

# **Geotermisk fjärrvärme**

Jens Ingman

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Energi- och miljöteknik
Identifikationsnummer:	6952
Författare:	Jens Ingman
Arbetets namn:	Geotermisk fjärrvärme
Handledare (Arcada):	Kim Skön, DI
Experthandledare	Harri Anukka, Ing,
Uppdragsgivare:	Arcada, Avd, För Energi- och miljöteknik
<p>Sammandrag:</p> <p>I detta arbete berättas det om vad geotermisk värme är och vad som görs för att borra geotermiska brunnar djupt ner i berget och hur lång tid de tar att borra sig ner till 6400 m djup. I arbetet kan man läsa om vilken sorts borr man använder sig av beroende på bergstypen man borrar i. Mängden geotermisk energi som kan utvinnas beror på hur bra man lyckas skapa sprickor i berget och ta upp det kalla vattnet man fört ner som kommer upp som färdig uppvärmt vatten till kraftverket. I arbetet kommer man kunna läsa om Finlands första geotermiska pilotprojekt som gjordes i Otnäs i Esbo av St1 som startade 2015 och var beräknat att ta 6 månader men nu 2019 är projektet ännu halvfärdigt. Arbetet tar upp dom olika problem man haft under borrhningen och man kommer kunna ta del av hur mycket pilotprojektet har kostat företaget. Till sist kommer man kunna läsa om slutsatserna för arbetet och läsa om att är geotermisk energi en bra lösning för uppvärmningsform i framtiden.</p>	
Nyckelord:	Djupborrning, energiproduktion, geotermisk energi, St1
Sidantal:	40
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	3.6.2019

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Energi- och miljöteknik
Identification number:	6952
Author:	Jens ingman
Title:	Geotermisk fjärrvärme
Supervisor (Arcada):	Kim Skön, M,sc
Expert supervisor	Harri Anukka B,sc
Commissioned by:	Arcada Avd, För Energi- och miljöteknik
<p>Abstract:</p> <p>In this particular project the topic of geometric heat will be discussed, furthermore, the project will also go into depth of the needs necessary for drilling geometrical wells deep down in mountains. For example, the time it takes to drill down 6400 meters and who has the equipment to do so. The type of drill used also depends on the mountain type of which is being drilled into. The project overall meaning talks about how you can use energy as sustainable as possible The amount of geometric energy produces depends on how a person manages to create a crack in the mountain, so that the water of which will be heated is able to travel and absorb heat. The project also discusses how long it takes to build a power plant from start to finish, and the technical aspects of it works and is planned. The reader will be able to familiarize themselves with a case in 2015 where a pilot-project in Esbo of a company called 'St1' with the aim of drilling themselves 6400 meters deep. Furthermore, this assignment also explains the reason for the idea of drilling 6400 meters deep in the hardFinnish granite-mountain and how the drilling succeeded. The assignment concludes with a discussion of the future and the possible solutions for geometric deep- drilling and the usage of geometrical energy as a form of heating.</p>	
Keywords:	Djupborrning, energiproduktion, geotermisk energi, St1
Number of pages:	40
Language:	Swedish
Date of acceptance:	3.6.2019

# Innehållsförteckning

Sammandrag

Abstract

Innehållsförteckning

Förord

<b>Förord.....</b>	<b>5</b>
<b>1    Introduktion.....</b>	<b>6</b>
1.1    Framtiden för geotermisk energi.....	7
1.2    Vulkanitet .....	7
1.3    Miljöpåverkan .....	8
<b>2    Borrningsteknik .....</b>	<b>9</b>
2.1    Borrning .....	9
2.2    Rotationsbörning.....	11
<b>3    DTH-borrning .....</b>	<b>11</b>
<b>4    HDD-borrning.....</b>	<b>12</b>
<b>5    RC-borrning .....</b>	<b>14</b>
<b>6    Kabelbörning.....</b>	<b>15</b>
<b>7    Coil tubing .....</b>	<b>16</b>
<b>8    Electricimpulse technology (EIT) .....</b>	<b>18</b>
<b>9    Plasmabit borrteknik .....</b>	<b>20</b>
<b>10    Borrkrona .....</b>	<b>23</b>
<b>11    St1 pilotprojekt i Esbo.....</b>	<b>26</b>
11.1    Borrning .....	27
11.2    Kostnader.....	28
<b>12    Slutsatser .....</b>	<b>29</b>
<b>13    Sammanfattning .....</b>	<b>31</b>
<b>Källor.....</b>	<b>32</b>
<b>Bilagor .....</b>	<b>36</b>

## **Förord**

Detta arbete handlar om geotermisk energi eftersom jag tycker det är mycket intressant område. Tycker det är spännande hur man kan borra så djupt och få en så stor mängd energi upp från berggrunden. Arbetet berättar om olika metoder man kan använda sig av för geotermisk produktion av värme. Arbetet tar upp om olika fördelar och nackdelar som finns med geotermisk energi. Arbetet går igenom borrhingsmetoder och borrhett och olika borrhstekniker eftersom det är den viktigaste delen av att skapa ett geotermiskt kraftverk. Mitt arbete kommer att berätta om hur det lyckades med Finlands första geotermiska kraftverk som man började borra i Esbo 2015. Man kommer att kunna läsa om olika problem som företaget stötte på medan de gjorde borrhningen och lite få en överblick på hur mycket ett sådant hål kan kosta att borra i Finlands hårda granitberg.

Helsingfors 5.5.2019

Jens Ingman

## 1 Introduktion

Detta avsnitt berättar allmänt om vad geotermisk energi är och hur den fungerar. Man kan läsa i detta avsnitt om vad som är varm torkbergs brytning (hot dry rockmining) och hur ett fjärrvärmesystem fungerar med en brun på 3 - 10 kilometers djup. I avsnittet går igenom hur miljön blir påverkad av den geotermisk energin och hur framtiden ser ut för geovärme.

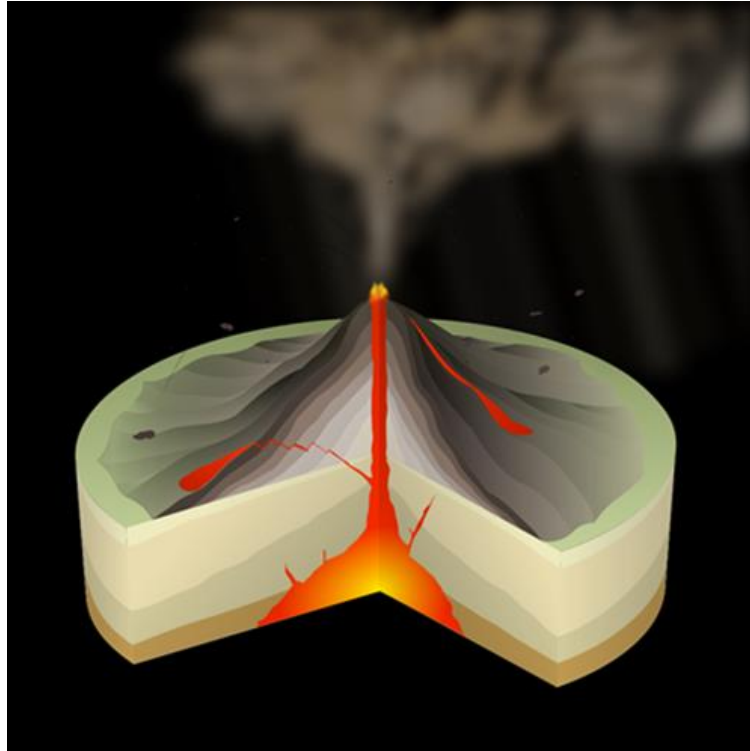
Geotermisk energi kommer från grekiskan (geo, jord och värme). Det är en energi som finns lagrad inne i jordskorpan. Den har använts sen länge till uppvärmning av bad i så kallade varmvattenkällor men är i dag mera känd för att skapa el. Den geotermiska energin framställs via djupa borrhål varifrån man kan transportera upp ånga eller varmt vatten. Man kan även använda (hot dry rockmining) varvid kallt vatten förs ned till en nivå där temperaturen är hög så att man sedan kan transportera det heta vattnet eller ångan upp till jordytan. Geotermisk energi kan utvinnas genom att man borrar brunnar ner till de heta områden i jordskorpan. Värmen kan man använda direkt i fjärrvärmesystem men det går också att använda den till elproduktion. Om man vill använda geotermisk energi till elproduktion låter man förångad vätska driva turbiner vilket kräver vatten från större djup med högre temperaturer. Normalt i dagens läge är att brunnarnas djup är ca 3 km men man har stora förhoppningar att man kan borra ner till 10 kilometers djup. Man gör forskning hela tiden för att utveckla borrhingsmetoderna för att de skulle bli snabbare och billigare att använda eftersom i dagens läge kan det bli mycket dyrt att borra ner till 7 kilometers djup och det kan ta 6 - 12 månader beroende på var man utför borrhningen. /1/

