

CHALMERS



Värmebärare i solfångare

Användning och erfarenheter i Sverige
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör

IDA HAGLUND, ERIKA STEFFEN

Institutionen för energi- och miljöteknik
Avdelningen för Installationsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2014
Examensarbete 2014:08

EXAMENSARBETE 2014:08

Värmebärare i solfångare

Värmebärare i solfångare

Användning och erfarenheter i Sverige

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

IDA HAGLUND, ERIKA STEFFEN

Institutionen för energi- och miljöteknik

Avdelningen för Installationsteknik

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2014

Värmebärare i solfångare
Användning och erfarenheter i Sverige
*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Byggingenjör*

IDA HAGLUND, ERIKA STEFFEN

© IDA HAGLUND, ERIKA STEFFEN, 2014

Examensarbete/Institutionen för energi- och miljöteknik,
Chalmers tekniska högskola 2014:08

Institutionen för energi och miljöteknik
Avdelningen för Installationsteknik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:
Ev figurtext till omslagsbilden, ev referens till utförligare information i rapporten.
Chalmers reproservice / Institutionen för energi- och miljöteknik
Göteborg 2014

Värmebärare i solfångare

Användning och erfarenheter i Sverige

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Byggingenjör

IDA HAGLUND, ERIKA STEFFEN

Institutionen för energi- och miljöteknik

Avdelningen för Installationsteknik

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Utvecklingen av alternativa energikällor är mycket aktuellt i dagens samhälle. Solenergi är en förnyelsebar energikälla med mycket potential. Det finns olika typer av solfångare, solvärmesystem och kombinationer av solsystem med andra värmekällor. På grund av väder- och klimatförutsättningar krävs det att de indirekta systemen som finns har en värmebärare som tål både höga och låga temperaturer. På vinterhalvåret riskerar värmebäraren att frysa medan på sommarhalvåret riskerar systemet att hamna i stagnation. Det finns olika sätt att frysskydda solvärmesystem på, de tre metoderna som tas upp i denna rapport är dränerande system, varmhållna system samt frysskyddsvätska. Den vanligaste metoden här i Sverige är att använda någon typ av frysskyddsvätska, då den är applicerbart på de pumpstyrda indirekta system som normalt används.

De frysskyddsvätskor som finns på marknaden idag är antingen propylenglykol eller etylenglykol baserade. Vid omblandning med vatten sänker dessa glykoler fryspunkten på vatten. Den stora skillnaden mellan de två är att etylenglykol klassas som skadlig. På grund av detta har frysskyddsvätskor mer och mer gått över till att vara baserade på propylenglykol.

Genom en enkät till solfångartillverkare, system-konstruktörer, -installatörer samt -leverantörer erhöles en överblick av vilka värmebärare som används i dag. Den frysskyddsvätska som flest svarade att de använde är Tyfocor LS som är en färdigblandad produkt baserad på propylenglykol. Enligt konsumenterna har den många fördelar så som att den har bra temperaturspann, färgindikering samt att den är lättanvänd i trycksatta system. De flesta var även eniga om att vätskan bör kontrolleras samt bytas vid behov eller med 1-5 års mellanrum.

Utöver de svar som erhöles från enkäten finns det ett flertal olika typer av frysskyddsvätskor ute på marknaden. De flesta baserade på propylenglykol. Det finns många frysskydd med liknande egenskaper som de som används idag. Ett exempel är Dynalene Solar Glycol XT som har ett liknande temperaturspann som Tyfocor LS. Skillnaden är att Dynalene är tillverkad på majs istället för olja, vilket gör den förnyelsebar. Det finns även saltlösningar med liknande egenskaper.

Nyckelord: Solvärme, värmebärare, frysskydd

Heat transfer fluids in solar panels

Use and experience in Sweden

Diploma Thesis in the Engineering Programme

Building and Civil Engineering

IDA HAGLUND, ERIKA STEFFEN

Department of Energy and Environmental Engineering

Division of Building Services Engineering

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The development of alternative energy sources is very important in today's society. Solar energy is a renewable energy source with much potential. There are different types of solar panels, solar systems and combinations of solar systems with other energy sources. Because of weather and climate conditions, indirect systems require with a heat transfer fluid that can withstand both high and low temperatures. In the winter months, the risk of heat transfer fluid to freeze while in the summer months the system risk of falling into stagnation. There are different ways to protect solar systems from freezing. In this report we present three methods; draining system, hot - maintained systems and antifreeze. The most common method in Sweden is to use some type of antifreeze because it is applicable to pump controlled indirect systems that are normally used.

The antifreeze fluids available on the market today are either propylene or ethylene glycol based. When mixing with water glycol lowers the freezing point of water. The major difference between the two is that ethylene glycol is classified as harmful. Because of this, antifreeze fluids are increasingly switched to be based on propylene glycol.

From a survey answered by solar collector manufacturers, system-designers, - installers and -providers a general view was obtained of heat transfer fluids used today. The antifreeze that most answered that they used is Tyfocor LS which is a premixed product based on propylene glycol. According to consumers, it has many advantages, such as good temperature range, color display, and that it is easy to use in pressurized systems. Most also agreed that the fluid should be checked and replaced if necessary or every 1 to 5 years.

In addition to the response obtained from the survey, there are several different types of antifreeze fluids on the market. Most of them are based on propylene glycol. There are several antifreeze with characteristics similar to those used today. One example is Dynalene Solar Glycol XT which has a similar temperature range that of Tyfocor LS. The difference is that Dynalene is made of corn instead of oil, making it renewable. There are also brines with similar properties.

Key words: solar energy, antifreeze, heat transfer fluids

Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund/problemformulering	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsning	1
2 METOD	2
3 SOLVÄRMESYSTEM	3
3.1 Komponenter	4
3.1.1 Ackumulatortank	4
3.1.2 Elpatron	5
3.1.3 Expansionskärl	5
3.2 Systemkombinationer	6
3.2.1 Kombisystem	6
3.2.2 Styrning och reglering	7
3.2.3 Dimensionering	8
4 SOLFÅNGARKRETSAR OCH SOLFÅNGARE	10
4.1 Glasade plana solfångare	10
4.2 Vakuumsolfångare	11
4.3 Kvalitetsmärkning	14
4.4 Placering och lutning	15
5 FRYSSKYDD	16
5.1 Värmebärare med frysskydd	19
5.1.1 Glykolbaserade produkter	19
5.1.2 Saltbaserade produkter	21
5.1.3 Oljebaserade produkter	22
5.1.4 Etanolbaserade produkter	22
5.2 Olika fabrikat av frysskyddsvätskor	23
5.2.1 Frysskyddsvätskor framtagna utifrån enkätsvar	23
5.2.2 Övriga frysskyddsvätskor	28
5.3 Analys av resultat utifrån litteraturstudie	32
6 ENKÄT	33
CHALMERS , <i>Energi- och miljöteknik</i> , Examensarbete 2014:08	III

6.1	Fördelar, nackdelar och erfarenheter	34
7	SLUTSATS OCH DISKUSSION	35
7.1	Metoddiskussion	35
7.2	Rekommendationer	36
	REFERENSER	37
	BILAGOR	43

Förord

Detta examensarbete omfattar 15 högskolepoäng och utgör en avslutande del i Byggingenjörsprogrammet på Chalmers tekniska högskola. Arbetet har genomförts i samarbete med avdelningen för installationsteknik på Chalmers tekniska högskola.

Vi vill passa på att rikta ett stort tack till Jan-Olof Dalenbäck på avdelningen för installationsteknik på Chalmers tekniska högskola.

Göteborg juni 2014

Ida Haglund, Erika Steffen

1 Inledning

1.1 Bakgrund/problemformulering

Solvärmesystem används inte så frekvent då vi idag har billig el från vind, vatten och biobränsle. Dock kommer vi i framtiden att behöva utnyttja solen i större grad då till exempel efterfrågan på biobränsle kommer att öka och därmed priset. När andra typer av värmekällor blir dyrare kommer ytterliga värmekällor behöva utvecklas. Solvärmesystem är ett väldigt bra exempel på en hållbar värmekälla. Men i Sverige är ett utav problemen med solvärmesystem att under vinterhalvåret finns stor risk för påfrysning av värmebäraren i systemet. Det finns idag ingen bra sammanställning på vilka typer av frysskydd som används och vad det finns olika för- respektive nackdelar för de olika typerna. Detta är något som i framtiden kan vara av intresse då solvärmesystem kommer att behöva utvecklas.

Det finns framförallt tre olika system som används till att frysskydda solfångare. Dränerande system, system som varmhålls och system med frysskyddsvätska. Alla dessa tre är så kallade termiska solfångare, vilket innebär att ett medium i en sluten krets värms upp och värmen överförs till ett värmelager. Ett värmelager är exempelvis en ackumulatortank eller en varmvattenberedare.

Solvärme kan kombineras med andra värmeförsörjande system och utifrån detta ställs krav på värmebäraren och dess frysskyddande egenskaper. Många kombinerade system bygger på att det befintliga värmeförsörjande systemet kan stängas av under sommarhalvåret och att solvärmens ska täcka tappvarmvatten- och värmebehovet.

Frågeställningar:

- Vilka är de vanligaste typerna av frysskydd som finns i värmesystem i Sverige idag?
- Varför används just dessa och hur används dem (utblandning m.m.)?
- Med vilka system kan solvärme kombineras?
- I hur stor utsträckning används solvärmesystem?

1.2 Syfte

Syftet med det här projektet var att undersöka och sammanställa vilka frysskydd i värmebärare som idag används i solvärmesystem samt redogöra för- och nackdelar.

1.3 Avgränsning

Ekonomiska jämförelser tas inte upp i denna rapport.

2 Metod

Den största arbetsinsatsen lades inledningsvis på att identifiera och formulera problemet. Författarna var redan i ett tidigt skede överens om att fokus skulle ligga på solvärmesystem och frysskydd.

För att få en grundläggande kunskap om olika typer av solvärmesystem användes internetbaserat kursmaterial från Svenska Solenergiföreningen. Litteraturstudien fortsattes sedan genom att använda relevanta databaser. Chalmers databas Summon användes samt databaserna Scopus, Web of Science och Science Accelerator.

Sökord som användes var bland annat: "solar collector", "flat-plate glass collector", "heat transfer fluid", "heatpipe", "antifreeze liquid", "solfångare", "vakuum-solfångare", "värmebärare", "solvärme", "värmepump", "oljeeldning".

Genom dessa sökord hittades olika typer av dokument och litteratur. Bland annat artiklar, examensarbeten, rapporter och produktblad som användes för att ge en bakgrund och information till projektet samt till enkätutformningen.

Sökningarna gav även förslag på böcker som användes, till stor del drogs nytta av Solvärmeboken skriven av Lars André. Även tillverkare och leverantörers hemsidor användes för att samla information om solfångare.

Sökmotorer så som Google och Google Scholar användes också för att hitta information.

Då det var svårare att hitta information om frysskydd bestående av saltlösningar kontaktades tillverkare för att ställa specifika frågor. Genom tillverkarna fick vi tillgång till mer information.

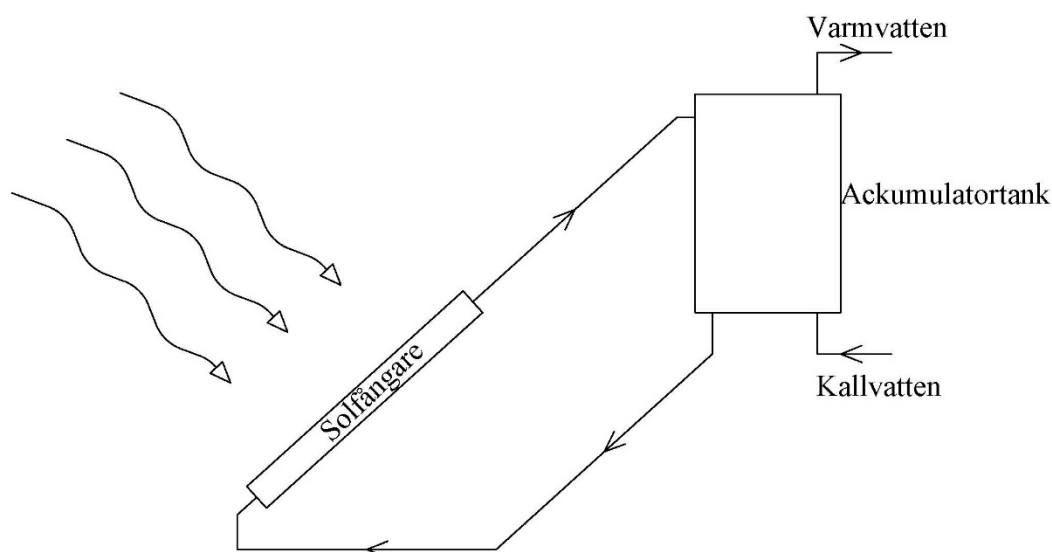
Enkäten utformades med hjälp av handledaren som i sin tur skickade enkäten vidare till medlemmar i Svenska Solenergiföreningen. Medlemmarna består av olika företag som bland annat är tillverkare, installatörer och distributörer av olika typer av solfångare. Enkätens främsta syfte var att ta reda på vilka frysskydd som används i dagsläget. Svaren från enkäten sammanställdes och resultatet användes för att ta fram ytterligare information, via produktblad från tillverkare, om olika typer av frysskydd.

3 Solvärmesystem

Solvärmesystem kan vara uppbyggda och fungera på olika sätt. I detta kapitel beskrivs solvärmesystemets grundläggande systemutformning samt vilka olika kombinationer som kan göras med andra värmesystem. För att ett solvärmesystem ska fungera så optimalt som möjligt krävs även rätt förutsättningar samt att dimensioneringen av systemen är korrekt.

Ett solsystem kan antingen vara direkt eller indirekt. I ett tappvattensystem innebär ett direkt system att vattnet som ska brukas värms direkt av solvärmen. Ett indirekt system däremot innebär att man använder en värmebärare som värms av solvärme för att sen värma vattnet (Andrén, 2007).

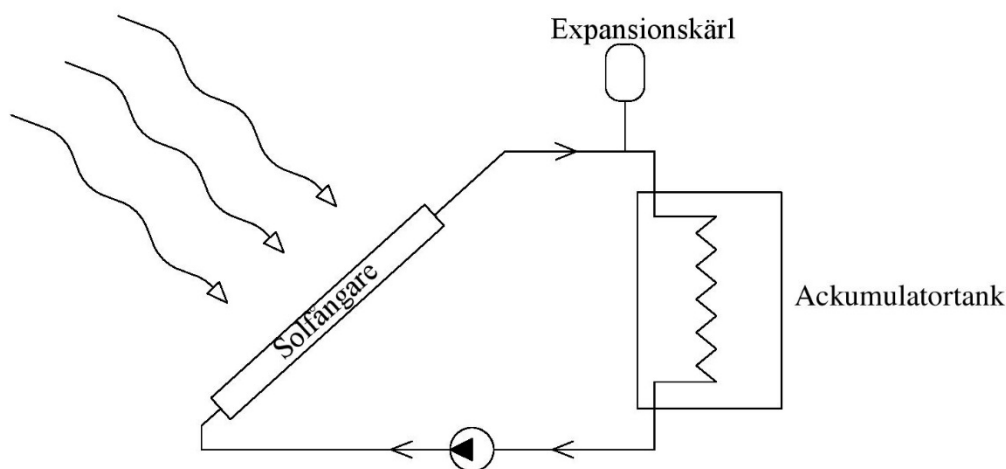
De grundläggande delarna som ett solvärmesystem består av är solfångaren, en lagertank/ackumulatortank och ett rörsystem. När systemet endast består av dessa komponenter brukar det kallas för termosifonsystem. I ett så kallat termosifonsystem cirkulerar solfångarvätskan utan hjälp av en pump, det vill säga att det är självcirkulerande. Själv-cirkulationen fungerar genom naturlig konvektion och det bygger på att varmt vatten stiger nedifrån och det kalla vattnet sjunker i ackumulatortanken vilket ger en naturlig cirkulation (Fordson Major, 2011). Detta kräver att tanken befinner sig i ett högre läge än vad solfångarna gör. Se figur 3.1. Termosifonsystem är mer vanligt på sydligare breddgrader då det kräver ett varmare klimat än vad vi har i Sverige. På grund av detta måste systemet dräneras när vädret blir för kallt för att inte riskera att systemet fryser. Själv-cirkulerande system är den enklaste typen av solvärmesystem då det inte kräver några rörliga delar (Andrén, 2007).



Figur 3.1. Direkt system, Själv-cirkulation

En mer avancerad systemtyp består även av en pump med tillhörande pumpstyrning. Pumpen förser systemet med värmebäraren, vilket innebär att tanken kan placeras med en lägre punkt än vad solfångaren gör. Se figur 3.2. Pumpen skapar ett tryck i systemet och när det dessutom blir varmt i systemet så ökar trycket. Då kan en säkerhetsventil installeras för att öppnas för att lätta på trycket när det blir för högt. I lagertanken installeras det även en värmeväxlare som ansluter till solvärmen samt en

elpatron som tar över uppvärmningen i tanken vid behov. En reglercentral brukar också finnas i dessa system, detta för att kunna jämföra och kontrollera temperaturer mellan ackumulatortanken och solvärmarna (Statens energimyndighet, 2011a).



