

# MÄTNING AV SPILLVARMVATTEN- VÄRMEVÄXLING I BOSTADSFÄSTIGHET

**Tommy Walfridson, Skanska Teknik**

**2016-11-15**

# FÖRORD

Projektet Mätning av spillvattenvärmeväxling i bostadsfastighet har utförts från våren 2014 till hösten 2016. Projektledare och författare till rapporten är Tommy Walfridson, verksam på Skanska Sverige AB, Skanska Teknik, Energi-gruppen.

Projektet har delfinansierats av SBUF och Skanska Sverige AB.

Särskilt stort tack riktas till referensgruppen för stöd och engagemang:

Jan Berggrén, NCC  
Roland Jonsson, HSB  
Johnny Kellner, Veidekke/fristående konsult  
Bengt Nordling, SP  
Anders Norgren, Sandvikenhus

Samt kollegor på Skanska Teknik, Energi-gruppen:

Björn Berggren  
Mikael Engström  
Marie Forshällen  
Hanna Åkerlund  
Kaisa Liib

Stockholm 2016-11-15

Tommy Walfridson

# SAMMANFATTNING

Rapporten visar på potentialen hos en liggande spillvattenvärmeväxlare, som är en del av spillvattenstammen, den återvinner ca  $12\pm 3\%$  av värmen i spillvattnet. Eftersom mycket energi används till produktion av varmvatten är detta trots allt inte försumbar mängd återvunnen energi, grovt  $2,5 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{år}$  återvinns, något som kan vara så svårt att uppnå på alternativa vägar i en *redan energieffektiv* fastighet.

Det går inte utesluta att en väsentlig del av återvinningen beror på den långa kallvattenledningen som är förlagd längs spillvattenledningen uppströms spillvattenvärmeväxlaren, då kallvattenledningens isolering är okänd. Kallvattenledningen är ca 40 m lång och kommer fungera som en värmeväxlare om den har dålig isolering.

Mätningen har pga. externt beroende av omprogrammering av loggningen och det långa avståndet till mätobjektet inte blivit alls så detaljerad som planerades. Endast ackumulerad energi loggades och under en stor del av tiden enbart en gång per dygn. Därför har inga detaljerade slutsatser om varmvattenförbrukningens fördelning över dygnet kunnat dras. Inte heller har mätnoggrannheten kunnat kontrolleras då temperaturerna, som bestämmer mätnoggrannheten, inte loggades.

Under starten av projektet togs en metod att mäta även spillvattensida fram, denna metod kan användas av andra projekt, men det rekommenderas att detta görs i ett projekt med väl tilltagen budget, då metoden inte testats praktiskt. Teoretiskt finns inga tydliga hinder för funktionen i mätmetoden. Detta beskrivs i kapitel 4.2 och kapitel 4.3.

# INNEHÅLL

|          |                                                 |           |
|----------|-------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>BAKGRUND</b> .....                           | <b>4</b>  |
| 1.1      | HUSHÅLL .....                                   | 5         |
| 1.2      | SPILLVATTENVÄRMEVÄXLAREN .....                  | 5         |
| <b>2</b> | <b>INSTALLATION</b> .....                       | <b>7</b>  |
| 2.1      | INSTALLERAD MÄTUTRUSTNING.....                  | 9         |
| 2.1.1    | <i>Mätnoggrannhet</i> .....                     | 10        |
| <b>3</b> | <b>RESULTAT</b> .....                           | <b>11</b> |
| 3.1      | ÅTERVINNINGSGRAD.....                           | 11        |
| 3.1.1    | <i>Diskussion mätnoggrannhet</i> .....          | 11        |
| 3.1.2    | <i>Mätning t.o.m. 2014-06-26</i> .....          | 11        |
| 3.1.3    | <i>Mätning 2014-06-26 till 2015-02-18</i> ..... | 11        |
| 3.1.4    | <i>Uträknat från tidsserien</i> .....           | 11        |
| 3.2      | ÅTERVUNNEN ENERGI.....                          | 12        |
| <b>4</b> | <b>DISKUSSION</b> .....                         | <b>15</b> |
| 4.1      | SLUTSATSER EFTER FÖRSTA PROJEKTMÖTET .....      | 15        |
| 4.2      | MÄTUTRUSTNING.....                              | 16        |
| 4.2.1    | <i>Val av utrustning</i> .....                  | 16        |
| 4.2.1.1  | Ultraljudsmätare FDU90, Endress-Hauser .....    | 16        |
| 4.2.1.2  | Ultraljudsmätare P43, OEM AB .....              | 16        |
| 4.3      | PRAKTISKT UTFÖRANDE I SPOLBRUNNEN .....         | 16        |
| 4.3.1    | <i>Mätområde</i> .....                          | 19        |
| 4.3.2    | <i>Mätnoggrannhet</i> .....                     | 21        |
| 4.3.3    | <i>Flöde i spillvattenledningen</i> .....       | 21        |
| 4.4      | NOGGRANNARE UPPMÄTNING .....                    | 22        |
| 4.5      | MÄTNING ENLIGT ANSÖKAN.....                     | 23        |
| 4.5.1    | <i>Begränsningar i mätning</i> .....            | 23        |
| 4.6      | PÅVERKAN AV MARKEN .....                        | 24        |
| <b>5</b> | <b>REFERENSER</b> .....                         | <b>24</b> |

# 1 BAKGRUND

Spillvattenvärmeväxling är ovanligt som energibesparande lösning i fastighetsprojekt, de första installerades i Sverige för ca 20 år sedan. På en handfull av dessa projekt har mätning utförts för att kontrollera prestandan, d.v.s. hur väl värmeväxling mellan utgående spillvatten och inkommande kallvatten i bostäder fungerar i praktiken<sup>1 2 3 4</sup> [1, 2, 4, 5]. De få värmeväxlare som faktiskt uppmätts visar alla låg återvinning, flertalet ligger kring 10-12% . Utöver dessa rapporter finns en rapport om spillvattenvärmeväxling i simhallar, där väsentligt annan teknik kan användas pga. mycket större energianvändning och jämnare flöden<sup>5</sup> [3]. BeBo utlös även en teknikupphandling om av värmeåtervinningssystem för spillvatten i flerbostadshus hösten 2013<sup>6</sup> [6]. Upphandlingen avbröts våren 2014 pga. för få anbud, den övergick sedan till en teknikutvecklingstävling<sup>7</sup> [7]

Skanska har byggt om och byggt till hyresfastigheten Dalslänningen i Sandviken åt Sandvikenhus och där installerat en spillvattenvärmeväxlare från för att minska energibehovet för varmvattenproduktion. Spillvattenvärmeväxlaren från Sandviken Projektutveckling AB är nyutvecklad och patentsökt och påstås ha en temperaturverkningsgrad på 75 %. Temperaturverkningsgraden är verkningsgraden i själva värmeväxlaren, som antagligen är testad vid hög spillvattentemperatur, för att få så högt värde. I verkligheten, pga. utspädning av kallvatten och värmeförluster i rör, så är temperaturen på spillvattnet låg, 25-35°C. Detta sänker temperaturverkningsgraden, men påverkar också systemverkningsgraden. Med systemverkningsgraden menas hur stor andel av varmvattenenergi som kan återvinnas i spillvattenvärmeväxlaren, d.v.s. den energiandel av varmvattnet som inte behöver värmas (med t.ex. fjärrvärme). Systemverkningsgraden är väsentligt lägre än temperaturverkningsgraden och intressantare för fastighetsägaren.

Dalslänningen är inflyttad igen sedan hösten 2013. Genom att mäta upp återvunnen energi i Dalslänningen hjälper vi till att visa på vilken potential som finns i spillvattenvärmeväxling, specifikt för denna nya och hittills otestade lösning. Varmvattenanvändningen i bostäder varierar, men enligt Sveby så räknar vi med 25kWh/m<sup>2</sup> år, oavsett verklig användning. Med 10 % återvinning sparar vi alltså 2,5kWh/m<sup>2</sup>. Detta kan tyckas lite, men kan vara viktigt för att nå hög energiprestanda.

Syftet med projektet är att mäta upp återvinningsgraden hos den spillvattenvärmeväxlare från Sandviken Projektutveckling AB som finns installerad i fastigheten Dalslänningen i Sandvikenhus hyreshusbestand i Sandviken. Denna typ av värmeväxlare är inte tidigare uppmätt.

Skanska lät installera en spillvattenvärmeväxlare (SVX) i ett av Sandvikenhus hyresfastigheter på Barrsätragatan 31 i Sandviken som en del i Svanenmärkningen av fastigheten vid renovering/tillbyggnad. Man valde då en liggande SVX från SPUAB, Sandviken Projektutveckling AB.

Spillvarmvattenvärmeväxlaren är en av de första som installerats i fastigheter byggda eller renoverade av Skanska, varför intresse fanns att utvärdera dess prestanda.

Fastigheten Dalslänningen består av Barrsätragatan 29, 31 & 33, den byggdes som en del av miljonprogrammet i början av 60-talet. Den ligger centralt i Sandviken, Gästrikland.

