

Duschvattnets uppvärmning med genomströmningvärmare och duschvärmväxlare

Nicholas Olander

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Distribuerade energisystem
Identifikationsnummer:	
Författare:	Nicholas Olander
Arbetets namn:	Duschvattnets uppvärmning med genomströmningsvärmare och duschvärmeväxlare
Handledare (Arcada):	Ossian Pekkala
Uppdragsgivare:	Ab Enere Oy
<p>Sammandrag:</p> <p>Syftet med det här arbetet är att undersöka hur en genomströmningsvärmare fungerar tillsammans med en duschvärmeväxlare. Detta görs genom testning av ett system där dessa kopplats för att fungera ihop och mätvärden tas för olika simulerade duschningar. Värmeväxlarens verkningsgrad beräknas och dess påverkan på genomströmningsvärmarens effektbehov undersöks. En jämförelse görs med värmeförlusterna från ett motsvarande system med varmvattenberedare. Energibesparingarna i årsnivå undersöks för hela systemet. De ekonomiska kostnaderna och vinsten jämförs över en längre period och en återbetalningstid uppskattas. Resultatet diskuteras och slutsatsen blir att systemet är lönsamt vid tillräcklig duschanvändning, som är beroende av användaren och antalet personer.</p>	
Nyckelord:	Genomströmningsvärmare, duschvärmeväxlare, distributionsförluster, varmvattenberedare, duschanvändning, värmeledning, Ab Enere Oy
Sidantal:	34
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Distributed Energy Systems
Identification number:	
Author:	Nicholas Olander
Title:	Shower water heating with flow heater and shower heat exchanger
Supervisor (Arcada):	Ossian Pekkala
Commissioned by:	Ab Enere Oy
Abstract:	
<p>The purpose of this thesis work is to investigate how a flow heater works in conjunction with a shower heat exchanger. This is done by testing a system in which those are linked to work together, and measurements taken for different simulated shower situations. Heat exchanger efficiency is calculated and its effect on direct water heater's power needs is examined. A comparison is made with heat loss from an equivalent system with water boiler. Annual energy savings is examined for the entire system. The economic costs and profits are compared over a longer period and a payback period is estimated. The results are discussed and it is concluded that the system is viable with adequate shower use, which depends on the user and the number of people using the shower.</p>	
Keywords:	Direct water heater, shower heat exchanger, hot water distribution losses, water boiler, shower use, Ab Enere Oy
Number of pages:	34
Language:	Swedish
Date of acceptance:	

FÖRORD

Detta examensarbete har gjorts för Arcadas 4 åriga utbildningsprogram, *Distribuerade energisystem*. Arbetets omfattning är 15 studiepoäng motsvarande 10 veckors heltid studier.

Examensarbete har beställts av företaget Ab Enere Oy. Utformningen och strukturen med detta examensarbete har jag arbetat fram tillsammans med Ossian Pekkala, min handledare.

Jag vill först tacka min handledare som hjälpt mig under hela projektets gång och bett mig att rätta detta arbete ett flertal gånger och sett till att det finlipats till dess nuvarande form.

Jag vill också tacka Harri Anukka, Markus Mittler, Niklas Holmberg och Robin Lindqvist som hjälpt mig under laborationen.

Slutligen vill jag tacka arbetets granskare och examinator, Karis Badal Durbo.

Ekenäs, den 21 augusti 2014

Nicholas Olander

INNEHÅLL

1	INLEDNING	1
1.1	Inledning.....	1
1.2	Bakgrund.....	2
1.3	Syfte.....	2
1.4	Frågeställningar.....	2
1.5	Avgränsningar.....	2
2	TEORETISK REFERENSRAM	3
2.1	Värmeöverföring och värmeväxlare.....	3
2.2	Genomströmningsvärmare.....	6
2.3	Duschvärmare.....	7
2.4	Värmeförluster från tappvarmvatten.....	10
2.5	Varmvattenförbrukning och duschanvändning.....	10
3	TEORI och METOD	12
3.1	Metod och systemets uppsättning.....	12
3.2	Teori.....	14
3.3	Platsen för mätningens genomförande.....	15
4	RESULTAT	15
4.1	Mätresultaten.....	16
4.1.1	<i>Mätningar genomförda 29.4.2014</i>	16
4.1.2	<i>Mätningar genomförda 30.5.2014</i>	17
4.2	Genomströmningsvärmare och total effekt.....	19
4.3	Verkningsgrad beroende av duschtiden.....	19
4.4	Värmeväxlarens energibesparing.....	20
4.5	Distributionsförluster.....	20
4.6	Systemets besparing.....	21
5	DISKUSSION och slutsatser	24
5.1	Resultatets pålitlighet.....	24
5.2	Diskussion och slutsatser.....	24
6	FÖRSLAG PÅ VIDARE ARBETEN	26
6.1	Duschkabin.....	26
	Källor	27

Figurer

<i>Figur 1. Princip för korsflödes värmeväxlare</i>	4
<i>Figur 2. Princip för medflödes värmeväxlare</i>	4
<i>Figur 3. Princip för motflödes värmeväxlare</i>	5
<i>Figur 4. Princip för växelödes värmeväxlare</i>	5
<i>Figur 5. Princip för genomströmningsvärmare</i>	6
<i>Figur 6. Öppnad genomströmningsvärmare</i>	7
<i>Figur 7. Duschvärmeväxlare (Sparavarmvatten, 2013:4)</i>	8
<i>Figur 8. Värmeväxlaren (Sparavarmvatten)</i>	8
<i>Figur 9. Duschvärmeväxlare (90x90)</i>	9
<i>Figur 10. Vattnets fördelning per person per dygn (Nassiri, 2014: 16)</i>	11
<i>Figur 11. Årstidsvariationer för energibehov av varmvattenberedning (Olsson,.....)</i>	11
<i>Figur 12. Test av värmeväxlare och genomströmningsvärmaren</i>	12
<i>Figur 5. Temperaturmätarna och flödesmätaren</i>	13
<i>Figur 14. Plats för undersökningen</i>	15

Tabeller

Tabell 1. Verkningsgrad för distribution av tappvarmvatten	10
Tabell 2. Förlust från lagring av tappvarmvatten	10
Tabell 3. Utrustning och mätinstrument	13
Tabell 4. Beräkningar	14
Tabell 5. Temperaturmätning vid jämvikt.....	16
Tabell 6. Mätning 1; 15 minuters duschtid med 44 °C och 5,5 liter/min flöde från kran	17
Tabell 7. Mätning 2; 15 minuters duschtid med 34 °C och 5,7 liter/min flöde från kran	17
Tabell 8. Mätning 3; 15 minuters duschtid med 36 °C och 3,4 liter/min flöde från kran	18
Tabell 9. Mätning 4; 15 minuters duschtid med 46 °C och 3,9 liter/min flöde från kran	18
Tabell 10. Ekonomisk besparing per år beroende av antalet personer vid 5 minuters duschtid per dag.....	21
Tabell 11. Ekonomisk besparing per år beroende av antalet personer vid 10 minuters duschtid per dag.....	22

1 INLEDNING

I Kapitel 1 beskrivs rapporten och de olika kapitelen (1.1). Bakgrunden till arbetet (1,2), syftet (1.3) och frågeställningarna ges (1.4)

1.1 Inledning

I den här rapporten undersöks möjligheten med att använda en genomströmningsvärmare för uppvärmning av duschvattnet tillsammans med en duschvärmeväxlare. Främsta syftet är att redogöra hur mycket genomströmningsvärmarens effektbehov kan minskas med hjälp av värmeväxlaren samt om systemet kan vara en lönsam investering. Här tas hänsyn till distributionsförluster från varmvattensystemet, men inte värmeförluster från varmvattenberedaren. Genomströmningsvärmaren värmer vattnet direkt vid duschen (se 2.1). Detta gör att det inte behövs någon varmvattenberedare för att få varmt duschvatten och endast kallt tappvatten leds till duschen. Här undviks alltså förluster som uppkommer från varmvattenberedaren (se 2.3) och varmvattenkapaciteten är inte längre beroende av varmvattenberedarens storlek. Nackdelen är att det krävs höga effekter då det kalla vattnet värms direkt vid duschen till önskad dushtemperatur. Genom att kombinera genomströmningsvärmare med duschvärmeväxlare (se 2.2) minskas effektbehovet samtidigt som en besparing görs.

För testningen kopplas kallt tappvatten från en kran till duschvärmeväxlaren och vidare till en genomströmningsvärmare. Duschvärmeväxlaren överför värme från det varma duschvattnet till det kalla tappvattnet som förvärms innan den går in i genomströmningsvärmaren. I genomströmningsvärmaren värms vattnet till önskad temperatur före den används i duschen och går ner till värmeväxlaren och avloppet. Systemet testas med dushtemperaturer mellan 35 och 45 °C samt olika flöden. Mätningarna görs genom att temperaturmätare appliceras före och efter duschvärmeväxlaren. Temperaturen och flödet mäts också efter genomströmningsvärmaren.

I Kapitel 2 beskrivs de källor som använts för metoden och teorin i Kapitel 3, som använts för att få fram resultaten i Kapitel 4. I Kapitel 5 diskuteras resultatet och slutsatser dras.

1.2 Bakgrund

Ab Enere Oy ville ha en undersökning i hur en genomströmningsvärmare tillsammans med värmeväxlare fungerar ihop. Det som intresserar företaget i första hand är att få ett underlag med rimliga värden på värmeväxlarens verkningsgrad, genomströmningsvärmarens effektbehov, energibesparingar och återbetalningstider.

1.3 Syfte

Syftet med den här rapporten är att undersöka hur duschvärmeväxlaren fungerar tillsammans med genomströmningsvärmare och när denna kombination kan vara lönsam att använda. Verkningsgraden på värmeväxlaren undersöks och nyttan med en genomströmningsvärmare utreds.

1.4 Frågeställningar

I den här rapporten besvaras följande frågor (se 5.2, sid 23 för svar):

- 1) Vad är duschvärmeväxlarens verkningsgrad?
- 2) Vad är nyttan med en genomströmningsvärmare tillsammans med en duschvärmeväxlare?
- 3) Kan ett system med duschvärmeväxlare och genomströmningsvärmare vara lönsamt?