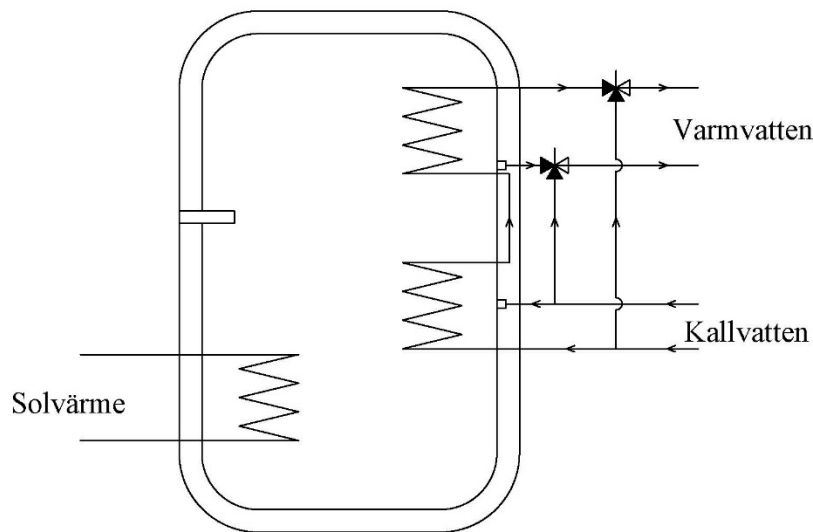
Figur 3.2 Indirekt system, Pumpcirkulation

3.1 Komponenter

3.1.1 Ackumulatortank

I alla solvärmesystem, kombinerade och enkla, innefattar installationen en ackumulatortank. Detta är en förutsättning för att få ett effektivt solvärmesystem (Persson, 2010). En ackumulatortank fungerar som lagertank där värmen från de olika källorna sparas innan användning. Då solen endast kan ge värme under dagtimmarna är en ackumulatortank en nödvändighet. Principen med en ackumulatortank är att det är en stående tank där vattnet är skiktat. Det vill säga att varmvatten finns i toppen av tanken, medan det kallare vattnet med högre densitet finns i botten av tanken. Skälet till att man vill ha det på detta vis är för att kunna hämta varmt vatten från tanken samtidigt som kallt vatten leds in i tanken. Allt detta för att man inte ska kyla ner hela tanken. För att detta ska fungera är det viktigt att tanken installeras korrekt så att man minskar risken för omblandning (Vedpärmen, 1996). Vid bra skiktning minskar nämligen behovet av tillskottsenergi. Tanken kan också med fördel installeras med två stycken värmeväxlare. Detta gör att man kan förvärma kallvattnet vilket i sin tur gör att skiktningen i tanken förbättras. Vid kallvattenanslutningen ska lagringstanken vara försedd med en säkerhetsventil som ska öppna vid tankens maximala arbetstryck, ett värde som ställs in vid installationen av systemet (SP, 2010).

Tanken är utformad som så att värmeslingorna för solvärmerna leds in i botten av tanken medan övriga värmeslingor leds in i toppen. Under den översta rörslingan brukar en elpatron installeras. Se figur 3.3.



Figur 3.3 Ackumulatortank

Volymen på tanken varierar med användningsområdet. Då ackumulatortanken används för lagring av solvärme krävs en volym på ungefär 500-750 liter, förutsatt att solvärmesystemet endast används till tappvarmvatten (Statens Energimyndighet, 2011b). Vid kombinerade system krävs större ackumulatortankar. Vid installation av så kallade kombisystem brukar man använda sig av tumregeln att per kvadratmeter solfångare behövs 50-100 liter ackumulatorvolym.

Det är också viktigt att temperaturen i tanken är rätt. Vid felaktiga temperaturer finns risken för att legionellabakterier utvecklas (Statens Energimyndighet, 2011b).

För att kunna bestämma vilka typer av ackumuleringstankar som ger bäst resultat används ett simuleringsprogram som förkortas TRNSYS och står för A TRaNsient SYstems Simulation Program (The University of Wisconsin, 2013).

3.1.2 Elpatron

Elpatronen fungerar som ett understöd för att temperaturen och effekten ska ligga på rätt nivå. När värmekällan inte längre kan tillgodose behovet startar elpatronen automatiskt. Elpatronen värmer upp vätskan i t.ex. en ackumulatortank och arbetar oftast i direktkontakt med det värmda mediet (SP, 2010).

3.1.3 Expansionskärl

Då ett solvärmesystem är ett slutet system behövs ett expansionskärl för att ta hand om värmebäraren när dess temperatur samt tryck förändrar vätskans volym. Ett expansionskärl måste kunna få plats med minst hela värmebärarens volym. Därmed varierar storleken på kärlet med vilken typ av solfångarpanel, antal solfångarpaneler samt vilken totalvolym systemet innehåller. Expansionskärlet fungerar också som en säkerhetsanordning ut i fall att värmebäraren i systemet skulle stagnera (Cirotech, 2009).

Det finns framförallt två grupper som trycksatta system kan delas in i, speciellt med tanke på när expansionskärlet skall dimensioneras. Den ena gruppen innehåller system som är dimensionerade för höga tryck, 6 bars övertryck och högre än så. Här får heller

ingen kokning förekomma och systemet kräver en expansionsvolym på mellan 5-20% av systemets totala volym. Hur stor expansionsvolymen blir beror på stagnationstemperaturen och hur långa rören är.

Den andra gruppen av trycksatta system är de som är dimensionerade för lägre tryck och där partiell förångning förekommer. Vid partiell förångning töms solfångarna på vätskan och den behöver då någon stans att ta vägen. Därför behövs ett expansionskärl med en volym på 10 % av den totala volymen plus vätskehalten i solfångarna (SP, 2010).

3.2 Systemkombinationer

3.2.1 Kombisystem

Enbart ett solvärmesystem som är pumpcirkulerat och avsett för tappvattenanläggning täcker 40-60% av varmvattenbehovet. Då man inte kan få ut maximalt med värme från ett solvärmesystem året runt brukar man välja att komplettera/integrera med en annan typ av värmesystem. Detta brukar kallas för ett kombisystem. Vanligast är att man kombinerar solvärme med antingen eldning av ved/pellets eller en värmepump (SP, 2010).

Den mest aktuella och populära kombinationen är solvärme och eldning av pellets. Skälet till detta är att pellets är mycket miljövänligare jämfört med till exempel att elda med olja eller gas. Det är också billigare samt mer effektivt än andra kombinationer. Det finns olika sätt att utnyttja pellets som värmekälla. Att bränna pellets som i en vanlig eldstad är ett alternativ. Men det som är mest intressant är att använda en pelletsbrännare. Det som gör den så effektiv är den höga systemverkningsgraden samt att pelletsbrännare kan stängas av under sommarhalvåret då solvärmens räcker för att tillgodose värmebehovet (Andrén, 2007).

Två system som också kan kombineras är solvärme och el, detta görs genom att ansluta en eller två elpatroner i ackumulatortanken. Dessa skall placeras högt i tanken och kompletterar solvärmens då den inte räcker till. Elpatronerna ställs in på en låg temperatur, dock minst 55°C, för att det ska vara möjligt för solfångarna att arbeta mot låga temperaturer. Detta för att solvärmens ska fungera så bra som möjligt. Dock är kravet att dessa patroner måste klara av värmebehovet för hela huset då solfångarna inte ger någon värme under vinterhalvåret (SP, 2010).

Ytterligare en kombination tillsammans med solvärme är eldning utav gas/olja. Antingen ansluter man till en befintlig panna eller till en helt ny. Att kombinera en ny oljepanna med ett solvärmesystem är inte särskilt vanligt. Vanligare är dock att koppla solvärmens mot en befintlig panna.

Solvärme och ackumulatortank kan dockas mot en befintlig olje- eller gaspanna, under förutsättningarna att tanken har funktionerna för tappvattendistribution och uttag för varmvattendistribution. Tanken kan då fungera som en egen "pannenhet" och den befintliga olje-/gaspannan kan stängas av under sommarhalvåret, då den ändå har låg verkningsgrad (Energifakta, 2014).

Vid dockning mot en ny oljepanna kan den användas på samma sätt som mot en befintlig. Det finns dessutom en enklare lösning där solvärmens förvärmer tappvarmvattnet som sedan slutvärms i oljepannan (Andrén, 2007).

Ett kombisystem som ställer krav på värmebäraren är ett solvärme/bergvärmepumpsystem. I detta alternativ så utnyttjas solvärme genom att

koppla solfångare till en bergvärmepump. En bergvärmepump fungerar på det sättet att man hämtar, genom ett borrhål, lagrad värme som finns i grundvattnet nere i marken (Wikipedia – Bergvärme, 2014). Värme tas från marken och går via en värmepump.

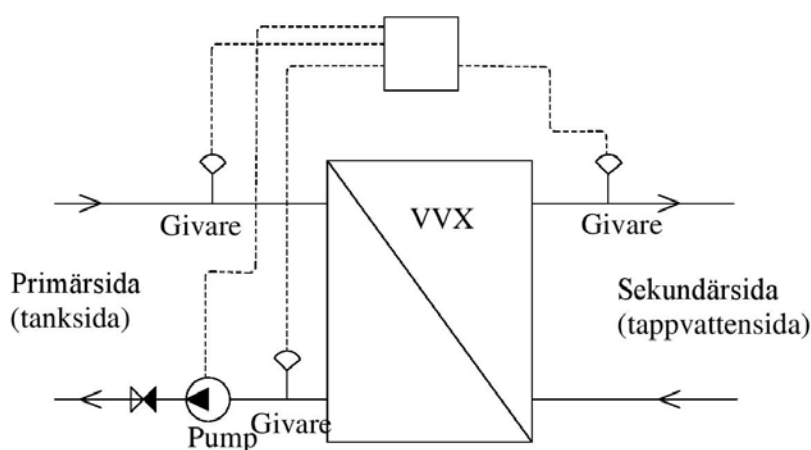
3.2.1.1 Solvärmepump

Att använda solvärme som ett komplement till en värmepump praktiseras vanligast i Sverige med två koncept. Det ena baseras på att solvärmen står för tappvattenproduktionen på sommartid, då den ger tillräckligt med energi, vilket innebär att värmepumpen kan stängas av. Det ger en längre livslängd för värmepumpen, då den får vila under sommaren. Det samma gäller borrhålet, som också får en chans att återhämta sig under sommaren. Det andra konceptet baseras på regenerering av borrhål för bergvärmepumpar. Regenerering innebär återladdning och detta görs genom att solvärmen utnyttjas under sommartid för att öka temperaturen i borrhålet. Det ger i sin tur högre verkningsgrad på värmepumpen under resten av året (SP, 2010). Solvärmen kan även användas till att förvärma vätskan innan den åker till värmepumpen (EVIHEAT, 2014).

Värmen tas upp genom att cirkulera en värmebärare genom en slang gjord av polyetenplast med en skarvad u-böj på mitten. Slangen sänks ner i borrhålet med hjälp av en vikt för att underlätta placeringen (Geotec, 2011).

3.2.2 Styrning och reglering

För pumpcirkulerande tappvarmvattenanläggningar sker oftast regleringen med en differenstermostat och ibland också med varvtalsstyrning av pumpen, se figur 3.4.



Figur 3.4 Schematisk ritning, varvtalsstyrning

En differenstermostat fungerar så att givare placeras i lagertanken och i solfångarens utlopp för att mäta respektive temperaturer, som termostaten i sin tur mäter differensen mellan. Lämpliga inställningar för termostaten kan vara att pumpen startar när temperaturen i solfångaren är 5°C högre än i lagertanken och att pumpen stoppas när temperaturen i solfångaren är 2°C högre än i lagertanken. Det är också vanligt att

en maxtemperatur i tanken anges då pumpen ska stoppa, en normal inställning är runt 90-95°C.

En enkel kontroll av att givaren fungerar som den ska kan göras genom att vänta med att placera givaren i lagertanken. Då kan givaren värmas och kylas och om då givaren fungerar som den ska bör pumpen starta respektive stoppa vid givna temperaturvärden.

När ett kombisystem används finns det styrsystem som kan styra hela värmesystemet, inkluderat solfångarkretsen, tillsatsvärme, radiatorsystem, tappvarmvattenautomat etc. Dessa styrsystem är i allt större utsträckning programmerade för att utnyttja solvärmens så mycket som möjligt. Detta görs genom att använda sig av bland annat varvtalsreglering av solvärmepumpen och tidsfördröjda elpatroner. Det finns också styrsystem för nödkylning och konditionskörning för att förbättra driftssäkerheten (SP, 2010).

3.2.3 Dimensionering

När dimensionering av ett solvärmesystem skall göras finns det ett flertal faktorer som skall tas hänsyn till och en del regler som är bra att följa. Det som i första hand styr dimensioneringen är hur stor varmvattenförbrukningen är (SP, 2010). Vanligtvis delar man upp hushållen i antingen låg eller hög varmvattenförbrukning. Användningen kan ligga mellan allt från 35 liter/person och dag till 120 liter (Ikaros, 2014).

Övergripande bör installationen göras på bästa möjliga sätt för att försäkra att systemet är effektivt samt att dimensioneringen överensstämmer med hur stor varmvattenanvändningen kommer att vara i byggnaden. De rördimensioner som används är 15, 18 och 22 mm. Vilken dimension man väljer beror på hur stor volym vätska som ska transporteras och hur långt avståndet är mellan tanken och solfångaren. Rören ska isoleras för att minska värmeförlusterna.

Vanligtvis delar man upp dimensioneringen på två olika vis, antingen om det är endast ett varmvattensystem som ska dimensioneras eller om det är ett kombisystem. (Solportalen, 2014).

Dimensionering av varmvattensystem

Som tidigare nämnt är det förbrukningen av varmvatten som styr dimensioneringen och därmed är det alltså energianvändningen som man behöver ha koll på för att utforma solvärmesystemet optimalt.

Generellt sett räknar man med 1-2 m² solfångare/person för varmvattensystem. Ackumuleringsstankarnas storlek ligger för varmvattensystem på 50-75 liter/m² (Solportalen, 2014). Detta ger solvärmearläggningen en kapacitet på 300-400 kWh/m² och år. Vid dimensionering av ett varmvattensystem strävar man efter att nå 100 procent täckningsgrad under sommarmånaderna vilket ger en täckning på 40-60 % årligen. Men för att denna täckningsgrad ska kunna uppnås behöver vissa kriterier uppfyllas. Varmvattenförbrukningen bör stämma överens någorlunda med vad som dimensioneringen gett för solgångarstorlek. Solfångarna måste vara effektiva och hela systemet måste vara installerat på ett bra sätt för att försäkra effektiviteten i systemet. Lutningen ska vara, från horisontalläge, mellan 15-60 grader. Ackumulatortanken måste vara välisolerad och elpatronen i tanken bör vara inställd på max 60-65 grader och värma maximalt halva ackumulatortanken.

Vidare måste vissa faktorer korrigeras så som inverkan av skuggor och avståndet mellan tanken och solfångaren. När det gäller skuggningen finns det ett antal faktorer

som påverkar korrigeringstalet för solljuset. Hänsyn behöver tas till höjdskillnad samt avstånd mellan det föremålet som skuggar och solfångaren. Formen på föremålet har också betydelse för hur det påverkar solinstrålningen (SP, 2010).

Dimensionering av kombisystem

För kombinerade system finns en riktlinje på 2-3 m² solfångare/person. Övriga komponenter dimensioneras också beroende på vilken typ av system det är. Ackumulatortanken för kombisystem ligger storleken på 75-100 liter/m² solfångare. Detta ger precis som för varmvattensystem en kapacitet på 300-400 kWh/m² och år (Solportalen, 2014).

Precis som med ett varmvattensystem måste vattenförbrukningen vara dimensionerande för solfångarstorleken. Installationen måste vara utförd på ett bra sätt och solfångarna måste vara effektiva. Lutningen ska ligga på mellan 45-70 grader. Korrektioner för skuggning samt avstånd mellan solfångaren och ackumulatortanken måste också göras för kombisystem. Man måste även korrigera för värmeanläggningens dimensioneringstillstånd.