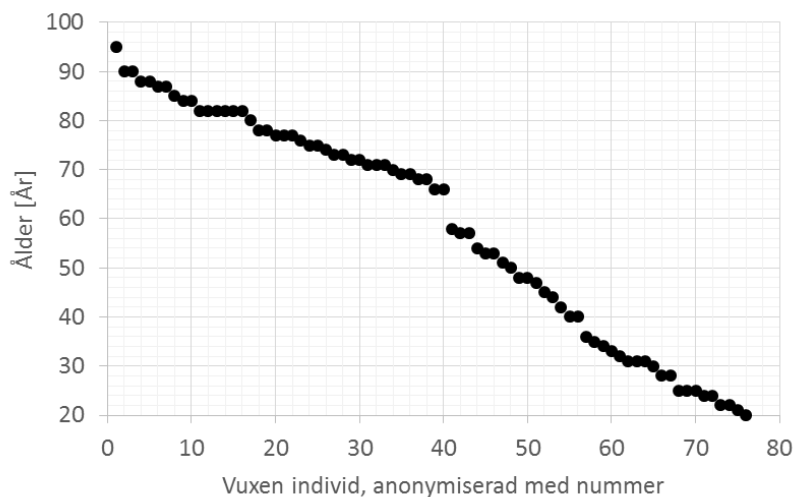
Till skillnad från Barrsätragatan 29 & 33 renoverades Barrsätragatan 31 till i princip nyproduktionsstandard och miljöcertifierades med Svanen. Vid renoveringen kompletterades huset med två övre våningar, det utökade huset ursprungliga 38 lägenheter med 22 nya, alltså till totalt 60 lägenheter. Renoveringen startade 2012 och nyinflyttning skedde i augusti 2013. Huset har nu fler mindre lägenheter än tidigare, då sex treor och sex fyror gjorts om till 18 tvåor.



Figur 1 Foto på Barrsättragatan 31 efter renoveringen utförts. Från Sandvikenhus.

## 1.1 HUSHÅLL

I huset bodde under hösten 2015 en majoritet av äldre. Enligt birthday.se var 53 % av de vuxna i huset över pensionsålder. Åldersfördelningen av de vuxna syns i anonymiserade datat i Figur 2 nedan.

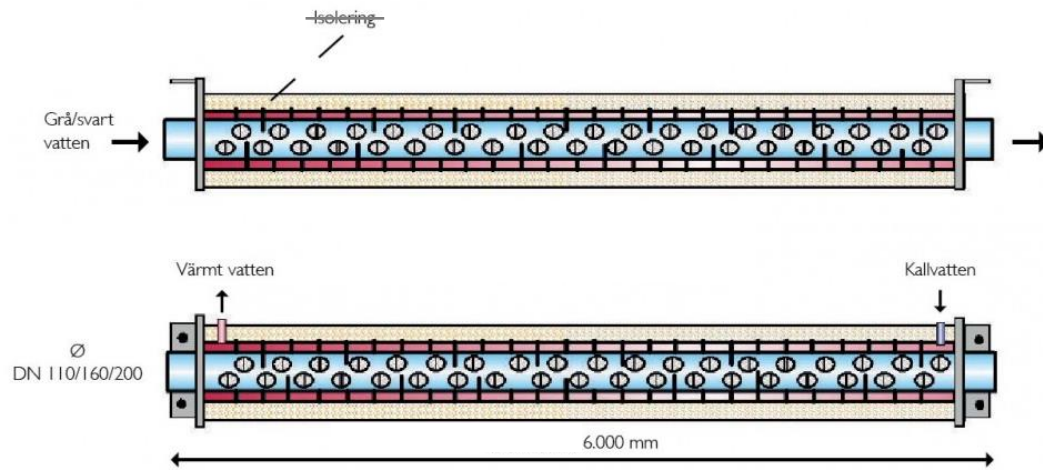


Figur 2 Åldersfördelning hos de vuxna på Barrsättragatan 31. Varje individ har fått ett nummer från 1 till 76, istället för sitt verkliga namn. Namndata har inte sparats.

Åldersfördelningen påverkar naturligtvis hur och i vilken mängd varmvatten används.

## 1.2 SPILLVATTENVÄRMEVÄXLAREN

Spillvattenvärmeväxlaren (SVX) är av liggande typ och är tillverkad av SPUAB, Sandviken Projektutveckling AB. Den består av 6 m långt rostfritt 200 mm rör omslutet av ett något grövre rör, ca 220 mm. I det inre röret passerar och kyls spillvattnet, i utrymmet mellan rören passerar och förväms det blivande varmvattnet innan det kommer fram till fjärrvärmeväxlaren.



Figur 3 Spillvattenvärmeväxlarens utförande. Värmeväxlaren på Barrsätragatan 31 är utförd utan isolering. Bild från spuab.se



Figur 4 Spillvattenvärmeväxlaren (kortare utförande) med SPUAB:s Torsten Bauer och Stenna Holmström. Bild från spuab.se



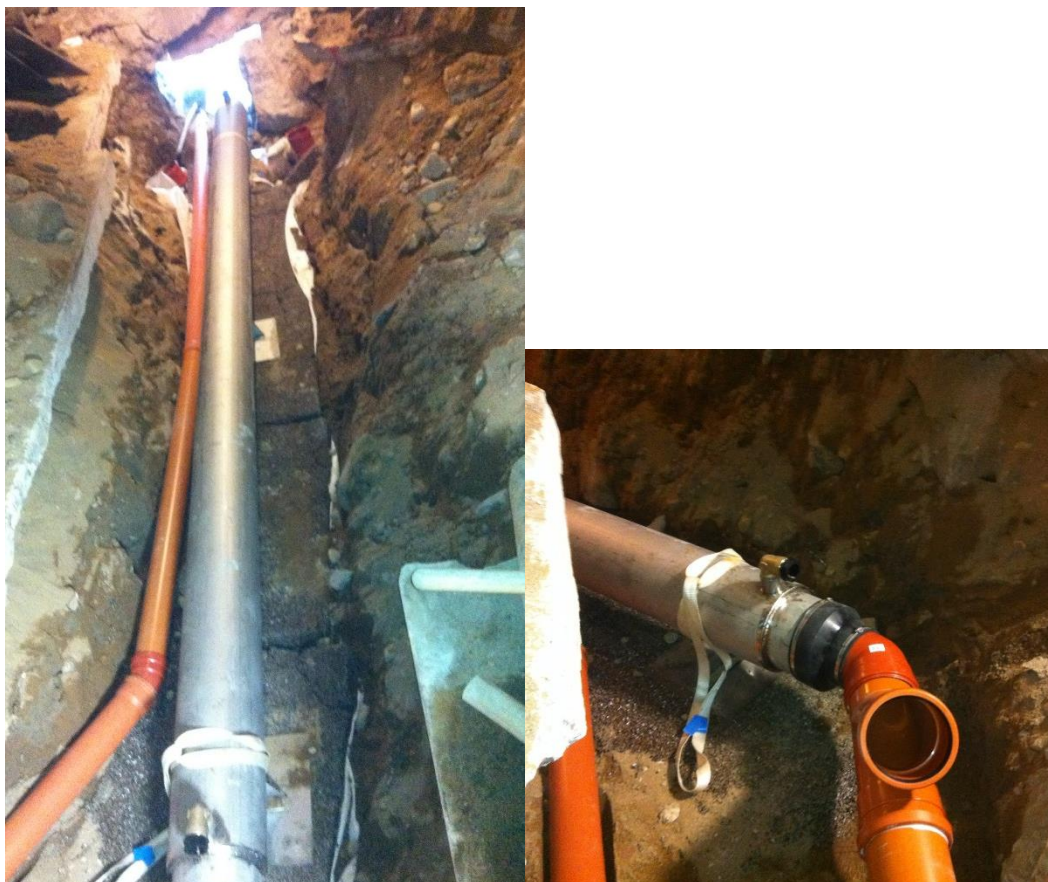
Figur 5 Spillvattenvärmeväxlaren är utförd med bucklor på det inre röret, antagligen i tron att det ska öka turbulensen och därmed värmeöverföringen. Bild från spuab.se

## 2 INSTALLATION

Hela spillvattensystemet byttes ut i fastigheten, spillvattenvärmeväxlaren (SVX:en) placerades i slutet på stammen där den går ut genom källarväggen. Pga oklara ritningar är det osäkert om två lägenheter och fyra WC/Dusch i andra lägenheter är anslutna till SVX:en eller inte. Troligen är de anslutna, är de inte det saknas alltså spillvattenflödet från 10% av WC/Dusch:arna och 3% av köken.

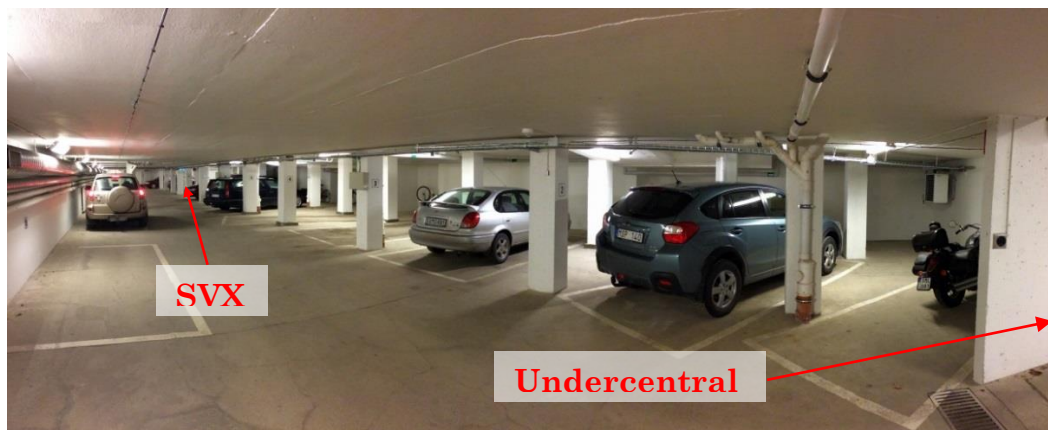


*Figur 6 Spillvattenledningen i garaget innan gjutning av golvet, sett från undercentral (vänster) och mot UC (höger). Den tunnare ledningen är dagvattenledning för garaget. Kallvattenledningen till och från undercentralen ligger i detta dike också (inte ditlagd på dessa foton)*