1.5 Avgränsningar

Rapporten avgränsar sig till att undersöka genomströmningsvärmaren tillsammans med duschvärmeväxlaren. Alla mätningar är simulerade genom att vattnet rinner till värmeväxlaren och ner i avloppet utan att någon faktiskt duschar.

2 TEORETISK REFERENS RAM

I kapitel 2 beskrivs informationen från tidigare arbeten, rapporter och undersökningar som den här rapporten bygger på. Grunderna med värmeöverföring och olika värmeväxlare redovisas (2.1). Principen med genomströmningsvärmaren (2.2) och duschvärmeväxlaren (2.3) beskrivs. Värmeförlusterna från distribution och lagring (2.4) definieras. Varmvattenförbrukningen och duschanvändningen beskrivs (2.5).

2.1 Värmeöverföring och värmeväxlare

En värmeväxlare är gjord för att växla värme mellan medium. Syftet kan vara att värma eller kyla och detta kan också vara kombinerat för system där det finns både värme- och kylbehov. Det finns olika grundtyper av värmeväxlare. Dessa är korsflödes, medflödes, motflödes och växelflödes.

2.1.1 Värmeöverföring

Spontan värmeöverföring innebär att värme förs över från ett varmare medium till ett kallare. Värmen kan överföras genom ledning, konvektion och strålning.

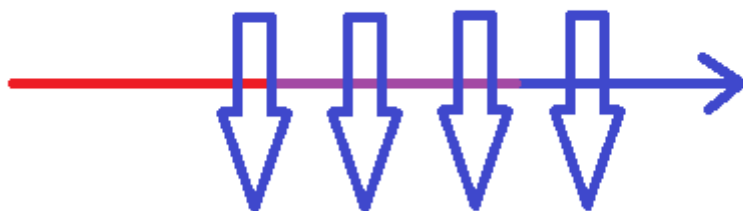
Värmeledning (konduktion) innebär att värme leds inne i ett ämne från ett varmare ställe till ett kallare. Värmeledningsförmågan varierar mellan olika ämnen. Värmeledningsförmågan är exempelvis hög för metaller och låg för isoleringsmaterial som mineralull.

Konvektion betyder att värme överförs i en vätska eller gas med strömmar. Här förflyttas det varmare ämnet till ett kallare ställe med vätskeströmmar eller gasströmmar. Värmen flyttas också genom värmeledning där de varma strömmarna passerar.

I värmestrålning överförs värmen genom strålning. Här kan det exempelvis vara en varmare yta som strålar mot en kallare så att värme överförs från ett varmare ämne till ett kallare. (Incropera 2006:3-10)

2.1.2 Korsflödes värmeväxlare

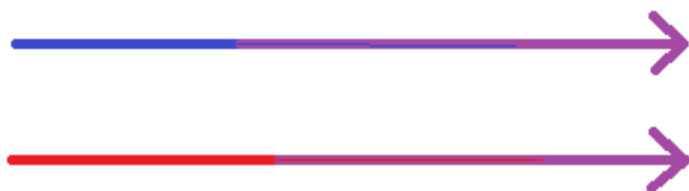
I korsflödes värmeväxlaren (se Figur 1) går det varma flödet vinkelrätt mot den kalla. Detta system har en låg verkningsgrad och är lämpligt för exempelvis kylning när tillgången på det kalla flödet är stort. (Rask 2012: 26)



Figur 1. Princip för korsflödes värmeväxlare

2.1.3 Medflödes värmeväxlare

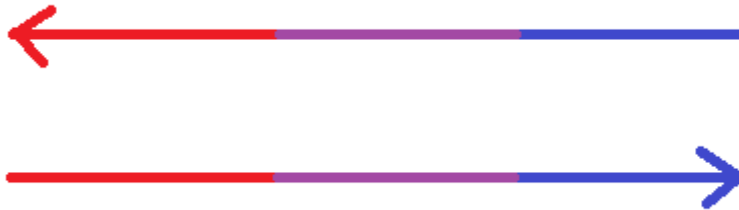
Medflödes värmeväxlare (se Figur 2) har bättre verkningsgrad än korsflödesvärmeväxlare, men den är fortfarande inte speciellt hög. I bästa fall kan de ingående mediernas temperatur blandas så att båda har samma temperatur efter värmeväxlaren. (Rask 2012: 26)



Figur 2. Princip för medflödes värmeväxlare

2.1.4 Motflödes värmeväxlare

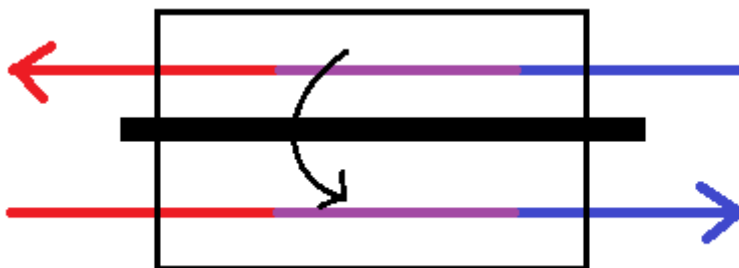
I motflödes värmeväxlaren (se Figur 3) flödar det varma mediet i motsatt riktning mot det kalla. Detta ger en hög verkningsgrad eftersom nästan all värmeenergi kan överföras mellan medierna. (Rask 2012: 26)



Figur 3. Princip för motflödes värmeväxlare

2.1.5 Växelflödes värmeväxlare

I växelflödes värmeväxlare (se Figur 4) byter det varma mediet plats med det kalla. Detta påminner ten del om motflödesvärmeväxlaren och har också hög verkningsgrad. Exempel på dessa är roterande värmeväxlare för ventilationssystem. (Rask 2012: 26)



Figur 4. Princip för växelflödes värmeväxlare

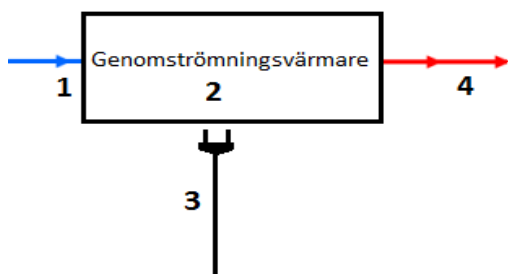
2.2 Genomströmningsvärmare

Genomströmningsvärmare är smidiga och enkla system som kan vara en bra alternativ lösning för ställen där mer avancerade system inte går att installera/montera. De kan ersätta varmvattenberedaren på sådana ställen där det är ont om rum, men kan också kopplas till en befintlig beredare. Syftet med genomströmningsvärmaren är att man skall få varmt vatten på kort tid, alltså krävs det mycket energi för att värma upp vattnet snabbt.

I Figur 5 visas hur genomströmningsvärmaren fungerar. Det kalla vattnet (1) strömmar till genomströmningsvärmaren (2) där det finns resistorer som hettas upp med elektricitet (3) och värme överförs till vattnet. Vattnet som kommer ut från genomströmningsvärmaren (4) har värmts upp med elektrisk energi (3).

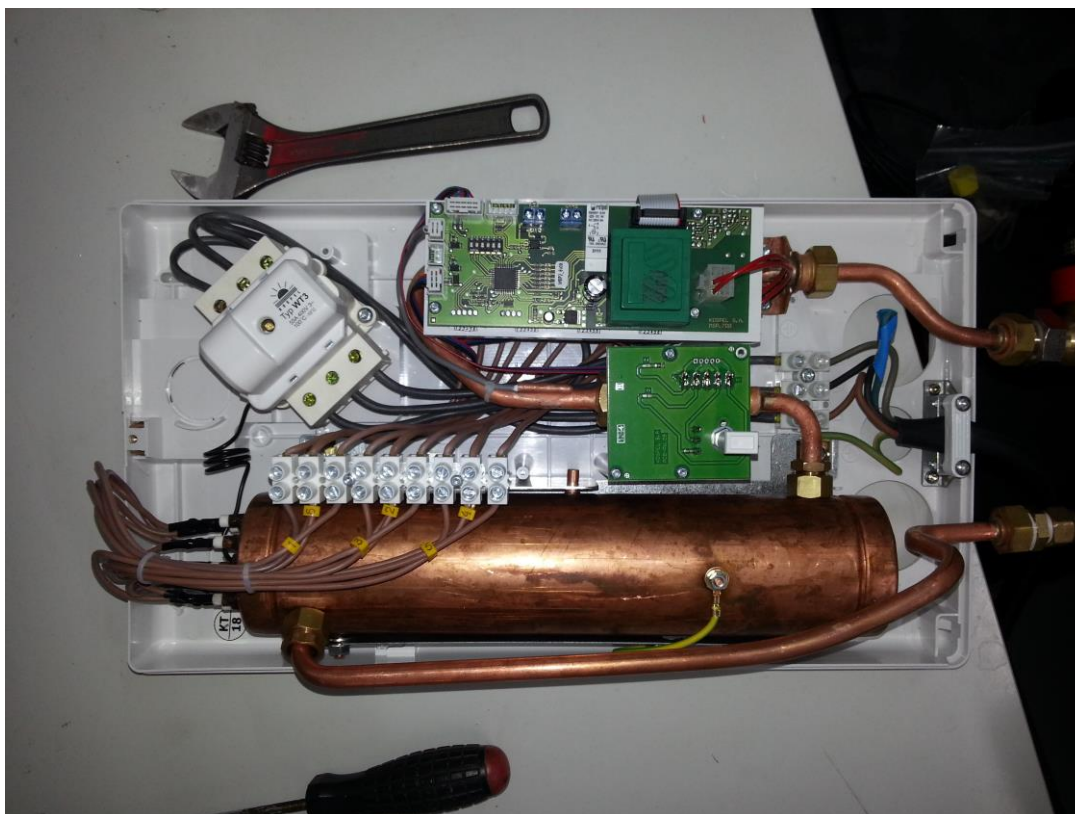
Fördelen med en genomströmningsvärmare är att vattnet värms upp efter behov och förlusterna från varmvattenberedaren kan undvikas. Detta kan ge en besparing av bruksvattnets uppvärmning med upp till 50 %. (Huipputuotteet)

Nackdelen är att den kräver mycket elektricitet vid uppvärmning.



