



## Delrapport - Bergvärme

Linda Brante, Elise Lamenoise

Maj 2024

## Innehåll

<b>1</b>	<b>Bergvärme genrellt</b>	<b>3</b>
1.1	Borrhålslager och solfångare . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Ångkompressionscykel</b>	<b>3</b>
2.1	Värmeväxlare i en bergvärmepump styr effekten . . . . .	3
2.2	Seasonal Coefficient of Performance, SCOP-faktor . . . . .	4
2.3	Köldmedium . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Lagring av energi</b>	<b>4</b>
3.1	Utarmning av lagret . . . . .	5
3.1.1	Återladdning . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Energikalkyl från företaget IVT värmepumpar</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Referenser</b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>Bilagor</b>	<b>7</b>

# 1 Bergvärme genrellt

Förmågan att lagra värmeenergi från solen i energibrunnar eller ett borrhållager är bra i Sverige. Värmeenergin lagras i borrhål och kan sedan utvinnas efter behov med hjälp av en U-rörskollektor som består av plaströr och är format som ett U. I den här kollektorn cirkulerar en köldbärare som i sin tur transporterar värmen till en värmepump där köldbäraren får gå genom en ångkompressionscykel och på så sätt överföra värmeenergin. Ett sådant här energilager används för att säsongslagra solvärmeenergi i mark och berg på sommaren för att sedan använda den under vintern (Björk et.al 2013).

## 1.1 Borrhållager och solfångare

I ett system med solfångare och värmepump finns det direkt och indirekt uppvärmning. Direkt uppvärmning är då värme från solfångare går direkt till uppvärmning av fastigheter och indirekt är då värmen skickas till en värmepump för att få upp temperaturen. Indirekt uppvärmning används då temperaturen på mediet från solfångaren är för lågt för direkt uppvärmning. I ett sådant här system är lagring av energi en viktig delkomponent då det ökar den termiska värmefaktorn och förbättrar driftförhållanden (Dorota et.al 2022).

# 2 Ångkompressionscykel

En bergvärmepump fungerar genom att den använder sig av en ångkompressionscykel. Den här cykeln byggs upp av delarna förångare, kompressor, kondensor och expansionsventil. I det här slutna systemet kretsar ett köldmedium i vätskeform som förångas redan vid låga temperaturer. Vid avdunstningsprocessen absorberas värme från den nedkylda vätskan eller köldbäraren när den passerar berget genom en ledning. Köldbäraren med låg energivärde går sedan till en förångare som värmer köldmediet. Köldmediet sedan förångas och komprimeras i en kompressor vilket ökar dess temperatur ytterligare. Den heta gasen avger sin värme i kondensorn som passerar en expansionsventil för att sedan värma vattnet som används för uppvärmning (Björk et.al 2013).

## 2.1 Värmeväxlare i en bergvärmepump styr effekten

Värmeväxlare som förångare och kondensor är två av de viktigaste komponenterna i en värmepump då man vill ha en liten temperaturdifferens vid värmeöverföringsprocesserna för att spara på drivenergi. För att hålla temperaturdifferensen så låg som möjligt i cykeln måste förångaren och kondensorn arbeta effektivt. Detta innebär att det är en temperaturskillnad på den kalla

sidan vid förångaren där värmeöverföringen mellan värmekällan och köldmediet ska vara så låg som möjligt. Vid den varma sidan ska temperaturskillnaden vid värmeöverföringen mellan kondensorn och värmesänkan också hållas lågt. Detta styr också COP (Coefficient of Performance), värmefaktorn för värmepumpen och för att erhålla en hög värmefaktor måste det vara hög temperatur på den kalla sidan och låg temperatur på den varma sidan (Björk et.al 2013).

## 2.2 Seasonal Coefficient of Performance, SCOP-faktor

Seasonal Coefficient of Performance eller SCOP-faktor visar hur energieffektiv en bergvärmepump är under ett år när pumpen används för rumsuppvärmning. Denna faktor kallas också för årsvärmefaktor och normalt varierar mellan 2,8 och 5,0. Det finns ett flertal faktorer som styr SCOP-värdet. De faktorer med mest påverkan är vart värmepumpen är placerad, de ingående och utgående arbetstemperaturer och värmebehovet som pumpen måste täcka (Kvist 2018).