## **1.1 Framtiden för geotermisk energi**

Geotermiska energin finns i jordens inre, vilkets totala lagrade energimängd är mycket stor och som därutöver skaffar ny termisk energi från radioaktivt sönderfall. Det innebär att om man använder den geotermiska energin fullt ut för mänsklig verksamhet skulle den räcka för miljontals år framöver. Den geotermiska energin är ännu en ganska lite del av världens totala energianvändning eftersom den inte är lätt att komma åt på många platser och det leder till att det vanligen är dyrt att dra nytta av den. Enligt det internationella energiorganet IEA är det möjligt att öka produktionen av geotermiska energin och värme tjugofaldigt till 2050. Det uppskattas att ca 1400 TWh geotermisk energi kommer i framtiden att kunna producera årligen motsvarande 4 % av den beräknade globala energiproduktionen. /2/

## **1.2 Vulkanitet**

Jordskorpan är uppdelad i ett antal kontinentalplattor som är ungefär 100 km tjocka. När plattorna rör sig ifrån varandra stiger magma upp och en stor mängd värme. Värmen stiger upp även när plattorna krockar med varandra. Vid en krock uppstår inre strömningar som leder värmen uppåt. Vulkaner uppstår vid kontinentalplattornas gränser. Därför menar man att det är den bästa platsen att använda sig av geotermisk energi eftersom man når en högre värme i ett tidigare skede vid borrning. Island och Filippinerna använder sig därför väldigt mycket geotermisk energi till uppvärmning och el produktion. Stora djupa sprickorna i bergen gör det lättare för regnvatten att rinna ner djupare i så att geotermisk värme skapas och bildar varma ånga som kommer upp till ytan. /3/



*Figur 1. Vulkanutbrott, magma tränger upp genom vulkankäglan. /3/*

### **1.3 Miljöpåverkan**

Växthusgaser som är nere i jordskorpan kan släppas ut genom de geotermiska brunnarna och på så vis hamna atmosfären. Dessa mängder är små om man jämför med hur mycket växthusgaser som hamnar i atmosfären när man bränner fossila bränslen som petroleum och naturgas. Sprickorna som uppstår i berget av att vattnet pumpas ned med ett högt tryck kan göra så att marken blir mera ostabil och det kan medföra ökad risk för jordbävningar. Vätskorna som man pumpar ner i hålen kan ta med sig ämnen upp från jordskorpan inklusive farliga ämnen som tungmetaller. /4/



*Figur 2 En Bild på en varmvattenkälla. /4/*



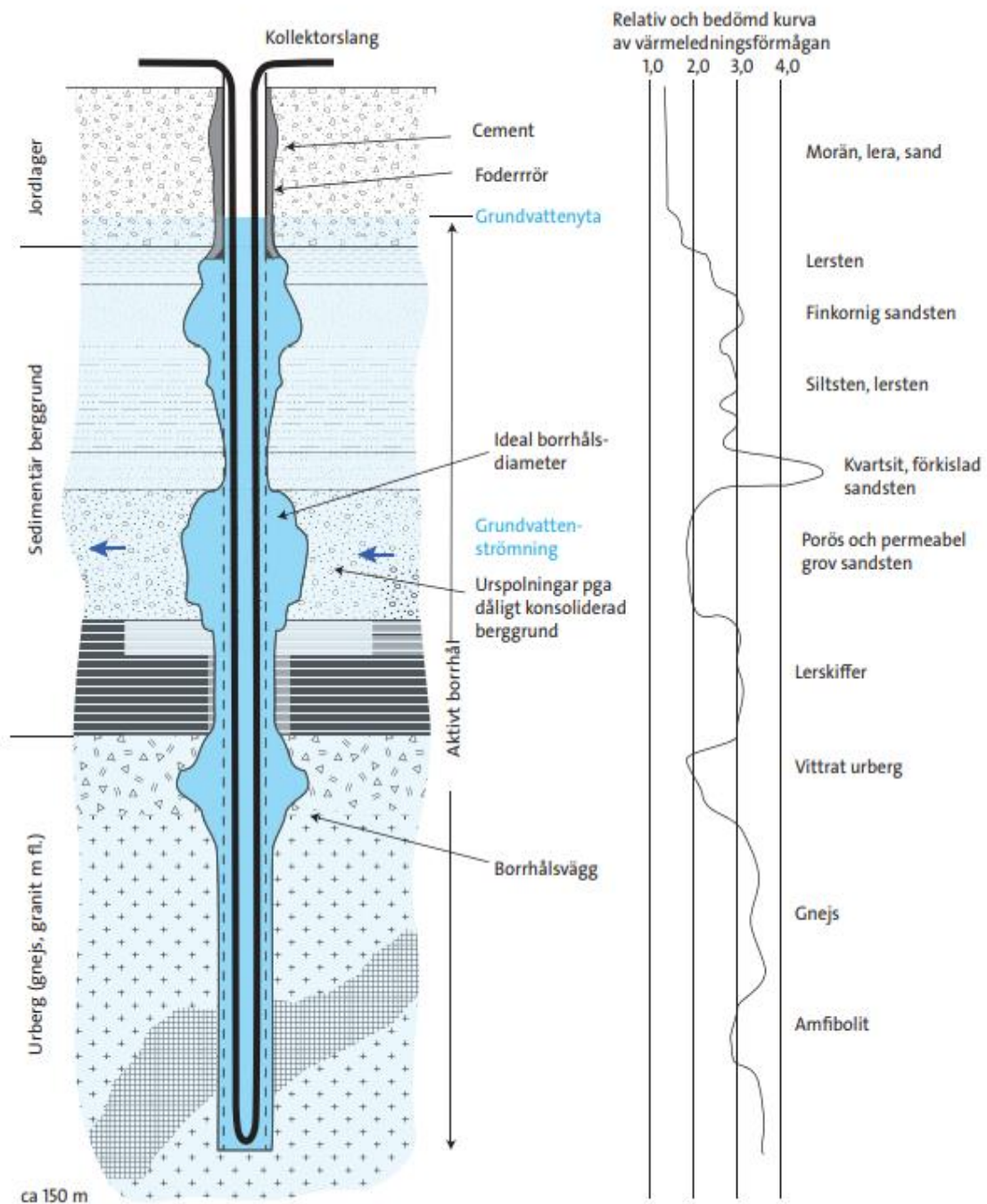
## **2 Borrningsteknik**

Här kan man läsa om hur man utför en borrning när man borrar efter geotermisk värme och vilka borrar man använder sig av. I början av avsnittet kan man läsa om de vanligaste metoderna man använder sig av när man borrar en bergborrad brunn. Man kan läsa om DTH- borrningen som just nu är det man använder sig av mest och som just nu är den effektivaste borren. I slutet av detta avsnitt finns information om den nya borrhjältekniken man försöker skapa och hoppas kunna använda sig av i framtiden.

### **2.1 Borrning**

När man borrar en bergborrad brunn använder man i de flesta fall en tryckluftsdreven sänkhämmare med en kombination av rotation och slag. Brunnen borrar i två olika steg.

Man börjar med att borra foderrören ner till minst 2 meter i berggrunden. Det gör man för att vara säker på att man har sluppit förbi de ytligaste sprickorna i berget. Vid små djup ner till berggrunden är det viktigt att man borra ner foderrören djupt i berget för att säkra sig för att det inte finns någon risk för förorening i allmänhet. Normbrunn-07 (SGU 2008) har beslutat att minsta avståndet med foderrör ska vara 6 m räknat från markytan. I steg två påbörjar man borrningen av brunnen till det djup man vill komma till och de vanligaste dimensionerna för bergborrad brun är 115 mm, 140 mm, och 165 mm.