Figur 5. Princip för genomströmningsvärmare

Figur 6 visar den genomströmningsvärmare (15 kW) som vi använt i mätningarna. Värmarens yttre skal har tagits bort så man kan se dess olika komponenter.



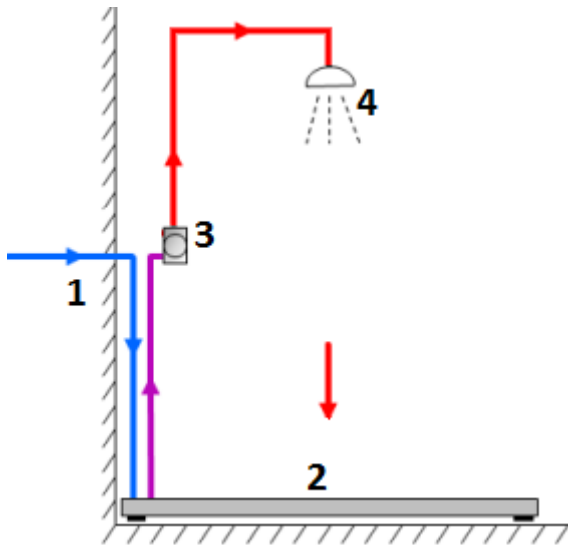
Figur 6. Öppnad genomströmningsvärmare

2.3 Duschvärmväxlare

Värmväxlaren består av en 8 mm tunn platta i rostfritt stål. Den har en inkoppling för kallvatten och en utkoppling för det förvärmade vattnet. Inuti värmväxlaren finns ett kanalsystem där det kalla vattnet cirkulerar för att värmas upp av det varma duschvattnet som rinner på värmväxlarplattan. Det finns ett antal hål i plåten på värmväxlarplattan som gör att vattnet också leds under värmväxlaren där en plastmatta har monterats. Detta gör att verkningsgraden höjs ytterligare. (<http://sparavarmvatten.se/duschvarmevaxlare.html>)

I Figur 7 visas hur värmväxlaren fungerar. Det kalla tappvattnet (1) strömmar först till värmväxlaren (2, se Figur 8) där den förvärms. Det förvärmade tappvattnet hettas till önskad duschtemperatur (3) och används sedan i duschen (4). Det varma duschvattnet

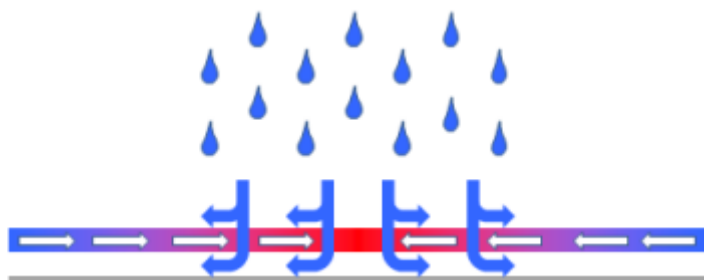
rinner till värmväxlaren (2, se Figur 8) och kyls ner före det går till avloppet. (Sparavarmvatten, 2013:4)



Figur 7. Duschvärmväxlare (Sparavarmvatten, 2013:4)

Med duschvärmväxlaren återvinns 40-67 % av energin som annars hade runnit ner i avloppet (Sparavarmvatten).

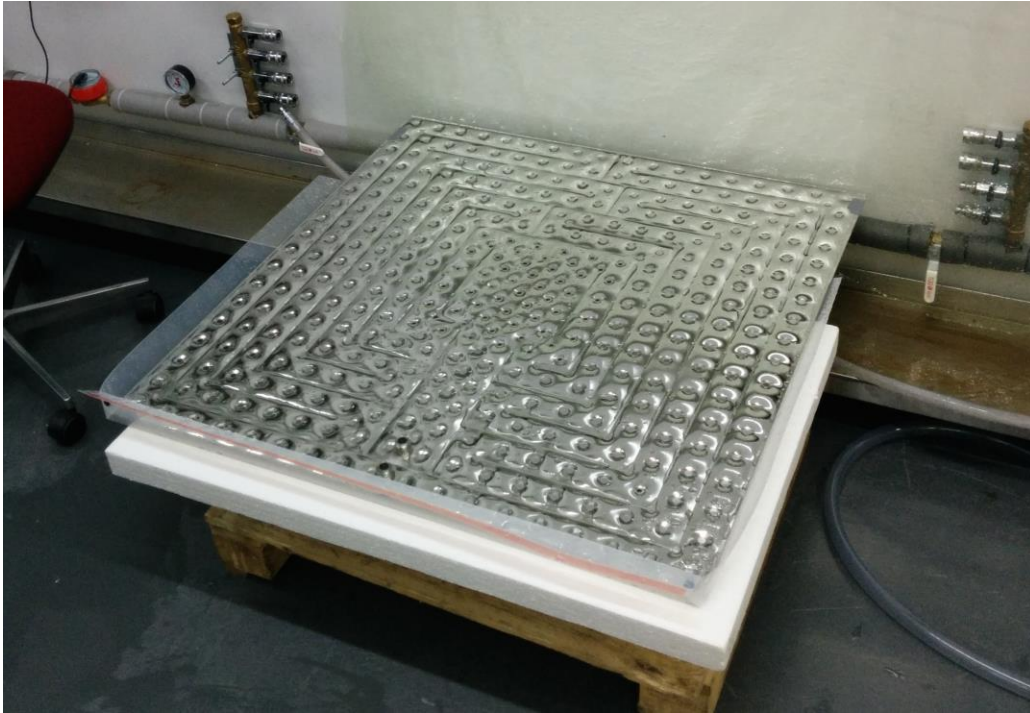
I Figur 8 visas hur själva värmväxlarplattan fungerar. Duschvattnet faller på värmväxlaren och rinner ut till avloppet från mitten. Det kalla tappvattnet som kopplas direkt till värmväxlarplattan cirkulerar i ett kanalsystem från kanterna in mot mitten. Det kalla tappvattnet och duschvattnet har ingen direkt kontakt med varandra och blandas inte. Värmeenergin överförs endast genom värmväxlarplattans ytor. Detta fysiska fenomen kallas för värmeledning eller konduktion (2.1.1).



Figur 8. Värmväxlaren (Sparavarmvatten)

I figur 9 visas den värmväxlarplattan vi använt oss av i mätningarna (90x90 cm).

Nackdelen med just denna duschvärmväxlare är att den kan kännas kall att stå på. Speciellt ute vid kanterna där det kalla vattnets cirkulation börjar är den väldigt kall. Står man mitt på plattan har vattnet som cirkulerar inuti redan värmts upp med flera grader plus att det varma duschvattnet också värmer fötterna. Vissa kan också tycka att värmväxlarens estetik är en nackdel.



Figur 9. Duschvärmväxlare (90x90)

Tidigare undersökningar av avloppsvattnets värmeåtervinning har gjorts av Grönholm (2011) och Nassiri (2014). Grönholm undersöker olika sätt att ta tillvara värmen från avloppsvattnet och går även in på duschvärmeåtervinning. Nassiri undersöker värmeåtervinning i flerbostadshus med hjälp av en avloppsvärmväxlare. Deras undersökning begränsar sig till större system för flera duschar, till skillnad från detta arbetet där ett enskilt system undersöks.

2.4 Värmeförluster från tappvarmvatten

Bruksvattenvärmeförluster uppkommer från distribution och lagring (Miljöministeriet 2013: Bilaga 1 sid 10-11). Dessa förluster är definierade i Tabell 1 och 2.

Tabell 1. Verkningsgrad för distribution av tappvarmvatten

Fristående småhus, radhus och kedjehus			
Ingen cirkulation			
oisolerat	i skyddsror	isolerat basnivå	isolerat bättre
0,75	0,85	0,89	0,92

Källa: Miljöministeriet 2013: Bilaga 1 sid 10, Tabell 5.

Tabell 2. Förlust från lagring av tappvarmvatten

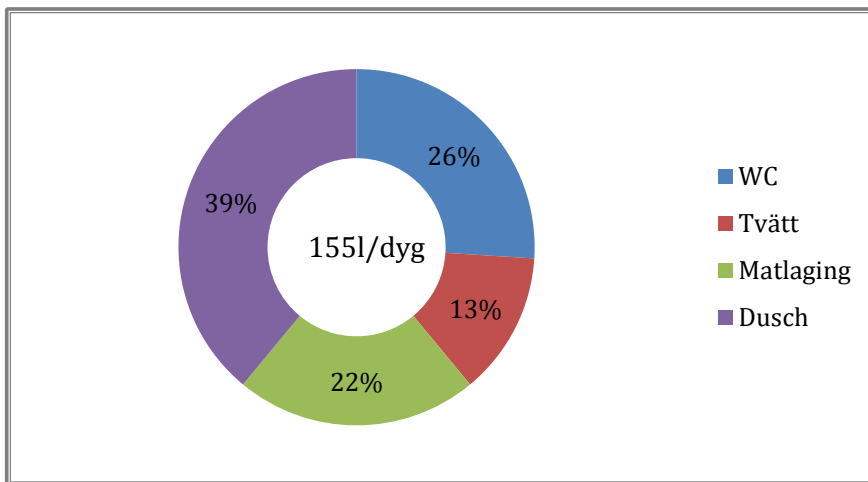
Varmvattenberedarens volym, liter	Värmeförlust från beredaren, kWh/år	
	40 mm isolering	100 mm isolering
50	440	220
100	640	320
150	830	420
200	1000	500
300	1300	650
500	1700	850
1000	2100	1100
2000	3000	1500
3000	4000	2000

Källa: Miljöministeriet 2013: Bilaga 1 sid 11, Tabell 8.