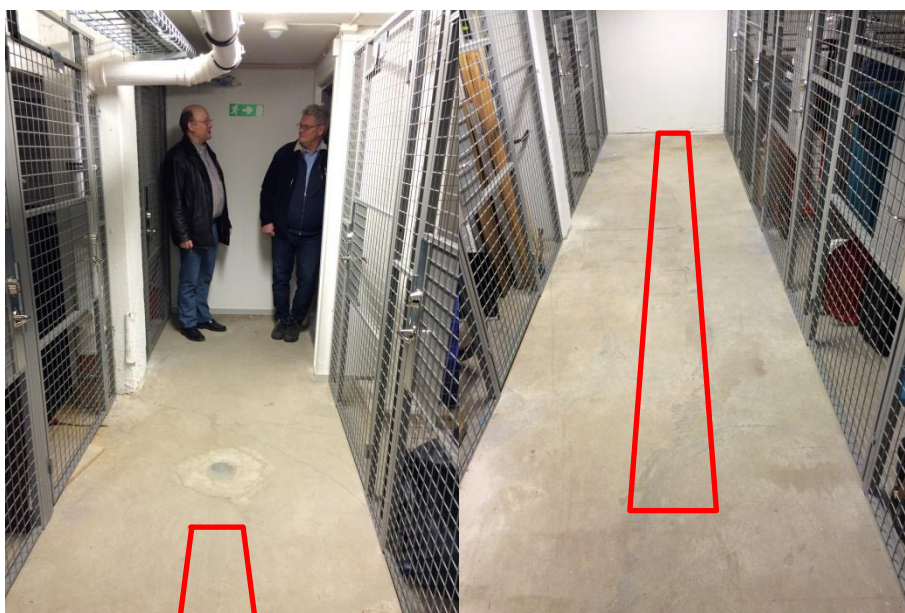


*Figur 7 Spillvattenvärmeväxlaren (SVX:en) placerad på dränerande isolering av typ Pordrän. Detalj på koppling mellan spillvattenledning och SVX:en till höger. Spolbrunn inte synlig på bilden, eller möjligen inte placerad än.*





Figur 8 Garaget efter renoveringen är slutförd

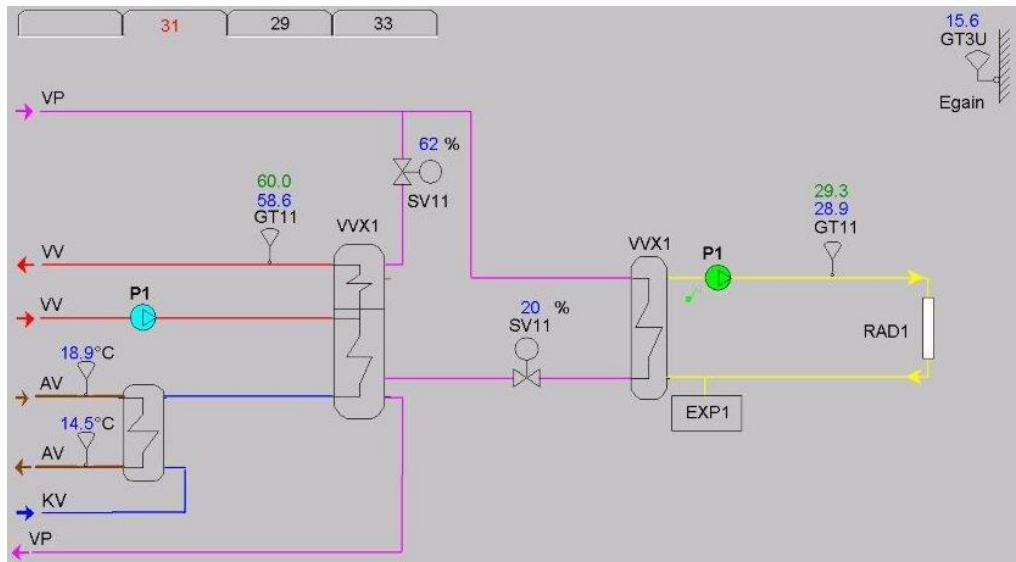


Figur 9 Placering av SVX under golvet i förrådsutrymmet i källaren. Till vänster syns spolbrunnen innan SVX:en, med på bilden är oxå Anders Norgren, byggprojektledare & Per-Erik Karlsson, energikontroller, båda Sandvikenhus

I Figur 7 & Figur 9 syns att det inte finns någon möjlighet att komma åt utloppet av spillvatten ur SVX inom fastigheten, då SVX går igenom ytterväggen, den enda möjligheten är alltså att mäta i spolbrunnen utanför.

Eftersom den liggande spillvattenledningen är förlagd oisolerad i sand kommer värmeöverföringen till marken vara stor, speciellt gäller detta spillvattnet från de stammarna längre österut i fastigheten.

SVX:en matas med kallvatten från undercentralen, ca 40m från SVX:en, kallvattnet värms i SVX:en och går sedan tillbaka lika långt innan det matas in i fjärrvärmväxlaren och blir varmvatten. Denna långa sträcka innebär att kallvattnet kommer värmas av huset och av spillvattenledningen, eftersom värmeöverförande ytan är stor i förhållande till den transporterade volymen vatten.



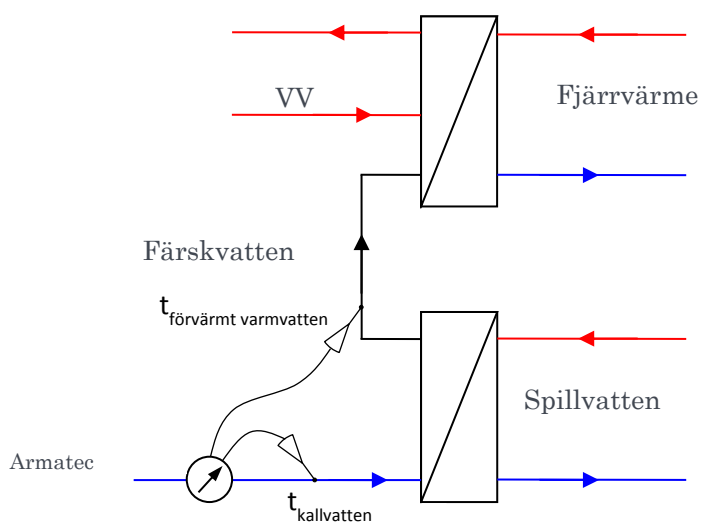
Figur 10 Inkoppling schematisk av SVX, enligt fastighetens överordnade system. Observera att temperaturgivarna sitter på spillvattensidan i bilden, de sitter på färskvattensidan i verkligheten.

## 2.1 INSTALLERAD MÄTUTRUSTNING

På färskvattensidan används Armatec PolluStat E, AT 7500C energimätare.



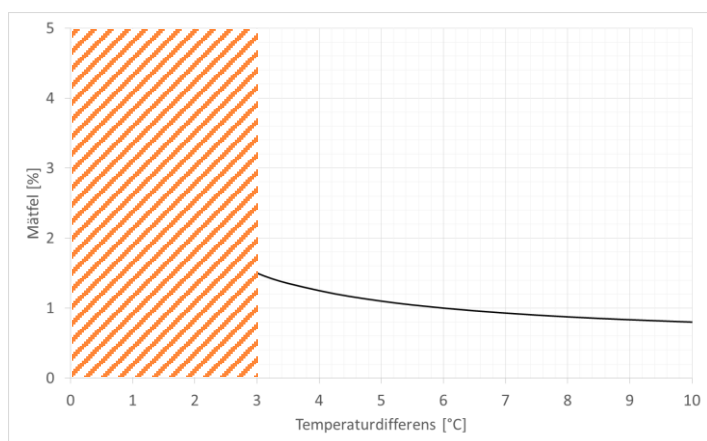
Figur 11 Energimätare färskvatten (kallvatten till SVX & förvämt vatten från SVX). Fjärrvärmecentralen till höger finns i samma rum.



Figur 12 Inkoppling av Armatec-energimätare

### 2.1.1 Mätnoggrannhet

Armatec-energimätaren har hög noggrannhet, men lägsta mätområdet på temperaturdifferensen mellan givarna Armatec tillåter är 3°C, därunder anges ingen mätnoggrannhet, se Figur 13.



Figur 13 Mätnoggrannhet hos Armatec-energimätaren.

Att temperaturgivarna sitter långt ifrån SVX:en påverkar naturligtvis möjligheten att mäta upp själva värmeväxlaren, men ger korrekt värde på hur värmeväxlaren fungerar som den är installerad.

## 3 RESULTAT

Loggdata för ackumulerad energi med upplösning på sex minuter finns från 2015-10-03 till 2016-01-05. Från 2014-04-30 till 2015-06-22, men bara med ett värde per dygn. En kort period loggades ackumulerad energi en gång per timme, 2015-08-01-2015-08-31. Se vidare i kapitel 0 på sidan 15 och framåt, för detaljer som påverkade mätningens kvalitet.

### 3.1 ÅTERVINNINGSGRAD

Att få så hög återvinningsgrad som möjligt är naturligtvis målet med en SVX. Samtidigt sätter mediet, spillvattnet, stora begränsningar i vilken värmeväxlingsteknik som kan användas, vilket påverkar återvinningsgraden väsentligt. SPUAB har valt en liggande lösning, där hela manteln är fylld med vatten, d.v.s. en stor del av värmeöverförande yta mot färskvattnet kommer inte att medverka i värmeväxlingen. Enligt Hans Bagge & Dennis Johansson<sup>8</sup> är spillvattenröret fyllt till en fyllnadshöjd på ca 20 mm som mest, det betyder att en väldigt stor del av röret inte kommer föra över värme från spillvattnet till färskvattnet, då den ytan inte är aktiv.

#### 3.1.1 Diskussion mätnoggrannhet

Återvinningsgraden har räknats ut på två sätt, men blir tyvärr pga. dåliga rådata svår att ge noggrannhet på. Armatec-energimätaren har mätområdesnoggrannhet ned till en temperaturdifferens på 3°C, under den temperaturdifferensen säger de alltså inget om mätnoggrannheten. Då är mätaren alltså utanför sitt område. Spillvattenvärmväxlaren kommer med stor sannolikhet ligga under 3°C i temperaturdifferens, tyvärr finns ingen mätdata att kontrollera med, så hur ofta är okänt. Därför ansätts en noggrannhet på mätningarna till  $\pm 25\%$ , dvs en mycket låg noggrannhet jämfört med Figur 13 ovan.