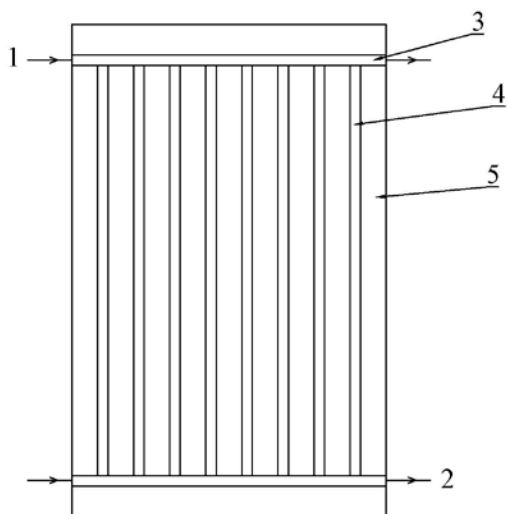
4 Solfångarkretsar och solfångare

Solvärmesystem bygger på att solljus omvandlas i en solfångare till energi för att värma vatten eller en värmebärare. När solens strålar passerar genom ett eller flera lager av glas och träffar absorptionsskivan, absorberas en stor del av strålarnas energi för att sen överföras till rören och värmebäraren. Värmebäraren leds sedan vidare i vätskerör för att lagras i en ackumulatortank eller användas direkt. Absorbatorn har en selektiv beläggning (ytbehandling) för att minska konvektionsförlusterna genom det stagnerade lagret av luft som finns mellan absorbatorn och glaset. Beläggningen minskar även strålningsförlusterna i solfångaren eftersom den är transparent för kortvågig strålning från solen, men är nästan helt ogenomskinlig för den långvågiga värmeinstrålning som absorptionsskivan kan utstråla. Absorptionen beror på kortvågig solstrålning i en solfångare mycket på omgivningen och vinkeln på solfångaren, men också på vilken färg solfångarens ytskikt har (SP, 2010). Vanligtvis är ytskiktet svart men av estetiska skäl finns även färganpassade lösningar på marknaden (Aquasol, 2010a). Då plana solfångare oftast är fast monterade är vinkeln och placeringen av dem betydelsefull för deras prestanda.

4.1 Glasade plana solfångare

Harpa

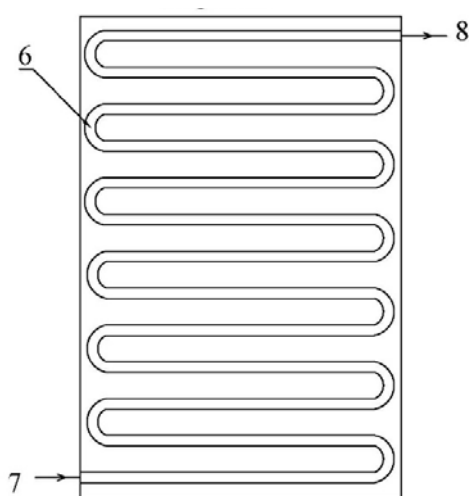
Den vanligaste sorten av glasade plana solfångare är en stationär solfångare, vilket innebär att den är fast monterad och inte kan ändra position vartefter solen ändrar läge under dagen. Glasade plana solfångare är uppbyggda av ett inlopp (1), ett utlopp (2), ett skydd, värmeöverförande vätskerör (4), absorbator, huvudledning (3), isolering (5) och en kåpa, se figur 4.1. Skyddet består av ett eller flera lager av glas eller liknande material som släpper igenom värmeinstrålning. Absorbatorn kan vara plan, korrugerad eller räfflad, och i denna kan de värmeöverförande vätskerörrens fästas eller integreras. I rören finns värmebäraren, som leds vidare till huvudrören i änden på solfångaren. Absorbatorn kyls ner av värmebäraren och är täckt med en selektiv beläggning. För minimera värmeförlusterna isoleras sidorna och undersidan av solfångaren. För att skydda de ovanstående komponenterna mot bland annat damm och fukt omsluts de av en kåpa (SP, 2010). Den här utformningen med mindre rör som leder vidare till en huvudledning är den vanligaste designen för glasade plana solfångare och kallas harpa enligt Dalenbäck (2014).



Figur 4.1 Harpa

Serpentin

En annan typ av rör-utformning som finns kallas för serpentin. Den är, som namnet indikerar, formad som en serpentin med endast ett inlopp (7) till framledningsröret (6) som slingrar sig till ett utlopp (8) i andra delen av solfångaren, se figur 4.2. I övrigt är serpentin uppbyggd som harpa med glasskydd, isolering, kåpa etc. En av fördelarna med utformningen serpentin är att den inte ger upphov till det vanliga problemet med att det blir ett ojämnt flöde genom rören, som det lätt kan bli i harpa-utförandet. Nackdelen med serpentin är att systemet måste vara trycksatt med hjälp av en pump för att värmebäraren ska kunna cirkulera (A. Kalogirou, 2009a). I harpa kan systemet användas utan pump och istället vara självcirkulerande (termosifon).



Figur 4.2 Serpentin

4.2 Vakuumsolfångare

Ett alternativ till glasade plana solfångare är vakuumsolfångare och de är baserade på glasrör som tömts på luft och förseglats gastätt. Glasrören innesluter en absorber som via en värmebärare kyls av (SP, 2010). Vakuumsolfångare kan vara uppbyggda på olika vis och med olika typer av material och utformningar (Norton, 2014). Ett stort skäl till att man väljer denna typ av solfångare är dess förmåga att fungera i både höga och låga temperaturer (Solenergiteknik, 2014). Skälet till detta är, till skillnad från glasade plana solfångare, att ingen kondensation eller förångning kan ske naturligt ovanför det specifika mediets fasförändringstemperatur.

Vakuumsolfångaren fungerar som en effektiv värmeisolerare, vilket minskar värmeförlusterna. Det som skiljer de olika typerna av vakuumsolfångare åt är metoden för att föra över solvärmen från vakuumsolfångaren till solfångarens värmebärare (SolRa, 2014). Dock är vakuumsolfångare till större del än plana solfångare mer känsliga för snötäckning, detta för att dess låga värmeförluster ofta gör att frost och snö ligger kvar länge. Om frost eller snö har smält på enstaka rör kan detta tyda på att det finns en vakuumsolfångare i vakuumsolfångaren. Det går även att identifiera genom att glaset färgats vitt i botten eller att själva röret känns varmt om

man känner på det med handen, detta för att rören ska vara svala då det är tillräckligt med vakuüm i dem (SP, 2010).

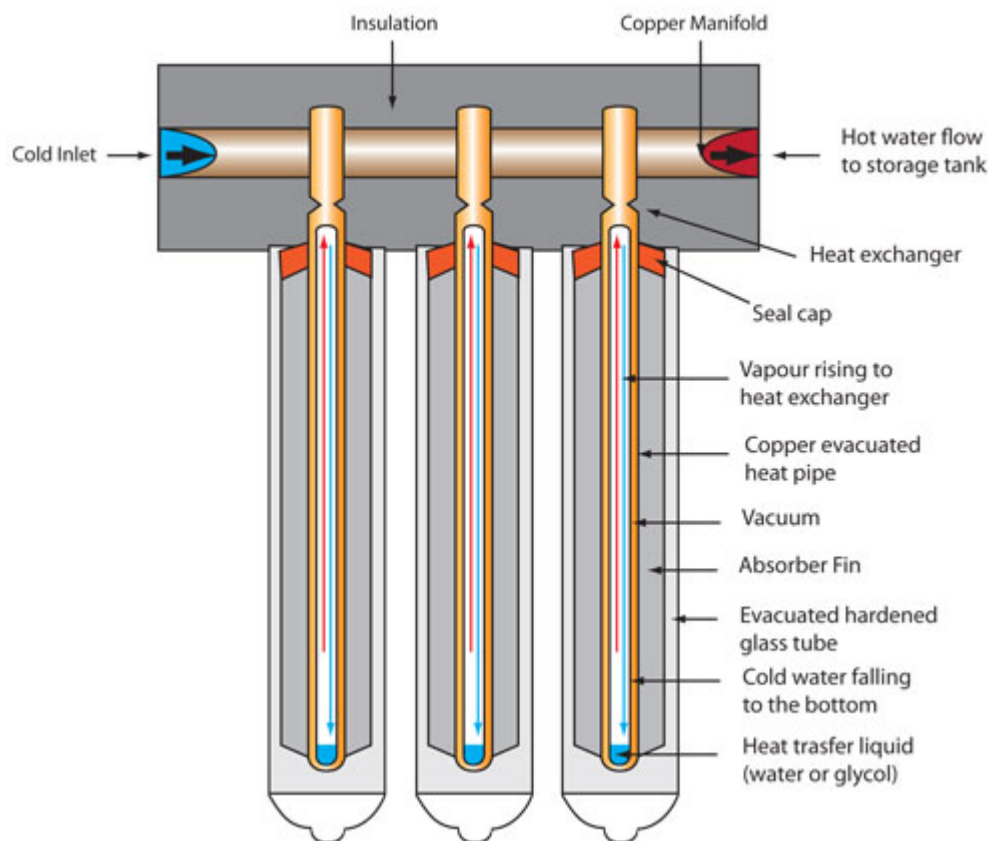
Till skillnad från glasade plana solfångare, vakuümörörsolfångaren något dyrare att tillverka.

Nedan tas de tre varianterna som förekommer bland vakuümörörsolfångare upp.

Heat-Pipe

Solfångaren består av ett så kallat Heat-pipe, vilket är en högeffektiv värmeöverförare, som är förseglat i vakuüm. Röret, som består av koppar samt flänsar täckta med kopparoxid, fungerar i detta fall som absorbatoren av solvärmen. Inuti Heat-pipen finner man en liten mängd värmeöverförande medium som vid värmen från solen förångas. I sin tur stiger mediet till förgreningsröret där mediet sedan kondenserar och därmed förs värmen över till det isolerade förgreningsröret som innehåller vatten (Solenergiteknik, 2014). I ett Heat-pipe sker en extra värmeväxling i samlingslådan i solfångarens topp. I toppen på solfångaren finns en värmeledningspasta applicerad i de fall heat-pipesolfångaren har en torr anslutning (metall mot metall) (SP, 2010).

En av fördelarna med Heat-pipe, till skillnad från plana solfångare, är att den är effektiv under hela året. Detta tack vare att Heat-piperöret kan absorbera solens strålar i flera vinklar, eftersom hela rören absorberar runt om. Dessutom är varje rör i sig en sluten krets, vilket gör att det är enkelt att byta ut enskilda rör. I allmänhet är små system med Heat-pipe lite enklare, medan större anläggningar är mer avancerade (Solenergiteknik, 2014). Principen för en vakuümörörsolfångare av denna typ kan överskådas i nedanstående figur 4.3.



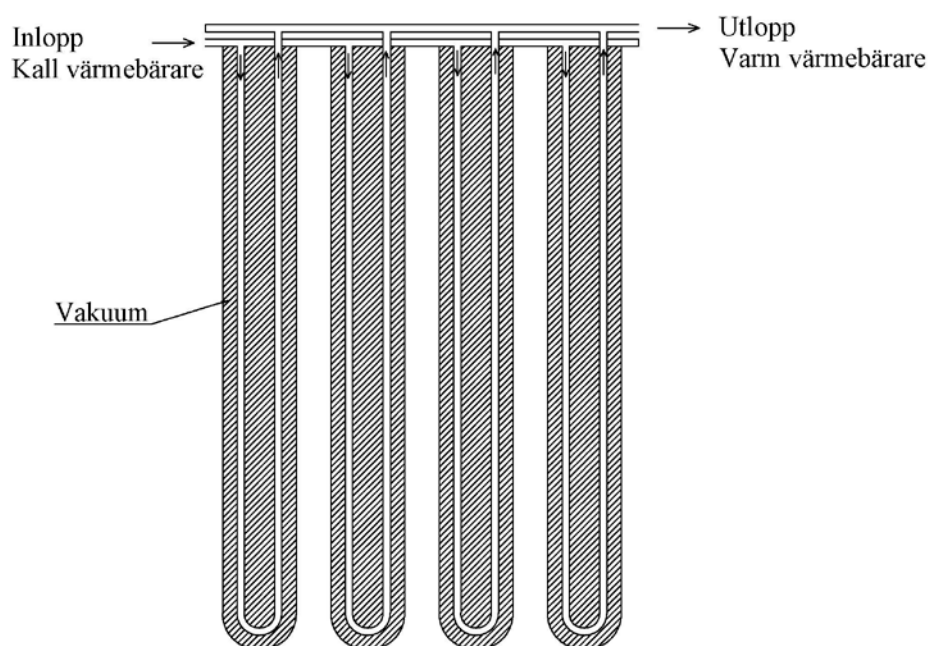
Figur 4.3 Genomskäring Heat-pipe

U-rör

Det finns även vakuumsolfångare som har rör tillverkade av endast glas. Röret är utformad som ett U, detta innehåller mediet som transporterar värme till flänsar som i sin tur för vidare värmen till förgreningsröret, se figur 4.4 (Strömberg, 2007).

Utformningen av denna typ av solfångare gör den mer effektiv om man gör en jämförelse med glasade plana solfångare. Detta på grund av vakuumbilståndet som värmeöverföringen sker i. Förluster som kan uppkomma vid konvektion reduceras i denna typ av solfångare (A. Kalogirou, 2009b).

Enligt Electrotec Energy ger konstruktionen med u-rör ofta en hög verkningsgrad och har ett lågt underhållsbehov, vilket innebär att livslängden på systemet förlängs. U-rör precis som Heat-pipe fungerar bra även när det är mulet, eftersom den kan absorbera ultraviolet- och infraröd strålning som tar sig genom molnen (Electrotec Energy, 2014a).

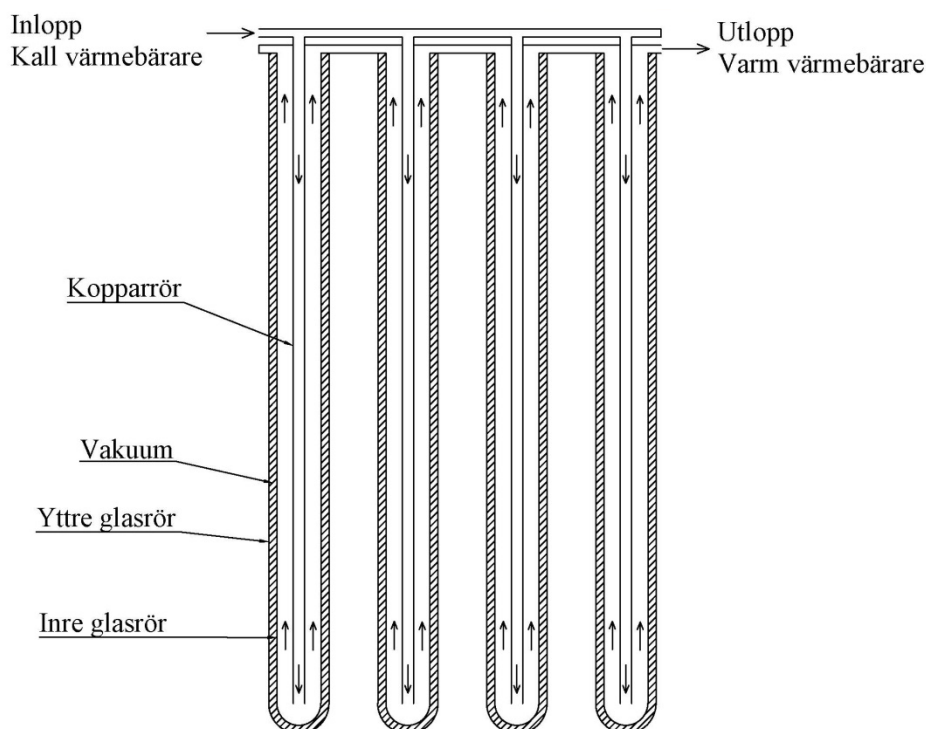


Figur 4.4 Genomsnitt U-rör

Koaxial

En annan variant av vakuumsolfångaren som är tillverkad i glas är att den består av dubbla glasrör. Ett vakuumsolfångare som har ett glasrör med atmosfärstryck förseglat inuti. Rör som befinner sig i atmosfärstryck är det rör som innehåller absorbatoren, se figur 4.5 (Strömberg, 2007).

Solfångare med koaxial-rör förekommer bland annat i ett utförande från Svesol, där de är vågrätt monterade. Detta är en stor fördel vid stagnation, då principen med partiell förångning tömmer solfångarna snabbt på värmebäraren. Den här konstruktionen av vakuumsolfångare ska enligt Svesol vara skonsam för värmebäraren och har små värmeförluster (Svesol, 2014).



Figur 4.5 Genomsnitt Koaxial-rör

4.3 Kvalitetsmärkning

För att säkerställa att solfångare håller en viss standard och förenkla handeln inom Europa har det utvecklats en kvalitetsmärkning, som används som europeisk standard, på solfångare. För att en solfångare ska erhålla den så kallade Solar Keymark, måste den genomgå ett antal tester. På SP's hemsida listas dessa enligt följande:

- Granskning av ritningsunderlag och materialspecifikationer
- Granskning av installations- och skötselanvisningar
- Provtryckning
- Stagnations- och termiskt chockprov
- Hållbarhet mot vind- och snölast
- Täthet mot regn
- Tryckfall som funktion av flöde
- Bestämning av termiska prestanda
- Beräkning av årsutbyten vid 25, 50 och 75 °C

Innan samarbetet på europeisk nivå genomförde SP en egen certifiering vid namnet P-märkning. I Sverige är denna märkning en rekommendation och inte ett myndighetskrav (SP, 2014). P-märkningen verifierar framförallt för köpare, bidragsgivande myndigheter och tillverkare att produkten uppfyller angivna krav angående funktion, hållbarhet m.m. P-märkta produkter kontrolleras löpande vid tillverkningen, där SP gör stickprov för att övervaka kontrollerna. Kraven i Solar Keymark och P-märkning är i stort sett identiska och till skillnad från tidigare så är Solar Keymarkcertifieringen från 2011 ett krav för att få bidrag till solvärme i Sverige. För att solfångaren ska få P-märkas ska den också exponeras för solsken i 30 dagar och klarar den det utan haveri, läckage, materialsönderfall eller liknande så får den P-märkas (SP, 2010).