## 2.3 Köldmedium

Det finns många olika typer av köldmedier som används i värmepumpar men endast ett fåtal används mer kommersiellt då inte endast de termodynamiska är eftertraktade utan även ytterligare egenskaper. Dessa egenskaper är exempelvis att ämnet inte ska vara giftigt, ej vara skadligt eller korrosivt för omgivningen, ej påverka miljön globalt eller lokalt samt inte vara brännbara. De vanligaste köldmedierna som innehåller HFC-föreningar är R134a och dessa används då det är enkelt att anpassa mätningstrycket på mediet vid olika temperaturer (Björk et.al 2013). Nyare kylsystem använder koldioxid som köldmedium då det är ännu effektivare värmeåtervinning och sparar mer energi än medium som innehåller HFC-föreningar (Energi & Miljö 2023).

# 3 Lagring av energi

Egenskaper hos berg som typ av bergart, dess värmeledningsförmåga och värmekapacitet styr hur bra det fungerar som värmelager. Sveriges berggrund har hög kvartshalt som gnejs och granit som har en god värmeledningsförmåga som ligger på ungefär  $3,5 \text{ W/(mK)}$ . Ju djupare ett borrhål är desto mindre väderberoende är det och påverkas mer av det geotermiska värmeflödet eller gradienten underifrån som i Sverige kan variera mellan  $35 - 75 \text{ mW/m}^2$ . Temperaturvariationerna styrs av berg djupet och vid ca 15 m djup ser man inte längre några väderstyrda variationer i temperatur. Inströmmande grundvatten kan påverka värmeledningsförmågan i berget men det är inte vanligt att grundvattnet påverkar detta särskilt mycket (Björk et.al 2013).

Bergarten och nivåer av grundvattnet styr mycket vart man kan borra såväl som djup på borrhålen. I vanliga fall ligger borrhålsdjupet mellan 100 och 250 m och med en diameter på mellan 115 till 140 mm (Björk et.al 2013). Beroende på energibehov kan borrhålen vara av olika djup och kan gå upp till 300 m djup (SGU, 2023). Ofta vid borrning påträffar man grundvatten vid 2-7 m djup men det beror också på området. I vissa länder finns det regler kring att man ska återfylla hålen med sand eller annat finkornigt material så att grundvattnet kan strömma genom men inte i Sverige (Björk et.al 2013).

### 3.1 Utarmning av lagret

Från ett aktivt borrhål med ett djup på 150 m och en diameter på 115 mm kan man under ett år ta ut 18 000 kWh värmeenergi. När man tar ut värme från lagret så sjunker bergets temperatur vilket kan leda till utarmning. Ju mer värmebelastat ett borrhål är desto snabbare kommer temperatursänkningen att bli. Bergets värmeledningsförmåga och värmekapacitet spelar också en stor roll. Om en bergart har en hög värmeledningsförmåga så kommer temperatursänkningen ske långsamt. Ytterligare något som styr det här är avståndet mellan borrhål. Om borrhålen ligger nära varandra så finns det större risk för utarmning då de påverkas mycket av sin omgivning och mer borrhål tar upp den tillgängliga markytan för naturlig återladdning. Under de första åren som ett borrhål är i drift kommer temperaturen sjunka snabbare då det sker en temperaturutjämning med markytan. Efter detta kommer i stället det att ske en temperaturutjämning med temperaturer längre och längre ner i borrhålet tills temperaturen har stabiliserats och vid den här tidpunkten kan man säga att borrhålet återladdas av sig självt. Utarmning är dock något som sker bara efter några år då temperaturen sjunker långsamt (Björk et.al 2013).

#### 3.1.1 Återladdning

Det finns flera lösningar till utarmningen. Ett alternativ är att borra djupare hål och på så sätt minska värmebelastningen och temperatursänkningen. En bättre lösning är återladdning av borrhålen. Återladdning är en metod som innebär att man tillför en mängd värme till hålen som motsvarar mer energi än det man har tagit ut. Denna metod görs under sommaren då det finns mer värmeenergi över som kan användas. Metoden går ut på att man har en konvektor som tar värme ut luften eller varmluft från uppvärmningssystemet och skickar ner det i berget. Återladdningsprocessen är väldigt långsam och därför är det sällan som ett borrhålslager behöver återladdas men detta beror också på omgivningen och de lokala värmeförlusterna (Björk et.al 2013).