#### 3.1.2 Mätning t.o.m. 2014-06-26

T.o.m. 2014-06-26 hade SVX:en återvunnit 3656 kWh samtidigt som totala flödet under perioden var 481,1 m<sup>3</sup>. Enligt Armatec-energimätaren hade mätaren då varit i drift 125 dagar, dvs från 2014-02-21. Räknar vi med 55 kWh/m<sup>3</sup> krävdes det 26500 kWh att värma det inkommande kalla vattnet till varmvatten. Återvinningsgraden blev då  $14 \pm 3 \%$

#### 3.1.3 Mätning 2014-06-26 till 2015-02-18

Fr.o.m. 2014-06-26 till 2015-02-18 hade SVX:en återvunnit 6415 kWh samtidigt som totala flödet under perioden var 934,1 m<sup>3</sup>. Räknar vi med 55 kWh/m<sup>3</sup> krävdes det 51400 kWh att värma det inkommande kalla vattnet till varmvatten. Återvinningsgraden blev då  $12 \pm 3 \%$

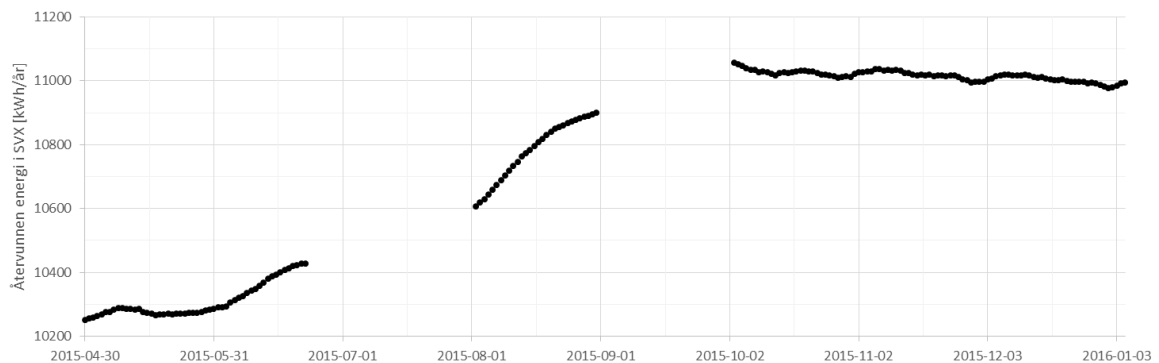
På årsbasis motsvarar detta att 9880 kWh återvunnits på 79100 kWh varmvatten

#### 3.1.4 Uträknat från tidsserien

Hela dataserien som är insamlad innehåller enbart mätvärdet ackumulerad energi, alltså inget om mängden färskvatten som passerat SVX:en. Det gör att mängden vatten som passerat måste skattas, för att dra slutsats om återvinningsgraden. Om vi tittar på återvunnen energi per år, se kapitel 3.2 nedan, så har återvunnen energi ökat kontinuerligt fram till oktober 2015. Det är osannolikt att värmeöverföringen i SVX:en har förbättrats, så med största sannolikhet beror detta på att mer varmvatten har använts och därmed mer spillvatten har passerat SVX:en. Ökningen på återvunnen energi är från perioden enligt kapitel 3.1.3 ovan är ca 12%, därför utgås ifrån att mängden varmvatten ökat lika mycket. SVX:en har återvunnit 11000 kWh under perioden 20151101 till 20160105 (Observera detta är rullande årsvärde, dvs från 20141101-20151101 t.o.m. 20150105-20160105.). Återvinningsgraden blev då  $12 \pm 3 \%$

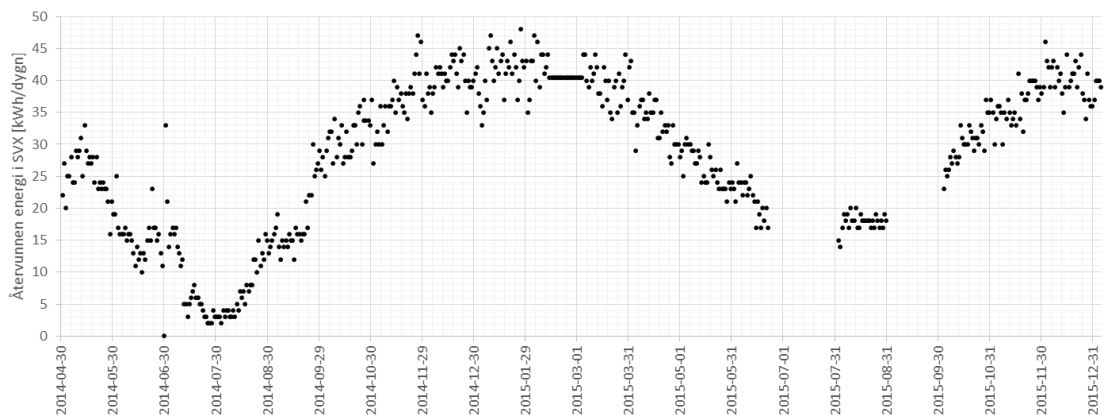
## 3.2 ÅTERVUNNEN ENERGI

Ur dataserien kan återvunnen energi per år tas fram, genom att helt enkelt subtrahera ackumulerad energi vid ett visst datum med den ackumulerade energin ett år tidigare.



Figur 14 Återvinning i SVX, rullande år

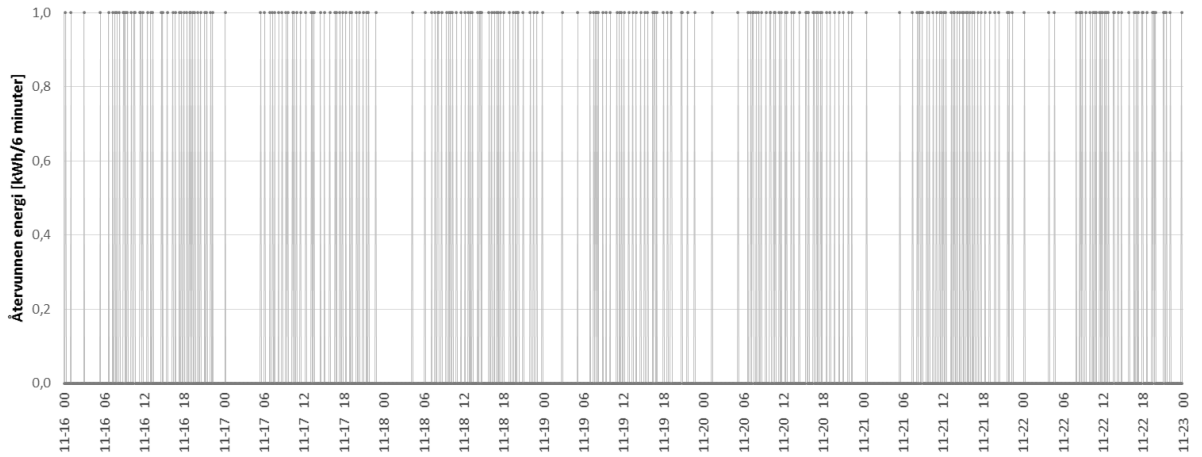
Om mätdatat plottas för varje dag syns en mycket tydlig årsvariation. Variationen beror på inkommande kallvattentemperatur, när temperaturen är lägre på vintern blir återvunnen energi högre, medan den blir lägre på sommaren. Det syns också tydligt att mindre mängd återvanns under 2014, antagligen pga. att fastigheten hade tomma lägenheter då.



Figur 15 Återvinning i SVX per dygn.

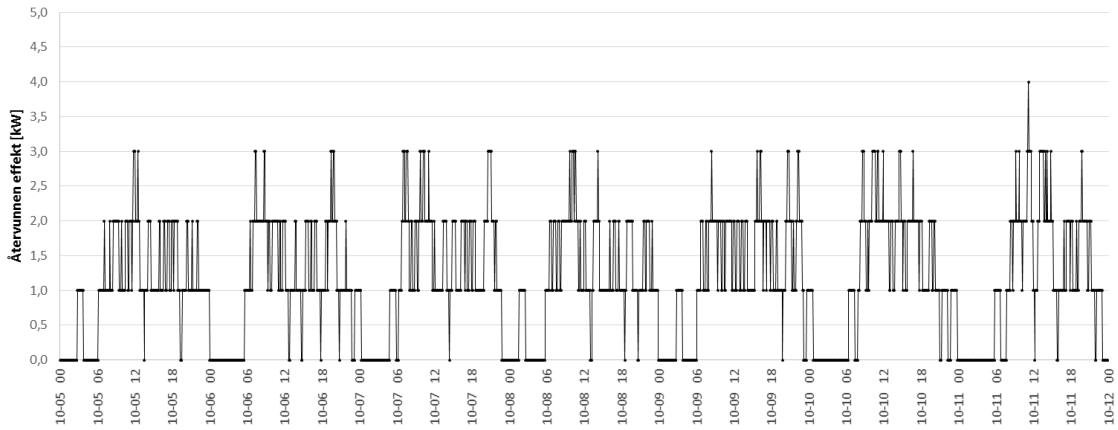
Under hösten 2015 loggades ackumulerad energi var 6:e minut, med upplösningen 1 kWh. Diagrammet blir pga. upplösningen grovt, se Figur 16 nedan. Bildas medelvärde ser ger det lite mer, men samtidigt suddas lite datakvalitet bort, se Figur 17 till Figur 20 nedan.