2.5 Varmvattenförbrukning och duschanvändning

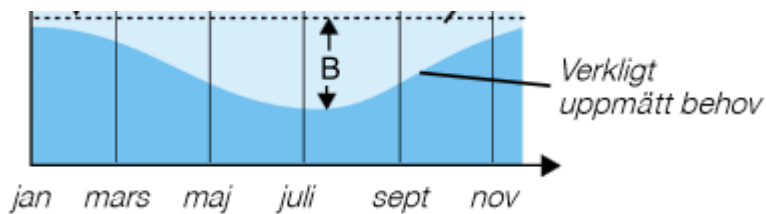
Varmvattenenergiebehovet varierar mellan hushållen. Enligt D3 (2013) ska uppvärmningsenergin beräknas med 35 kWh per kvadratmeter uppvärmt area och år för bostadshus.

Den typiska vattenförbrukningen för en finländare varierar mellan 90-270 liter per dag och person. Medel förbrukningen är 155 liter/dag (se Figur 10), och av dessa beräknas 60 liter (39 %) gå åt för att tvätta sig (Motiva). Ett tillräckligt flöde för duschen är 12 liter i minuten enligt Ratilainen (2013:22).



Figur 10. Vattnets fördelning per person per dygn (Nassiri, 2014: 16)

Byggnadens ålder, användarvanorna och tapputrustningen påverkar varmvattenbehovet. Energibehovet för varmvatten varierar också under året och är minst under sommaren, se Figur 11. Säsongsvariationen kan vara dubbelt så mycket under december som i juli. Detta beror på att tappvarmvattenanvändningen och kallvatten temperaturen varierar. Det finns även regionala skillnader och medeltemperaturen på det kalla tappvattnet kan exempelvis skilja sig med 5 grader mellan norr och söder. (Olsson, 2004: 4-5)



Figur 11. Årstidsvariationer för energibehov av varmvattenberedning (Olsson, 2004: 4)

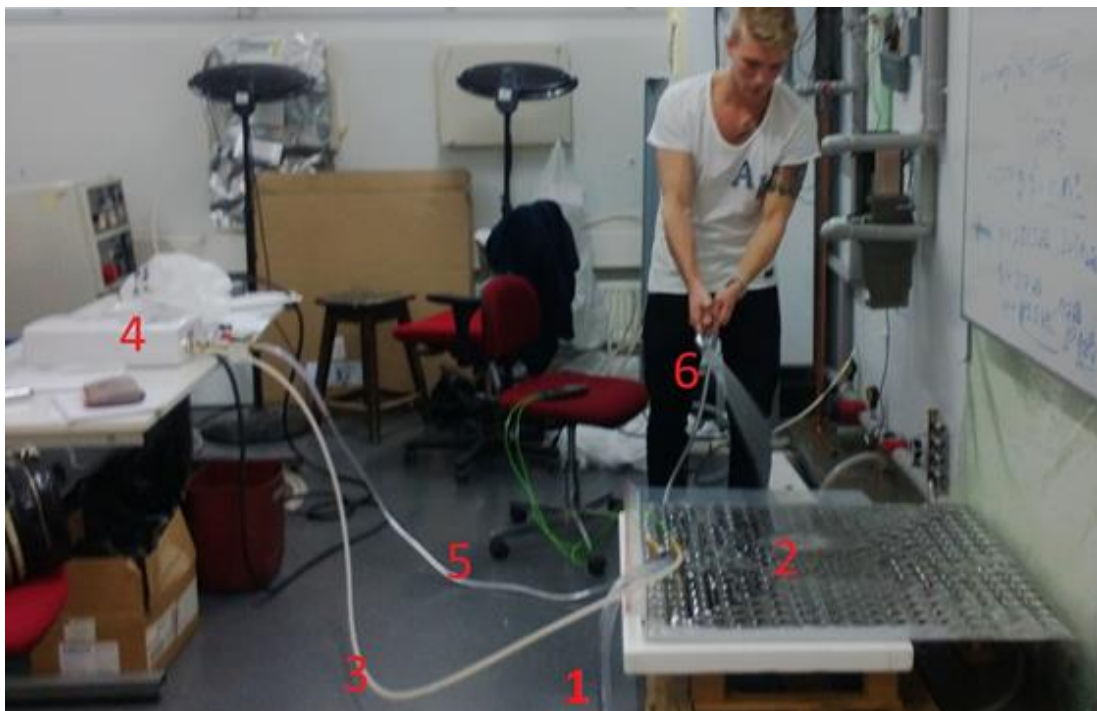
3 TEORI OCH METOD

I Kapitel 3 beskrivs hur testmätningarna genomförts och utrustningen som använts (3.1). Beräkningsmetoden för det som använts för resultatet visas (3.2) och platsen för mätningen (3.3).

3.1 Metod och systemets uppsättning

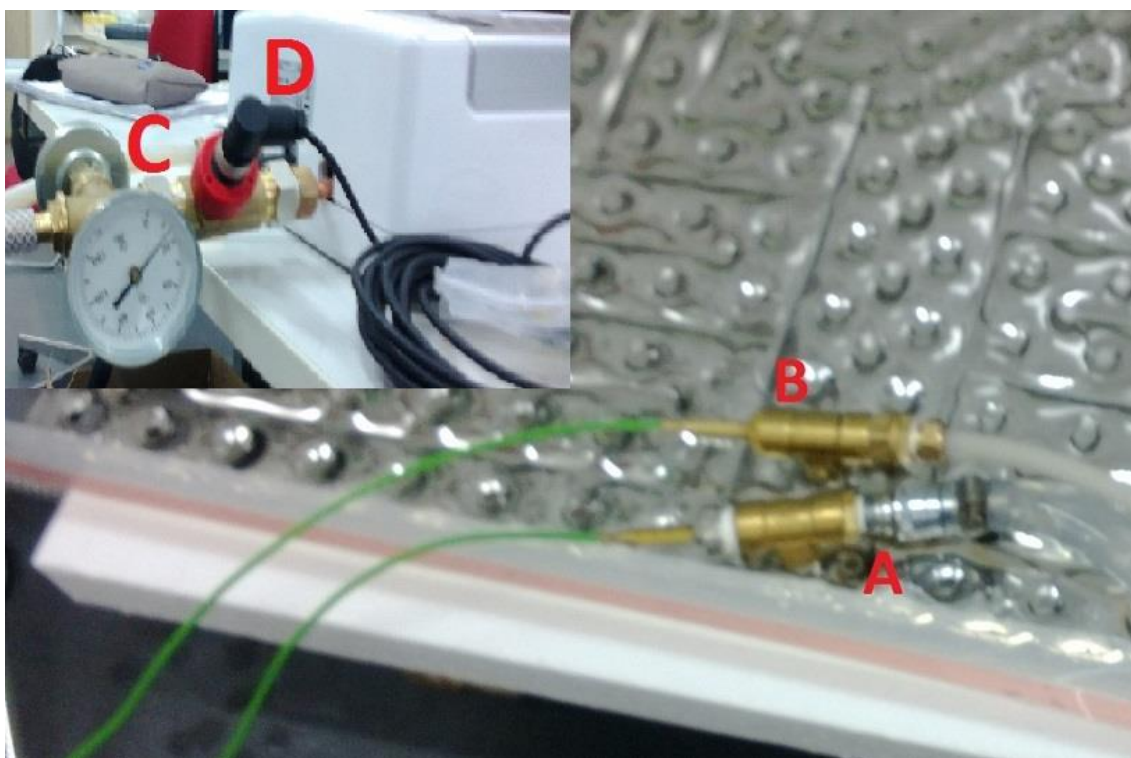
I rapporten undersöks en genomströmningsvärmare tillsammans med en duschvärmväxlare. Simulerade duschningar gjordes där temperaturerna och flödena mättes. Mätningarna har genomförts vid 2 olika tillfällen, 29.4.2014 och 30.5.2014.

I systemet som undersöks i rapporten och visas i Figur 12, går det kalla tappvattnet (1) först genom duschvärmväxlaren (2) där den värms av duschvattnet (6) som går till avloppet. Det förvärmda tappvattnet (3) går sedan till genomströmningsvärmaren (4) där den värms upp till önskad duscht temperatur (5). Duschvattnet används (6) och rinner ner till värmväxlaren (2) där värme avges till det inkommande kalla vattnet (1).



Figur 12. Test av värmväxlare och genomströmningsvärmaren

Temperaturmätarna A och B är placerade precis före och efter duschvärmväxlaren, se Figur 13. Temperaturmätaren C och flödesmätaren D är placerad efter genomströmningsvärmaren.



Figur 13. Temperaturmätarna och flödesmätaren

Utrustningen och mätarna som använts finns i Tabell 3.

Tabell 3. Utrustning och mätinstrument

Utrustning	Pris
1 st. Duschvärmväxlare 90x90 (se sid. 6, Figur 5)	460€
1 st. Bonus 15 kW genomströmningsvärmare (se sid. 4, Figur 2)	535€
Övrig utrustning:	120€
Installation:	300€
Totalt:	1415€
<u>Mätinstrument</u> 3 st. temperaturmätare (A, B och C i Figur 9) 1 st. flödesmätare (D i Figur 9)	

3.2 Teori

Beräkningarna som gjorts för mätvärdena i Kapitel 4 för resultatet visas i Tabell 4.

För Tabell 4 gäller att:

- VVX effekt: Värmeväxlarens effekt [kW], effekten vid mättillfället.
- GSV effekt: Genomströmningens värmeeffekt, [kW] vid mättillfället
- Total effekt: Systemets uppvärmningseffekt [kW], från inkommande kallvatten till uppvärmt duschvatten
- VVX verkningsgrad: Värmeväxlarens verkningsgrad i relation till den totala effekten.
- E.besparing VVX: Energibesparing från värmeväxlaren [kWh]
- E.besparing GSV: Energibesparing från genomströmningens värmaren [kWh], som beräknats med distributionsförluster från Tabell 1 (sid 7) med bättre isolering
- Besparing i euro: Systemets ekonomiska besparing då den ersätter en traditionell dusch med eluppvärmd varmvattenberedare utan värmeåtervinning och med ett energipris på 0,15 €/kWh.

