

Energimyndighetens titel på projektet – svenska <b>Tappvattenvärmning med värmepump – Alternativa systemlösningar .. – Del 2</b>	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska <b>Heat pump water heaters – Alternative system solutions .. – Part 2</b>	
Ev. Energimyndighetens program <b>Effsys+</b>	Tidplan <b>2010.09.01 - 2013.06.30 (enl. ansökan)</b>
Total projektkostnad <b>4 000 000 kr</b>	Energimyndighetens andel av kostnaden i %/kr <b>1 600 000 kr (40%) (enl. beslut)</b>
Ev. rapporttitel hos stödmottagaren <b>Tappvarmvattenvärmning med värmepump – Förutsättningar för systemutveckling i småhus</b>	Ev. rapportnr hos stödmottagaren <b>Technical Report 2012:03 (Licentiatuppsats)</b>
Universitet/högskola/företag <b>Chalmers tekniska högskola AB</b>	Avdelning/institution <b>Installationsteknik / Energi o. Miljö</b>
Adress <b>412 96 Göteborg</b>	Organisationsnummer <b>55 64 79 – 55 98</b>
Namn och e-post - projektledare <b>Jan-Olof Dalenbäck – jan-olof.dalenback@chalmers.se</b>	
Namn och e-post – Huvudförfattare/ medförfattare/projektdeltagare/doktorander <b>Jessica Benson – jessica.benson@sp.se</b>	
Nyckelord: 5-7 st <b>Värmepump, varmvatten, systemlösningar, systemutveckling, fältmätningar</b>	

## Sammanfattning

Licentiatarbetet behandlar systemlösningar för tappvattenvärmning med värmepump. Tappvattenvärmning kräver högre temperatur än rumsvärme och reducerar därmed värmepumpssystemets årsvärmefaktor. Rumsuppvärmning utgör majoriteten av leverad energi från värmepump i befintliga småhus. I takt med att rumsvärmebehovet minskar i nybyggnation medan behovet av tappvarmvatten kvarstår blir effektivare tappvattenvärmning allt viktigare.

Val av systemlösning påverkar möjligheterna till energibesparing. Förutsättningar för systemutveckling i småhus undersöks, dels genom en sammanställning av dagens villavärmepumpssystem, det vill säga värmepump och varmvattenberedare, baserad på olika principer för tappvattenvärmning. Sammanställningen inkluderar för- och nackdelar med dessa systemlösningar, liksom de behov, krav, rekommendationer och provningar gällande tappvarmvatten, som kan påverka systemutformningen. Dessutom analyseras data från fältmätningar på tre villavärmepumpssystem för att visa behov och energiförhållanden och värmepumpens drift i befintliga småhus.

Tappvattenvärmning med värmepump kräver någon form av lagring av energi då det momentana effektbehovet är stort och värmepumpens effekt är dimensionerad efter behovet för rumsuppvärmning. Typiskt lagras tappvatten i en tank och vid tappvattenvärmning nyttjas vanligen egenkonvektion. Viktigt vid lagring av tappvatten är att bibehålla temperaturskiktningen för att maximera energiuttaget. System som är beroende av egenkonvektion vid uppvärmning riskerar att få oönskad omblandning vid tappning eller återladdning. Systemets utformning är viktig för att undvika detta. Lagring i dött vatten istället för färskvatten minskar risken för legionellatillväxt och möjliggör för en enklare och billigare tank. Värmning av tappvatten i en extern värmeväxlare minskar

riskan för omblandning i tanken. Då kan värmväxlarens effekt väljas friare då den inte begränsas av utrymmet i tanken som vid intern värmväxling.

Det finns få mätningar på tappvattenanvändning för småhus men desto fler för flerbostadshus. Schablonvärdet för energin till tappvarmvattenberedning ligger typiskt mellan 4000-5000 kWh/år i småhus. Resultaten från en enkätstudie gjord för hushåll med nya värmepumpsinstallationer visar att brukarna är väl tillfredsställda med mängd och temperatur på tappvarmvattnet.

Trenden för provning av tappvattenvärmare har gått mot detaljerade tappmönster som ska representera tappvattenbehovet under ett verkligt dygn, istället för få och stora tappningar. Även energieffektivitet behandlas i provningsmetoder genom krav på systemverkningsgrad för tappvattenvärmare enligt ekodesigndirektivet. Tappvattenbehov har liten inverkan på värmepumpens dimensionering idag men tappmönster kan ha betydelse för värmepumpens styrning.

Genom analys av data från fältmätningar visas funktionen hos tre värmepumpssystem i småhus. Två av systemen är utrustade med hetgasväxlare. Analysen visar årsbehov, månadsvisa variationer i energi och mer detaljerad värmepumpdrift under en sommar respektive en vintervecka.