Svensk standardisering (SIS) arbetar sedan 1980-talet med standardisering av solvärmeteknik och deras mål med standardiseringen är bland annat att underlätta provning av solfångarsystem och komponenter till dessa. Att underlätta handeln av solfångarsystem samt möjligheten att göra enhetliga redovisningar av prestandan hos solfångarsystem är också delar av standardiseringens målsättning (SIS, 2014).

SIS har utfärdat en standardisering för allmänna krav för solvärmeteknik och dess komponenter (SIS, 2000). Det finns också bland annat en standardisering om värmebärare och bestämning om dess termiska egenskaper (SIS, 1981).

4.4 Placering och lutning

Placering är av stor vikt när det gäller att få ett så effektivt solsystem som möjligt. För att försäkra god prestanda ska solfångarna vara placerade rakt mot ekvatorn, dvs. på norra halvklotet ska de vara vända mot söder och på södra halvklotet ska de veta åt norr. I Sverige är de flesta solfångare placerade mot söder, alternativt mot sydöst eller sydväst. För att kunna utnyttja solens energi maximalt så ska solfångarna vara monterade med en lutning mellan 15°-60°, där den optimala lutningen för varmvattenanläggningar är ca 45° och för kombinerade anläggningar är den ca 60°. Avståndet mellan lagertanken och solfångaren spelar också roll, ju kortare avstånd desto mer värme kan överföras. Man behöver även ta hänsyn till omgivningen som finns i närheten så objekt så som träd kan skapa skuggning över solfångaren vilket minskar solintag och därmed effektiviteten (SP, 2010).

Tabell 4.1 är tagen från kompendiet Solvärmesystem för småhus av Svensk Solenergi. Värdena inom rutan är värden som bör eftersträvas för att få så bra utbyte som möjligt av solfångarna.

Orientering	Söder	Sydöst/sydväst Söder ± 45°	Öst/väst Söder ± 90°
Lutning 0°	-16 %	-16 %	-16 %
Lutning 15°	-6 %	-9 %	-17 %
Lutning 30°	-1 %	-6 %	-20 %
Lutning 45°	--	-6 %	-23 %
Lutning 60°	-4 %	-11 %	-29 %
Lutning 90°	-25 %	-30 %	-44 %

Tabell 4.1 Lutning och orientering för solfångare

5 Frysskydd

Vårt klimat innebär att vi måste frysskydda solfångarkretsen genom att dränera, varmhålla eller använda värmebärare med frysskydd. Samtidigt som solfångarkretsen och värmebäraren måste klara stagnation om flödet sänks eller kylningen av någon anledning uteblir.

Dränerande

Ett dränerande system är ett system där solfångaren töms på värmebäraren när solfångarkretsen inte är i drift. Det görs för att förhindra frysning och stagnation av värmebäraren (SP, 2010). I dränerande system cirkulerar värmebäraren i en sluten krets till en värmeväxlare där värmen förs över till vattnet, som ska värmas. Värmebäraren cirkulerar tills pumpen stannar och rinner då till en dräneringstank. I ett system som inte är trycksatt, så kallat självdränerande, sker detta med hjälp av gravitationen, då är det viktigt att det är lutning på slingan som leder värmebäraren (WarmEc, 2014a). I de fall då systemet är trycksatt behövs också ett expansionskärl för att kunna ta upp volymförändringarna när vattnets densitet ökar i och med att det blir varmt (WarmEc, 2014b).

Placeringen av expansionskärlet i ett dränerande system bör vara under solfångaren och på pumpens sug sida, så att pumpen inte trycker ut vätskan ur behållaren. I ett dränerande system kan även öppen expansion utnyttjas, istället för ett expansionskärl behövs då ett nivåkärl. På samma sätt som i termosifonsystemen så finns en säkerhetsledning för öppen expansion för att skapa utströmningsväg vid överkokning och eventuell vätskeutvidgning (SP, 2010). Den här sortens system är vanligt i Nederländerna, men i Sverige finns det endast en återförsäljare, Warm-Ec, för dessa system.

Varmhållna

Ett trycksatt system utan frysskydd, värmebäraren består alltså av rent vatten, kan klara sig från frysning genom varmhållning. I varmhållna system hålls temperaturen så pass hög för att förhindra det från att frysa. Det fungerar på det sättet att uppvärmt vatten återcirkulerar från ackumulatortanken upp i solfångaren igen, liknande varmvattencirkulation. Detta kräver en special-termostat för att systemet ska fungera optimalt. Det blir även en del värmeförluster vid användande av varmhållna system, men det är skyddande för systemet och gör att det håller längre. Den här sortens system är mest lämpliga att använda på platser där årsmedeltemperaturen är högre än värmebärarens fryspunkt, på grund av värmeförlusterna (Aguasol, 2013).

Detta sätt att frysskydda är framförallt aktuellt för system med vakuumsolfångare, eftersom i dessa är andelen värmeförluster minst. I Sverige finns endast ett varmhållt system med vakuumsolfångare och det finns i Vallda Hedberg utanför Kungsbacka. Vakuumsolfångarna och solsystemet är levererat från Effecta och är producerat i Tyskland. Detta är ett sol-pelletssystem med vatten istället för glykol. Solenergin skall kunna ersätta pellets pannorna sommartid, då de stängs ner. Solfångarna som används i systemet kallas för VAC-AQUA av Effecta (Effecta, 2013a). Solfångarna är placerade både på flerbostadshusen i området och på panncentralen och är specialtillverkade för att kunna utnyttja takets yta maximalt (Effecta, 2013b).

Frysskyddsvätska/värmebärare

I de olika systemen kan man använda olika typer av värmebärare. Vatten är en mycket bra värmebärare som kan användas, det har fördelar som att det är ett billigt medie samt att det är mycket miljövänligt. Den stora nackdelen är dock att det har en relativt hög fryspunkt och låg kokpunkt, vilket inte är optimalt. Om det skulle koka eller frysa i solfångaren skulle detta förstöra hela solvärmesystemet.

Det finns även system där man använder luft som värmebärare. Detta görs på två olika sätt, antingen genom direkt värmning av inomhusluften eller i ett slutet system där man lagrar luftvärmen. Lagringen sker ofta i byggnadsstommen men man kan också lagra den i stenmaterial eller i vatten.

För att minimera risken för frysning så används ofta en blandning av glykol och vatten. Detta sänker fryspunkten på värmebäraren. Man kan även öka kokpunkten genom att trycksätta systemet. En kokpunkt på 160°C kan uppnås genom att förse systemet med ett tryck på 6 bar (Andrén, 2007). Det finns speciell solvärmeglykol att köpa, då exempelvis vanlig bilglykol kan ge problem med igensättning i systemet (SP, 2010).

Att använda sig av frysskyddsvätska är det vanligaste sättet att frysskydda ett solvärmesystem. Det finns olika sorters frysskyddsvätskor på marknaden att använda sig av. Dessa är glykol/vatten blandningar, brine (blandning av vatten, salter och organiska ämnen) och specifika solvärmeoljor. I dagsläget är glykol/vatten blandningar det som de flesta tillverkare och distributörer rekommenderar generellt för anläggningar som inte dräneras vintertid.

Vissa system, som till exempel solvärmepump, kan vara utformade på olika sätt vilket ställer krav på hur och vilka värmebärare som används. I ett solvärmepumpsystem kan solvärmesystemet och bergvärmesystemet kan antingen vara ihopkopplat eller ha separata system med en värmeväxlare som sköter värmeöverföringen. Detta är dock dyrare och det sänker den termiska förmågan. Fördelen om de två systemen är separata kan två olika värmebärare användas, som är anpassade till de individuella systemen. Om de två systemen använder sig av samma värmebärare är det svårare att få ut maximal energi från respektive system då förutsättningarna ser olika ut (Kjellsson, 2004).

Precis som värmebäraren i ett solvärmesystem, krävs det att den tål vissa temperaturer. Värmebäraren mellan värmepumpen och borrhålet behöver dock inte klara lika extrema temperaturer som en solfångare kräver. Eftersom berghålen sträcker sig ner i grundvatten är det viktigt att värmebäraren inte kan skada miljön i fall ett läckage skulle ske (Kyl och Värmepump Företagen, 2014).

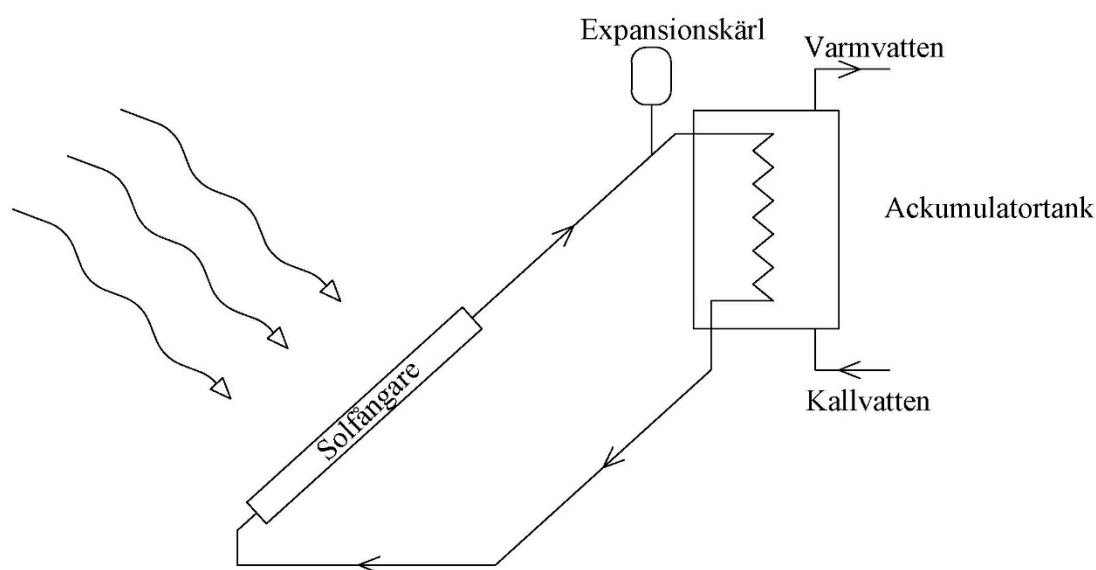
Mer om de olika värmebärare som vanligtvis används idag i Sverige beskrivs i kapitel 5.

Överhettning

Oavsett vilket solvärmesystem så riskerar systemet att utsättas för överhettning. Så länge värmebäraren består av endast vatten är överhettning ofarligt. Det blir farligt för systemet när värmebäraren består av vatten blandat med glykol, eftersom glykolens viskositet ökar och kan sätta igen systemet.

I ett pumpstyrt system där pumpen stängs av under dagtid och solen är framme kan solfångarna få en temperatur som överstiger 200 °C. När den absorberande solinstrålningen är ekvivalent med de värmeförlusterna som tillkommer från solfångaren uppnås den temperatur som kallas för stagnationstemperatur. Beroende på systemtyp hanteras stagnation på olika sätt. Ett dränerande system tömmer solfångaren när den riskerar att höjas till stagnationstemperatur. I andra system så riskerar värmebäraren att förstöras. Vid dessa höga temperaturer bryts värmebäraren och korrosionsinhibitorerna ner och faller ut. Detta förstör systemet då utfällningarna sätter igen rören (Persson, 2010).

I system med själv-cirkulation används så kallad öppen expansion, vilket innebär att det finns en säkerhetsledning mellan solfångare och atmosfär. Den skapar en utströmningsväg vid överkokning och eventuell vätskeutvidgning. I figur 5.1 visas en schematisk bild över hur ett indirekt termosifonsystem är uppbyggt, med expansionskärlet som ska anslutas överst i systemet (SP, 2010).



Figur 5.1 Indirekt system, Själv-cirkulation

För att undvika stagnation och att värmebäraren börjar koka kan systemen använda sig av så kallad aktiv kylning. Detta innebär att man i mellanstora system kyler ackumulatortanken på natten för att undvika att stagnationstemperatur uppnås. Man låter helt enkelt pumpen cirkulera värmebäraren så att systemet kyls av nattstrålning (Persson, 2010).

Ytterligare en systemutformning för att undvika att systemet förstörs vid höga temperaturer är ett system som är byggt för partiell förångning. Detta innebär att när solfångaren hamnar i stagnation och blir överhettad så kokar värmebäraren och ånga bildas. Ångan pressar då ut värmebäraren till ett extra stort expansionskärle. När solfångarna svalnat kondenserar ångan i solfångarna. Då sjunker trycket i solfångarna, vätskan sugas från expansionskärlet och solfångarna fylls upp med vätska igen.

Principen med partiell förångning bygger till stor del på att det kommer finnas kvar vattenånga i solfångarens absorbenter under överhettningen. Den kräver dessutom ett systemtryck på ca 1,5-2 bar, vilket är lägre än normalt som ligger på ca 6 bar. (Peres, 2003).

Ett annat krav för att denna systemtyp ska fungera krävs det att upptill på solfångaren finns anslutningen av inkommande ledning och att nertill på solfångaren finns anslutningen av utgående ledning. Detta är samma typ av utformning som används på ett dränerande system. Anledningen till att anslutningarna sitter på detta viset är på grund av att vätskan inte får lov att strömma neråt (Persson, 2010).

5.1 Värmebärare med frysskydd

Nedanstående avsnitt beskriver olika typer av värmebärare med frysskydd för trycksatta system och med expansionskärl.

5.1.1 Glykolbaserade produkter

Vid val av vilken glykol-produkt till solfångarsystem finns det flera olika faktorer som spelar in.

Glykolbaserade produkter har en lägre fryspunkt än vad endast vatten har och passar sig därför som värmebärare i solvärmesystem. Skälet till att dessa vätskor sänker fryspunkten för vatten är för att de formar vätebindningar tillsammans med vattenmolekylerna. Detta förhindrar is-kristaller att bildas såvida inte temperaturen sjunker betydligt (Wikipedia - Antifreeze, 2014).

De två vanligaste glykolerna som tillsätts för att sänka vattens fryspunkt är propylenglykol och etylenglykol. Båda dessa glykoler är organiska föreningar som är flytande i rumstemperatur. De två föreningarna är båda färg- och luktlösa, trögflytande och hygroskopiska (Wikipedia – Antifreeze, 2014). Att vätskan är hygroskopisk betyder att den kan absorbera dubbelt så mycket vatten som dess egen vikt (U.S. Departement of Health and Human Services, 1997). Propylenglykol är helt smakfri, medan etylenglykol har en söt smak.

Propylenglykol har ett antal olika användningsområden. Det används bland annat i matvaruindustrin som lösningsmedel, konserveringsmedel och mjukgörande medel. Den är mycket intressant till användandet som frysskyddsvätska då den sänker fryspunkten på vatten vid omblandning. Vanligtvis brukar blandningen vara 40 procent propylenglykol och 60 procent vatten (Wikipedia – Propylene Glycol, 2014). Beroende på vilken blandning av glykol och vatten får man olika egenskaper på vätskan gällande dess fryspunkt. Ju mer glykol desto lägre fryspunkt (Wikipedia – Antifreeze, 2014).

Om blandningen ligger på mer än 30 procent propylenglykol erhåller blandningen ett så kallat sprängskydd. Sprängskydd krävs under vinterhalvåret när ett system inte används och måste skyddas från att gå i sönder vid mycket låga temperaturer (Univar, 2009).

Förutom blandningen 40 procent glykol och 60 procent vatten är 50/50 en vanligt förekommande blandning av propylenglykol och vatten. Den ger ett frysskydd ner till ungefär -30°C (Univar, 2009). Tillverkaren Glysofor rekommenderar också en 1:1 blandning på deras propylenglykolbaserade produkt Glysofor Solar. En blandning med 60 % Glysofor och 40 % vatten kan användas och ger då ett frysskydd ändå ner till ca -55°C . Skillnaden vid dessa höga koncentrationer av propylenglykol är att viskositeten på vätskan ökar drastiskt i kombination med de låga temperaturerna (från $+0^{\circ}\text{C}$ till -40°C) den kan komma att utsättas för. Att viskositeten ökar innebär att vätskan blir mer trögflytande, se nedanstående diagram 5.1 (Glysofor, 2014).