Figur 3. Här kan man se ett borrhål med sedimentär till vänster och kristall berggrund till höger. /18/

## **2.2 Rotationsborrning**

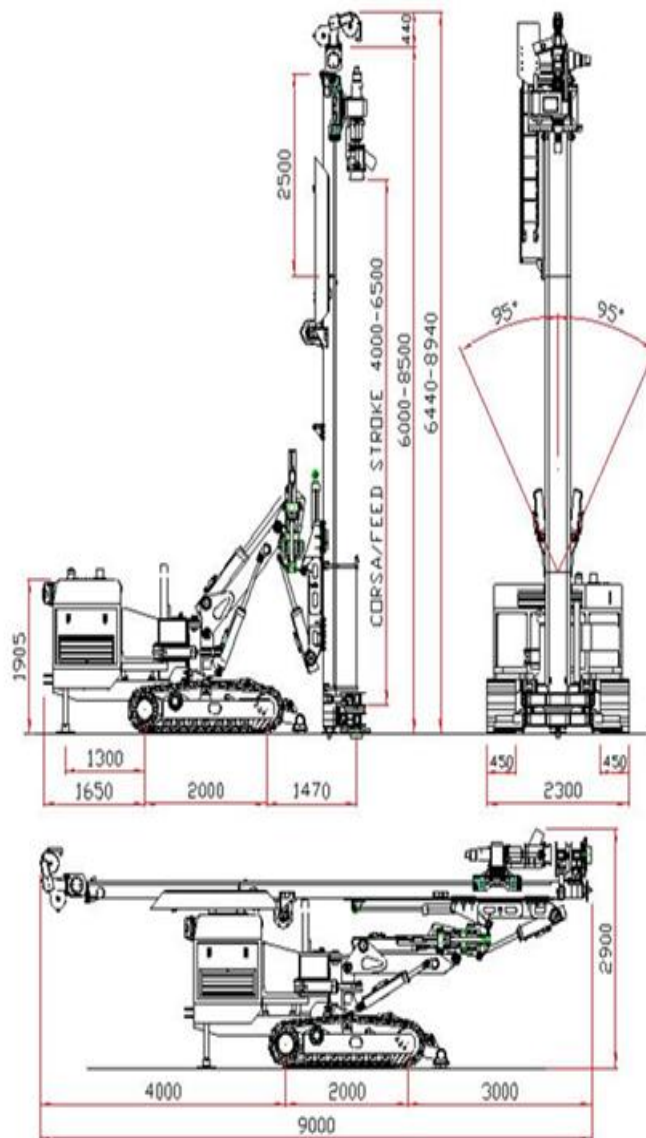
Rotationsborrning var under 1900 - talet den vanligaste metoden man använde sig av vid oljeborrning. Men idag används den oftast då man skall borra stora håldiametrar över 150 mm. Den är mycket efterfrågad vid brunnsborrning, brytning i dagbrott och i stenbrott. Det finns två typer av rotationsborrning: roterande skärande och roterande krossande. /8/

Roterande skärande borrning är en vanlig metod då man borrar i litet mjukare material såsom sand, lera och mjukare bergarter. En drag bit används som borrkrona. Denna borrkrona består av 2 - 4 vingar försedda med hårdmetallskär, alternativt belagda med hårdsvets, som skär sönder materialet med hjälp av tryck och rotationsrörelse. /8/

Vid roterande krossande borrning använder man i stället en rullborrkrona. Denna produkt är rustad med hårdmetallstift och är lämpad för borrning i hårdare material. Stiften krossar berget med hjälp av tryck och rotationsrörelse. Det finns även rullborrkronor försedda med ståltänder för mjukare formationer. /8/

## **3 DTH-borrning**

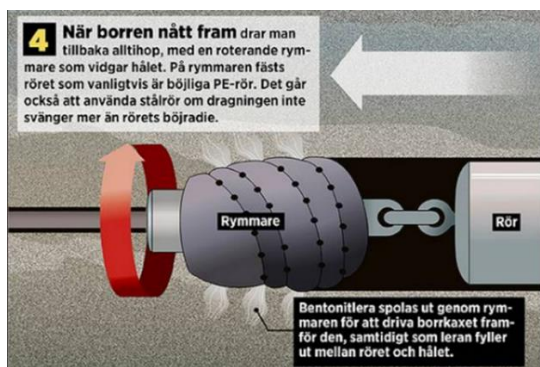
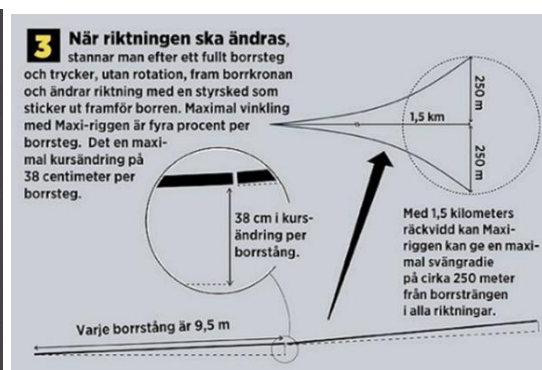
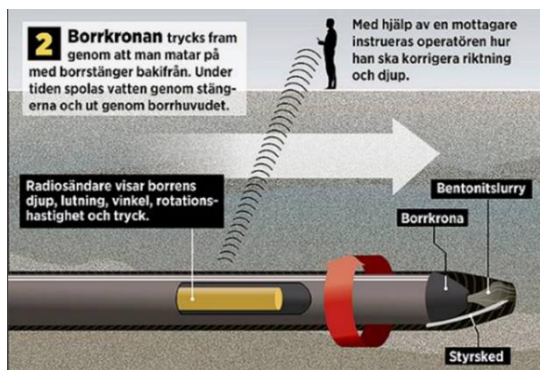
DTH – borrarings metoden använder man sig av då man vill borra snabbt och effektivt den borrar allt från 100 till 254 mm hål. Med en DTH- borrning kan man klara av att borra igenom allt från det mjukaste berget till det hårdaste. Man använder sig mycket av DTH – borrning i brunnsborrning och inom gas- och oljeindustrin. Vid DTH – borrning, eller sänkhammarborrning som det även kallas, roteras borrarstången samtidigt som borrarhammaren oavbrutet slår sig nedåt i berget. Inuti hammaren sitter en kolv som med hjälp av tryckluft framkallar borrar kronans slagkraft. Detta kombinerat med rotationsrörelser gör att berget krossas på ett mycket effektivt sätt. Kraftöverföringen sker nere i hålet då kolven slår direkt på borrar kronan. Det uppstår minimala energiförluster längs borrarstången och därmed kan man med denna teknik borra ända ner till 6000 meters djup. /8/



Figur 4. DTH- Borrnings maskin. /8/

#### 4 HDD-borrning

En HDD – borrar är en styrd borrar som man använder sig av då man borrar underjordiska rör, kablar och ledningar där man vill att hålet skall vinkla sig åt något håll. Man borrar en mindre startgrop för borrar där den går in och sedan där den kommer ut. Borrar styrs från ett kontrollrum som finns på sidan om borrar riggen. Figur 7 kommer visa en bildserie på hur borrar metoden går till. /8/