Måndag - söndag, 16-24/11



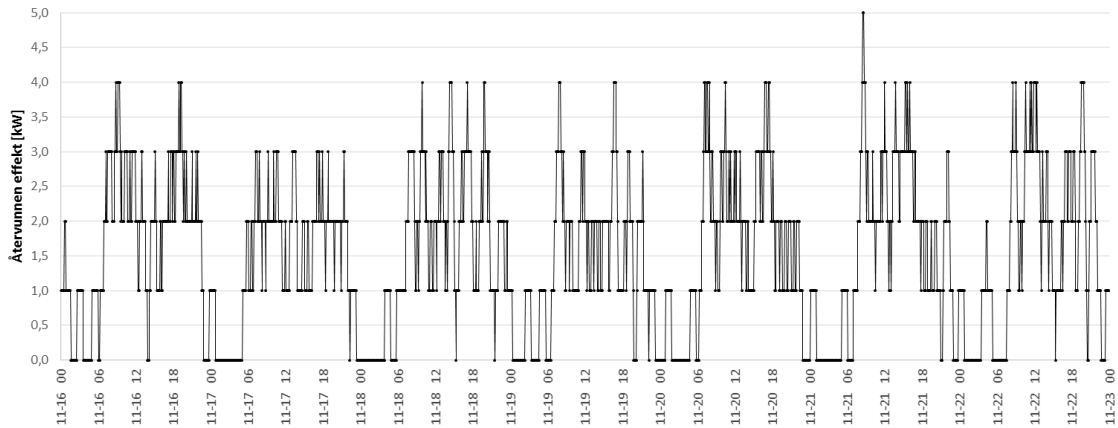
Figur 16 Loggning var 6:e minut, exempel på rådata.

Måndag - söndag, 5-11/10



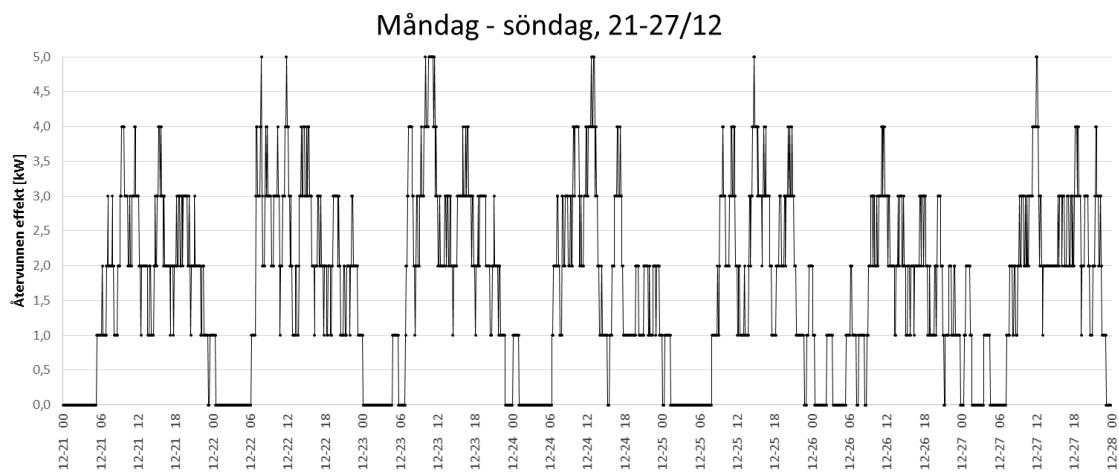
Figur 17 Loggning var 6:e minut, 5-11/10, medelvärdeskapat från 5 värden, dvs 30 minuter

Måndag - söndag, 16-24/11

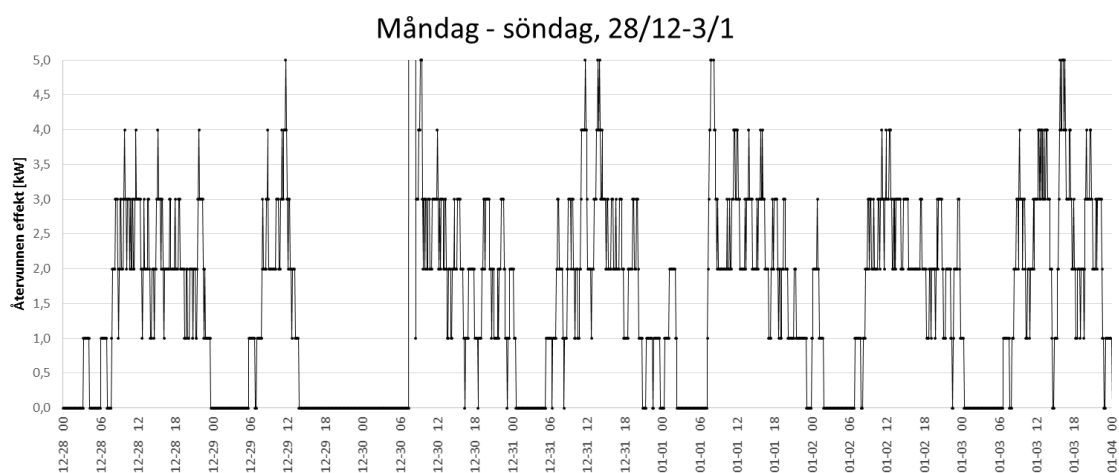


3

Figur 18 Loggning var 6:e minut, 16-24/11, medelvärdeskapat från 5 värden, dvs 30 minuter



Figur 19 Loggning var 6:e minut, julhelgen 2015, medelvärdesskapat från 5 värden, dvs 30 minuter

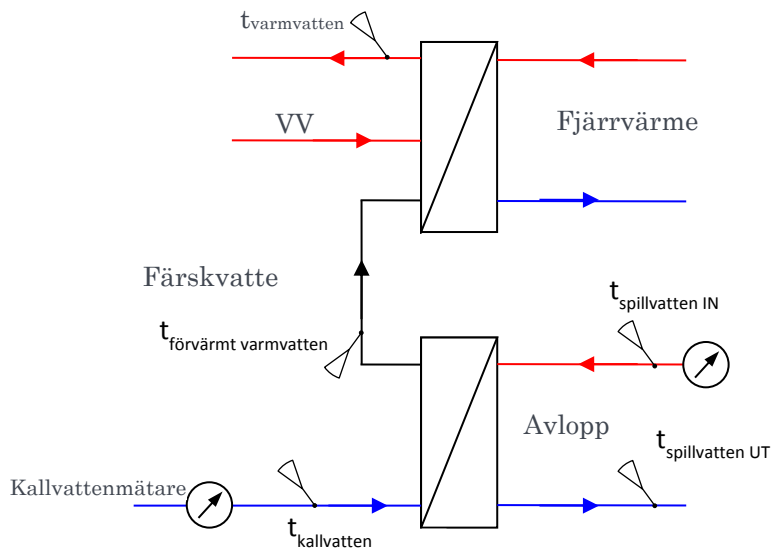


Figur 20 Loggning var 6:e minut, över nyår 2015/16, medelvärdesskapat från 5 värden, dvs 30 minuter. Mät datorn tappade kontakten den 29/12, därav felaktiga värden då.

## 4 DISKUSSION

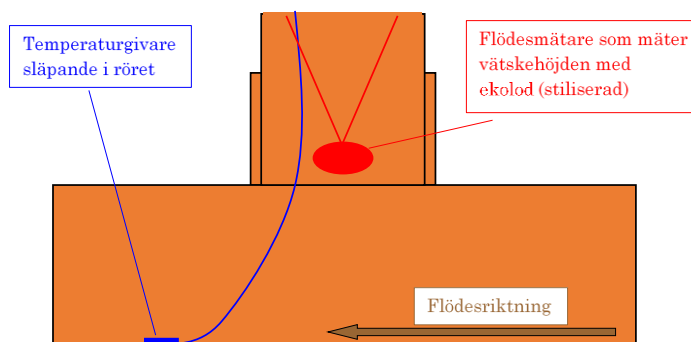
### 4.1 SLUTSATSER EFTER FÖRSTA PROJEKTMÖTET

Projektgruppen ifrågasatte tänkt mätupställning och tryckte på att mätningen skulle utföras även på avloppssidan, för att ge något mervärde för branschen. Utan att veta avloppssidans flöde kan det inte dras någon slutsats om hur flödet mellan de olika sidorna påverkar prestandan på SVX:en. Mätmetoden blir då, schematisk, enligt Figur 21



Figur 21 Mätmetod om även spillvattensidan mäts.

Med SVX:en redan installerad och ingjuten enligt kapitel 0 ovan försvåras möjligheterna till mätning. Mötet rekommenderade att flödet skulle mätas med uppvärmd och därmed kondensfri ekolodsgivare. För att mäta temperaturen i inkommande spillvatten behöver en temperaturgivare fås ned i flödet, mötet rekommenderade att givaren släpas fritt i flödet. Följande grova skiss för nytt upplägg på mätsystem gjordes:



Figur 22 Skiss på mätning av spillvattensidan före SVX:en.



Mätning av utgående temperatur på spillvattnet efter SVX:en föreslogs ske i spolbrunn utanför fastigheten (SVX:en sträcker sig igenom ytterväggen, det syns i Figur 7 i kapitel 0 ovan).

Då mätningen blir svår att få driftsäker, pga. fekalier, papper och annat i spillvattnet föreslogs även montering av filmande kamera i spolbrunnen. Med den kan man dels hålla koll på att temperaturgivaren inte hamnar fel och samtidigt visuellt kunna se hur flödet ser ut vid olika tidpunkter.

## 4.2 MÄTUTRUSTNING

### 4.2.1 Val av utrustning

En marknadsundersökning gjordes, efter rekommendationer från projektmötet, och Endress-Hauser, Svenskt vatten och Xylem kontaktades. Varken Svenskt vatten eller Xylem hade givare som klarade att mäta flöde genom SVX:en, utan att spillvattenssystemet grävdes upp och gjordes om.