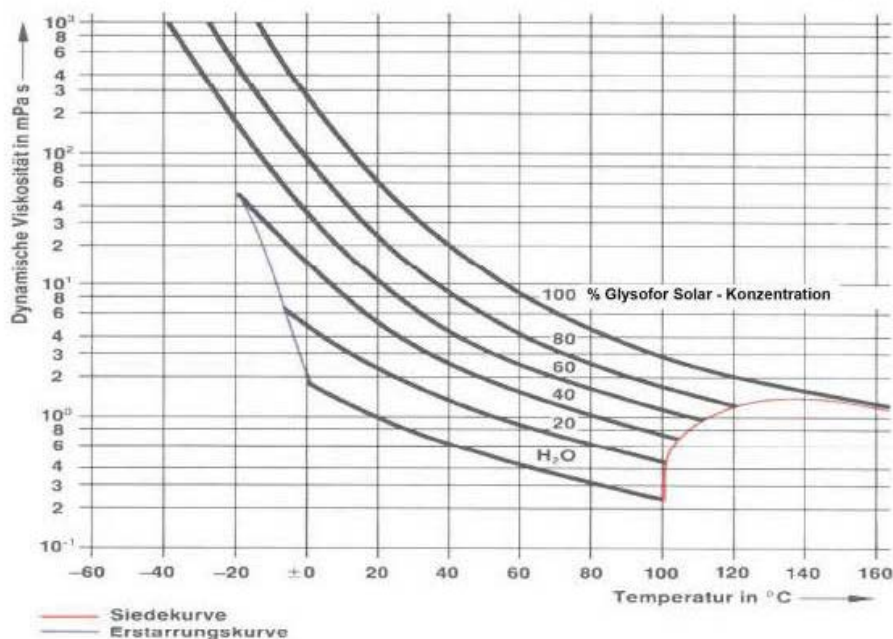


Diagram 5.1 Viskositet m.h.p. glykolkoncentration.

Propylenglykolblandning färgas ofta i en rosa nyans för att indikera att vätskan är giftfri. Det krävs mycket höga doser av propylenglykol för att den ska utgöra en märkbar hälsorisk för människor. Om en människa skulle få i sig propylenglykol omvandlas vätskan till olika syror som redan finns naturligt i människokroppen. De gånger propylenglykol kan vara skadligt för människan är om vätskan skulle sväljas eller fås intravenöst i koncentrerade mängder. Ämnet klassas som icke-giftigt (Wikipedia – Propylene Glycol, 2014).

Etylenglykol har också ett antal olika användningsområden, vanligast idag är att man använder det till tillverkning av PET-flaskor. Men föreningen fungerar precis som propylenglykol som ett frysskydd tillsammans med vatten. Vid omblandning med vatten sänks fryspunkten och ökar kokpunkten på vattnet. Etylenglykol har bättre förmåga att leda värme än vad propylenglykol har. Effektiviteten beror på stor del på grund av den lägre trögheten (viskositeten) som etylenglykol har (Dow, 2014).

Trots dess bättre effektivitet som frysskyddsvätska är den dock giftigare i en större grad än vad propylenglykol är. Och det är denna faktor som spelar in vid val av användandet av de olika typerna av frysskyddsvätskor.

Skälet till att ämnet är så giftigt är för att den mänskliga kroppen inte klarar av att bryta ner oxalsyran som etylenglykolen bildar vid dess ämnesomsättning. Detta leder till förgiftning som skadar nervsystemet, hjärtat och njurarna. Vid en dos på ca 25 ml etylenglykol innebär att kroppen bli allvarligt förgiftad och när dosen är uppe i 100 ml är den dödlig för en vuxen människa (Johansson, 2002). På grund av vilka skador etylenglykol kan ge klassas den av EU som Skadlig, med beteckningen Xn (Wiki – Propylene glycol, 2014). Etylenglykol har, från år 2012, varit förbjudet inom skogsbranschen (Davner, 2011).

Då solvärmesystem ofta är byggda för att tappvattenvärmning innebär detta att det finns en risk för att värmebäraren kan komma i kontakt med dricksvatten om till exempel ett rör skulle gå sönder. Om etylenglykol skulle komma ut i tappvattnet skulle det innebära att konsumenterna utsätts för etylenglykolförgiftning (Dow, 2014).

Propylenglykol däremot orsakar ingen förgiftning för de ämnen som bildas vid nedbrytning av ämnen som redan finns i kroppen och kan därför tas hand om (Wikipedia – Propylene Glycol, 2014). Det har dock en viss inverkan på miljön om

det skulle släppas ut i naturen. Exempelvis vid kontakt med ytvatten i naturen utger propylenglykol höga nivåer av biokemisk syreförbrukning vilket påverkar vattenliv som behöver detta syre för att överleva.

Tidigare har etylenglykol använts i större utsträckning, men propylenglykol har tagit över många användningsområden. Detta på grund av hälso- och miljö skäl, då propylenglykol klassas som säkert. Just eftersom propylenglykol är klassat som ofarligt, finns det inga restriktioner för dess användande.

Frys-skyddsvätskor, så som propylen- och etylenglykolblandningar, är frätande för metaller. Då frys-skyddsvätska ofta används i samband med installationer bestående av till exempel metallrör behöver så kallade korrosionsinhibitorer tillsättas. Detta för att ändra pH-tillståndet som påverkar metallerna på ett negativt sätt. Exempel på inhibitorer kan vara nitrater och silikater (Wikipedia – Antifreeze, 2014).

När etylen- och propylenglykol är utsläppt i luft sker en fotokemisk oxidation som bryter ner glykolerna inom ett visst tidsintervall. För propylenglykol tar det 20-32 timmar och för etylenglykol tar det 8-84 timmar för hälften av mängden att brytas ner (U.S. Departement of Health and Human Services, 1997).

Frys-skyddsvätskor i sig har lång hållbarhet och behöver egentligen inget underhåll. Dock förbrukas de korrosionsinhibitorer som ofta är tillsatta i glykolblandningarna och behöver under en installations livstid fyllas på. System med frys-skyddsvätskor bör övervakas i hänseende på till exempel pH-värde och färg (Wikipedia – Antifreeze, 2014).

Vanligtvis tillverkas glykol från olja eller naturgas, men det finns även grön glykol som tillverkas av biobränslen så som majs. Denna gröna glykol har fördelar så som att den har en långsammare termisk nedbrytning (McMullen, 2013).

Propylenglykol finns även i utföranden som är baserade på bland annat förnyelsebara råmaterial. Exempel på dessa är Tyfocor L-eco, vilket är baserad på propylenglykol som i sin tur erhållits från förnyelsebara produkter (Tyforop, 2013c), Climalifes Greenway solar som också är baserad på förnyelsebara växtmaterial (Climalife, 2013b) samt Dynalenes produkt Solar Glycol-XT som är gjord på bioglykol (Dynalene, 2014b).

Exempel på varumärken som är baserade på propylenglykol är Tyfocor LS och på varumärken som är baserade på etylenglykol är Agrol Glykol Oat.

5.1.2 Saltbaserade produkter

I solvärmesammanhang finns en värmebärare som kallas för brine som består av vatten, salter och organiska föreningar. Själva namnet brine är egentligen en generell beteckning på värme- och köldbärare (SP, 2010).

Företaget Temper framställer en typ av brine som består av en blandning mellan kaliumformiat och kaliumacetat, dvs. kaliumsalt av myrsyra respektive ättiksyra. Denna blandning blir naturligt korrosionskyddande, då kaliumacetatet har en låg korrosivitet. Kaliumformiat gör Tempers termiska egenskaper bättre. Tempers produkt bör endast användas i slutna system, då syre innebär ökad risk för korrosion. De flesta material kan användas i kombination med Temper, exempelvis koppar, mässing (avzinkningshärdad), stål, rostfritt stål, gjutjärn och vissa typer av plast. De material som bör undvikas då de inte är lämpliga att använda tillsammans med

Temper är galvaniserat stål, ink och mjuklod. Systemet som Temper används till bör aldrig stå halvt fullt eller utan vätska, då det kan bildas ytrost på insidan av rören (Temper, 2008).

Biologiskt är den lätt nedbrytbar, icke-toxisk och icke brandfarlig. Tempers produkt kan användas i många olika system inom temperaturintervallet -55°C till 180°C , då det aktuella systemet har ett tryck på 6-8 bar. Den har även låg viskositet, vilket gör att pumpen inte behöver arbeta lika hårt. Det i sin tur leder till energibesparingar för användaren (Temper, 2014a).

Även företaget Dynalene har en saltbaserad produkt. Den innehåller smält salt och korrosionshämmande medel, det sistnämnda för att skydda aktuellt system från korrosion (Dynalene, 2014a).

5.1.3 Oljebaserade produkter

Värmebärande oljor kan användas som både värme- och köldmedel i exempelvis elektriska transformatorer, radiatorer eller som värmebärare (Wikipedia – Heattransfer, 2014). Ett företag som säljer olja som värmebärare är Global Heat Transfer och de använder en mineralolja i sina produkter med en arbetstemperatur från -20°C till 326°C . De menar att några av deras produkter även är ofgiftiga (Global heat transfer, 2013).

Kolväteoljor kan också användas som värmebärare i solvärmesystem. Jämfört med vatten har de högre viskositet men också lägre fryspunkt. De kräver dock mer energi att pumpa runt i systemet. Kolväteoljor förekommer i framförallt tre grundläggande kategorier; syntetiska, paraffin och aromatisk raffinerade. De syntetiska kolväteoljorna kräver lite underhåll och är relativt ofgiftiga, till skillnad från paraffinkolväteoljor som är giftiga. Dock har de en bredare arbetstemperatur. Aromatisk raffinerade kolväteoljor är de minst viskösa av de alla tre, vilket innebär att den, av de tre olika sorterna, strömmar genom systemet med minst motstånd (Energy.gov, 2013).

Oljor är bra med tanke på att de klarar av höga och låga temperaturer, men med olja är det svårt att få systemet tätt eftersom oljan ”kryper” i kopplingar med mera. Det är svårare att genomföra avluftning med olja samt att de ofta är giftiga, cancerogena och brandfarliga (SP, 2010).

5.1.4 Etanolbaserade produkter

Till solvärmepumpar används istället etylalkohol, det vill säga etanol, som värmebärare (Kyl och Värmepump Företagen, 2014). Etanol har egenskapen att den har en låg fryspunkt (-114 grader) vilket gör att den passar som värmebärare. Dock har den en kokpunkt på bara 78 grader (Wikipedia – Etanol, 2014). Vid blandning med vatten rekommenderas en 28 procentig etanol lösning. Detta ger en fryspunkt på -15°C (IVT Värmepumpar, 2008). Detta gör att den passar sig till bergvärme men inte till en solfångare. Det beror också på att denna blandning ger endast en kokpunkt på cirka 87 grader (I love healthy living.com, 2014).

Experiment har gjorts i Heat-pipe solfångare där man använt ren etanol som värmebärare, vilket gav ett bra resultat.

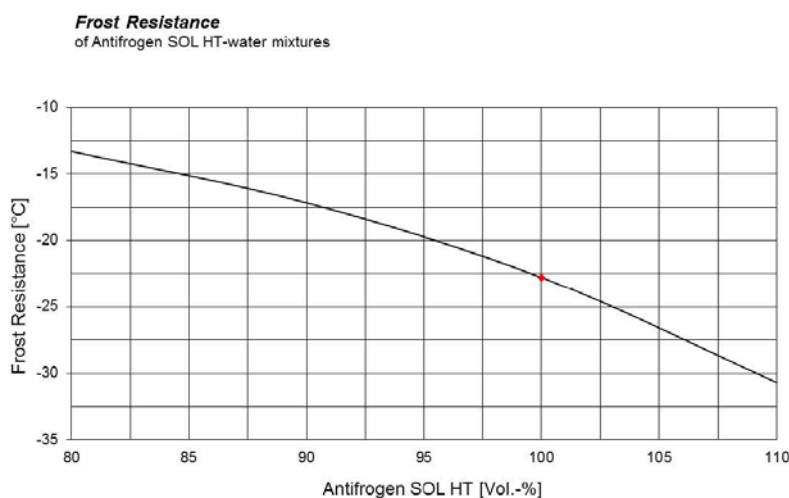
5.2 Olika fabrikat av frysskyddsvätskor

5.2.1 Frysskyddsvätskor framtagna utifrån enkätsvar

I det här avsnittet beskrivs olika typer av frysskyddsvätskor som används idag av leverantörer, distributörer och tillverkare. Vätskorna är blandningar med vatten och de angivna kokpunkterna är ungefärliga värden på när vattnet först börjar koka i systemen. Information om de olika frysskyddsvätskorna har tagits fram utifrån de svar som erhållits från enkäten.

Antifrogen® SOL HT

Antifrogen® SOL HT är en gulaktig klar vätska som är baserad på vattenlösliga glykoler med hög kokpunkt. Den är fysiologiskt ofarlig för människor och används som värmebärare i solvärmesystem. Antifrogen har även tillsatssämnen för att förhindra korrosion för att skydda metallerna i värmesystemet. Galvaniserade komponenter bör inte användas tillsammans med Antifrogen eftersom det finns risk att zinken löses upp, vilket kan leda till slambildning i systemet. Vätskan är färdigblandad och kan användas i de flesta solvärmesystem, framförallt i de med vakuumsrör. Dess kokpunkt ligger på approximativt 105°C, fryspunkt på -23°C och motsvarande flytpunkt på -28°C. I nedanstående diagram 5.2 visas hur fryspunkten kan sänkas med hjälp av att öka koncentrationen av Antifrogen. En kontroll av Antifrogen bör göras vartannat år enligt tillverkaren, för att ha koll på att vätskans kapacitet inte försämras. Dess pH-värde ligger på approximativt 9 (Clariant, 2012).



Figur 5.2 Fryspunkt m.h.p. koncentration, Antifrogen

Brineol MPG

Brineol MPG är en färglös kylarbärarvätska som består framförallt av propylenglykol och är löslig i vatten. Brineol består av 30-100% propylenglykol. Den bör inte användas i hygroskopiska förhållanden samt i samband med starkt oxiderande ämnen.

Den bör heller komma i kontakt med marken, då det finns risk för att den kan förorena grundvattnet. Dess kokpunkt ligger i intervallet 186-189°C (Kemetyl, 2008a).

Dowanol PnB (Propylenglykol n-butyl eter)

Propylenglykol n-butyl eter är ett lösningsmedel som består av 3-butoxi-2-propanol. Det är en klar vätska som är färglös och doftar eter. Dess kokpunkt är 171°C och dess fryspunkt är <-75°C. Vätskan förväntas inte orsaka långvariga skador i vattenmiljöer, dock kan den irritera hud och ögon vid direkt kontakt (Kemetyl, 2008b).

Dowcal 20

Dowcal 20 är en propylenglykolbaserad svagt guldfärgad vätska och passar de vanligast förekommande materialen i värme-och kylsystem (dvs. metaller, plaster, gummi osv). Dowcal har användningstemperaturer mellan -45°C - +120°C och är lågtoxiskt. Det innebär att Dowcal kan användas inom livsmedelsanknutna verksamheter. Nedanstående tabell 5.1 visar i vilken blandning av Dowcal som ger det mest optimala frysskyddet samt kokpunkter. (Univar, 2009)

Dowcal 20 vikt i %	Fryspunkt °C	Kokpunkt °C
22	-7	101
30	-11	101
36	-15	102
45	-23	104
51	- 29	104

Tabell 5.1 Koncentration, fryspunkt och kokpunkt (Univar, 2009).

Fernox solar S1

Fernox solar S1 är en värmebärare med en klar orange-liknande färg och har en distinkt men svag lukt. Värmebäraren har ett pH-värde på 9,0 – 10,5 och är utformad specifikt för att användas i solvärmesystem. Solar S1 är en vattenlösning med propylenglykol och inhibitorer som tål höga temperaturer. Den klarar också partiell förångning och kondensering (Solvärmeshop, 2014). Vätskan har en kokpunkt vid 102°C-105°C och en fryspunkt vid -28°C. Den är en färdigblandad produkt som inte behöver spädas med vatten av installatören inför användning. Solar S1 är klassas som ofarlig och ska inte vara irriterande för huden vid kontakt (Fernox, 2014).

Glysofor solar

Glysofor solar är en miljövänlig grönfärgad frysskyddsvätska baserad på propylenglykol med stabilisatorer och korrosionsinhibitorer. Korrosionsinhibitorerna används för att förhindra metallerna i systemet från att korrodera, vilket det lätt kan göra i en ren glykol-vattenblandning. Glysofor solar har ett pH-värde på 7,5 – 8,5 och används som värmebärare i solfångare med både vakuumbor och plana glasade. Den har en driftstemperatur från -50°C till +180°C och köps koncentrerad av försäljaren för att sedan spädas ut med vatten av installatören. Ju högre koncentration av Glysofor det är i värmebäraren, desto större frysskydd ger den vilket visas i nedanstående tabell 5.2. Tack vare att Glysofor är miljövänlig kan den med fördel användas inom

livsmedelsanknutna verksamheter. Överhettning av vätskan bör undvikas då det kan leda till skador och för tidigt åldrande av den (Glysofor, 2014).

Aktivt innehåll av Glysofor Solar	Frysskydd upp till °C
25 %	- 10
30 %	- 12
40 %	- 20
50 %	- 30

Tabell 5.2 Koncentration och frysskydd (Glysofor, 2014).