Tabell 4. Beräkningar

Beräkning	Temperaturskillnad mellan mätpunkterna A, B och C		Vattenflödet i systemet mätt från punkt D	Vattnets densitet	Vattnets specifika värmekapacitet
	[C]	[C]	[dm ³ /s]	[kg/dm ³]	[KJ/(Kg*C)]
VVX effekt:	(B - A)	*	D	* 0,998	* 4,18
GSV effekt:	(C - B)	*	D	* 0,998	* 4,18
Total effekt:	(C - A)	*	D	* 0,998	* 4,18
VVX verkningsgrad:	Värmeväxlarens effekt [kW]/Totala effekten [kW]				
E.besparing VVX:	Värmeväxlarens effekt * tiden				
E.besparing GSV:	Totala effekten * tiden* värmeförlust från distribution				
Besparing i euro:	(E.besparing VVX + E.besparing GSV)*energi priset				

Källa: Intervju med Pekkala (2014)

3.3 Platsen för mätningens genomförande

Platsen där systemet undersöktes var i Helsingfors, Arcada yrkeshögskolans kompositlaboration, rum B225 (se kartan i Figur 14). Mätningarna genomfördes vid två olika tillfällen, 29.4.2014 och 30.5.2014.



Figur 14. Plats för undersökningen

4 RESULTAT

I Kapitel 4 ges mätningarna (4.1) samt de resultat som dessa ger. Dessa visas i grafer och tabeller. Genomströmningsvärmarens effekt visas beroende av systemets totala effekt (4.2). Verkningsgraden beroende av duschtiden (4.3), värmeväxlarens energibesparing (4.4) och distributionsförluster (4.5) beräknas från mätvärdena. Värmeväxlarens energibesparing samt distributionsförluster används för att beräkna kostnader och återbetalningstider (4.6).

4.1 Mätresultaten

4.1.1 Mätningar genomförda 29.4.2014

I Tabell 5 finns mätvärdena tagna 29.4.2014. Här har olika flöden och temperaturer testats. Mätvärdena har tagits efter jämvikt uppnåtts och syftet har varit att undersöka verkningsgraden vid konstant flöde och temperatur när jämvikt uppnåtts. De markerade mätvärdena har använts i den här rapporten.

Tabell 5. Temperaturmätning vid jämvikt

liter/min	T1 (A)	T2 (B)	T3 (C)	
Flöde (D)	Före VVX	Efter VVX	Efter GSV	Tid
6,38	8,7	8,5	10	14:28
6,3	5,2	6,6	8	14:29
7,33	5	5,7	7	14:33
7,3	4,9	5,7	7	14:34
7	5	5,6	7	14:38
5,7	5,3	15,5	23	15:32
5,4	5,3	15,5	24	
6,7	5,4	16,4	24	15:39
6,7	5,4	19,2	28	
7	5,4	20	33	15:43
6,8	5,3	20,7	34	15:46
5,15	5,5	21	35	15:49
5,15	5,5	21	35	15:51
4,8	5,6	21,1	35	15:53
3,3	5,8	17,9	32	15:54
3,4	5,9	19,7	34	15:56
7,3	6,7	22,4	34	
6	6,7	22,4	35	
4	6,5	20	30	16:43
3,7	7,2	14,6	26	16:59
3,7	6,5	17,6	25	17:03
6,6	6	22	36	17:06
6,8	5,6	22,8	41	17:08
6,8	5,5	25	43	17:11
6,8	5,5	25	43	17:12
4,2	5,8	27	44,5	17:17
6	25,6	35	46	17:21
6	25	36,9	48	12:22
6	26	35,9	48	17:23
4,9	6,3	19,2	28	17:31
4	5	18,5	28	17:45

4.1.2 Mätningar genomförda 30.5.2014

I Tabell 6-9 finns mätvärdena tagna 30.5.2014 med 15 minuters duschtid och mätvärden varje minut.

Tabell 6. Mätning 1; 15 minuters duschtid med 44 °C och 5,5 liter/min flöde från kranen

liter/min Flöde	°C Före VVX	°C Efter VVX	°C Efter GSV	min tid
5	23	23	38	0
5,25	21	33	40	1
5,45	14	32	44	2
5,43	9,5	30	46	3
5,5	8,6	28,7	45	4
5,3	8,3	26,6	44	5
5,5	8,2	28	44	6
5,45	8,2	27,9	44	7
5,6	8,2	26,2	44	8
5,5	8,2	27,4	44	9
5,6	8,2	29	44	10
5,7	8,2	28,7	44	11
5,6	8,2	27,9	44	12
5,6	8,2	27,7	44	13
5,5	8,2	26	44	14
5,5	8,2	27,5	44	15

Tabell 7. Mätning 2; 15 minuters duschtid med 34 °C och 5,7 liter/min flöde från kranen

liter/min Flöde	°C Före VVX	°C Efter VVX	°C Efter GSV	min tid
5,5	11,7	21	30	0
5,8	9,9	22	33	1
5,8	9,7	23,2	33	2
5,7	9,9	22	34	3
5,8	10,7	23,7	34	4
5,6	9,8	23,1	34	5
5,6	10	23	34	6
5,8	10,4	23,5	34	7
5,9	10,8	22,9	34	8
5,9	9,7	23,4	34	9
5,9	9,2	23,2	34	10
6	8,9	23,3	34	11
5,6	8,6	21,5	34	12
5,5	8,5	23	34	13
5,5	8,4	22,3	34	14
5,9	8,3	23	34	15

Tabell 8 med minskat kallvattenflöde från kranen och önskad duscht temperatur 36 °C.

Tabell 8. Mätning 3; 15 minuters duschtid med 36 °C och 3,4 liter/min flöde från kranen

liter/min Flöde	°C Före VVX	°C Efter VVX	°C Efter GSV	min tid
3,3	9,1	19,8	28	0
3,4	8,7	23	34	1
3,3	8,7	24	35	2
3,3	8,7	24	35	3
3,4	8,7	24	35	4
3,4	8,7	24	36	5
3,4	8,7	24	36	6
3,4	8,7	24	36	7
3,4	8,7	23	36	8
3,4	8,7	24,2	36	9
3,4	8,7	25	36	10
3,4	8,7	24,6	36	11
3,5	8,7	24	36	12
3,4	8,8	25	36	13
3,4	8,9	24,5	36	14
3,4	8,8	24,6	36	15

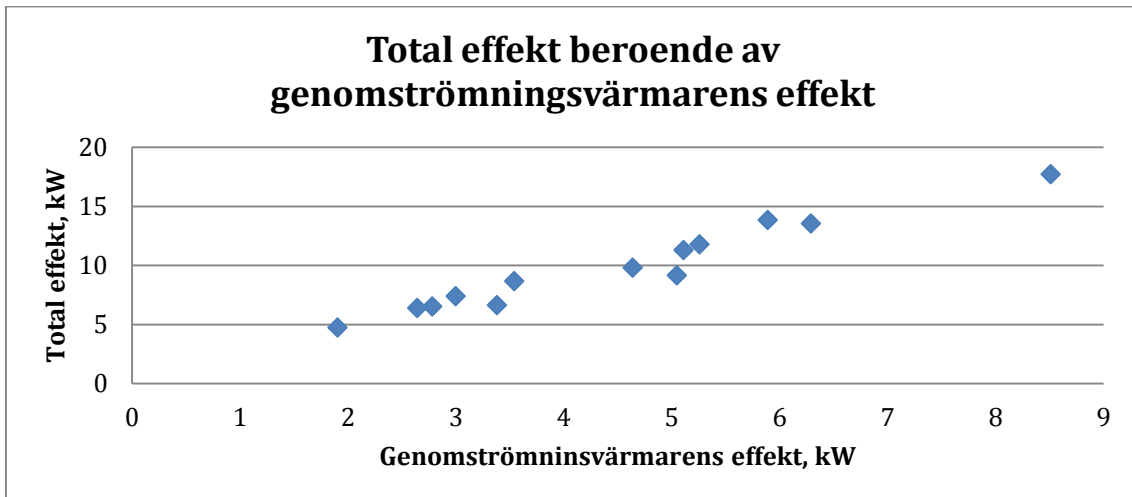
Tabell 9 med minskat kallvattenflöde från kranen och önskad duscht temperatur 46 °C.

Tabell 9. Mätning 4; 15 minuters duschtid med 46 °C och 3,9 liter/min flöde från kranen

liter/min Flöde	°C Före VVX	°C Efter VVX	°C Efter GSV	min tid
3,6	9,4	27	36	0
3,6	9	29	44	1
3,9	9,1	29	44	2
3,9	9	31	45	3
3,9	8,9	31	46	4
3,9	8,9	29,3	46	5
3,9	9	27,7	46	6
3,9	9	30	46	7
3,9	9,2	29,7	46	8
3,9	10,2	30	46	9
4	10,4	30,2	46	10
3,9	11	30,4	46	11
3,9	10,7	30,6	46	12
3,9	9,9	29,5	46	13
3,9	10	30	46	14
3,9	10	30	46	15

4.2 Genomströmningsvärmare och total effekt

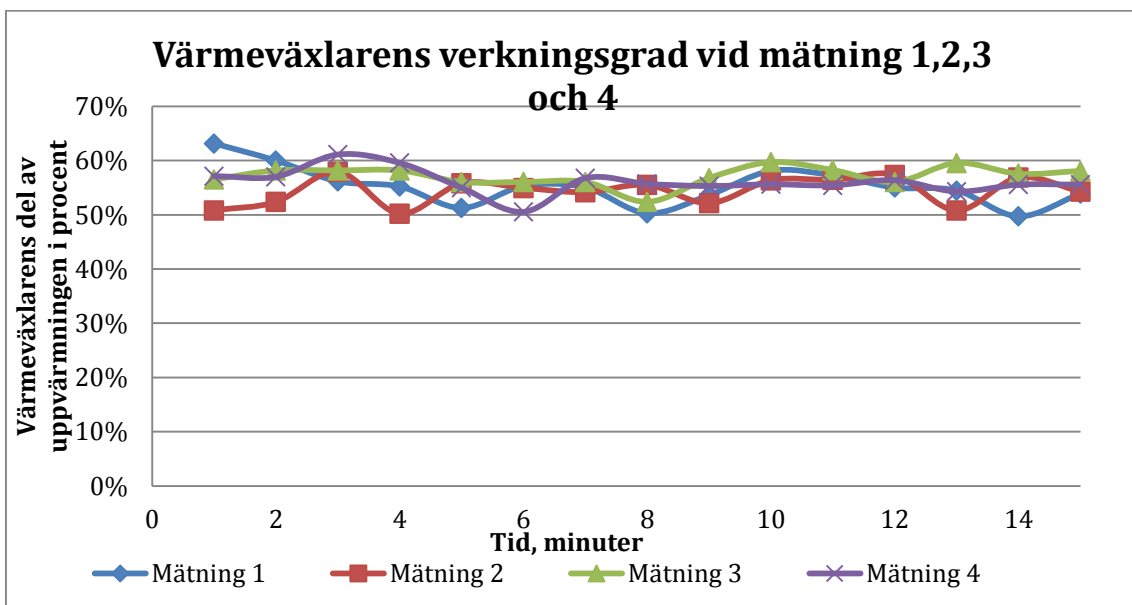
I Graf 1 visas vilken effekt som fås ut från kombinationen genomströmningsvärmare tillsammans med duschvärmeväxlaren. Effekterna har mätts efter 5-10 minuters flöde, med konstanta parametrar. Grafen visar värmeväxlarens effektminskningpåverkan.