#### 4.2.1.1 Ultraljudsmätare FDU90, Endress-Hauser

Endress-Hauser föreslog sin Prosonic S-serie, FDU90 var den givaren som skulle passa bäst till att mäta SVX:en. Den har upplösning på 2 mm, men en mätloob på 12°. Den ansågs inte kunna mäta tillräckligt noggrant, samt hade sämre möjlighet att mäta låga flöde än P43, se kapitel 4.2.1.2 nedan.

#### 4.2.1.2 Ultraljudsmätare P43, OEM AB

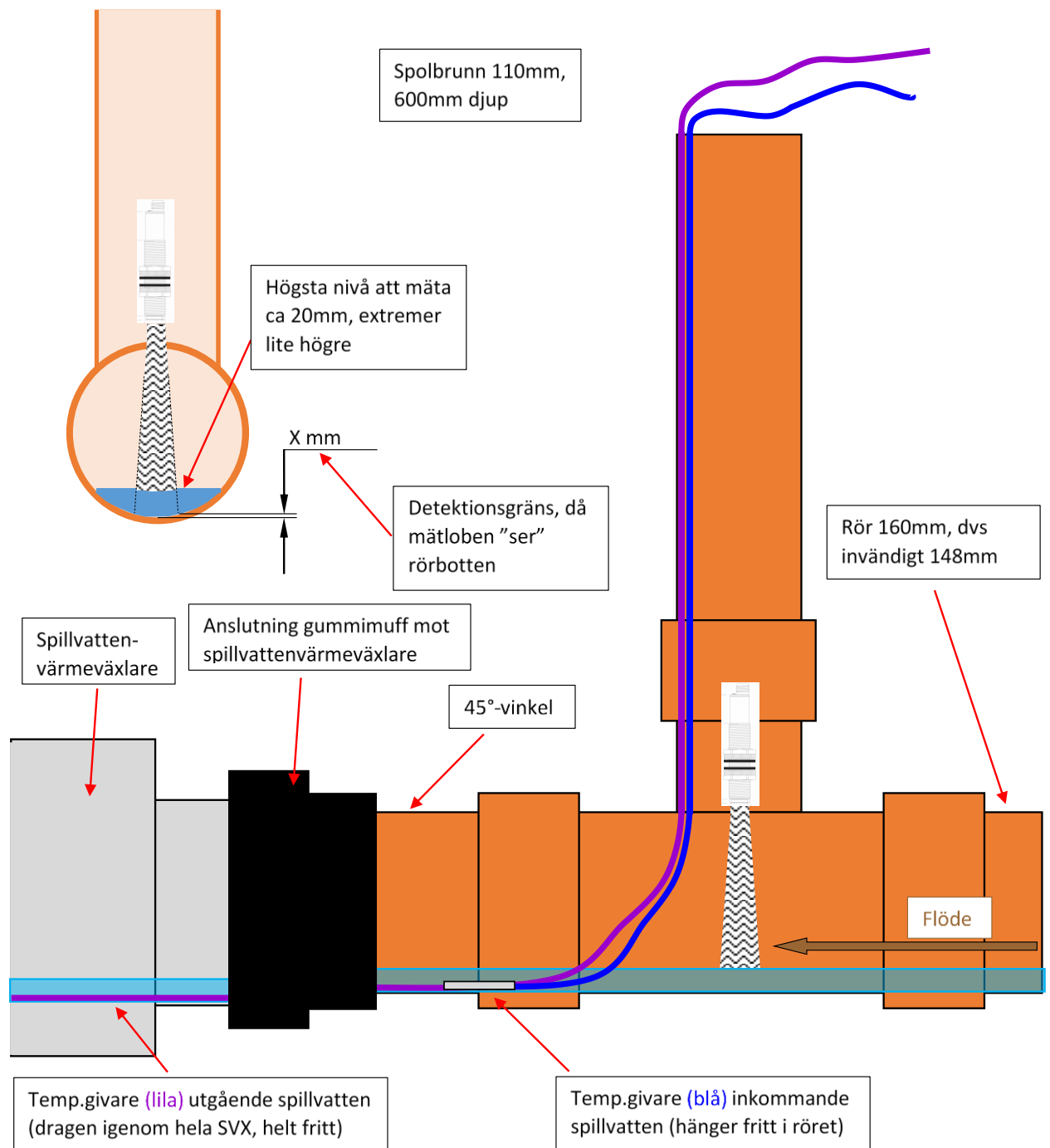
Till slut hittades en ultraljudsmätare hos OEM AB i Tranås, som klarade mätkraven. En mätmetod för spillvattensidan utvecklades att passa i den spolbrunn som är placerad före (uppströms) SVX:en. Höjden på spillvattenytan mäts då med ultraljudsmätaren<sup>9</sup>, därifrån räknas sedan spillvattenflödet ut.

Ultraljudsmätaren har klassning IP67 (vattentät), dvs den klarar utan problem den tuffa miljön som är i spillvattensystem. Upplösning är 0,25 mm och mätområdet 60-500 mm, vilket funkar utmärkt för SVX:en. Mätlooben är 8°, så när vattenytan är smalare än mätlooben kommer alltså givaren ge ett konstant värde, då den reflekteras i rörväggen istället för i vattenytan.

## 4.3 PRAKTISKT UTFÖRANDE I SPOLBRUNNEN

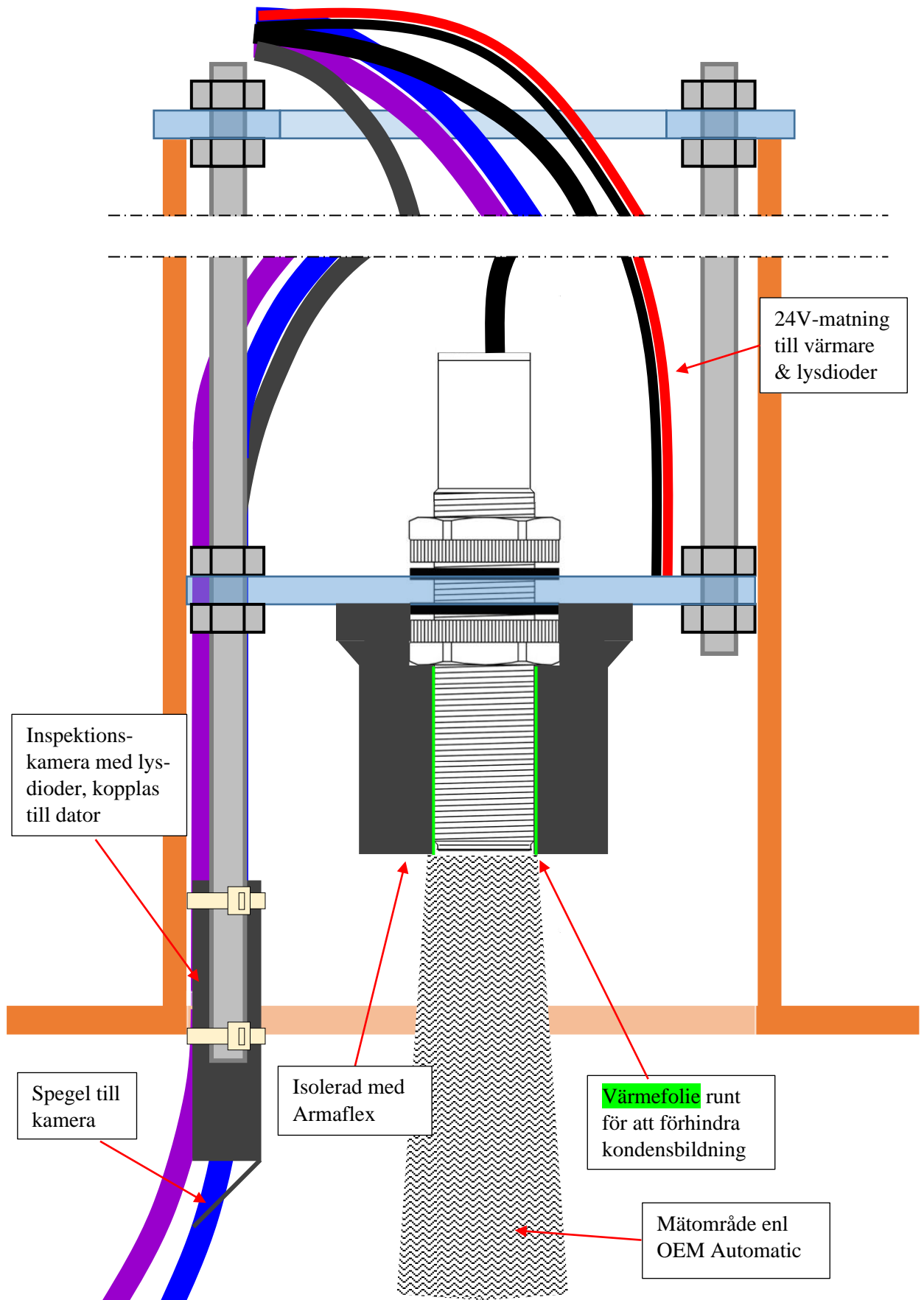
Figur 23 nedan visar i skala hur mätutrustningen på spillvattensidan var tänkt att utföras.

Ultraljudsmätaren placeras i spolbrunnen före SVX:en och mäter höjden på spillvattnet, från den mätningen räknas sedan flödet fram. Temperaturgivarna utförs friliggande i flödet, för att inte stoppa upp flödet.