Glytherm 10

Glytherm 10 används som kyl- och värmebärare. Den består av etylenglykol och korrosionsinhibitorer samt är denaturerad med bitrex. Vätskan är blå med en svag lukt som även är vattenlöslig och har ett pH-värde mellan 6-7,5 i koncentrerad form. Dess stelningspunkt är -12°C och kokpunkten är >155°C. Den här produkten räknas som hälsoskadlig för både djur och natur (Swedhandling chemicals, 2007).

Glytherm 20

Glytherm 20 används till kyla-och värmeöverföring och består av propylenglykol samt rostskydds-inhibitorer. Det är en färglös vätska med en söttaktig lukt med en fryspunkt vid <-36°C och en kokpunkt vid >155°C. Den har ett pH-värde på ca 7 och är som Glytherm 10 vattenlöslig, men skillnaden med Glytherm 20 är att den inte är skadlig mot djur och natur. (Swedhandling chemicals, 2013)

Lesol P-50

Lesol P-50 är en blandning av 50 % propylenglykol, avjoniserat vatten och inhibitorer. Inhibitorerna är tillsatser som förhindrar att vätskan förändras på grund av höga temperaturer. Lesol P-50 passar bäst till plana solfångare och vakuumrörsolfångare. Vätskan har frysskydd ner till -40°C och klarar upp 200°C utan att korrodera (Solgruppen, 2014b).

Tyfocor-koncentrerad

I koncentrerad form är Tyfocor en klar färglös vätska som är baserad på etylenglykol. Den används som frysskyddsmedel i kyl- och värmebärare för bland annat uppvärmning, kylsystem och till värmepumpar. Tyfocor har ett pH-värde på 8-8,5 i koncentrerad form, den är blandbar med vatten och kan i blandad form ge frysskydd ända ner till -50°C, beroende på koncentrationen. Till exempel då koncentrationen av Tyfocor ligger på 58 % sänks vätskans fryspunkt till -51° C. Tyfocor innehåller även korrosionsinhibitorer för att förhindra korrosion, åldring av vätskan och beläggningar. I självcirkulerande system måste Tyfocor och vatten vara fullständigt blandade, till skillnad från pumpsystem där de delvis blandas med hjälp av pumpen. Den här vätskan är varningsmärkt med Xn, vilket innebär att den är hälsoskadlig, och R22 vilket innebär att den är farlig vid förtäring (Tyforop, 2013a).

Tyfocor-LS

Tyfocor LS är en klar rödaktig vätska baserad på propylenglykol. Den har en fryspunkt på -28°C och dess kokpunkt ligger på ungefär $102-105^{\circ}\text{C}$. Den här vätskan togs fram framförallt för att användas som värmebärare i vakuumrörsolfångare. Korrosionsinhibitorer är tillsatta för att skydda systemet mot korrosion, åldring av vätskan och beläggningar. Den här vätskan har varningsmärket Xi, vilket innebär att den är irriterande, och R36 vilket innebär att den är irriterande för ögonen och huden vid kontakt. Vätskan har ett pH-värde på 9-10,5 och Bör inte släppas ut obehandlat i naturliga vattendrag (Tyforop, 2013d).

Översikt över fabrikat av frysskydd utifrån enkätsvar

Fabrikat	Baserad på	Frys punkt(°C)	Kokpunkt(°C)	Övrigt
Antifrogen Sol HT	Vattenlösliga glykoler	-23	105	Innehåller korrosionsinhibitorer
Brineol MPG	Propylenglykol		~187	
Dowanol PnB	Propylenglykol n-Butyl eter	-75	171	
Dowcal 20	Propylenglykol	-45	120	
Fernox solar S1	Propylenglykol	-28	~102	Färdigblandad
Glysofor Solar	Propylenglykol	-50	180	Innehåller korrosionsinhibitorer & köps koncentrerad
Glytherm 10	Etylenglykol	-12	155	
Glytherm 20	Propylenglykol	-36	155	Rostskydds-inhibitorer
Lesol P-50	Propylenglykol	-40	200	Inhibitorer
Tyfocor-konc.	Etylenglykol	-50		Hälsoskadlig, innehåller Korrosionsinhibitorer
Tyfocor LS	Propylenglykol	-28	~102	Innehåller korrosionsinhibitorer

Figur 5.3 Översikt fabrikat

5.2.2 Övriga frysskyddsvätskor

Nedan listas övriga typer av frysskydd som är relevanta för solvärmesystem. Information om dessa har tagits fram via internetbaserad sökning.

Agrol Glykol Oat

Agrol Oat är en etylenglykol som lämpar sig för solfångare och solvärmesystem. Det är en guldfärgad vätska med en kokpunkt på 180°C och en fryspunkt på ner till -38°C vid en blandning av vatten och glykol 50/50. Distributören menar på att en blandning på 40 % glykol tillsammans med 60 % vatten är det mest optimala och att det ger ett frysskydd ner till -27°C. Agrol Oat innehåller korrosionsinhibitorer utan silikat, för att förhindra korrosion (Electrotec Energy, 2014b). Vätskan klassificeras med beteckningarna Xn, vilket betyder att den är hälsoskadlig, och R22, vilket innebär att den är farlig vid förtäring. Den har ett pH-värde på 7,1 (Agrol, 2013).

Climalife: Greenway Solar

Greenway Solar är en färdigblandad värmebärare i vätskeform. Den är baserad på 1,3-propandiol och korrosionsinhibitorer och är framställd för att främst användas till glasade plana solfångare och vakuumsrör. Greenway solar kan även användas i centralvärmesystem. 1,3-propandiol är en isomer av propylenglykol och just den här typen av 1,3-propandiol är framställd av förnyelsebara växtbaserade material. Den teknik som använts för att förhindra korrosion är organisk och baserad på neutraliserad karboxylsyra, utan fosfater, natriumborat, nitriter och aminer. Greenway solar finns i två utföranden; en med fryspunkt på -25°C (Greenway Solar -25) och en med fryspunkt på -30°C (Greenway solar -30) (Climalife, 2012). Både Greenway solar -25 och -30 är grönfärgade vätskor, men -30 har ett pH-värde som varierar mellan 8,2–8,4 till skillnad från -25 som har ett pH-värde på 8,2 (Climalife, 2013a). Greenway solar -25 har en kokpunkt på ca +104°C och Greenway solar -30 har en kokpunkt på ca +105°C. Båda dessa kan vara något irriterande för huden vid kontakt (Climalife, 2013b).

Climalife: Solufluid Solar

Solufluid Solar är ett frysskydd för centralvärmeinstallationer, som är baserad på propylenglykol. Det är en luktfri, gulaktig vätska med ett pH-värde på 7,5-9. Dess fryspunkt ligger på -25° och kokpunkten på +104°C. Solufluid är lätt nedbrytbar ur ett ekologiskt perspektiv (Climalife, 2010).

Dynalene Solar Glycol-XT

Dynalene är en värmebärare speciellt designad och utformad för solvärmesystem. Det är en amerikansk produkt som är baserad på en sammansättning av bioglykol och inhibitorer. Den är förnyelsebar tack vare att den är producerad av lokalt odlad majs istället för olja. Dynalene har ett pH-värde på 8,5 - 9,5 och en arbetstemperatur mellan -27°C och 176°C (Dynalene, 2014b).

Dowtherm A

Dowtherm A är en värmebärare som består av bifenyyl och difenyloxid (kolväten) och kan användas bland annat till solvärmesystem. Det är en klar till ljus gul vätska med en fryspunkt på 12°C och en kokpunkt på ca 257°C i atmosfärstryck (Dow, 2001).

Produits Chimiques du Mont Blanc - MB111

MB111 är en fransk koncentrerad kylarvätska för bland annat solpaneler, geotermisk energi och bränsleceller, men kan också fungera som frysskydd för ackumulatortankar och värmesystem. Den är baserad på etylenglykol och har en fluorescerande gul färg med ett pH-värde på ca 8.5. Dess kokpunkt ligger på 168°C och fryspunkten på ca -35°C vid en blandning med 50 % vatten. Vätskan innehåller även korrosionsinhibitorer som är baserade på en organisk karboxylsyra (PCMB, 2007).

Produits Chimiques du Mont Blanc - MB444D

MB444D är en fransk koncentrerad kylarvätska baserad på propylenglykol och får användas inom matindustrin. Den innehåller vattenlösliga tillsatser för att förhindra korrosion och lämpar sig som kylarvätska för solpaneler, geotermisk energi, bränsleceller och som frysskydd för ackumulatortankar och värmesystem. Vätskan är en lätt rödfärgad klar vätska med ett pH-värde på ungefär 7,5. Dess kokpunkt ligger på ungefär 178°C och fryspunkten på -30°C (+/- 2°C) vid en koncentration av 50 % MB444D och 50 % vatten (PCMB, 2008a).

Produits Chimiques du Mont Blanc - Calop 30D

Calop 30D används som frysskydd för värme- och kylsystem, köldbärarvätska för air-condition och kylsystem samt som köldmedium för solpaneler, geotermisk energi och bränsleceller. Det är en fransk rödfärgad klar vätska som får användas inom matindustrin. Den är baserad på propylenglykol och innehåller korrosionsinhibitorer samt har ett pH-värde på ca 7.5. Kokpunkten för Calop ligger på ca 107°C och fryspunkten ligger på -15°C då 90 % Calop är blandad med 10 % vatten. Calop kan också blandas med MB444D och en kombination av 70 % Calop tillsammans med 30 % MB444D ger ett frysskydd ner till ungefär -41°C (PCMB, 2008b).

Temper

Temper är en köld- och värmebärare som är en syntetisk och homogen saltlösning som dessutom är fri från glykol. Vätskan har korrosionsskydd men innehåller varken nitriter eller aminer. Den har en gulaktig nyans och kan vid ett en viss blandning ha ett frysskydd ända ner till -55°C. Temper levereras färdigblandad och har en kokpunkt på ca 109°C. Temper kan användas i solfångare och har ett pH-värde på mellan 8-9 (Temper, 2014b).

Temper – ECO-MPG

Eco-MPG är en värmebärare som är baserad på förnyelsebara råmaterial och kallas av Temper själva för ”glykol från naturen”. Den är färdigblandad och har också korrosionsinhibitorer för att förhindra korrosionsbildning. Dessa korrosionsinhibitorer innehåller varken nitriter, borater eller molybdat. Eco-MPG har alternativ med frysskydd ända ner till -35°C (Temper, 2014c).

Termsol Eko

Termsol Eko är en värmebärare för solfångare. Det är en blandning av vatten och propylenglykol med en koncentration på 33 %. Det ger ett frysskydd på -25°C. Vätskan innehåller även korrosionsinhibitorer vilket förhindrar uppkomsten av korrosion. (Hewalex, 2014).

Therminol ADX-10

Therminol ADX-10 är en värmebärare som är en organisk, syntetisk blandning av kolväten utformad för att användas i bland annat solvärmesystem och kombinerade

värme- och kylsystem. Detta är en amerikansk produkt och det är en gulaktig klar vätska med låg viskositet med en arbetstemperatur mellan -45°C och $+250^{\circ}\text{C}$ (Therminol, 2014).

Tyfocor L

Tyfocor L är en klar färglös vätska som används bland annat till termiska solenergisystem, värmepumpssystem, värme- och kylsystem. Vätskan är baserad på propylenglykol, har ett pH-värde mellan 7-8 i koncentrerad form och får användas i industrier som hanterar mat och dryck. Tyfocor L har en kokpunkt på ca 150°C och en fryspunkt på ca -50°C , då den har en blandning med 60 % Tyfocor L och 40 % vatten (Tyforop, 2014). Den är märkt med symbolerna T, Xi samt R36, R60 och R61. Det innebär att vätskan är giftig (T), irriterande (Xi), kan ge nedsatt fertilitet (R60), kan skada foster (R61) och är irriterande för ögonen (R36) (Tyforop, 2013b).

Tyfocor L-eco

L-eco är ett alternativ från Tyfocor som är baserad på propylenglykol som i sin tur erhållits från förnyelsebara resurser. L-eco används som kyl- eller värmebärare till termiska solsystem och värmepumpsinstallationer. Det är en gulaktig vätska med ett pH-värde mellan 8-9 och är tillåten att användas inom mat- och dryckesindustrin. Vätskan innehåller korrosionsinhibitorer och är blandbar med vatten. Vid en blandning med 60 % L-eco och 40 % vatten ges ett frysskydd ner till -48°C . L-eco har en kokpunkt vid ca 150°C , men bör inte utsättas för temperaturer som är högre än 170°C då det finns risk för att vätskan föråldras snabbare (Tyforop, 2013c).

Tyfocor LS Artic

LS Artic är en röd fluorescerande vätska som är framtagen specifikt för att användas i solvärmesystem med hög termisk belastning, exempelvis vakuumrör, som är placerade i extremt kalla regioner. LS Artic är baserad på propylenglykol och har en kokpunkt på $>100^{\circ}\text{C}$ samt ett frysskydd på ända ner till -47°C . Den har ett pH-värde på 9-10,5, innehåller korrosionsinhibitorer och får inte spädas med vatten. Vätskan bör inte heller utsättas för högre temperaturer än 170°C (Tyforop, 2013e).

Tyfocor G-LS

Tyfocor G-LS är en färdig blandning av 1,2-propylenglykol, vatten och inhibitorer. Den används som värmebärare till solvärmesystem och är utformad för att klara förhöjda termiska förhållanden, till exempel vakuumrör. G-LS har ett frysskydd ner till -28°C och en kokpunkt som ligger mellan 102°C - 105°C , dock bör inte vätskan utsättas för högre temperaturer än 170°C . G-LS är en klar lilafärgad vätska och har ett pH-värde på 9-10,5 (Tyfo, 2005).

Översikt över fabrikat av övriga frysskydd

Fabrikat	Baserad på	Frysp.(°C)	Kokp.(°C)	Övrigt
Agrol Glykol Oat	Etylenglykol	-38	180	Innehåller korrosionsinhibitorer
Climalife: Greenway Solar	1,3-propandiol	-30	~105	Innehåller korrosionsinhibitorer, organisk
Climalife: Solulfluid Solar	Propylenglykol	-25	104	Lätt nedbrytbar
Dynalene Solar Glycol-XT	Bioglykol	-27	176	Innehåller inhibitorer, förnyelsebar
Dowtherm A	Kolväten (bifenyl och difenyloxid)	12	257	
PCMB – MB111	Etylenglykol	-35	168	Innehåller korrosionsinhibitorer
PCMB – MB444D	Propylenglykol	-30	178	Innehåller korrosionshämmande tillsatser
PCMB – Calop 30D	Propylenglykol	-15 (-41)	107	Innehåller korrosionsinhibitorer
Temper	Saltlösning	-55	~109	Färdigblandad Innehåller korrosionsinhibitorer
Temper – ECO MPG	Förnyelsebara råmaterial	-35		Innehåller korrosionsinhibitorer
Termsol - Eko	Propylenglykol	-25		Innehåller korrosionsinhibitorer
Therminol ADX-10	Organisk och syntetisk blandning av kolväten	-45	250	
Tyfocor L	Propylenglykol	-50	150	
Tyfocor L - eco	Propylenglykol från förnyelsebara resurser	-48	150	Innehåller korrosionsinhibitorer
Tyfocor LS Artic	Propylenglykol	-47	100	Innehåller korrosionsinhibitorer
Tyfocor G - LS	Propylenglykol	-28	~102	

Tabell 5.3 Överiskt fabrikat

5.3 Analys av resultat utifrån litteraturstudie

Ett av de mest aktuella systemen i Sverige idag är kombisystemet med solvärme och eldning av pellets, detta för att det verkar vara prisvärt och effektivt. Ett annat system som också är vanligt i Sverige är kombinationen av solvärme och värmepump, i vissa utföranden även kallad solvärmepump. Detta är vanligt framförallt eftersom borrhålet får återhämta sig och får därmed en längre livslängd. Båda dessa system är pumpstyrda och trycksatta, vilket är främst förekommande i Sverige. De system som inte används lika frekvent i Sverige är dränerande system, termosifonsystem och varmhållna system.

I dränerande och varmhållna system kan endast vatten med fördel användas som värmebärare. Detta eftersom det dränerande systemet tappas på värmebäraren vintertid och i ett varmhållt system hålls värmebäraren varm. I Kungsbacka finns ett varmhållt system med vatten som värmebärare.

I de flesta övriga system som används i Sverige behövs ett frysskydd i värmebäraren då vatten, om än mycket effektivt, fryser för lätt. De vanligaste produkterna är vatten tillsatt med någon typ av glykol. Både produkter baserad på etylen- och propylenglykol finns på marknaden.

Fördelarna med etylenglykolen är att den är mycket effektiv, dock är den också giftig vilket gör att den inte får användas i samma utsträckning som propylenglykol. Propylenglykol är i sig miljövänlig och inte giftig till skillnad från etylenglykolen. Propylenglykol finns i flera ekologiska utföranden som är baserade på förnyelsebara material. Dock är propylenglykol inte fullt lika effektiv som etylenglykol.

