete med en professionell kommunikationsbyrå.

Se sammanställning av det materialet som publicerats inom projektet under bifogad publikationslista.

I centralhallen på Frölunda Torg finns en utställning om projektet där besökare kan lära sig mer om hur geosol-anläggningen fungerar på ett interaktivt sätt. se <https://frolundatorg.se/aktuellt/geosol-anlaggning/>.



Projektdeltagare har representerat och presenterat projektet i samband med ett flertal konferenser:

- European Shallow Geothermal Days , 24-25 September 2019, Bruxelles Belgien, <https://www.egec.org/events/shallow-geothermal-energy-days-2019/>
- Geoenergidagen 2019, Svenskt Geoenergicentrum, Stockholm <http://geoenergicentrum.se/geoenergidagen/geoenergidagen-2019/>
Presentation se bilaga
- Environmental health symposium on energy efficiency and climate change, Montreal, Quebec oct 15, 2019. <http://synergiesanteenvironnement.org/sse-rdv19-en/>
Presentation se bilaga
- Lindholmen sustainability talks, på Dome of vision Göteborg. <https://domeofvisions.se/evenemang/lindholmen-sustainability-talks-3/>

Resultat

Utveckling av metoden baserad på LKAB Wassara's vattendrivna sänkborrhåmartechnik för borrhålslager har visat på de fördelar som projektet till viss del förutsåg. Tydligt framgår att utrustning, metoder och genomförare skall vara utprovade och utbildade för att kunna genomföra projekt på ett kostnadseffektivt sätt som möjligt.

För att nå optimala prestanda och lägsta möjliga kostnad är förstudie av design och genomförande en nödvändighet. Ofta är detta förbisett då tids och prisaspekter ligger i fokus i anbudsfasen vilket kan ge motsatt effekt för helhetslösning.

Vissa delmoment, materiel och utrustning behöver utvecklas vidare för att vara del i ett kommersialiserat koncept för borrhålslager i trånga utrymmen och i känsliga områden eller geologier.

De internationella kontakterna som tagits inom projektet har resulterat i ett antal konkreta affärsmöjligheter.

Diskussion

Resultat visar på genomförbarhet av termiska energilager för nya eller uppgraderade kommersiella fastigheter. Väsentliga värden för fastighetsägare kan skapas inte minst i kombination med andra förnybara energislager. Detta har visats i projekt GeoSol.

I takt med urbanisering och ökande miljökrav kommer ytor och mark vara svårare erhålla varför förläggning av energilager under byggnader är ett attraktivt alternativ.

Kostnaden för termiska energilager (BTES) är högre ju komplexare genomförandet är. Miljökrav och arbetsmiljökrav blir även viktigare för själva genomförande entreprenaden. Intresset för ny borrhåsteknik, kostnadseffektiva lösningar med miljövänliga förtecken uppfattas som stort i Norden, Europa och Nord Amerika varför företagen är positiva för fortsatt samarbete och utveckling av affärsmöjlighet.

Simuleringsverktyget har snabbt visat sig vara en tillgång vid projektering av geoenergisystem. EnergyMachines har kunnat använda verktyget i ett flertal projekt under 2019, där det utnyttjats för att testa olika systemutformningar i utredningsskedet. Genom det kraftfulla verktyget kan små eller stora förändringar i designen testas med avseende på systemets långsiktiga driftkostnads- och energibesparingspotential. De beräknade resultaten har sedan kunnat utvärderas mot de bedömda investeringskostnaderna för att på så sätt utreda de mest optimala systemlösningarna, från kundens perspektiv. Det må vara lönsamhet, eller energibesparingarna som står i centrum för olika kunder. Oavsett ger verktyget en möjlighet att kvantitativt utvärdera olika lösningar som tidigare inte funnits på

marknaden. Tidigare ”självkla” val från den tekniskt ansvariga projektören kan därmed ifrågasättas och nya insikter kan göras.

Publikationslista

- En ca 6 minuter lång informationsfilm och utvecklingsprojektet, se: <https://vimeo.com/365551944>
- En internationell hemsida där projektets samarbetspartners den gemensamma tekniken presenteras, se: www.smartgeoheat.com
- Information om energianläggningen GeoSol på Frölunda Torgs hemsida: <https://frolundatorg.se/aktuellt/geosol-anlaggning/>
- Informationsfilm om Skandia Fastigheters projekt GeoSol på Frölunda torg: se <https://vimeo.com/325219408>. Filmen finns även i versioner med textning på Polska och Engelska.

Presentationer i samband med konferenser:

- Geoenergidagen 2019, Svenskt Geoenergicentrum, Stockholm Henrik Pihlblad, se bilaga.
- Presentation “Environmental health symposium on energy efficiency and climate change, Montreal, Quebec oct 15, 2019, se bilaga.
- Presentation av projektet P45982-1 på Energimyndighetens TERMO-dag Eskilstuna 2019-02-06, se bilaga.

Publikationer i media.

- <https://www.energinyheter.se/20191011/20909/geosol-nominerad-till-prestigeifyllt-pris>
- <https://via.tt.se/pressmeddelande/frolunda-torg-storinvesterar-i-unikt-gront-energiprojekt?publisherId=3235501&releaseId=3251927>
- <https://www.slussen.biz/home/MainOrganizationPage/10482?orgid=353&type=News>
- <https://forvaltarforum.se/2019/10/18/geo-sol-anlaggning-invigd/>
- <http://www.mynewsdesk.com/se/energymachines/news/geoenergi-och-solkraft-goer-koepcentret-klimatsmart-362627>

Referenser, källor

*Master of Science thesis 16 /8 -2016, Pore pressures and settlements generated from two different pile drilling methods, Rasmus Ahlund, Oscar Ögren
Department of Civil and Architectural Engineering Royal Institute of Technology, KTH.*

Bilagor

1. *Bilder_Frölunda Torg 2019_12_28_02*
2. *Borrhålsrapport - Smeden01_20181218*
3. *Borrhålsplan_Bygghandling_02_20191104*
4. *Borrhålsplan_Smeden_11092018_132914*
5. *Borrhålsrapport - FT01_201910120*
6. *Borrkronor Frölunda Torg*
7. *Drilling Report_FT_20190831*
8. *OWD - Open Loop Use - Geothermal_001*
9. *AMC_500SC_E*
10. *Simulation Report_Standard_v3_Frölunda Torg_v9_No hemkob return*
11. *Presentation Montreal - Intelligent Geothermal Energymachines System 2019-10-08_video*
12. *Presentation P45982-1_Eskilstuna 2019-02-06*
13. *Presentation Geoenergidagen 2_5_HP_GeoSol_FrölundaTorg_GED2019*