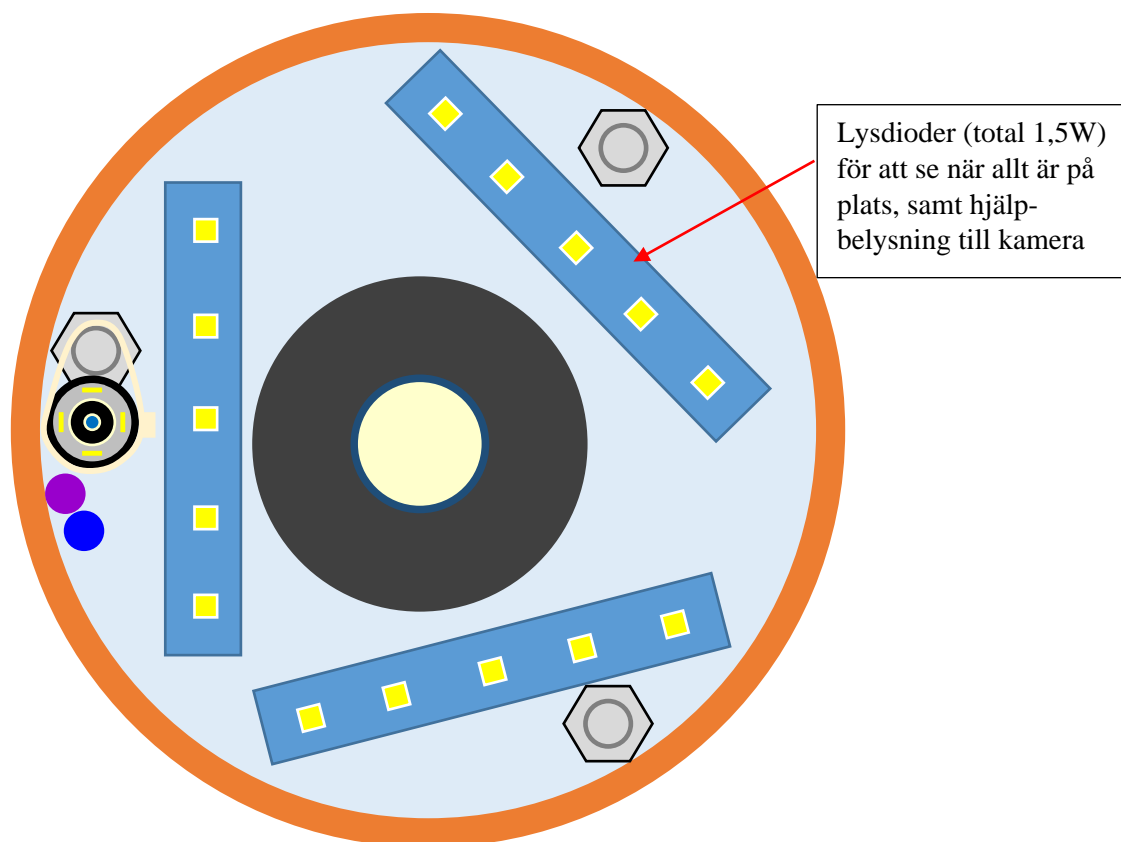
Figur 23 Uppställning av föreslagen mätutrustning, utan infästningsdetaljer och kamera, skala ca 1:5

I detaljen i Figur 24 nedan syns utförandet tydligare, ultraljudsmätaren är monterad på plexiglas, så att man enkelt kan se igenom och upptäcka problem. Mätaren utförs isolerad och något uppvärmd, för att förhindra att kondens på den förstör mätningen. En inspektionskamera monteras med t.ex. buntband på en av de gängstänger som håller ihop konstruktionen, en kamera med spegel används för att så lite kamera som möjligt ska sticka ned och riskera stopp i spillvattenledningen.



Figur 24 Detalj av föreslagen mätutrustning (genomskäring), skala 1:1

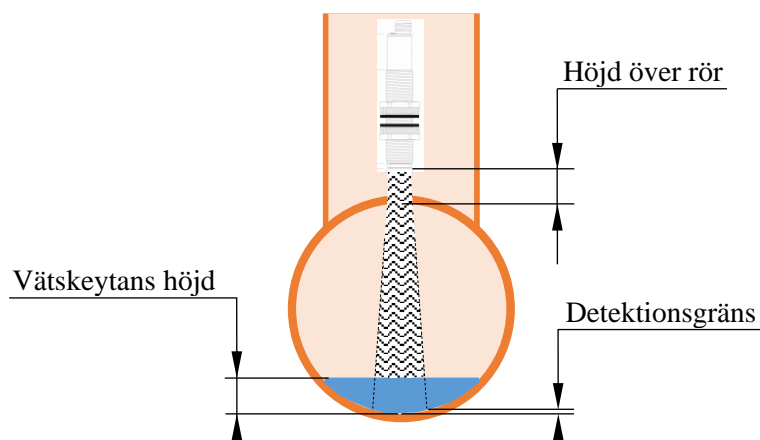
Detaljen i Figur 25 nedan visar uppställningen sedd underifrån, med föreslagen belysning. Belysningen kommer även värma hela konstruktionen en aning, vilket minskar risken för kondensproblem.



Figur 25 Detalj av föreslagen mätutrustning (sedd underifrån), skala 1:1

#### 4.3.1 Mätområde

Ultraljudsmätarens mätloob begränsar hur lite spillvatten givaren kan detektera, se Figur 26 nedan.



Figur 26 Förklaring av begrepp, samt hur ultraljudsmätarens mätloob ser ut, skala 1:5

Den *teoretiska* funktionen för vätskeytans bredd i ett rör som funktion av vätskeytans höjd över botten ses i Figur 27 nedan. Den är framtagen geometriskt med Pythagoras sats.



Figur 27 Spillvattenytans teoretiska bredd som funktion av höjden på spillvattenytan.

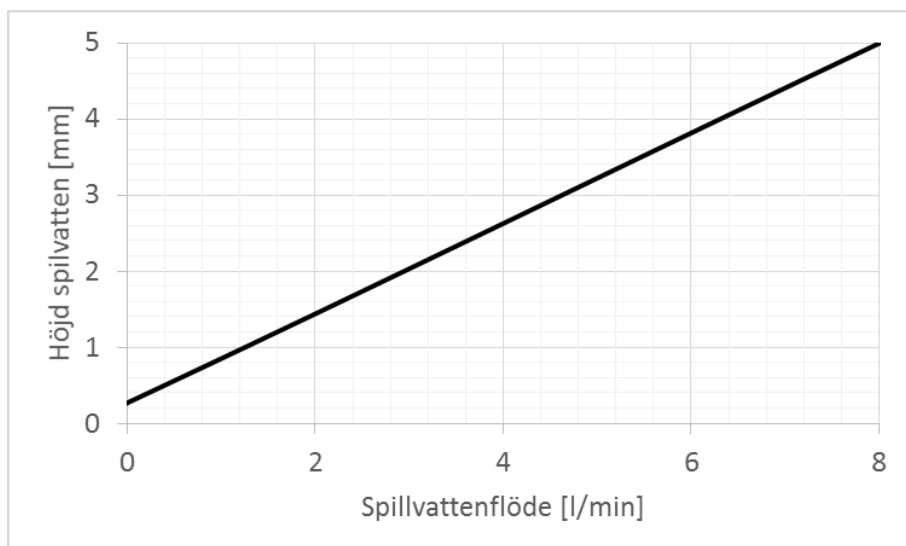
Ultraljudsmätaren placeras uppe i spolbrunnen för att inte riskeras slitas med vid störtflöde, eller av föremål som kommer med spillvattnet. Då mätloobens vinkel är  $8^\circ$  fås följande bredd på mätloobens som funktion av höjden över röret (definition, se Figur 26 ovan)



Figur 28 Mätloobens bredd som funktion av ultraljudsmätarens placeringshöjd över röret.

Placering så långt ned som möjligt är naturligtvis bäst, placeras mätaren max 20 mm över röret begränsas lägsta *teoretiska* detektering till 1 mm (enl. Figur 27 ovan). Detta borde vara en säker placering.

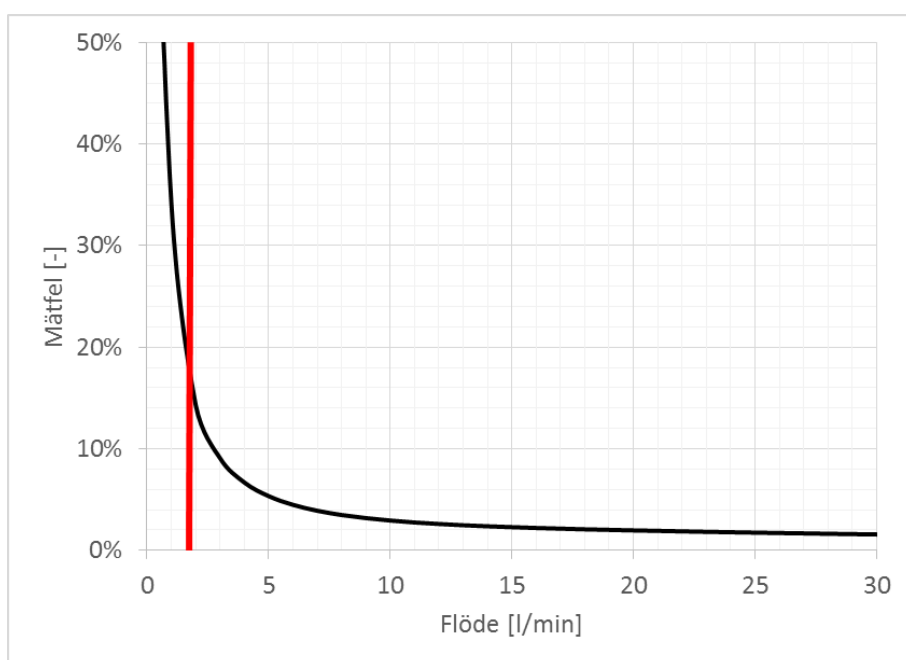
Flödesmässigt innebär detta att ultraljudsmätaren kan detektera ned till ca 2 l/min, se Figur 29 nedan.