Det finns även oljor, men dess användning är begränsad då de har nackdelen att de lätt kryper i kopplingarna och ofta har hög viskositet. Det innebär att den är trögflytande i vissa temperaturer. Pumpen får då arbeta hårdare, vilket innebär att energiförbrukningen för systemet totalt blir större.

En produkt som har liknande egenskaper som glykoler gällande temperaturspann är saltlösningar. Dock finns viss risk att saltlösningar ger upphov till korrosion i systemet. Ett bra alternativ till vanliga glykolblandningar är saltlösningen från svenska fabriken Temper. De fördelar som finns är att den är naturligt korrosionsskyddande så länge den inte kommer i kontakt med syre. Dock kan den inte användas med alla typer av material.

Det finns också krav på värmebärarna att de ska klara av höga temperaturer. För att undvika överhettning kan aktiv kylning eller partiell förångning utnyttjas. För att kunna utnyttja partiell förångning ställs också vissa krav på värmebärarens egenskaper.

6 Enkät

Enkäten bestod av sju frågor angående solvärmesystem med fokus på frysskyddsvätskor och skickades ut till 93 företag/medlemmar i Svenska Solenergiföreningen. Bland medlemmarna finns alla typer av företag som arbetar inom området solenergi. Alltså inte bara specifikt solvärmesystem. Utav de 93 som erhöll enkäten svarade 42 stycken. Av dessa 42 var det endast 34 stycken som lämnade in en fullständigt besvarad enkät. Svaren ger alltså inte en helhetsbild över vad som används i Sverige form av frysskyddsprodukter för solvärmesystem. Dock ger det en indikation på vad de olika företagen använder sig av och en lista på de olika sorterna har kunnat sammanställas och analyseras. För sammanställning av enkät, se bilaga 1.

De flesta svarande är antingen systemleverantörer eller systeminstallatörer, men ett flertal av dessa har även andra verksamheter inom solvärmesystem. Vanligaste typen av solfångare är glasade plana solfångare i utförande serpentin, men också glasade plana (harpa) och vakuumrörsolfångare (heat-pipe) förekommer i större utsträckning. Ett flertal företag tillverkar mer än en typ av solfångare.

En fråga som ingick i enkäten lyder som följande; Vilken typ av frysskydd använder/rekommenderar ni? De alternativ som fanns att välja på var att varmhålla system, dränera system eller användning av frysskyddsvätska. En tydlig majoritet använder sig av frysskyddsvätska för att skydda sina solvärmesystem mot att förstöras vid låga temperaturer. Frysskyddsvätska är också det som främst används i Sverige då det är mest applicerbart av de tre olika typerna.

Enkätsvaren visar att alla de svarande, med ett undantag, använder sig av någon typ av propylenglykolbaserad produkt. En svarade att de använde sig av en etylenglykolbaserad produkt. Inga svarade att de använde sig av någon annan typ av frysskyddsvätska, så som saltlösningar eller oljor. Propylenglykol är alltså det mer vedertagna sättet av frysskydda solvärmesystem. En överhängande majoritet av de svarande fyllde i att de använder sig av produkten Tyfocor LS.

De allmänna serviceåtgärder som tagits upp är kontroller eller byte av vätskan. De kontroller som vanligast rekommenderas för frysskyddsvätska är att kolla pH-värde, färg, lukt eller glykolhalten i systemet. Övriga saker som kan kontrolleras är systemtryck och fryspunkten. I stora system kan även labbprov göras på värmebäraren för att se om vätskan har bibehållna egenskaper.

Det är vanligast att kontrollera vätskan efter behov, det vill säga när systemet exempelvis har havererat eller inte fungerar som det ska. En del av de tillfrågade företagen rekommenderar att vätskan kontrolleras varje år, medan en lika stor del menar att det räcker att kontrollera vätskan var 5:e år. Efter en kontroll gjorts och statusen på vätskan är negativ så byts den ut. Det är vanligast att vätskan byts ut efter behov, men vissa företag rekommenderar att den bör bytas var 5:e år för att den skall hållas fräsch och kunna användas på ett optimalt sätt. Vissa företag menar att det kan räcka med att fylla på korrosionsinhibitorer.

Den indikation som erhållits från enkäten är att en del tycker att Tyfocor är en dyr produkt, men att dess bra egenskaper väger upp för priset med tanke på att många väljer att använda den.

6.1 Fördelar, nackdelar och erfarenheter

Det finns ett flertal fördelar med propylenglykolbaserade produkter som listas av de svarande.

De fördelar som exempelvis Tyfocor LS bär med sig är bland annat att den är färdigblandad, tål höga temperaturer, flödar enkelt och att den slår om i färg när kvaliteten på vätskan minskar. Något som också är fördelaktigt är att denna typ av produkt används av många leverantörer enligt en kommentar. De nackdelar som framkommit om Tyfocor LS är priset och att den kan bli något trög och svart vid alldeles för höga temperaturer.

Övriga propylenglykolbaserade produkter har liknande egenskaper. Det tillkommer att de bland annat också är pålitliga, miljövänliga och beprövade. De nackdelar som de propylenglykolbaserade produkterna bär med sig är att vissa av dem anses dyra, kokbara och några av dem har sämre värmeöverföring än vatten. I övrigt finns stor del goda erfarenheter av propylenglykol i Sverige, då det också enligt företag är bra att använda både till stora och små system. Till skillnad från propylenglykol anses etylenglykol vara giftigt, men också billigt och stabilt att använda sig av.

En väldigt stor nackdel med propylenglykol är att dess viskositet ökar vid låga temperaturer vilket minskar effektiviteten i systemet. Detta gör såklart att exempelvis saltlösningar som inte har den egenskapen skulle kanske med fördel kunna användas istället.

Att använda sig av olja i solvärmesystem verkar vara ganska ovanligt och enligt enkätundersökningen är det ingen utav de svarande som använder sig av det i nuläget. Det är antagligen eftersom det är svårt att få tag i samt att det läcker i alla skarvar i rörsystemet.

Överlag har de olika produkterna liknande egenskaper med tanke på frys- och kokpunkt, korrosionsinhibitorer och giftighet.

7 Slutsats och diskussion

Det sätt att frysskydda solvärmesystem som är vanligast, i Sverige, är att använda en frysskyddad värmebärare. Det är den propylenglykolbaserade produkten Tyfocor LS som flest använder enligt vår enkät. Just Tyfocor LS används framförallt för dess miljövänliga och icke-toxiska egenskaper. Den mest optimala utblandningen är 40/60 glykol/vatten eller möjligtvis 50/50. Fördelarna med den här sorten är just att den är miljövänlig och lättanvänd, dock är den inte riktigt lika effektiv som etylenglykol och anses dessutom som dyr enligt enkätsvaren. Däremot är användandet av etylenglykol väldigt begränsat av skäl som tidigare listats.

Det är viktigt att hitta bra värmebärare för att frysskydda solvärmesystem, då frysskyddsvätska är det man använder till stor del idag. Även att försöka hitta vätskor som är förnyelsebara för att göra solvärmesystem till ett helt miljösäkert val är viktigt. Detta för att få hållbara system som håller länge och inte är giftiga om de skulle läcka ut i naturen. Etylenglykol bör förbjudas såvida man inte kan garantera en helt säker installation, dock är detta ofta svårt då det alltid finns en risk för läckage.

Solvärme kan kombineras med de flesta värmesystem, så som värmepump, vedeldning och el. Kombinationen med värmepump är den mest använda och populära i utförandet solvärmepump. Fördelen med det är att borrhålet får en möjlighet att återhämta sig.

Det finns en hel del stora och små solvärmesystem i Sverige som är i bruk. Dock har det inte installerats så många nya solvärmesystem de senaste åren. Detta verkar framförallt bero på att det har funnits ett bidrag för solvärme, som fick ändrade förutsättningar 2011. Efter det finns nu ett krav att solfångarna ska vara Solar Keymarkcertifierade för att vara bidragsgiltiga.

Något som kanske borde ha tagits med i rapporten är inköpspris och återförsäljningspris för de olika produkterna. Detta för att en uppfattning hur de olika produkterna skiljer sig prismässigt. Det skulle kunna vara av intresse då många användare förmodligen ser kostnaden som en avgörande faktor.

7.1 Metoddiskussion

Fler distributörer kunde ha kontaktats för att få en bättre blick på vad som används idag. Speciellt de som tillverkar saltlösningar för att undersöka lite närmre hur dess användning kan implementeras i solvärmesystem. Enkäten skulle kunna ha utökats med ett par kompletterande frågor angående just saltlösningar. Huruvida distributörerna är medvetna om denna typ av frysskyddsvätska och hur det kommer sig att det inte används i någon större utsträckning. Eftersom dagens saltlösningar innehåller korrosionsinhibitorer är de mer kompatibla med dagens system och ämnena som används i dem. Då saltlösningar inte har ett särskilt utbrett användande i solvärmesystem, men har en del liknande egenskaper som propylenglykol har, tror vi att dagens saltlösningar kan vara ett bra alternativ till glykolbaserade produkter.

Bergvärmepumpar kräver också någon form av värmebärare som måste frysskyddas. I kombination med solfångare, solvärmepump, kan antingen två eller en värmebärare användas. Att kontakta tillverkare av denna typ av värmesystem hade kunnat vara givande, för att få reda på mer om hur deras system ser ut och vilken typ/typer av

värmebärare de använder. Dessutom hade enkäten kunnat kompletteras med frågor angående borrhål i samband med solvärmepump, för att få ytterligare information.

Till största del har vi ägnat oss till litteraturstudier och fokuserat på hur de olika systemen fungerar och vilka typer av värmebärare som används i dem. De flesta källor har varit svenska rapporter, faktablad och artiklar. En utav de källor som använts, A. Kalogirou, är en amerikansk källa. Då det kan finnas skillnader mellan europeiska och amerikanska system kan denna källa ifrågasättas.

7.2 Rekommendationer

Utifrån både litteraturstudier och enkätsvar verkar Tyfocor LS vara den produkten som bör rekommenderas till solvärmesystem idag.

Solvärmesystem är något som borde ses över som källa till energi redan under planeringsstadiet för nyproduktion av flerbostadshus. Vi tror att det är viktigt att redan nu använda och utveckla solvärmesystem som fungerar för vårt klimat. Förnyelsebara källor bör vara av stort intresse för vårt framtida samhälle.

Referenser

- Advanced Cooling Technologies (2014) *Thermosyphons (alt. Thermosiphons)*.
<http://www.1-act.com/thermosyphons> (2014-04-09)
- Agrol (2013) *Agrol glykol oat; Säkerhetsdatablad*.
<http://webshop.agrol.se/frdigblandade/category/34851944121> (2014-04-02)
- Andrén, L.(2007). *Solvärmeboken*. Västerås. Ica Bokförlag
- A.Kalogirou, S. (2009a). Solar Energy Collectors. I *Solar Energy Engineering (Processes and Systems)*, ss. 121-217. USA: Academic Press.
- A.Kalogirou, S. (2009b). Solar Water Heating Systems. I *Solar Energy Engineering (Processes and Systems)*, ss. 251–314. USA: Academic Press.
- Aquasol (2013) *Aquasol solsystem – Din partner vid stora anläggningar (s.16)*.
http://www.aquasol.se/docs/fastighet/Fastighetsbroschyr_A4_Low.pdf (2014-05-20)
- Aquasol (2010a). *Aquasol Design AR - färganpassad och ”skräddarsydd” solfångarlösning*.
http://www.aquasol.se/docs/produktblad/design/design_produktblad.pdf (2014-05-02)
- Aquasol (2010b). *Paketlösningar - Solvarmvatten*. <http://www.aquasol.se/vara-produkter/solvarmvatten.aspx> (2014-02-27)
- Cirotech (2009) *Fakta – Expansionskärl* <http://www.cirotech.se/fakta-expansionskaerl.htm> (2014-04-03)
- Clariant (2012). *Product sheet heat transfer fluids Antifrogen sol HT*.
[http://www.antifrogen.clariant.com/C12575E4001FB2B8/vwLookupDownloads/HeatTransferFluids_Newsroom_TechnicalLeaflets_AntifrogenSOLHT_e.pdf/\\$FILE/HeatTransferFluids_Newsroom_TechnicalLeaflets_AntifrogenSOLHT_e.pdf](http://www.antifrogen.clariant.com/C12575E4001FB2B8/vwLookupDownloads/HeatTransferFluids_Newsroom_TechnicalLeaflets_AntifrogenSOLHT_e.pdf/$FILE/HeatTransferFluids_Newsroom_TechnicalLeaflets_AntifrogenSOLHT_e.pdf) (2014-02-27)
- Climalife (2012). *Greenway Solar*.
http://www.climalife.dehon.com/uploads/media/3/616/616_1380_greenway-solar-fd-en-12.pdf (2014-04-01)
- Climalife (2013a) *Safety data sheet, Greenway Solar -25*.
<http://www.quickfds.com/out/16894-38854-09199-010254.pdf> (2014-04-01)
- Climalife (2013b) *Safety data sheet, Greenway Solar -30*.
<http://www.quickfds.com/out/16894-38849-18885-016094.pdf> (2014-04-01)
- Climalife (2010) *Safety data sheet, Solufluid Solar*.
<http://www.quickfds.com/out/16894-38970-18885-013756.pdf> (2014-04-01)
- Dalenbäck, Jan-Olof (2014) Professor i Installationsteknik, Energi och miljö. Intervjuad löpande under arbetets gång.
- Davner, L. (2011) Etylenglykolen stoppas vid nyår. *Skogen – Utveckla ditt skogsbruk*. 8 december 2011 <http://skogen.se/nyheter/etylenglykolen-stoppas-vid-nyar> (2014-05-06)

Dow (2001) *Product information, Dowtherm A*.
http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh_08a5/0901b803808a5b98.pdf?filepath=heattrans/pdfs/noreg/176-01463.pdf&fromPage=GetDoc (2014-05-05)

Dow (2014) *Ethylene vs Propylene Glycol*
<http://www.dow.com/heattrans/support/selection/ethylene-vs-propylene.htm> (2014-05-06)

Dynalene (2014a) *Dynalene MS-1 and MS-2 – High Temperature Molten Salt Heat Transfer Fluid*. <http://www.dynalene.com/Dynalene-Molten-Salts-s/1831.htm> (2014-05-06)

Dynalene (2014b) *Dynalene Solar Glycol-XT – technical sheet*.
http://www.dynalene.com/v/vspfiles/templates/210/datasheets/Dynalene_Solar_Glycol-XT_Technical_Data_Sheet.pdf (2014-05-05)

Effecta (2013a) *Effecta är först med att leverera och installera ett Aqua solsystem i Sverige*. <http://www.effecta.se/files/Valldavatten.pdf> (2014-05-18)

Effecta (2013b) *432 m² solfångare monterade på Vallda Heberg*.
<http://www.effecta.se/files/Valldafyra.pdf> (2014-05-18)

Electrotec Energy (2014a) *SOLFÅNGARE* <http://electrotecenergy.se/solfangare/> (2014-05-20)

Electrotec Energy (2014b) *GLYKOL* <http://electrotecenergy.se/glykol/> (2014-04-02)

Energifakta (2014). *Olja – effektiv trotjänare på väg bort*. <http://energifakta.nu/olja/> (2014-04-10)

Energy.gov (2013) *Heat Transfer Fluids for Solar Water Heating Systems*.
<http://energy.gov/energysaver/articles/heat-transfer-fluids-solar-water-heating-systems> (2014-05-07).

EVIHEAT (2014). *Solvärmepumpen – Så fungerar den*
http://www.eviheat.se/pages.aspx?r_id=44256 (2014-05-15)

Fernox (2014) *Solar SI*.
<http://www.fernox.com/products/renewable+range/heat+transfer+fluids/solar/solar+si> (2014-03-03)

Fordson Major (2011). Fordson Major E27N ”Höglund” Kylsystem. Fordson Major.
<http://www.fordsonmajor.se/sidor/kylsystem.htm> (2014-02-26)

Geotec (2011) *Frågor och svar – Frågor om energiborrning och värmepumpar*.
<http://www.geotec.se/geoenergi-ar-fornyelsebar-och-skonsam-for-bade-miljon-och-planboken/fragor-och-svar/> (2014-05-18)

Globalheattransfer (2013). *Globaltherm thermal fluids*.
<http://www.globalheattransfer.co.uk/heat-transfer-fluids/globaltherm-thermal-fluids> (2014-05-06).