## 4 Energikalkyl från företaget IVT värmepumpar

I samarbete med värmepump företagen IVT gjordes en energikalkyl på antalet borrhål som denna projekt skulle kräva. Med en effektbehov på 1,2 MW den kallaste dagen på året blev resultatet att det skulle krävas minst 59 st borrhål med ett sammanlagt borrhålsdjup på 19237 m för att täcka hela systemets energibehov. Det innebär alltså 59 st borrhål varje med ett djup på 340 m. Simuleringen visade också att bergvärmen kommer täcka 100 procent av energi-behovet och 79 procent av effektbehovet på den kallaste dagen. De rekommenderade värmepumpen *12x IVT Geo 280* då de gör det möjligt att spara mycket värmeenergi. Med dessa värmepumpar skulle man erhålla ett högre SCOP och systemet skulle klara högre temperaturer. I den här simuleringen togs det också hänsyn till typ av bergart i området vilket styr djupet på borrhål och avstånd mellan dem. De beräknade den årliga gratisenergin från bergvärmepumpen till 2 196 625 kW. Det här är energin som värmepumpen utvinnet på från borrhålen på ett år (IVT värmepumpar, 2024). Denna energikalkyl kan ses som en bilaga.

## 5 Referenser

Björk, E.et.al.(2013).*Bergvärme på djupet: Boken för dig som vill veta mer om bergvärmepumpar*.<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:619184/FULLTEXT01.pdf>

Dorota, A.et.al.(2022).*Solar Thermal Systems: Components and Applications*. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/solar-assisted-heat-pump-system>

Energi & Miljö.(2023).*Nu är det koldioxid som gäller i kylarna*.<https://www.energi-miljo.se/nu-ar-det-koldioxid-som-galler-i-kylarna/>

Kvist,J.(2018).*Årsvärmefaktor för bergvärmepumpar i Norden*. <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:1231978/FULLTEXT01.pdf>

Sveriges Geologiska Undersökning, SGU.(2023).*Bergvärme*. <https://www.sgu.se/samhallsplanering/energi/Geoenergi-geotermi-och-energilagring/bergvarme/>

## 6 Bilagor

Bilaga 1: IVT Energikalkyl

**Bosch Värme**

Bosch VPW2100/ tillgång

-  
-

Kalkyl 1,2 MW

**Anders Lund**

E-post: lda1tra@bosch.com

**Elise Lamenoise**

Uppsala

2024-05-07 14:01

# Din energikalkyl

Vi som installerar IVT:s värmepumpar är certifierade specialister. Därför kan du lita på att vi känner produkterna utan och innan, och vet exakt hur de ska anpassas och installeras för att ge dig så hög besparing som möjligt. Den här energikalkylen innehåller allt du behöver veta om din framtida energiförbrukning och är baserad på vår gemensamma genomgång och analys av din fastighet och dina förutsättningar. Hör gärna av dig till oss om du har några frågor.

## I din fastighet föreslår vi

### 12x IVT Geo 280

IVT Geo är en värmepump med banbrytande teknik som minskar dina värmekostnader. Men det viktigaste skälet att välja den är faktiskt storleken. Vi har tillverkat IVT Geo i åtta olika effektstorlekar.

- Sparar mer – högre SCOP genom unik tandemkompressor och insprutningsteknik.
- Klarar högtemperatursystem med 68°C och varmvattenladdning utan tillskottsvärme.
- Ny kylkrets ger förenklade systemlösningar.



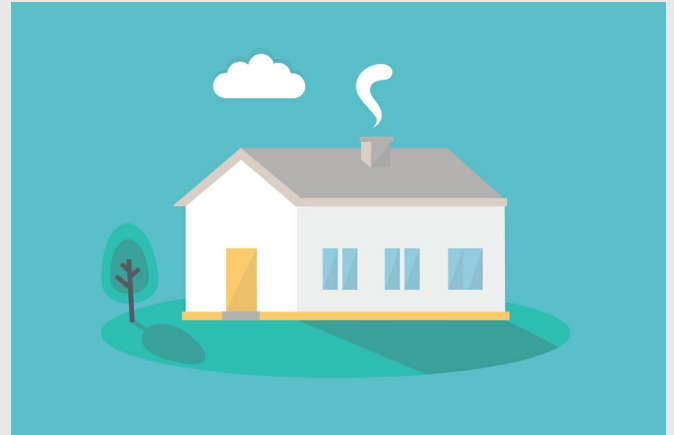
## Beräknad årlig drivenergi (värme och varmvatten)

Värmepump	740 410 kWh
Tillskott	11 110 kWh
<b>Summa</b>	<b>751 520 kWh</b>



## Nuvarande förutsättningar

Hustyp	Övrigt, stor fastighet
Uppvärmad yta	23890 m <sup>2</sup>
Elpris	1,30 kr /kWh
Antal hushåll	1
Antal personer per hushåll	1
Varmvattenbehov (Dusch)	100 000 kWh
Nuvarande rumstemperatur	21 °C
Husets egenuppvärmning	4 °C
Framledningstemperatur	55 °C