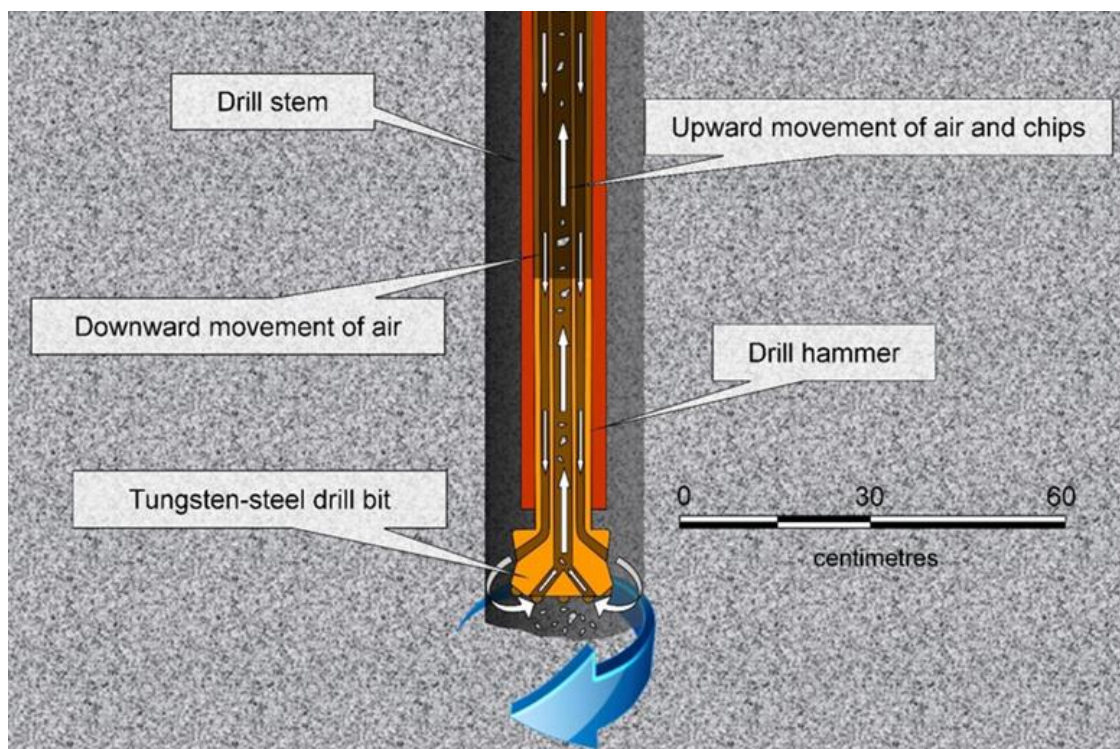


Figur 5. En bildserie över en HDD – Borrhning. /8/



## 5 RC-borrning

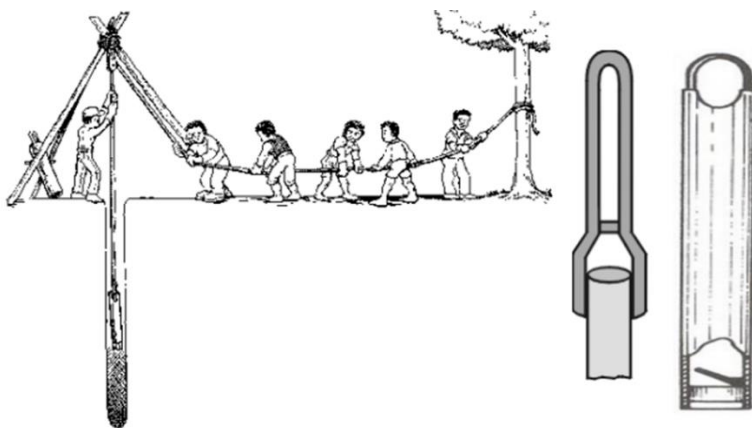
RC-borrning (reversed circulation) är en metod för undersökningsborrning som hjälper till att få snabba och säkra svar på vad som döljer sig i berggrunden. Den här bormetoden använder sig av både slag- och rotationsrörelser. Metoden fungerar på så sätt att man med hjälp av tryckluft blåser upp bergartsfragment, så kallat borkax, och samlar detta för analys. RC-rören består av ett inner- och ett yttorrör. Luften blåses ned mellan inner- och yttorrörets väggar, ned till hammaren där luften tvingar borkaxet upp genom centrum på inner röret. På så sätt blandas inte borkax från olika nivåer utan man får ett exakt svar på vad berggrunden består av på respektive djup. /8/



*Figur 6. Rc – borrarning.*

## 6 Kabelborrning

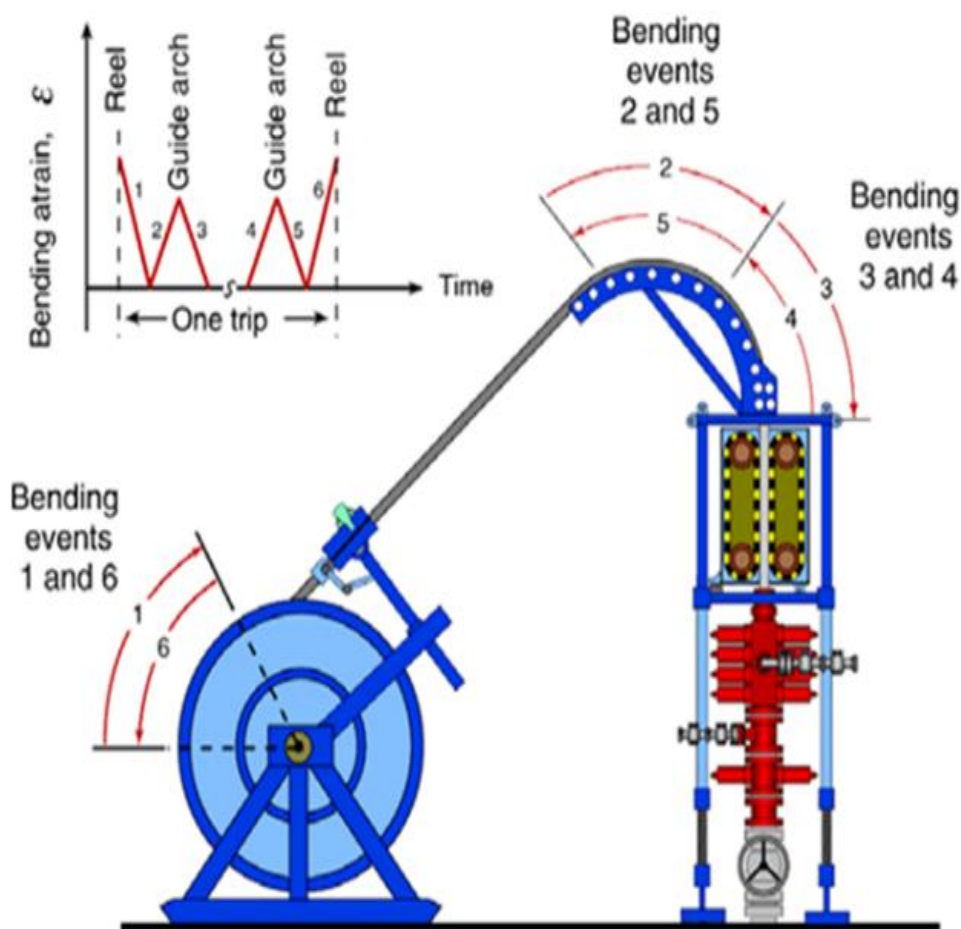
Kabelborrning har funnits i över 4000 år. Kabelborrning är den första och därmed den äldsta metoden men den används ännu i dagens läge. Kabelborrningen har en rätt simpel teknik som används den består av ett snöre som man lyfter upp och sedan släpper ner. I ändan av snöret sitter själva borren som söndrar berget med kraften då man släpper ner borrhettet. Kabelborrning kan man säga har samma teknik som dagens DTH- hammare har. Men man måste veta när det är för mycket sten för är det för mycket sten i borrhålet kommer det att dämpa slaget och det är inte lika effektivt mera. Stensmulorna tas bort med hjälp av ett öskar så att man skall kunna göra borrningen så smidig och snabb som möjligt. Moderna metoden av kabelborrning fungerar på samma sätt som tidigare därför används den bara när man borrar små brunnar som inte går djupare än 0 - 15 meter eftersom metoden är så långsam och tidskrävande. /9/



Figur 7. Kabel borrning. /9/

## 7 Coil tubing

Vid borrhning ner till 2 km djup kan man använda sig av en borrh teknik som heter Coil Tubing. En Coil tubing borrh använder man upp till 125 mm borrhålsdiameter. Det innebär att borrhöret oavbrutet matas från en rulle ner i borrhålet allteftersom borren mal sönder berggrunden. Rotationen av borrhkronan görs i botten på borrhålet och drivs med en vattenström genom borrhöret. Hastigheten på hur snabbt borren sjunker kan vara upp till 2 m per minut. Coil tubing skiljer sig från vanlig borrhning på det sättet som figur 10 visar att foderröret matas regelbundet från en rulle till skillnad från DTH- borrhning var man skärvar rören med 6 meters mellanrum. /10/



/11/

Figur 8. Coil tubing borrh.



## Epiroc Well Drill 3062

Epiroc Welldrill 3062 är en rotationsborr byggd för geotermisk borrhning och vattenbrunnsborrhning. Man har byggt borsten på en maskin som liknar mycket en grävmaskin på larvband. Det gör så borsten är lätt att styra och flytta på sig vid behov och den höga mark höjden den har gör så att den slipper lätt och flytta på sig vid en borrhning om det behövs. Borren har en kontrollpanel som gör att man kan ha fullkontroll hur borsten fungerar och stoppa borsten i fall ett fel skulle uppstå under borrhnings tiden Figur 11 visar en bild på en Epiroc well drill 3062. /12/



*Figur 9. Eprico WellDrill 3062 är en geotermisk rotationsborr och vattenborr som fungerar med hydraulik. /12/*

*Tabell 1. Eprico wellDrill 3062 /12/*

Tekniska data	
Stångens längd : 3m	
Borrdjupskapacitet : 0m – 350 m	

## 8 Electricimpulse technology (EIT)

Man har tagit fram en ny borrhningsteknik som kallas för electricimpulse technology den fungera med el pulser på 400 kV. Det kommer att göra så att man i framtiden kan borra sig ner med en hastighet på 2 meter i timmen och det gör så att kostnaderna för geotermisk borrhning sjunker med 30 %. Med en EIT teknik kan man borra med i 500 timmar oavbrutet och utrustningen kräver en effekt på 20 kW. Med den traditionella borrhnings tekniken man använder sig i dag av kan man borra med en hastighet på 1 meter i timmen och borrhuvudet måste bytas ut med 50 – 60 timmars mellan rum som gör att borrhningen blir stillastående under bytet och det gör så att ett borrhnings projekt tar längre och det blir dyra kostnader. /13/