Figur 29 Spillvattenflöde som funktion av höjden på spillvattenytan. Detta är en del av diagrammet i Figur 32 nedan

### 4.3.2 Mätnoggrannhet

En första uppskattning av mätnoggrannheten hos ultraljudsmätaren har gjorts, med upplösning på 0,25 mm ser det ut så här, se Figur 30 nedan.

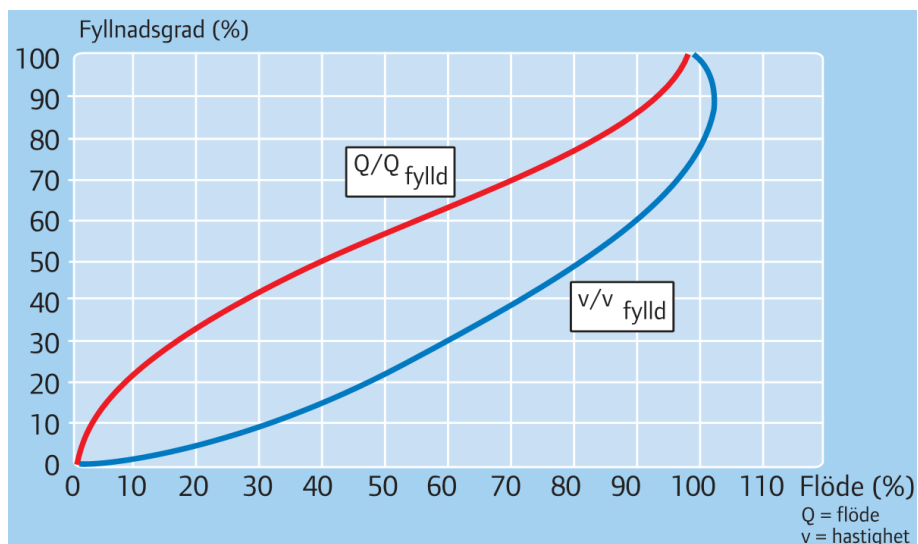


Figur 30 Mätnoggrannhet pga. ultraljudsmätarens upplösning, röd linje visar lägsta detektionsgräns för systemet.

Naturligtvis finns andra felkällor som påverkar mätningen, dessa utreddes inte i projektet.

### 4.3.3 Flöde i spillvattenledningen

För att veta vilket flöde som fås vid en given höjd på spillvattenytan användes diagram från Uponors Spillvattenbroschyr, se Figur 31 nedan. Sambandet i diagrammet är antagligen empiriskt framtaget, ingen formel för sambandet hittades.



Figur 31 Flöde i spillvattenledning enligt Uponor, från Uponors skrift Uponor Spillvattensystem, 1 | 2013 32001 sidan 14 <sup>10</sup>

Diagrammet mättes upp i Bluebeam och överfördes till matematisk formel med Excel, då fick följande diagram för spillvattenledningen före SVX:en, se



Figur 32 Flödet som funktion av spillvattenytans höjd.

#### 4.4 NOGGRANNARE UPPMÄTNING

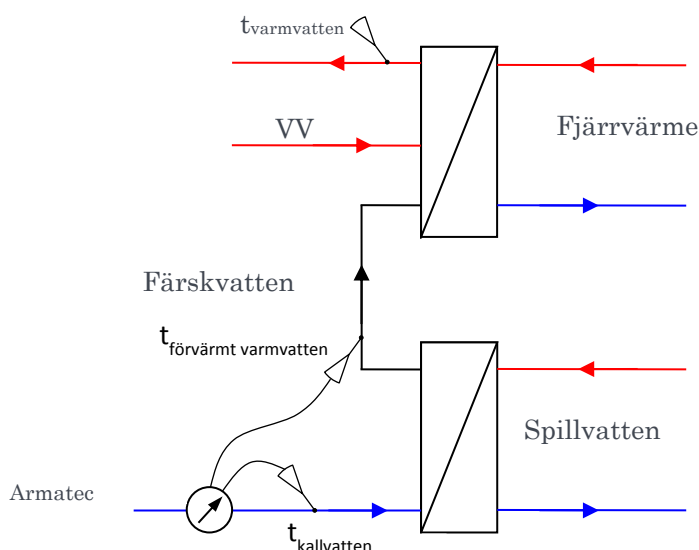
En alternativ lösning till uppmätning togs fram, där enbart Armatec-energimätare skulle användas till att dra slutsatser om hur bra SVX:en fungerade. Följande mätning skulle utföras, se

- Ackumulerad energi (loggades en gång per dygn sedan 2014)
- Momentant flöde
- Momentan effekt
- Momentan temperatur kall
- Momentan temperatur varm
- Ackumulerad volym

För att kunna dra bra slutsatser, utan för mycket data att hantera och analysera valdes ett loggintervall på 6 minuter.

## 4.5 MÄTNING ENLIGT ANSÖKAN

Den till SBUF kommunicerade mätmetoden i ansökan var enkel, bara temperaturen till och från spillvattenvärmeväxlaren, samt temperaturen på utgående varmvatten var tänkt att mätas upp, se Figur 33.



Figur 33 Tänkt mätmetod

Eftersom spillvattenvärmeväxlaren inte mäts på spillvattensidan går det inte se själva värmeväxlarens temperaturverkningsgrad, det man kan se är hur stor andel av fastighetens varmvatten som värms i spillvattenvärmeväxlaren, alltså systemverkningsgraden. Systemverkningsgraden räknas ut med följande samband:

$$\eta_{varmvatten,system} = \frac{(t_{spillvatten} - t_{kallvatten}) \cdot \dot{m} \cdot c_p}{(t_{varmvatten} - t_{kallvatten}) \cdot \dot{m} \cdot c_p}$$

### 4.5.1 Begränsningar i mätning

Mätmetoden i kapitel 4.2 ovan kunde pga. för mycket upparbetad tid inte förverkligas, det fanns inte tid inom projektets tidsram helt enkelt. En viktig lärdom av detta arbete är att nyutveckling av mätmetod, som faktiskt arbetet i kapitel 4.2 var, är väldigt tidskrävande och inte kan utföras i ett projekt med budget på 500 timmar.

Den noggrannare mätningen enligt kapitel 4.4 och mätningen enligt ansökan i kapitel 4.5 ovan kunde inte heller slutföras. Stora svårigheter fanns att få hjälp att programmera om utrustningen. Detta gjordes till slut i oktober 2015, men när mätdata skulle hämtas ut senare visade det sig att programmeringen inte gått igenom och loggning enbart utförts för ackumulerad energi, men med korrekt upplösning, d.v.s. var 6:e minut. Här finns loggdata från 2015-10-03 till 2016-01-05. Från 2014-04-30 till 2015-06-22 finns loggdata för ackumulerad energi, men bara ett värde per dygn. En kort period loggades ackumulerad energi en gång per timme, 2015-08-01-2015-08-31.



## 4.6 PÅVERKAN AV MARKEN

Det kan inte uteslutas att en del av den återvunna energin är värme från marken eller från förluster från spillvattnet innan SVX:en. Spillvattenledningen är oisolerad under plattan och kommer alltså läcka värme till sanden den är inbäddad i. Är kallvattenledningen mellan undercentralen och SVX:en dåligt isolerad (detta har inte gått kontrollera), så finns risk att dessa 40 m ledning kommer fungera som värmeväxlare också. Plattan är oisolerad upp mot garaget, varför värme dessutom kommer läcka ned härifrån. Detta kan värma kallvattnet, speciellt som del av källarvåningen är uppvärmd (förråd). Denna effekt kan inte anses försumbar. På vintern borde detta ge bättre (fiktiv) prestanda hos SVX:en, medan prestandaförändringen borde bli neutral eller negativ på sommaren.

## 5 REFERENSER

- <sup>1</sup> Värmeåtervinning ur spillvatten – flerbostadshus, Mätning och uppföljning av erfarenheterna från två fastigheter, 1999-05-19, ATON TeknikKonsult AB, Jan Berggrén
- <sup>2</sup> Värmeåtervinning ur spillvatten – flerbostadshus, Mätning och uppföljning av erfarenheterna från två fastigheter, 1999-10-22, ATON Teknik Konsult AB, Jan Berggrén (LIP-kansliet, Stadshuset, Stockholm)
- <sup>3</sup> Värmeåtervinning ur spillvatten i befintliga flerbostadshus, Anders Nykvist, Examensarbete i installationsteknik, KTH, 2012
- <sup>4</sup> Kv Jöns Ols i Lund – energisnålt och lönsamt flerfamiljshus med konventionell teknik, 2005, Catarina Warfvinge, Pnr 12809-1 Statens energimyndighet, Rapport från WSP Environmental Byggnadsfysik
- <sup>5</sup> Förstudie till teknikupphandling av värmeåtervinningssystem för spillvatten i simhallar, 2004-06-14, Carl Bro Gruppen, Energi & Miljö, S. Grette / H. Hallstedt
- <sup>6</sup> BeBo – Energimyndighetens beställargrupp för energieffektiva flerbostadshus, Värmeåtervinningssystem för spillvatten i flerbostadshus, Förstudie inför teknikupphandling, Anders Nykvist, WSP Environmental, Stockholm, september 2012
- <sup>7</sup> Värmeåtervinning spillvatten – Teknikutvecklingsprojekt, BeBo, <http://www.bebostad.se/kunskapsbanken/varmeatervinning-spillvatten-teknikutvecklingsprojekt/>
- <sup>8</sup> Measurements of household electricity and domestic hot water use in dwellings and the effect of different monitoring time resolution, Hans Bagge & Dennis Johansson, Energy, Volume 36, Issue 5, May 2011, pages 2943-2951
- <sup>9</sup> OEM Automatic AB, Serie P43, artikel P43F4Y2D1D0330E, P43F4Y2D1C0330E eller P43F4Y2D001330E
- <sup>10</sup> Uponor Spillvattensystem, 1 | 2013 32001 sidan 14