Glysofor (2014). *Glysofor Solar – specification*. <http://www.glysofor.de/en/glysofor-solar.html> (2014-03-02)

Hewalex (2014). *Termsol Eko Liquid*. <http://www.hewalex.eu/en/offer/heat-transfer-fluid/termsol-eko-liquid-30kg.html> (2014-04-01)

- Ikaros (2014) *Dimensionering*. <http://www.ikarosenergy.se/dimensionering.aspx> [2014-05-02]
- I love healthy living (2014) *Knowing the alcohol freezing point*. <http://ilovehealthyliving.com/knowning-the-alcohol-freezing-point/> (2014-05-19)
- IVT Värmepumpar (2008) *IVT Greenline G*. (2014-05-18)
- Johansson, L., Linder, M. (2002) *Undersökning av problem vid användning av propylenglykol i kyla*. Umeå
- Kemetyl (2008a). *Säkerhetsdatablad Brineol MPG*. <http://info.kemetyl.com/products/productsearch.php?country=35&category=PA4> (2014-02-28)
- Kemetyl (2008b). *Säkerhetsdatablad Dowanol PnB*. <http://info.kemetyl.com/products/productsearch.php?country=35&category=PA4> (2014-03-02)
- Kjellsson, E. (2004) *Solvärme i bostäder med analys av kombinationen solfångare och bergvärmepump*. Lund; Lunds Tekniska Högskola
- Kyl och Värmepump Företagen (2014). *Bergvärme*. <http://www.kvforetagen.se/index.php3?use=publisher&id=350> (2014-05-15)
- McMullen, P. (2013) Selecting a Glycol for Solar Thermal Applications. *Dynalene* (oktober 2013) <http://www.dynalene.com/Articles.asp?ID=283> (2014-05-13)
- Norton B.(2014) *Harnessing Solar Heat*. 18. Springer Netherlands
- PCMB (2007) *Product sheet; MB111 COOLANT LIQUIDE CONCENTRATED* http://www.pcmb.fr/fiches/MB111_FP_gb.pdf (2014-04-04)
- PCMB (2008a) *Product sheet; MB444D COOLANT LIQUIDE CONCENTRATED FOOD QUALITY*. http://www.pcmb.fr/fiches/MB444D_FP_gb.pdf (2014-04-04)
- PCMB (2008b) *Product sheet; CALOP 30D –COOLANT FOOD QUALITY* http://www.pcmb.fr/fiches/CALOP_30D_FP_gb.pdf (2014-04-04)
- Persson.T (2010) *Kombinerade bio- och solvärmesystem - Handbok för systemutformning*. http://www.sp.se/sv/units/energy/Documents/ETk/Handbok_biosol-version_2010-1.pdf (2014-04-02)
- Perers, B., Lorentz, K., Rönnelid, M. (2001-2003) *Partiell förångning i solfångarsystem. Överhettningsskydd för värmebäraren (främst glykol)*. Borlänge, Högskolan Dalarna
- (SIS, 2014). http://www.sis.se/Administration/ProduktSidor/Teknisk-kommitte-produkt/?pid=TC-70864&icslv11=SIS_COMMON_27&icslv12=SIS_COMMON_27.160
- (SIS, 1981). <http://www.sis.se/energi-och-vm%3%A4rme%3%B6verf%3%B6ring/kraftstationer-allm%3%A4nt/ss-1782>
- (SIS, 2000). <http://www.sis.se/energi-och-vm%3%A4rme%3%B6verf%3%B6ring/solenergi/ss-en-12975-1>

Solenergiteknik (2014). *Solfångare*. <http://www.solenergiteknik.se/solfaangare.html> (2014-05-07)

Solgruppen (2014a) *LESOL solvärme – alla tiders energi*. http://www.solgruppen.se/pdf/sol_varmepump_web.pdf (2014-05-13)

Solgruppen (2014b). *Solfångarvätska*. <http://www.solgruppen.se/solvarmevatska.htm> (2014-03-03)

SolRa (2014) *Så fungerar Våra Solfångare*. <http://www.solra.se/Vaara-Solfaangare.html> (2014-04-04)

Solportalen (2014). *Solvärme, förutsättningar*. <http://www.solportalen.fi/styled-3/styled-12/index.html> (2014-04-15)

Solvärmeshop (2014). *Fernox solar SI*. <https://www.solvarmeshop.se/sv/product-tags/propylenglykol> (2014-03-02)

SP Sveriges tekniska forskningsinstitut och Svensk Solenergi (2010), *Solvärmesystem för småhus; Kursmaterial för installatörer*. http://www.svensksolenergi.se/upload/pdf/Solvärmesystemkomp_SSE-SP_ver_20100915_2.pdf (2014-04-01).

(SP, 2014) http://www.sp.se/sv/index/services/solar/p-marked_solar/Sidor/default.aspx

Statens Energimyndighet (2011a) *Solklart Solvärme*. 37. Stockholm: CM Gruppen AB

Statens Energimyndighet (2011b) *Akkumulatortankar*. 02 Stockholm: CM Gruppen AB

Strömberg P. (2007) *Karakterisering av vakuumsolfångare*. Lund, Institutionen för arkitektur och byggd miljö LTH

Svesol (2014) *Optima 15 – optimala solfångare*. <http://www.svesol.se/images/stories/pdf/datablad/datablad-optima-15-120130.pdf> (2014-05-20)

Swedhandling chemicals (2007). *Säkerhetsdatablad Glytherm 10*. <http://www.swedhandling.com/pdf/120.pdf> (2014-03-04)

Swedhandling chemicals (2013). *Säkerhetsdatablad Glytherm 20*. <http://www.swedhandling.se/pdf/141.pdf> (2014-03-04)

Temper (2008) *Temper – installationsanvisningar* (2014-05-15)

Temper (2014a). *Temper – produktinformation*. http://www.temper.se/sv/Produkter/TEMPER_Koldbarare/Produktinformation (2014-05-06)

Temper (2014b). *Temper – htf*. http://www.temper.se/eng/Products/TEMPER_HTF (2014-04-01)

Temper (2014c). *Temper – ECO-MPG*. http://www.temper.se/eng/Products/ECO_MPG_HTF (2014-04-01)

Therminol (2014). *Therminol ADX-10 Heat Transfer Fluid*. <http://www.therminol.com/pages/products/eu/adx-10.asp> (2014-04-24)

- The University of Wisconsin (2013) *A TRaNsient Systems Simulation Program*. <http://sel.me.wisc.edu/trnsys/>
- Tyfo (2005). *Technical Information; Tyfocor G-LS*. http://www.tyfo.de/docs/TI-TYFOCOR-GLS_gb.pdf (2014-04-04)
- Tyforop (2013a). *Technical Information; Antifreeze and anticorrosion concentrate for heating och cooling circuits. Medium for ground source heat pumps systems*. http://www.tyfo.de/docs/TI-TYFOCOR_gb_2013.pdf (2014-02-28)
- Tyforop (2014). *Technical Information; Antifreeze and Anticorrosion Concentrate for Heating and Cooling Circuits in Food and Beverage Industry, for Thermal Solar and Ground Source Heat Pump Systems*. http://www.tyfo.de/docs/TI-TYFOCOR-L_gb_2013.pdf (2014-04-03)
- Tyforop (2013b). *Safety data sheet; Tyfocor L*. http://www.tyfo.de/docs/SDS-TYFOCOR-L_gb_2013.pdf (2014-04-03)
- Tyforop (2013c) *Technical Information; Antifreeze and Anticorrosion Concentrate for Heating and Cooling Circuits in Food and Beverage Industry, for Thermal Solar and Heat Pump Systems - based on Renewable Resources*. http://www.tyfo.de/docs/TI-TYFOCOR-L-eco_gb_2013.pdf (2014-04-04)
- Tyforop (2013d). *Technical Information; Ready-to-use heat transfer fluid for thermal solar systems with high thermal loads*. http://www.tyfo.de/docs/TI-TYFOCOR-LS_gb_2013-1.pdf (2014-02-28)
- Tyforop (2013e). *Technical Information; Ready-to-use Heat Transfer Fluid for Thermal Solar Systems with high thermal loads in extremely cold regions, frost protection down to -47 °C*. http://www.tyfo.de/docs/TI-TYFOCOR-LS-Arctic_gb_2013.pdf (2014-04-04)
- Univar (2009). *Produktblad Dowcal 20*. http://www.dahl.se/sdb/6251508_UNIVAR.pdf (2014-03-04)
- U.S. Department of Health and Human Services. (1997) *Toxicological Profile for Ethylene Glycol and Propylene Glycol*. (2014-05-07)
- Vedpärmen (1996), Ackumulatortank och varmvattenberedare. <http://www.novator.se/bioenergy/wood/> [2014-04-04]
- WarmEc (2014a) *Systembeskrivning - trycklöst system*. http://www.warmec.se/uploads/pdf/systembeskrivning_trycklost_system.pdf (2014-05-20)
- WarmEc (2014b) *Trycksatta solvärmesystem*. <http://www.warmec.se/uploads/pdf/trycksatta-solvarme-system.pdf> (2014-05-20)
- Wikipedia – Bergvärme (2014) *Bergvärme*. <http://sv.wikipedia.org/wiki/Bergv%C3%A4rme> (2014-05-15)
- Wikipedia – Heattransfer (2014) *Heat transfer oils*. http://en.wikipedia.org/wiki/Heat-transfer_oil#Heat_transfer (2014-05-06)
- Wikipedia (2014) *Antifreeze*. <http://en.wikipedia.org/wiki/Antifreeze> (2014-05-05)

Wikipedia (2014) *Propylene Glycol*. http://en.wikipedia.org/wiki/Propylene_glycol (2014-05-05)

Wikipedia (2014) *Etanol*. http://sv.wikipedia.org/wiki/Etanol#Etanol_i_industrin (2014-05-15)

Wikipedia (2014) *Ethylene Glycol*. http://en.wikipedia.org/wiki/Ethylene_glycol (2014-05-05)

Figurförteckning

Figur 3.1 Direkt system, självcirkulation

Figur 3.2 Indirekt system, pumpcirkulation

Figur 3.3 Ackumulatortank

Figur 3.4 Schematisk ritning, varvtalsstyrning

Figur 4.1 Serpentin

Figur 4.2 Harpa

Figur 4.3 Heat pipe: *Evacuated Solar Tube Collector* [Elektronisk bild] <http://simplysmartersolar.com/solutions/solar-hot-water/> [Åtkomst 2014-02-26].

Figur 4.4 Genomskärning U-rör

Figur 4.5 Genomskärning Koaxial-rör

Figur 5.1 Indirekt system, självcirkulation

Tabellförteckning

Tabell 1: Univar (2009). *Produktblad Dowcal 20*.
http://www.dahl.se/sdb/6251508_UNIVAR.pdf (2014-03-04)

Tabell 2: Glysofor (2014). *Glysofor Solar – specification*.
<http://www.glysofor.de/en/glysofor-solar.html> (2014-03-02)

BILAGOR

Bilaga 1; Sammanställning av enkätsvar

Totalt svarade 42 företag på enkäten

Fråga 1

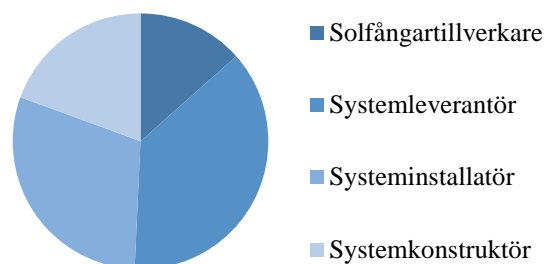
Vilken verksamhet har ni?

Flersvarsalternativ:

Solfångartillverkare	9 (7*)
Systemleverantör	25 (16*)
Systeminstallatör	20 (12*)
Systemkonstruktör	13 (9*)

*antal av dessa som även har annan verksamhet.

Verksamhet



Fråga 2

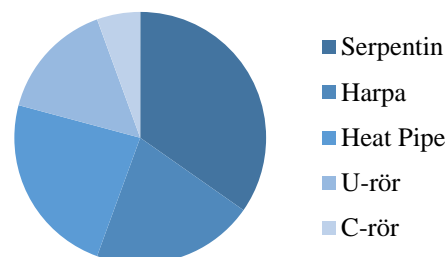
Vilka typer av solfångare tillverkar/levererar/installerar ni?

Flersvarsalternativ

Glasade Plana Solfångare (serpentin)	24 (17*)
Glasade Plana Solfångare (harpa)	15 (9*)
Vakuumrörsolfångare (Heat Pipe)	17 (13*)
Vakuumrörsolfångare (U-rör)	11 (11*)
Vakuumrörsolfångare (C-rör)	4 (3*)

*antal som även tillverkar/levererar/installerar andra typer av solfångare.

Solfångare



Fråga 3

Vilken typ av frysskydd använder/rekommenderar ni?

Flersvarsalternativ

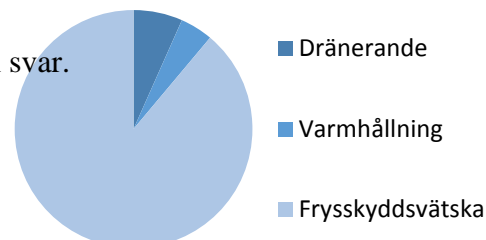
Kommentar av författarna:

Alla som besvarat denna fråga har fyllt i frysskyddsvätska som svar.

Dränerande	3 (3*)
Varmhållning	2 (2*)
Frysskyddsvätska	40 (5*)

*antal som även använder/rekommenderar flera typer av frysskydd.

Frysskydd



Fråga 4

Vilka frysskydd använder/rekommenderar ni till era solfångare? (*Antal som även använder/rekommenderar flera typer av frysskydd).

Produktnamn	Svar	Fördelar	Nackdelar	Övrigt
Tyfocon LS	14 (1*)	Rödfärgad Liten påverkan vid kokning Färdigblandad Finns hos många leverantörer Tål höga temperaturer Färg-omslag Indikering Flödar enkelt/Lätt att trycksätta system Lätt att se eventuellt läckage Stort temperaturspann	Dyrt Inga kända Kan bli svart och trög vid FÖR höga temperaturer Nästan inga Pris	Bra till små och medelstora system
Glytherm 10	1	Stabil	Giftig	
Glytherm 20	2	Pålitlig Fungerar bra	Inga vad jag vet Sämre värmeöverföring än vatten Kokbar Kan torrkoka	
Aquasols propylenglykol	3 (1*)	Högtemperaturbeständig Funkar bra	Dyrt Kladdigt	
Q8 propylenglykol	1 (1*)			
Fernox Solar S1	1 (1*)	Bra prestanda	Högre viskositet vid låga temperaturer	
Antifrogen Sol HT	1			
Kemetyl Propylene Glycol b-Butyl Ether	1	Lev. koncentrerad	Ofärgad	
Kemetyl Brineol MPG	1	Miljövänlig Beprövad under många år Prisvärd Blandningsbar		
LESOL P-50	1	Lätthanterlig Långtidsstabil Färdigblandad	Dyr att frakta	Goda erfarenheter i ca 10 år
Propylenglykol	4	Vedertaget Enkel lösning Lätt att få tag på	Inte bra för miljön Dyrt (?) Åldras Kokas	

Fråga 5

Vilka andra typer av frysskydd till solfångare känner ni till?

Produkt	Fördelar	Nackdelar
Oljor	Enkel i meningen att man enbart ska använda olja i systemet	Kryper (läcker) i alla skarvar Svår att få tag i
Dowcal 20		
Tyfocor	Påstås ha goda egenskaper mot sönderdelning	Dyr
Antifrogen SOL HT		
Glytherm 20		Blanda själv
Andra kolväteblandningar		
Trebema		
Glysofor Solar		
Olika typer av MPG		
Etylenglykol	Billigt	Giftiga
Brienol		Blanda själv
Propylenglykol av flera fabriker		

Fråga 6

Vilka allmänna serviceåtgärder (kontroll) rekommenderar ni för frysskyddsvätska?

Kontroll av vätskan vid behov (t.ex efter haveri)	16 (11*)
Kontroll av vätskan varje månad	0
Kontroll av vätskan varje år	15 (8*)
Kontroll av vätskan var 5e år	13 (6*)

*Antal som även rekommenderar annat tidsspänn för service

Sammanställning av kommentarer från svarande.

Vad bör kontrolleras	Kommentarer
Fryspunkt	
pH-värde	pH vid misstanke
Systemtryck	
Rengöring filter	
Temperaturhöjning	
Flöde	
Ev. självcirkulation	
Färg	Färg årligen
Lukt	Räcker ofta med lukten, men vi har mätinstrument
Labbprov	För stora system
Syntes	
Densitetsmätning för stelfrysningrisken	
Glykolhalt	Glykolhalt varje år om man inte fyllt på
Inhibitorer	
Ledningstal	
Frysskydd	
[Vätskan bör] Egentligen vart annat år om inget speciellt har hänt	

Fråga 7

Vilka allmänna serviceåtgärder (byte) rekommenderar ni för frysskyddsvätska?

Byte av vätskan vid behov (t.ex efter haveri)	24 (6*)
Byte av vätskan varje år	0
Byte av vätskan var 5e år	9 (5*)
Byte av vätskan var 10e år	2 (1*)
Byte av vätskan var 15e år	1
Byte av vätskan var 20e år	0
Vätskan behöver inte bytas	2

*Antal som även rekommenderar annat tidsspann för byte.

Sammanställning av kommentarer från svarande.

Kommentarer
Kontrollera status på vätska innan byte.
Byte sker efter 5-8 år eller om den ser mörk ut.
Eventuellt, [byte var 10e år], beror på hur den ser ut i kulör.
[Vätskan behöver inte bytas] Dock kan man behöva fylla på inhibitorer
[Vätskan behöver inte bytas] Rekommenderar kund att byta vätskan efter några år