Graf 1. Total effekt beroende av genomströmningsvärmarens effekt

4.2 Verkningsgrad beroende av duschtiden

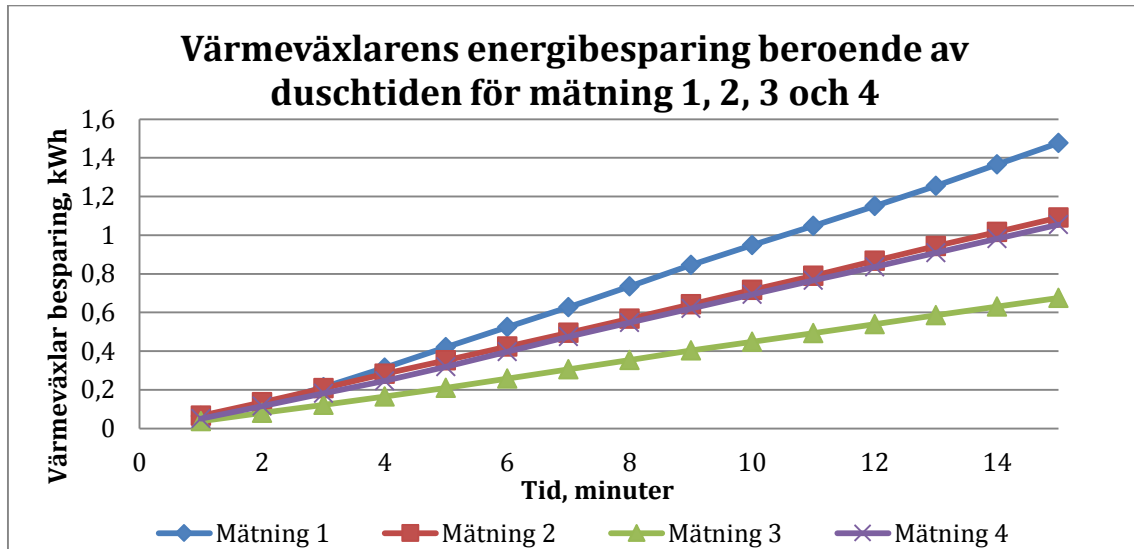
I Graf 2 visas värmeväxlarens verkningsgrader för Mätning 1,2,3 och 4 (se 4.1.2, Tabell 6-9). Verkningsgraden har beräknats enligt 3.2, Tabell 4 (formel VVX verkningsgrad).



Graf 2. Värmewäxlarens verkningsgrader

4.3 Värmeväxlarens energibesparing

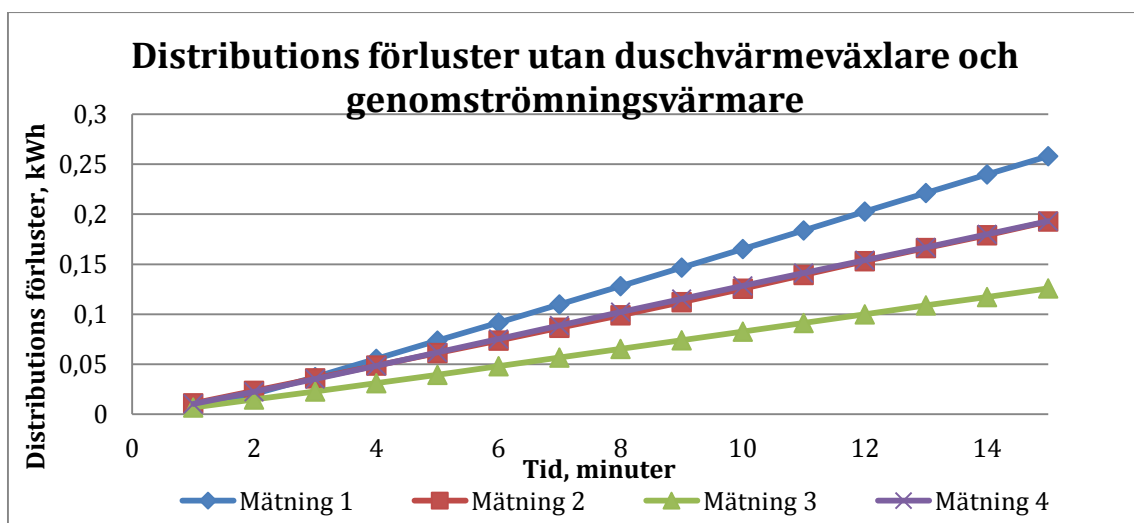
I Graf 3 visas värmeväxlarens energibesparing för Mätning 1,2,3 och 4 (se 4.1.2, Tabell 6-9) beroende av duschtiden. Energibesparingen har beräknats enligt 3.2, Tabell 4 (formel E.besparing VVX).



Graf 3. Värmeväxlarens energibesparing beroende av duschtiden

4.4 Distributionsförluster

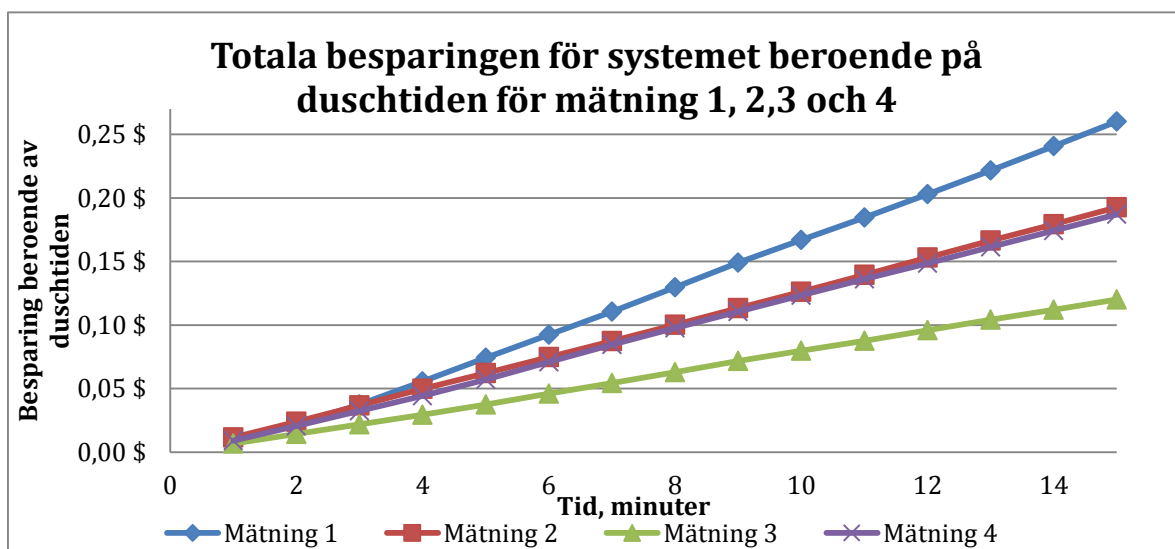
I Graf 4 visas distributionsförluster för Mätning 1,2,3 och 4 (se 4.1.2, Tabell 6-9) om genomströmningsvärmare och duschvärmeväxlare inte använts. Distributionsförlusterna har beräknats enligt 3.2, Tabell 4 (formel E.besparing GSV).



Graf 4. Distributionsförluster utan duschvärmeväxlare och genomströmningsvärmare

4.5 Systemets besparing

I Graf 5 visas systemets besparing med värmepump och genomströmningsväxlaren för Mätning 1,2,3 och 4 (se 4.1.2, Tabell 6-9). Besparingen har beräknats enligt Tabell 4 (Besparing i euro). För energipriset har använts 0,15 € /kWh (se 3.2).



Graf 5. Totala besparingen för systemet beroende på duschtiden

I Tabell 10 har den ekonomiska besparingen beräknats för 365 dagars användning med 5 minuter per person för Mätning 1,2,3 och 4 med 1 till 4 personer i hushållet. Ett medeltal för mätningarna har också beräknats. För energipriset har använts 0,15 € /kWh (se 3.2).