*Figur 10. EIT borrh teknik. /13/*



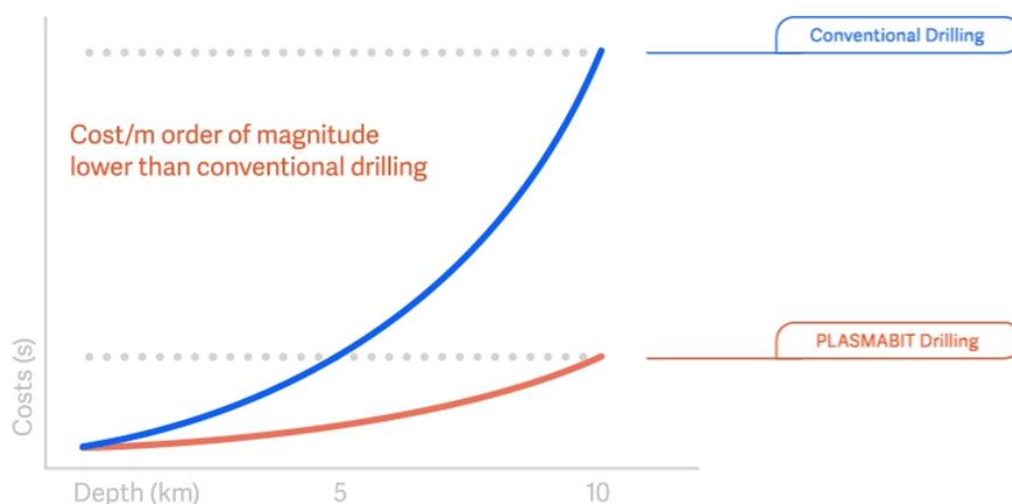
*Figur 11. Testborring gjord med en EIT borr. /13/*

## 9 Plasmabit borrar teknik

Plasmabit borrar teknik använder en roterande plasmabåge som söndrar allt material, inklusive hårt berg utan en fysisk kontakt. Det är en stor fördel jämfört med den gamla konventionella djupborrtekniken. Plasmabit - tekniken kan borra mycket snabbare igenom berget och därför göra så att borrarningen kommer att bli mycket billigare i framtiden. Djupbörning är i dag dyrt och långsamt att utföra. Kostnaderna stiger kraftigt för varje meter på grund av att borkronan slits mera och snabbare ju djupare ner man kommer eftersom berget ofta blir hårdare längre ner. I figur 14 och figur 15 och figur 16 och figur 17 visas bilder på en plasmabitbör. /14/

### Fördelarna med plasmaborrningen

- Styrning av 6000 ° C plasma för borrarning
- Billigare och snabbare än konventionell metod
- Kontaktlös, inget slitage
- Säker och miljövänlig



Figur 12. Figuren visar två kurvor på traditionell borrarning och på en plasmabit borrarningen. Som man ser så kostnaderna är extremt mycket högre med gamla tekniken än för den nya tekniken. Och figur 15,16,17 visar hur en plasmabit ser ut.



/14/



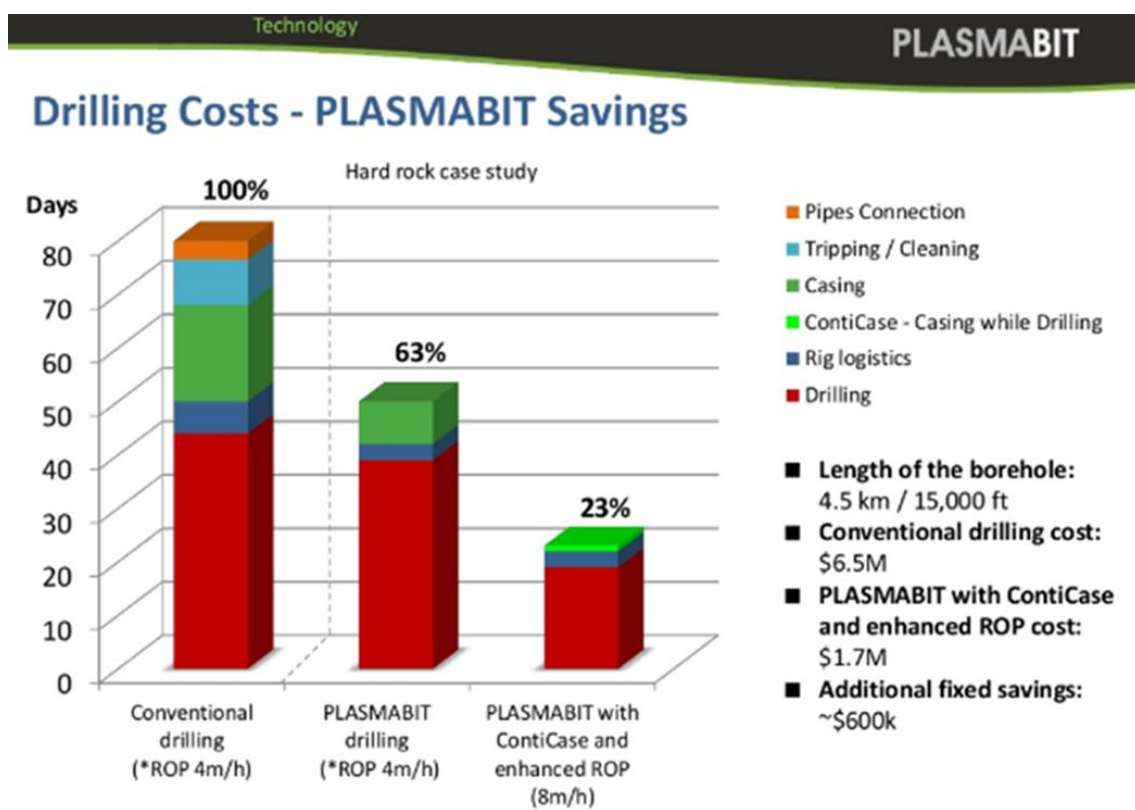
*Figur 13. Plasmabitborr. /14/*



*Figur 14. Testborrar med en Plasmabit teknik. /14/*



Figur 15. Plasmabit borr. /14/



Figur 16. Kostnaderna för Plasmabit borring. /14/

## 10 Borrkrona

En pålitlig lösning för grunda djup Vid borrhning av permanent hölje är enkelhet och kostnadseffektivitet viktiga parametrar att överväga. ODEX-systemet är mycket ekonomiskt när det gäller grunda och korta hål. I början är ODEX excenteringsvingen i ett nära läge, och när systemet börjar borra i änden av höljet svänger rymmaren ut i borrhpositionen och förstör därmed hålet för att höljet ska gå framåt. ODEX är med sin excentriska svängningsvinge perfekt för borrhning av hölje genom lätt homogen konsoliderad mark, som jord, lera, sand och grus. /12/

Symmetrix-systemet presterar som bäst under tuffa förhållanden, när det är ont om tid och precisionen är avgörande. Systemet borrar snabbare och mer exakt än någon annan metod på marknaden idag. Stora stenblock, lutande stadiga lager eller hård berggrund spelar ingen roll – Symmetrix fortsätter att borra tills önskat djup uppnås. Systemet har banat vägen för att utnyttja nya konstruktionsmetoder som sparar entreprenörer både tid och pengar. Epirocs patentsökta nya design för borrhkronor gör att Symmetrix- och Elemex-pilotborrhkronor kan använda samma ringkronesats, vilket underlättar valet av produkt. /12/