## Beräkning, ny värmepump

Data om huset	
Maximalt effektbehov (den kallaste dagen)	1200 kW
Beräknad energiförbrukning	2 948 140 kWh
Maxbehov tillskott	247,9 kW
Drivenergi värmepump	740 410 kWh
Tillskott värmepump	11 110 kWh
Gratisenergi värmepump	2 196 625 kWh
Drifttid	3 090 timmar/år
Effektäckning	79%
Energitäckning	100%
Energipris - min värmepump	0,33 kr /kWh
Kommun - Ort	Uppsala - Uppsala
Medeltemperatur för orten	6,5 °C
Utetemperatur den kallaste dagen	-20 °C

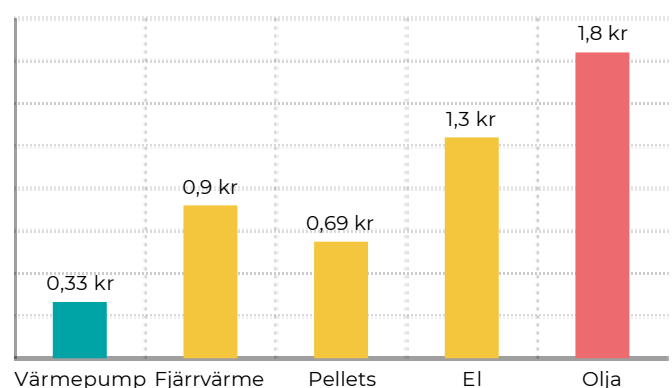
### Värmekälla

Markförhållande	Normalt berg (λ 3,0)
Totalt aktivt borrhål	19237 m
Minsta antal borrhål	59 st
Energi- och effektuttag / m	114 kWh / 37 W
Tillgängligt tryckfall för transportledning	10 kPa
Årsmedeltemp. inkommande brine (Korr. 1°C)	0,5 °C
Slangtyp och brinevätska	PEM 50/Etanol

### Värmesystemet

Minimivoly m värmesystem	9521 liter
--------------------------	------------

Jämförelse uppvärmningskostnad kr/kWh



## Resultat med värmepump

### Beräknad energiförbrukning

Drivenergi värmepump	740 410 kWh
Tillskott värmepump	11 110 kWh
	<b>751 520 kWh</b>

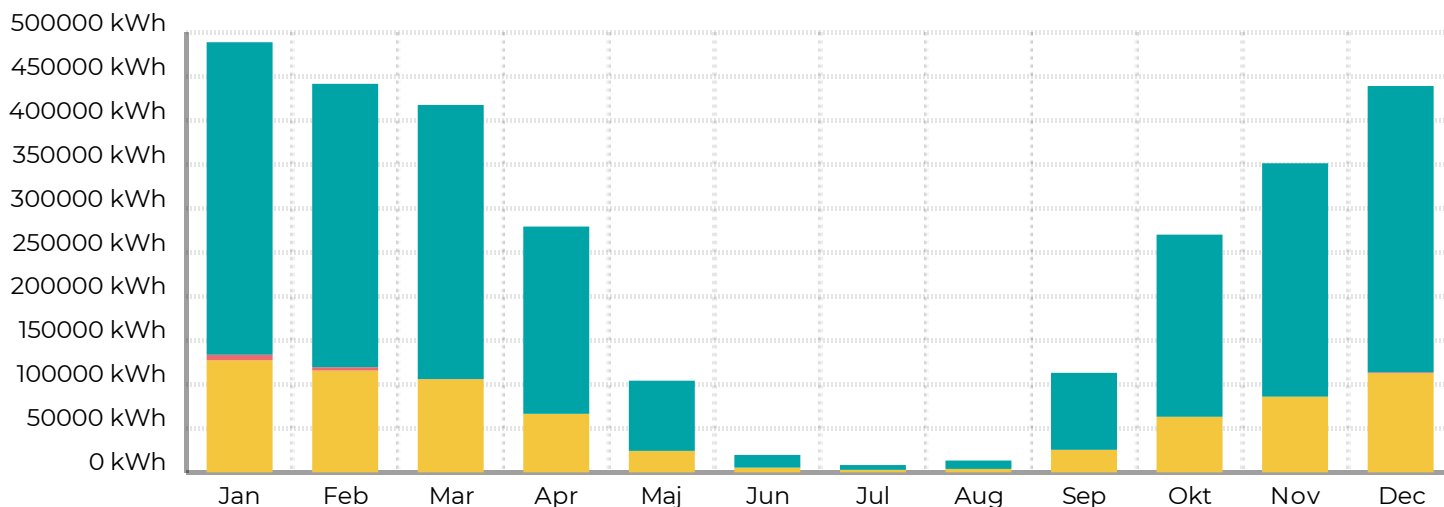
### Årlig kostnad med ny värmepump

Drivenergi värmepump	962 533 kr
Tillskott värmepump	14 443 kr
	<b>976 976 kr</b>

## Energianvändning per månad

Här är din beräknade energiåtgång för värme och varmvatten fördelat per månad för ett normalår.