Tabell 10. Ekonomisk besparing per år beroende av antalet personer vid 5 minuters duschtid per dag

365 dagar, 5 minuter per dag per person	Antal personer			
	1	2	3	4
Medeltal för mätning 1-4	21,05816€	42,11632€	63,17448€	84,23264€
Mätning 1	27,05118€	54,10237€	81,15355€	108,2047€
Mätning 2	22,66986€	45,33971€	68,00957€	90,67942€
Mätning 3	13,6885€	27,377€	41,0655€	54,754€
Mätning 4	20,8231€	41,6462€	62,46931€	83,29241€

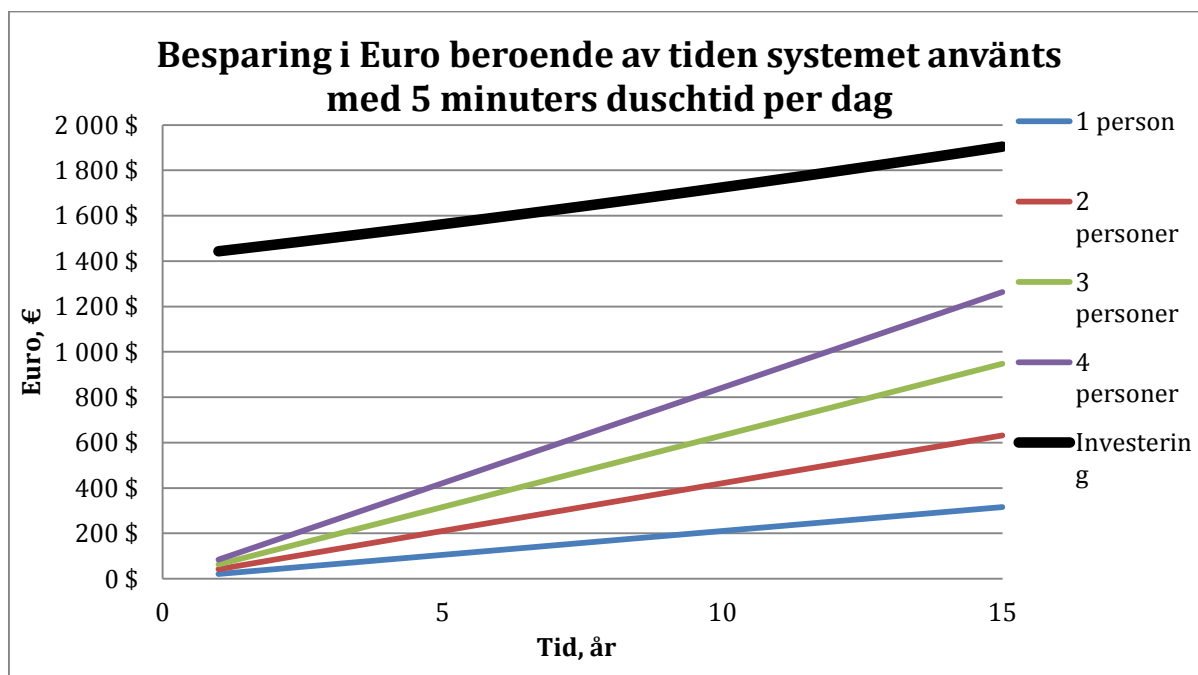
I Tabell 11 har den ekonomiska besparingen beräknats för 365 dagars användning med 10 minuter per person för Mätning 1,2,3 och 4 med 1 till 4 personer i hushållet. Ett medeltal för mätningarna har också beräknats. För energipriset har använts 0,15 € /kWh (se 3.2).

Tabell 11. Ekonomisk besparing per år beroende av antalet personer vid 10 minuters duschtid per dag

365 dagar, 10 minuter per dag och person	Antal personer			
	1	2	3	4
Medeltal för mätning 1-4	45,28211€	90,56422€	135,8463€	181,1284€
Mätning 1	60,95006€	121,9001€	182,8502€	243,8002€
Mätning 2	46,06898€	92,13796€	138,2069€	184,2759€
Mätning 3	29,07259€	58,14517€	87,21776€	116,2903€
Mätning 4	45,03682€	90,07363€	135,1105€	180,1473€

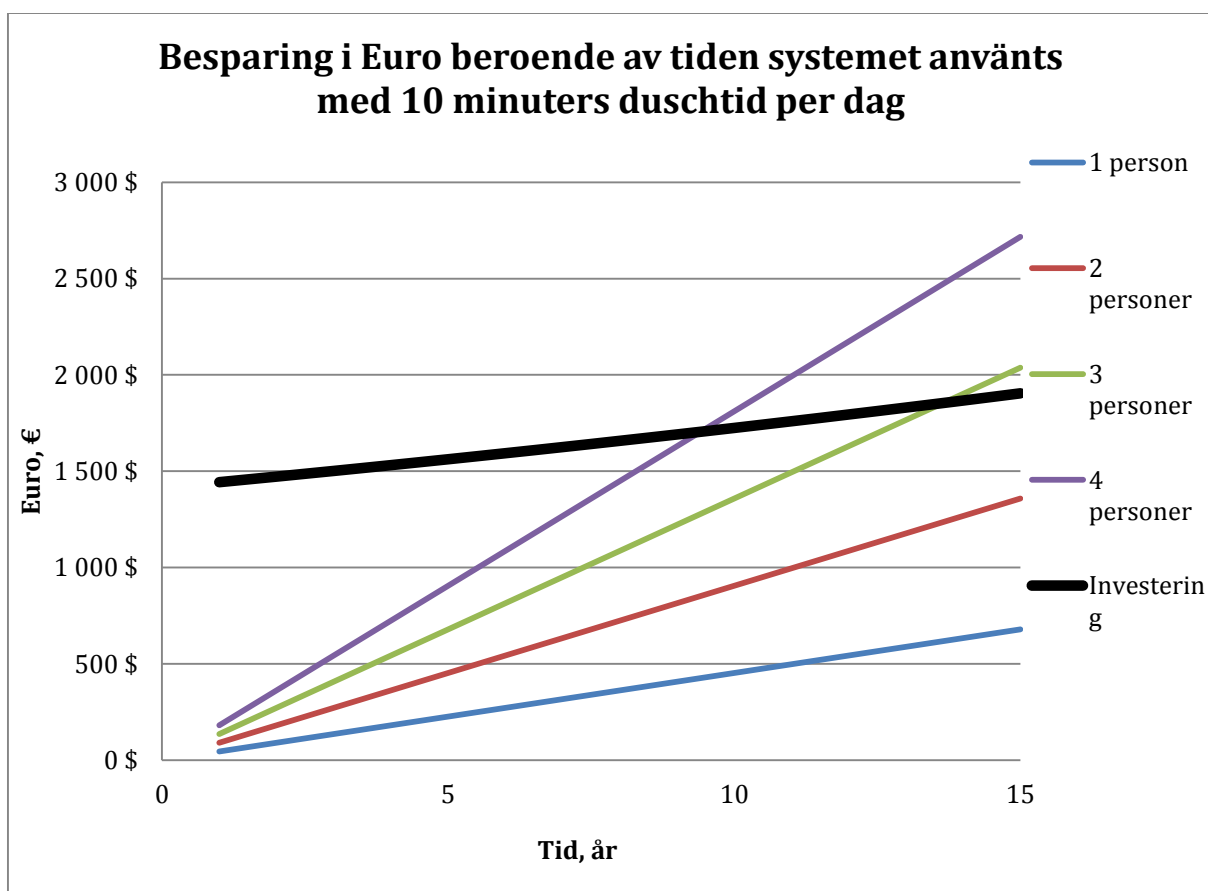
I Graf 6 visas systemets besparing med värmeväxlaren och genomströmningsväxlaren beroende på antalet år som systemet använts med 5 minuters duschtider per person. Användningen är baserad på medel förbrukningen för Mätning 1-4 från Tabell 10 (se 4.1.2).

Investeringskostnaden per år är baserad på kostnaderna som visas i Tabell 3, och med 2 % ränta. För energipriset har använts 0,15 € /kWh (se 3.2).



Graf 6. Besparing i Euro beroende av hur många år systemet använts med 5 minuters duschtid per person.

I Graf 7 visas systemets besparing med värmeväxlaren och genomströmningsväxlaren beroende på antalet år som systemet använts med 10 minuters duschtider per person. Användningen är baserad på medel förbrukningen för Mätning 1-4 från Tabell 10 (se 4.1.2). Investeringskostnaden per år är baserad på kostnaderna som visas i Tabell 3, och med 2 % ränta. För energipriset har använts 0,15 € /kWh (se 3.2).



Graf 7. Besparing i Euro beroende av hur många år systemets använts med 10 minuters duschtid per person.

5 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

I Kapitel 5 undersöks resultatens pålitlighet (5.1), resultatet från Kapitel 4 diskuteras och slutsatser ges (5.2).

5.1 Resultatets pålitlighet

I Bilaga 1, Graf 8 visas verkningsgraden som tillverkaren har kommit fram till baserat på egna mätningar. I dessa mätningar varierar verkningsgraden mellan 42 och 66 %. Från vårt resultat i stycke 4.3, Graf 3 varierar verkningsgraden till största delen mellan 50-60 %. Tillverkaren har använt en varmvattenbehållare och blandare för uppvärmning av duschvattnet, mot vår genomströmningsvärmare. Men detta visar ändå att våra mätvärden är rimliga för värmeväxlarens del.

För genomströmningsvärmarens del är principen enkel. Vattnet värms till en förutbestämd temperatur. Med ökad vattentemperatur till genomströmningsvärmaren minskar effektbehovet vid konstanta flöden. Genomströmningsvärmarens uppmätta effektbehov och effektminskning kan därför också anses vara rimligt.

5.2 Diskussion och slutsatser

Graf 1 visar att värmeväxlaren minskar betydligt på genomströmningsvärmarens effektbehov. Det är främst de höga effekterna som begränsar användningen av genomströmningsvärmaren. Med värmeväxlaren kan alltså genomströmningsvärmarens användningsmöjligheter ökas till fastigheter där den höga effekten var begränsad. Graf 1 visar att genomströmningsvärmaren kunde klara sig med en effekt på 6 kW, istället för 15 kW. I hushåll med bastu, kan effekten från bastun kopplas ut då duschen används så att effektbehovet inte behöver ökas för fastigheten.

Graf 5 visar den totala besparingen per duschning beroende av flödet och duschtemperaturen. Grafen visar att det finns betydliga skillnader på besparingen som beror på den tid som användaren duschar och vilket flöde som används. Det är tydligt att användaren kan påverka mycket med sin egen duschförbrukning.