*Figur 17. Odex borrhkrona Atlas Copco. /12/*

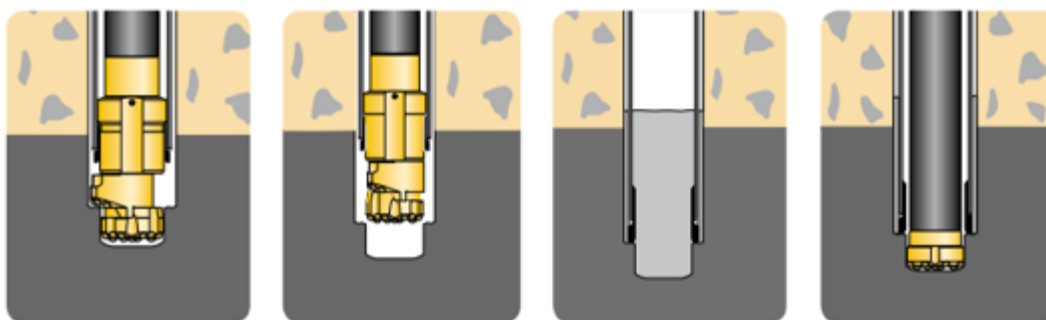


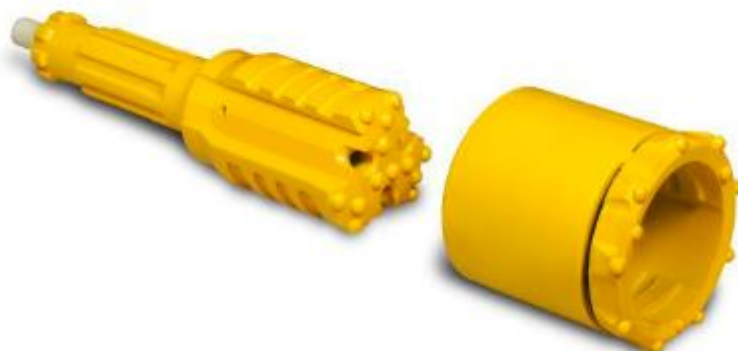
Bild 1

Bild 2

Bild 3

Bild 4

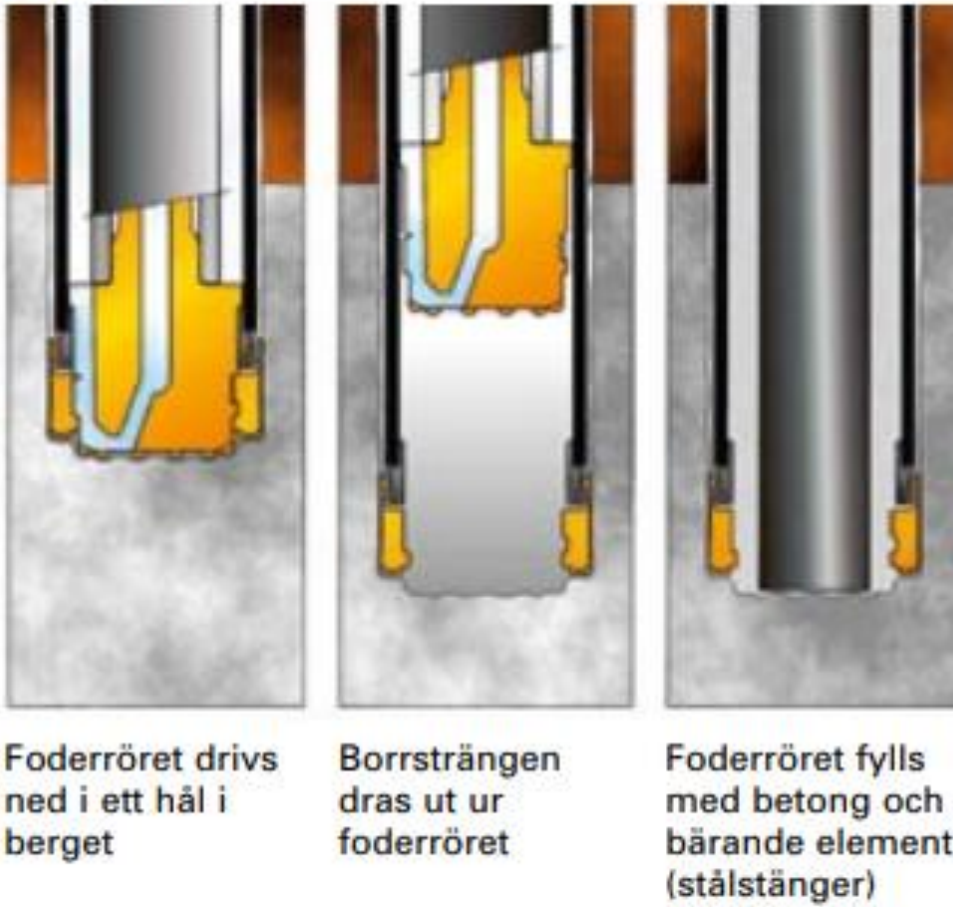
*Figur 18. Bild 1 visar hur rymmarvingen fälls ut och foderröret drivs nedåt och bild 2 Rymmarvingen dras in på bild 3 Pilotborrkronan av lägenas och en tätningssmassa hälls i bild 4 En sänkborkorna borrar igenom tätningen och börjar borra brunnen.*



*Figur 19. symmetrix borkorna från Atlas Copco. /12/*



## Symmetrix driver ett foderrör för en stödpåle



*Figur 20. Symmetrix driver ett foderrör för en stödpåle*

## 11 St1 pilotprojekt i Esbo

St1 borrar den djupaste geotermiska anläggningen i Skandinavien som producerar värme till fjärrvärmenätet. St1 pilotprojektet görs i Esbo i Otnäs där man borrar två borrhål på ett djup av 6400 meter. Den geotermiska värmen kommer att ha en kapacitet på 40 MW och kommer att stå för 10% av Esbos värmebehov. I Esbo stad bor det ungefär 250 000 invånare. /15/

Grundtanken med det här projektet är att injektera stora mängder vatten i ett av borrhålet och låta det värmas upp i sprickorna i berget till 130 °C och efter det pumpar man upp det genom det andra borrhålet. Vid första borrhningen man gjorde borrhade man ner till 2000 meters djup och efter det undersökte geologin noggrant och borrhningen loggades för att man skulle samla så mycket kunskap som möjligt om förutsättningarna. Man kan inte borra 6000 meter ner i berget utan att veta vad man borrar i. Man måste veta vad man siktar mot och var sprickorna finns, berättar Tero Saarno i en intervju med Svenska Geo-energi. /15/

När olyckan i Chile inträffade den 5 augusti 2010 då gruvan rasade i San Jose Mines nära Copiapo Atacamabo i norra Chile. så lyckades man framgångsrikt borra sig ner 700 m till de instängda gruvarbetarna med ett hål på 66 centimeter i diameter. Borrhningen gick snabbt och man kunde ha full kontroll under borrhningen med hammarborrning. De 33 instängda gruvarbetarna skickade upp en lapp med en av borrharna 22 augusti och meddelade att alla var i livet. Efter ungefär 2 månader av förberedelse stod ett borrhål stort nog klart för att man kunde ta upp de instängda gruvarbetarna och alla klarade sig levande från olyckan. Det fick Tero att fundera på om man inte kunde använda sig av samma teknik för att producera värme i Finland. /15/

## 11.1 Borrning

När St1 pilotprojektet är klart skall man kunna klara av att ha en cirkulerande vattentemperatur på 130 °C. På 6500 m djup är det litet varmare som tumregel blir det 25 - 30 ° C varmare för varje kilometer man rör sig nedåt från jordens yta. Graniten är i stort sett tät men det finns enstaka sprickor på djupet som man använder sig av. Problemet man har med sprickorna i det granitberg man borrar i är att man har hamnat för stora sprickorna i berget med en sprickfrekvens teknik.

Man använde sig i början av projektet av borrning med lufthammare men lufthammartekniken blev för dyr eftersom efter några kilometers djup krävde den allt för stora luftmängder. Då bestämde man sig för att byta till vattenhammare fast man inte hade provat den tekniken tidigare på sådana stora djup. Vattenhammar tekniken fungerar bättre än man kunde tro men teknik för styrd hammarbörning finns inte framtagen ännu för vattenhammartekniken så därför efter brunnen börjat böja av fick man använda sig av konventionell rotationsbörning efter som med den går det att borra i olika vinklar. Men man hoppas ändå att det skall kunna användas vattenhammare i hela börningen i framtida projekt. Eftersom under vissa förhållande rensningseffekten är bättre med hjälp av vätska än med luft menar Tero att största utmaningarna i framtida projekt är att utveckla en bättre teknik för vattenhammaren. Man började borra med en diameter på 1,2 meter men i dag finns inte stora borrar för vattenhammarbörning, därför måste man börja med luftbörnings tekniken.<sup>15/</sup>

## 11.2 Kostnader

Det stora problemet man haft under projektet är att hamrarna inte har hållit tillräckligt länge. Man har haft stora problem med borrhonor som gått sönder av olika anledningar. En borrhona kan kosta upp till 20 000 euro styck plus att man får avbrott på projekt som gör att kostnaderna stiger. Borrhonan behöver man i snitt byta ut med 350 meters mellanrum. Det visar redan att det rör sig om stora kostnader att utföra ett sådant här projekt. St1 avslöjar inte den totala summan på den budget som har används men företaget har fått 9,6 miljoner euro av den finska staten i bidrag. Men enbart forsknings och utvecklingsbudgeten ligger på 20 – 25 miljoner euro. I Finland ser man möjligheter att kunna skapa 10 - 15 sådana här anläggningar i framtiden.

De höga borrhningskostnaderna vid geotermi och oljeborrning driver på utvecklingen av nyare tekniker som skulle vara en mycket snabbare och billigare att använda sig av. Den nya tekniken som plasma, el borrning, och laser skulle vara en mycket bra lösning men man har inte ännu lyckats få den tekniken att fungera på djupa djup. Så man kommer måsta vänta några år ännu på att här nya borrhnings metoderna skulle bli effektivare en hammarborrtekniken säger Tero Saarno. /15/

När borrningen är färdig så står den geotermiska värmen för 10 % av Esbo stads värmebehov. Det uppvärmda spillvattnet går sedan tillbaka ner i berget. Man kommer inte att använda sig av värmepumpar men de kan enkelt installeras och på så sätt höja anläggningens kapacitet ytterligare. Att man skulle kombinera med elproduktion är inte intressant just nu. Vattnets temperatur på när det är uppe vid ytan är 115 °C och det är för lågt för att det skall vara lönsamt för elproduktion. /15/

## 12 Slutsatser

Den geotermiska energins framtid ser lovande ut eftersom den påverkar miljön på ett positivt sätt och kommer att vara en ekonomiskt lönande metod att använda sig av vid uppvärmning i framtiden. Lönsamheten att installera ett kraftverk med geotermisk produktion just nu varierar beroende på vart man installerar den och i hur hårt berg man måste göra borrhningen och hur djupt ner man måste gå för att nå den värme man söker, det kan innebära att installationskostnaderna kan bli extremt dyra på vissa ställen och på andra ställen kan man slippa undan med lägre kostnader och därför lättare kunna använda sig av den geotermiska energin.