Enkelhet och tillverkningskostnad prioriteras vid systemutformning och prestanda för tappvattenvärmning har inte varit i prioritet i dagens systemlösningar. Faktorer som har påverkat och kan påverka systemutvecklingen för framtidens system är provningsstandarder om det finns ett prestandakrav kopplat till standarden. Krav i BBR så som installerad maxeffekt har haft betydelse. Förbättringspotential finns med varvtalsstyrning och bättre isolering.

## Summary

This licentiate thesis deals with system solutions for heat pump hot water heating in Sweden. Hot water heating requires higher temperatures than space heating and therefore lowers the annual performance of the heat pump system. In existing single family houses, space heating represents the majority of heat pump delivered energy. The demand for space heating decreases in new buildings meanwhile the demand for hot water heating remains, concurrently efficient hot water heating becomes more important.

The choice of system solution affects the possibility to save energy. The prerequisites for system development in small houses are examined in this work. It is done partly by a summary of today's heat pump systems, i.e. the heat pump unit and storage tank, based on different principles for hot water heating. The summary includes pros and cons with these system solutions. The work is also done partly by a survey of demands, requirements, recommendations and testing methods for hot water that can influence the system design. In addition, analysis of data from field measurements on three domestic heat pump systems shows demands, energy relationships and heat pump operation in existing single family houses.

Heat pump hot water heating requires some kind of storing of energy since the instantaneous power requirement for hot water heating is huge and the heat pump power is designed for the space heating demand. Typically, tap water is stored in a tank and natural convection is used for the hot water heating. It is important to maintain the temperature stratification in order to maximize the energy extraction from the storage tank. Systems depending on natural convection for water heating, risk unwanted mixing when tapping or recharging occurs. In order to avoid this, the design of the system is important. Storing of water in a closed water loop system decreases the risk of Legionella growth and makes it possible to use a simpler and cheaper tank, compared to fresh water storage (conventional systems). Hot water heating in an external heat exchanger lowers

the risk of mixing in the tank. The heat exchanger dimensions and power can be chosen more freely since it is not limited by the space in the tank as with internal heat exchange.

Few measurements on tap water usage are available from single family houses while many exist for multifamily buildings. Standard estimate energy usage for hot water heating is typically between 4000-5000 kWh/year in single family houses. The results from a survey made for single family houses with new heat pump installations, shows that the users are well satisfied with the amount and temperature of hot water.

Testing methods for hot water heaters tend to move towards detailed tapping patterns that should represent the hot water demand during an actual day instead of a few and large tappings. Even energy efficiency is dealt with in the testing methods by requirements on system efficiency for hot water heaters according to the Ecodesign Directive. Demands on hot water have low impact on the heat pump dimensioning, however tapping patterns can be of importance for the heat pump control system design.

The operation of three heat pump systems in single family houses is shown through analysis of data from field measurements. Two of the systems are equipped with a desuperheater. The analysis shows annual demand, monthly variations of energy use and detailed heat pump operation during both a summer and winter week.

Simplicity and manufacturing costs are prioritized when designing heat pump systems and performance of hot water heating has not been prioritized in existing system solutions. System design can and has been affected by testing methods when connected to a performance requirement. Requirements in the national building code such as limited maximum power for space heating have been important. Potential for system improvements exist with capacity control and better insulation.

## Inledning

Forskningsprojektet behandlar systemlösningar och systemutveckling för tappvattenvärmning med värmepump. I takt med att rumsvärmebehovet minskar i nybyggnation medan behovet av tappvarmvatten kvarstår blir effektivare tappvattenvärmning allt viktigare. Tappvattenvärmning kräver högre temperatur än rumsvärme och reducerar därmed värmepumpssystemets årsvärmefaktor. För- och nackdelar med olika villavärmepumpssystem baserade på olika principer för tappvattenvärmning, beskrivs och analyseras. Dessutom analyseras inverkan av provningsmetoder och resultat från fältmätningar.

## Huvudresultat

**Måluppfyllelse** - Forskningsprojektet beskriver som avsett hur nuvarande värmepumpssystem kan utvecklas för att erhålla en högre årsvärmefaktor vid tappvattenvärmning. **Effekter i samhället** – Resultaten har inte lett till några radikalt nya och effektivare värmepumpssystem då det finns små ekonomiska utrymmen att ändra etablerad teknik under hård konkurrens. Men resultaten kommer på sikt att leda till värmepumpar med högre årsvärmefaktor och därmed en lägre elanvändning för varmvattenberedning.

## Genomförande

Forskningsprojektet har främst omfattat litteraturstudier, teoretiska beräkningar, sammanställning och analys av varmvattenanvändning, olika systemlösningar, provningsmetoder och fältstudier, men också genomförande och analys av en enkät till värmepumpsägare. Dessutom har uppgifter om nuvarande systemlösningar och föreslagna systemlösningar diskuterats inom en referensgrupp med värmepumptillverkare och andra intressenter med kunskap om energibehov, och övriga komponenter och system, i byggnader.

Resultaten i forskningsprojektet har publicerats i en licentiatrapport och resultat från fältstudier publiceras dessutom i en vetenskaplig artikel.

2014-06-29/JOD