I Graf 6 och 7 har ett medelvärde över besparingen använts från alla mätningar (se Tabell 10 och 11) och beräknats beroende på antalet år. Graf 6 visar att med 5 minuters duschtider lönar det sig inte med värmepåväxlare, även om 4 personer använder den. Det visar att duschvärmepåväxlaren kan vara ett bättre alternativ för personer som önskar spara energi, men i praktiken har svårt att ändra sin egen förbrukning. Med duschvärmepåväxlaren får de en direkt energibesparing utan att behöva ändra på sina vanor.

Graf 7 visar att systemet kan bli lönsamt i ett hushåll med minst 3 personer som duschar i snitt minst 10 minuter per dag. Återbetalningstiden är dock lång, ca 9 år för en familj på 4 personer. Systemets lönsamhet är direkt beroende av dess användning och investeringens lönsamhet varierar beroende på dess användare.

Duschmunstycket som användes var ett spar munstycke och vattenflödet kom från en tappvattenkran som ofta har lägre flöden. Flödet från duschen kan även vara 12 liter i minuten eller mer (se 2.4) mot de flödena som mätningarna utfördes på mellan 3 och 6 liter i minuten. Den här undersökningen är inte komplett och ska inte användas som sådan i en generell lönsamhets kalkyl. Flöden från vattenkranen som använts var begränsat, varför det kan antas att i duschar med större flödesmöjligheter kan också lönsamheten vara större.

Med genomströmningsvärmaren kan också varmvattenberedaren och dess värmeförluster undvikas (se Tabell 2). I den här undersökningen har inte varmvattenberedarens varmvattenlagringsförluster tagits hänsyn till, utan det har antagits att varmvattenberedaren fortfarande behövs för hushållens andra tappvarmvattenbehov. I de fall där varmvattenberedaren kan undvikas helt skulle också energibesparingen öka. Det skulle även ge en mindre investeringskostnad om varmvatten behållaren samt varmvattenrören kan undvikas.

Slutsatsen är att duschvärmväxlare tillsammans med genomströmningsväxlaren kan vara lönsam i hushåll med minst 3-4 personer där duschen används kring 10 minuter per person och dag. Det är alltså en total duschtid på minst 40 minuter per dag som krävs för flöden på minst 4-5 liter/ minuten innan återbetalningstiden börjar bli rimlig. Genomströmningsvärmarens främsta fördel är att vattnet värms vid behov och tillgången på varmvatten är inte begränsad till beredarens storlek.

Som svar på frågeställningen i 1.4 får vi att:

- 1) Duschvärmväxlarens verkningsgrad varierar enligt mätningarna med 50-60 %.
- 2) Nyttan med att ha en duschvärmväxlare tillsammans med en genomströmningsväxlare är att dess effektbehov kan minskas, vilket gör den tillgänglig i hushåll med lägre effektmöjligheter.
- 3) I hushåll med minst 3 personer kan ett system med genomströmningsvärmare och duschvärmväxlare vara lönsamt, förutsatt att duschanvändningen är normal.

6 FÖRSLAG PÅ VIDARE ARBETEN

I Kapitel 6 ges förslag till vidare undersökningar.

6.1 Duschkabin

Ett förslag är att bygga och testa en duschkabin med 2-3 integrerade värmväxlare och genomströmningsvärmare. Detta skulle ytterligare minska på genomströmningsvärmarens effektbehov och öka energibesparingen. Samtidigt kan också riktiga mätningar genomföras, helst över en längre tidsperiod.

KÄLLOR

- D3 (2012). Byggnaders energiprestanda; Föreskrifter och anvisningar 2012. Finlands byggbestämmelsesamling Miljöministeriet, Avdelning för den byggda miljön. Tillgänglig: http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Svenska.pdf
- Grönholm, Maiju. (2011) Jäteveden lämmöntalteenotto. Examensarbete i utbildningsprogram Talotekniikka, Metropolia. Tillgänglig: <http://theseus.fi/handle/10024/32868>
- Huipputuotteet. BONUS vedenlämmitin 15 kW. Tillgänglig: <http://huipputuotteet.fi/geisir-vedenlaemmittimet/bonus-15-kw>
- Incropera, Frank P, DeWitt David P, Bergman, Ted, Lavine, Adrienne, 2006, Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 6 uppl., Wiley. (s. 3 – 10)
- Miljöministeriet (2013). Miljöministeriets förordning om energicertifikat för byggnader. Tillgänglig: <http://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2013/20130176> Hämtad: 27.5.2014
- Motiva. Vedenkulutus. Vedenkulutuksessa suurta vaihtelua. Motiva. Tillgänglig: http://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/mihin_ energiaa_ kuluu/vedenkulutus Hämtad: 22.5.2014
- Olsson, Daniel (2003). Temarapport, Effektiv. Tillgänglig: http://www.effektiv.org/pdf_filer/Tappvarmvatten.pdf
- Pekkala, Ossian. (2014) Ingenjör (AMK), Raksystems Anticimex. Intervju 29 april.
- Rask, Kristoffer (2012). Värmeåtervinning ur spillvatten, en utredning av möjligheterna med spillvattenvärmeväxlare. Examensarbete, Högskolan Gävle, Akademin för teknik och miljö. Tillgänglig: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:614308/FULLTEXT01.pdf>
- Ratilainen, Matti. (2013) Omakotitalon sähkönkulutus ja energiatehokkaat ratkaisut. Examensarbete, Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Tillgänglig: <http://theseus.fi/handle/10024/60500>
- Råd & Rön (2003). Test: Ackumulatortankar. Tillgänglig: http://www.radron.se/Documents/Tester%20med%20annat%20betygssystem/tabletter/030516_5_ackumulatortank_tab.pdf
- Sparavarmvatten (2013) Installations- och skötselanvisningar. Tillgänglig: <http://sparavarmvatten.se/kundservice.html>
- Nassiri, Fuad (2014) Analys av värmeåtervinning för spillvatten i flerbostadshus med rörvärmeväxlare. Examensarbete i utbildningsprogram Distribuerade energisystem, yrkeshögskolan Arcada
- Spara varmvatten (2013) Duschvärmeväxlare med energiåtervinning Tillgänglig: <http://sparavarmvatten.se/duschvarmevaxlare.html>

BILAGA 1

Tillverkaren för duschvärmväxlaren har gjort mätningar av verkningsgraden då varmvattenberedaren använts som energikälla. Verkningsgraden visas i Graf 10.

Mätvärdena är tillgängliga i en Excel fil på tillverkarens hemsida med direktlänken:

sparavarmvatten.se/dokument/Matningar_DVV90.xls

Duschvärmväxlare 90

Inkoppling enbart i Dusch

Duschflöde varierat

Minsta verkningsgrad 42,4%

Genomsnittlig verkningsgrad 48,5%

Maximal verkningsgrad 56,3%

D = Dusch

E = Efter värmväxlare

K = Kallvatten

V = Varmvatten

U = Uppvärmning (E-K)

% = Verkningsgrad (återvunnen energi i procent av tillförd energi)

Duschvärmväxlare 90

Inkoppling i Dusch och

varmvattenberedare

Duschflöde varierat

Minsta verkningsgrad 50,0%

Genomsnittlig verkningsgrad 60%

Maximal verkningsgrad 66,7%

D = Dusch

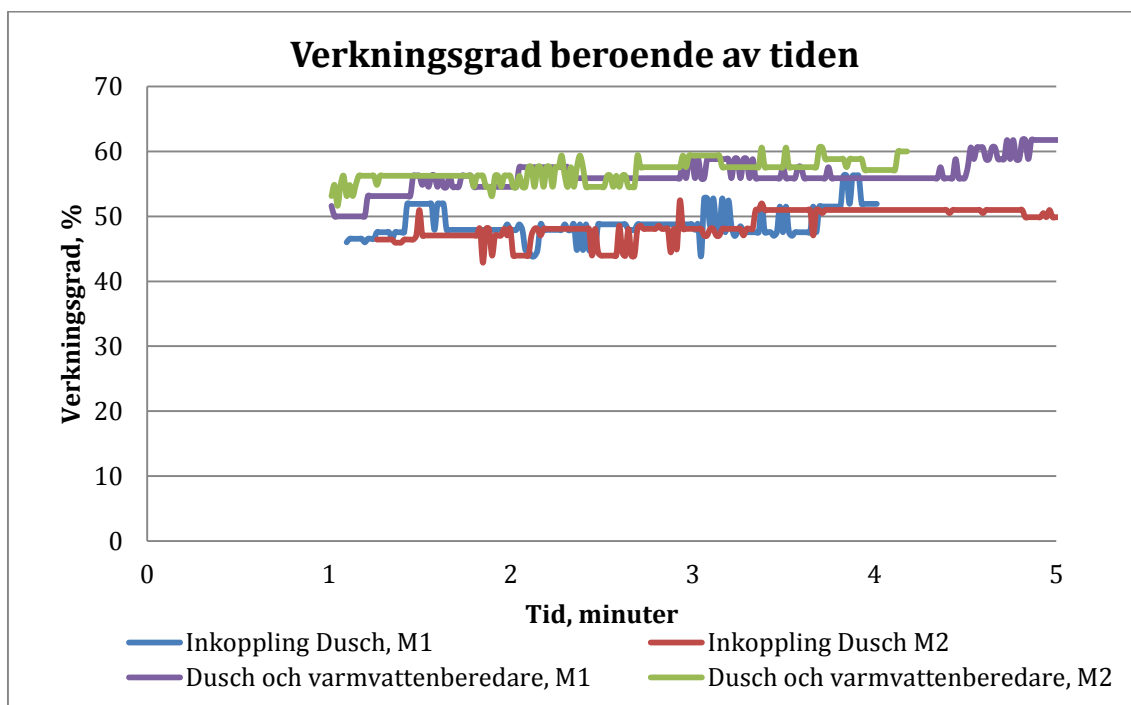
E = Efter värmväxlare

K = Kallvatten

V = Varmvatten

U = Uppvärmning (E-K)

% = Verkningsgrad (återvunnen energi i procent av tillförd energi)



Graf 8. Mätningar av verkningsgraden gjorda av tillverkaren (Sparavarmvatten)