Borrningskostnaderna är just nu de som är dyrast med ett geotermiskt energiprojekt eftersom den borrh teknik man använder sig av i dag är mycket långsam och mycket dyra att använda sig av. Eftersom som borrh kronan slits ut och måste bytas med 350 m mellan rum och kostar runt 20. 000 euro gör redan det att kostnaderna skjuter i höjden, för att driva borren behöver man stora luftkompressorer som också kostar en del pengar i drift. Att borra med den här typen av teknik nu är så dyr att man inte tror det kan vara lönsamt att borra längre ner än till 4 kilometer om man vill hålla en stabil ekonomi. Man ser stora möjligheter i framtiden att i kommande projekt kunna ta fram ny teknik som gör det mycket effektivare och billigare att klara av att borra sig ner till 6 kilometers djup. Arbetet berättar om de nyaste borrh teknikerna man nu har lyckas tagit fram men man kan inte göra en slutlig ekonomisk kalkyl över hur mycket effektivare den nya tekniken är eftersom man inte ännu har provat borra med den i större skala.

St1- pilotprojektet i Esbo kommer att ha en kapacitet på 40 MWh och kommer att stå för 10 % av stadens värmebehov. Man kommer bara att använda kraftverket för uppvärmning eftersom värmen man kommer att kunna ta upp från hålet är 130 °C och det är för svalt för att man skall kunna producera el. Lönsamheten att göra ett sådant här geotermiskt projekt i Finland är kanske inte är så lönsamt just nu efter som det inte finns utrustning ännu som klarar av att lätt borra sig ner till 6 kilometers djup. I St1 pilotprojektet har man just haft de största probleba med att kunna borra sig vidare från 3 kilometers djup ner till 6

kilometer eftersom berget blev hårdare och borren behövde bytas oftare och gick sönder ett antal gånger som gjorde att arbetet blev stillastående under dagarna man försökte få upp borrkronan igen. Man har inte hittat information om hur mycket den totala summan av borrhningen har blivit att kosta men 9,6 miljoner euro har man fått som bidrag av staten och St1 avslöjar att utvecklingsbudgeten har varit 20 - 25 miljoner euro redan. Att Finland ser möjlighet till 10 - 15 sådana här anläggningar är möjligt om kanske 5 – 10 år men just nu finns inte allt för stora möjligheter att kunna lyckas med ett sådan här projekt på ekonomiskt sätt i Finland. I bilaga 1 visas en analys av ett jordvärmesystem vad installationskostnaden är och återbetalningstiden för jordvärme. Man kan inte räkna ut exakta summan det blir i månaden för el priset påverkas av el marknaden men på ett ungefär kan man säga en 72 euro i månaden om man har (SCOP) värde på 3,0 och man säger att man använder på ett år ungefär 21000 kWh.

## 13 Sammanfattning

Examensarbetet behandlar den geotermiska energin och hur den kommer vara en ekonomiskt lönsamt metod att använda sig av vid uppvärmning i framtiden. Arbetet tar upp vilka metoder som används för geotermisk produktion av el och värme. Arbetet fördjupar sig i vad som ingår i samt krävs för att borra geotermiska brunnar djupt ner i berget, samt hur länge det tar att borra sig ned till 6000 – 700 meters djup och vilken sorts borr som används beroende på bergtypen man borrar i. Mängden energi som kan utvinnas beror på hur man lyckas skapa sprickor i berget så vattnet som skall värmas kan flöda och ta upp värme. Arbetet redogör även hur lång tid det tar att bygga ett geotermiskt kraftverk och hur tekniken fungerar och planeringen är gjord. Arbetet tar upp olika borrar modeller som man använder sig av i djupborrningen, och beskriver hur borrhings tekniken fungerar och vilka borrar man använder sig av beroende på var man borrar. Arbetet beskriver den nya borrhitekniken och hur den fungerar jämfört med den gamla och diskuterar om den kommer vara en ekonomisk lösning i framtida projekt. Man kommer kunna läsa om det uppstartade projektet i Otnäs i staden Esbo som startade upp 2015 och som skall bli Finlands första geotermiska kraftverk. Arbetet beskriver även hur man kom på iden att borra sig ner till ett djup på 600 och hur man utmanade det hårda finska granitberget, hur borrhningen överlag lyckades, vilka problem man hade under borrhningen och om det var lättare eller svårare än man hade trott från början. Nya borrhningsmetoder som användes och som aldrig hade prövats tidigare beskrivs. Arbetet tar även upp borrhningskostnaderna under pilotprojektet och hur stora summor som man har använt till forskning och utvecklingen av borrhitekniken. Arbetet avslutas med en diskussion om framtida lösningar för geotermisk djupborrning och användning av geotermisk energi som uppvärmningsform.

## Källor

/1/ NE uppslagsverket [www]. Tillgänglig: <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/geotermisk-energi> [Hämtad 10.4 2019].

/2/ NE Uppslagsverket [www]. Tillgänglig: <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/geotermisk-energi/framtidsutsikter> Hämtad 10 4 2019].

/3/ Geotermisk fjärrvärme Julia Hermansson, Märta Klashed Tillgänglig: [http://xn--hbottibble-15a.se/dokument/milj%C3%B6/pdf/ETR\\_Uppsats\\_10\\_091208-1.pdf](http://xn--hbottibble-15a.se/dokument/milj%C3%B6/pdf/ETR_Uppsats_10_091208-1.pdf)  
Hämtad 10 4 2019].

/4/ Energi Kontorx [www]. Tillgänglig: <https://energikontorx.se/geotermisk-energi/>  
Hämtad 10 4 2019].

/5/ Göteborgs Universitet, 2005 Bengt Cederblad. Stefan Saxin, Sebastian Skoog Tillgänglig: <http://fy.chalmers.se/~f5xrk/Geo.pdf> Hämtad 10 4 2019].

/6/ Processindustriell energiteknik Sanna-Sofia Skog, Paulina Kaivo – Oja och Michael Söderlund Tillgänglig: <http://web.abo.fi/fak/tkf/at/Kurser/PIE/presentationer/Geotermisk%20energi%20-%20Skog%20Kaivo-oja%20Soderlund.pdf>  
Hämtad 10 4 2019].

/7/ SGU Sveriges geologiska undersökninga [www]. Tillgänglig: <https://www.sgu.se/grundvatten/brunnar-och-dricksvatten/anlaggning-av-brunn/> [Accessed 10 4 2019].



/8/ Driconeq [www]. Tillgänglig: <https://se.driconeq.com/>

Hämtad 10 4 2019].

/9/ Arcada Dennis Lindqvist 2016 Examensarbete Deep Heat Tillgänglig: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/111567/deep%20heat%20complete%20changes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hämtad 10 4 2019].

/10/ Wikipedia [www]. Tillgänglig: [https://en.wikipedia.org/wiki/Coiled\\_tubing](https://en.wikipedia.org/wiki/Coiled_tubing)

Hämtad 10 4 2019].

/11/ Researchgate [www]. Tillgänglig: [https://www.researchgate.net/figure/Coiled-tubing-bending-cycle-events-30\\_fig2\\_313625185](https://www.researchgate.net/figure/Coiled-tubing-bending-cycle-events-30_fig2_313625185)

Hämtad 10 4 2019].

/12/ Epiroc [www]. Tillgänglig: <https://www.epiroc.com/en-rs/products/drill-rigs/well-drilling-rigs/welldrill-3062> Hämtad 10 4 2019].

/13/ Nyteknik [www]. Tillgänglig: <https://www.nyteknik.se/energi/borrar-kilometer-djupa-hal-med-elpulser-6343281>

Hämtad 10 4 2019].

/14/ GA Drilling: [www]. Tillgänglig: <https://www.gadrilling.com/technology/>

Hämtad 10 4 2019].

/15/ Borr svängen [www]. Tillgänglig: <https://xn--borrsvngen-v5a.se/geotermisk-varme-i-esbo-tero-saarno-fick-iden/>

Hämtad 10 4 2019].

/16/ Svensk Geoenergi en tidning om förnyelsebar energi sida 22-23 [www]. Tillgänglig: [http://media.geoenergicentrum.se/2018/11/svgeo\\_2018\\_02.pdf](http://media.geoenergicentrum.se/2018/11/svgeo_2018_02.pdf)

Hämtad 10 4 2019].

/17/ Atlas Copco Ground Engineering products jordborrningssystem [www]. Tillgänglig: <http://195.69.129.26/webshop/documents/11e655c95753433fb5d9efd9692ebde8/overburden.pdf>

Hämtad 10 4 2190.