Gratisenergi värmepump 2 196 625 kWh  
Tillskott värmepump 11 110 kWh  
Drivenergi värmepump 740 410 kWh



■	355 315	322 225	311 630	212 885	79 790	14 450	5 445	9 485	87 515	207 070	265 340	325 475
■	6 275	3 715	120	0	0	0	0	0	0	0	0	1 000
■	127 470	115 830	105 980	66 610	24 450	5 410	2 885	3 960	25 670	63 235	86 110	112 800

## Kommentarer från återförsäljare

När du väljer en värmepump för din villa från IVT ingår alltid 10 års garanti på kompressorn (hjärtat i din värmepump) och 6 år på värmepumpens övriga delar förutsatt att service och underhåll utförs. Du kan förlänga ditt skydd upp till 18 år med vår tilläggsförsäkring. Om du mot förmodan skulle drabbas av ett driftstopp garanterar vi att du får värme i huset inom 24 timmar (den här delen av garantin är aktiv under hela vinterhalvåret). Vi finns alltid nära och svarar snabbt om du har några frågor om din värmepump. (För fastighetsvärmepumpar med effekt >20kW gäller 5 års garanti)

## Information

Alla priser inklusive moms

Energikalkylen är en beräkning utifrån tillgänglig fakta om din fastighet, klimatdata(1) för din ort samt den rekommenderade värmepumpen. Besparingen blir oftast minst lika stor som kalkylen visar. Naturliga variationer i klimat, personliga vanor (så som varmvattenförbrukning) samt tillförlitligheten i uppgifterna om fastigheten påverkar utfallet och innebär att avvikelser kan förekomma. Energikalkylen är med andra ord inte en utfästelse om din kommande energiförbrukning. Förbrukning av hushållsel ingår inte i energikalkylen.

### Borrhålsberäkningar

Den borrhålsberäkning som presenteras i resultatet är indikativ och baserar sig på schablonmässiga värden avseende bergart och kylenergi. När borrhålsberäkningen resulterar i mer än ett borrhål baseras antalet beräknade meter på att de enskilda borrhålen inte påverkar varandra. Vi rekommenderar att ett tredjeparts borrhålsdesignerverktyg alltid används när fler än två borrhål behövs enligt våra resultat.

1). Klimatdata baseras på ett normalår och tillhandahålls av Meteonorm-plugin, version 8.1 ([www.meteonorm.com](http://www.meteonorm.com))

## Ordlista

### Lägsta utetemperatur

Den statistiskt lägsta varaktiga temperaturen som inträffar under en normal vinter på din ort. Några timmar med lägre temperatur kan förekomma utan att det påverkar denna angivelse.

### Max effektbehov

Den effekt som krävs för att värma ditt hus den allra kallaste tiden på året.

### Maxbehov tillskott

Det effekttillskott som behövs utöver värmepumpen för att värma hus och varmvatten vid den lägsta utetemperaturen.

### Energitäckning

Motsvarar den andel av ditt totala värme- och varmvattenbehov som värmepumpen täcker under ett helt år.

### Drivenergi värmepump

Den mängd el som värmepumpen förbrukar under ett år.

### Gratisenergi värmepump

Den mängd energi som värmepumpen utvinnet ur berg/mark/luft under ett år.

### Besparing

Visar hur mycket lägre kostnad alternativt hur mycket mindre energi för värme och varmvatten som värmepumpen ger dig jämfört med ditt nuvarande system.

### Värmepumpens energipris

Det pris per kWh som ditt nya värmesystem genererar.

### Tillskott värmepump

Hur mycket hjälp från den inbyggda elpatronen som värmepumpen kommer att behöva för att klara den önskade innetemperaturen under ett år.



När du väljer en värmepump från IVT ingår följande, villkorat att service och underhåll utförs;

- 6 års garanti på villavärmepumpen inkl IVT's tillbehör
- 10 års garanti på kompressorn

(För fastighetsvärmepumpar med effekt >20kW gäller 5 års garanti)

Efter garantin kan tryggheten förlängas med vår tilläggsförsäkring upp till totalt 18år.