/18/ Geologiska information för geoenergianläggningar sida 17 [www]. Tillgänglig: <http://resource.sgu.se/produkter/sgurapp/sl616-rapport.pdf>

Hämtad 10 4 2190

/19/ Tomallen [www]. Tillgänglig: <https://www.tomallensenera.fi/maalampo/maalampo-hinta>

Hämtad 10 4 2019

/20/ Maalampo.fi [www]. Tillgänglig: <http://www.maalampo.fi/artikkelit/maalampopumpun-kustannukset/>

Hämtad 10 4 2019

/21/ Lämpö Ykkönen [www]. Tillgänglig: <https://lampoykkonen.fi/100faktaa/fakta-86-lammitysjarjestelmavertailu-maalampopumppu-vai-ilma-vesilampopumppu/>

Hämtad 10 4 2019

/22/ Green match [www]. Tillgänglig: <https://www.greenmatch.se/vaermepump/jord-vaerme/kostnad>

Hämtad 10 4 2019

## Bilagor

### Bilaga 1

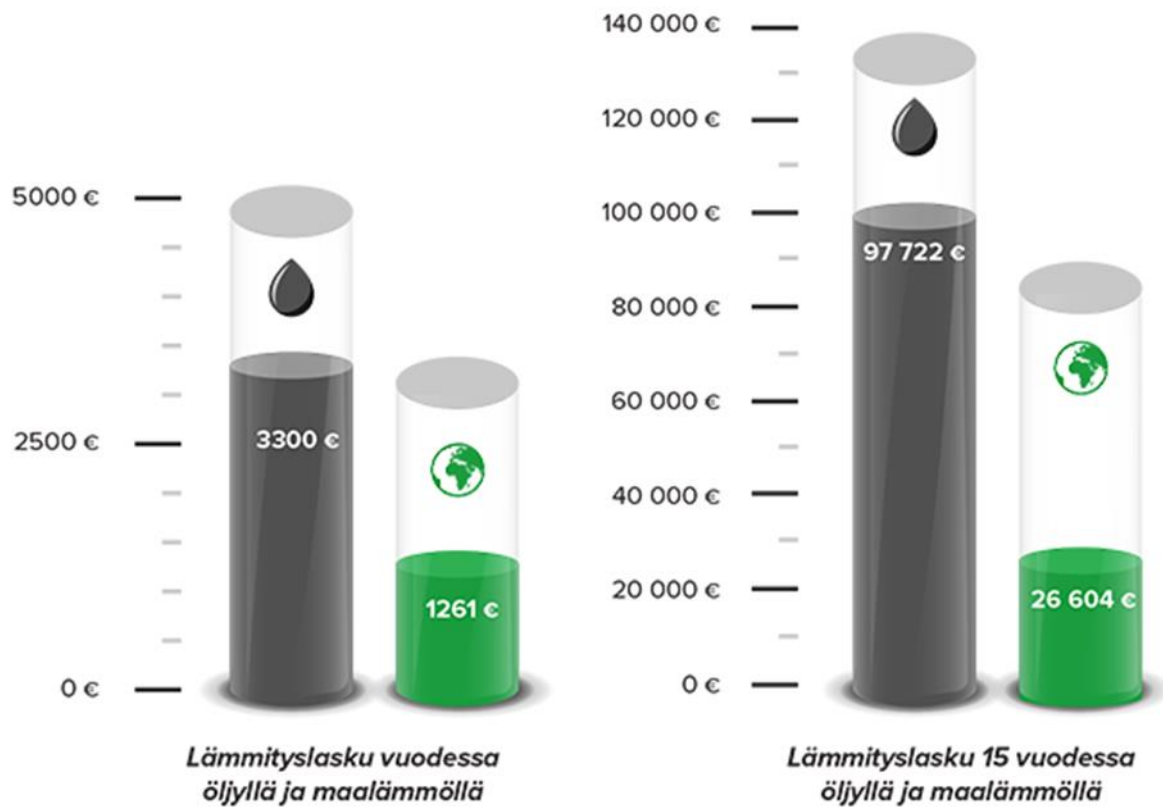
Totalkostnad för jordvärme		
Totalentreprenad	Minimum pris	Maximum pris
Värmepump	60 000 kronor	120 000 kronor
Jordvärmeslang	5000 kronor	20 000 kronor
Grävning	5000 kronor	16 000 kronor
Installation	2000 kronor	10 000 kronor
Återställning	3000 kronor	8000 kronor
<b>Totalt</b>	<b>75 000 kronor</b>	<b>174 000 kronor</b>
<b>Totalt med rotavdrag</b>	<b>67 125 kronor</b>	<b>155 730 kronor</b>

*Totalkostnad för jordvärme. /22/*

Återbetalningstid för jordvärme	
Totalkostnad jordvärme	100 000 kronor
Energibehov	21 000 kWh
SCOP-värde	3
Elpris	1,25 kronor/kWh
Kostnad direktverkande el	26 250 kronor/år
Kostnad jordvärme	8 400 kronor/år

*Återbetalningstid för jordvärme. /22/*

## Bilaga 2



*Uppvärmning av olja för 1 år 3300e. Uppvärmning av jordvärme 1 år 1261*

*Exempel på ett 200 m<sup>2</sup> villa som har oljeförbrukning på 3700 liter per år*

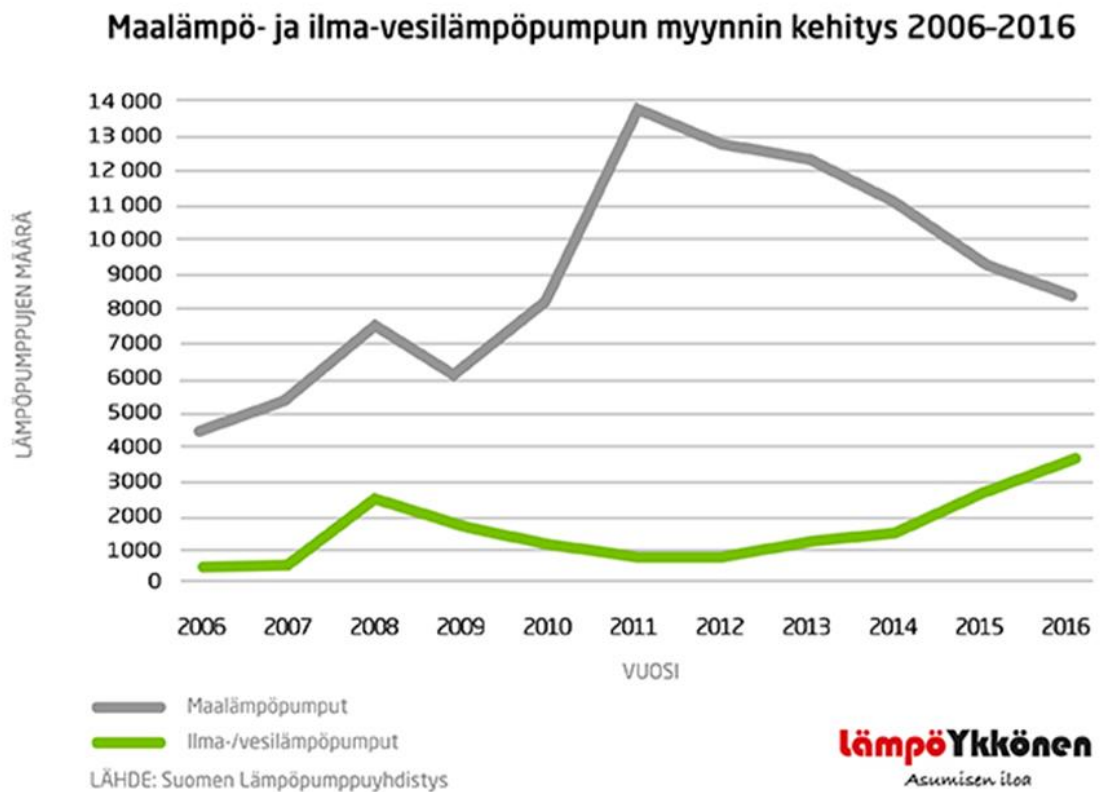
*Olja är 0,9e/litern och el priset 0,122 e/kWh /19/*

### Bilaga 3



*Exempel 180 m2 villas värmekostnader för ett år!*

*Värmeenergi behov 25 000 kWh oljeanvändning 2900 liter oljepriset 1e el priset 0.11 e kWh /20/*



Jordvärmepump att installera i ett litet hus kostar mellan 15 - 25 000 euro. Men hushållet sparar efter installationen 10 000 - 20 000 euro så pumpen betalar tillbaka sig oftast mellan 7 - 10 år

Vatten värmepump kostar att installera i ett litet hus mellan 8 000 – 15 000 euro hushållets sparar efter installationen 10 000 – 20 000 euro och pumpen bettlar tillbaka sig mellan 7 - 10 år /21/

