

Provning av energieffektivitet hos värmeväxlare

(2 bilagor)

1. Uppdrag

RISE har på uppdrag av DMAIC Engineering AB provat en värmeväxlare tillsammans med en duschblandare och tillhörande specialutvecklade systemkomponenter. Provningen avsåg dels att utvärdera värmeväxlarens effektivitet vid förhållanden specifika för duschinstallationer; dels att mäta erforderlig vattenpelare för givna flöden genom värmeväxlaren inklusive tillhörande specialutvecklade systemkomponenter i form av en ejektorkopp på duschblandarflödet (gråvattenflödet) till värmeväxlaren samt ett hävertvattenlås på värmeväxlarens utgående duschblandarflöde.

2. Provföremål

En värmeväxlare av typ CB60-60L-F (märkt: Item No:3287195873), en duschblandare av modell Siljan från FM Mattsson, ett blandarfäste 160/40 cc från Ahlsells A-collection, specialdesignad ejektorkopp och hävertvattenlås (DMAIC Engineering AB) och diverse tillbehör som t.ex. diverse nippelar och slangar tillhandahölls av DMAIC Engineering AB. Provföremålen levererades till RISE 2021-11-01. Samtliga detaljer var i nycksick.

3. Provplats och tid

Provningen utfördes på RISE i Borås, enheten för försörjningsystem, under januari 2022.

4. Provmetod

Provmetoden är baserad på beskrivning från Henrik Hagman, DMAIC Engineering AB, dokument "Verification matrix rev1" samt förtydliganden och klargöranden angående utförande och testmatris. Värmeväxlaren testas genom att temperaturer och flöden justeras in t.ex.; duschblandarens inkommande hetvatten, utgående vatten från duschblandaren, samt temperaturen på det kallvatten som kommer in i värmeväxlaren och värms upp av duschblandarens utgående vatten vilket leds till avloppet via värmeväxlaren.

5. Förkortningar

Följande förkortningar och symboler förekommer i texten.

Tabell 1. Förkortningar och symboler

| Förkortning | Betydelse |
|-------------|--|
| ρ | Densitet (kg/m^3) (se diagram i bilaga 2) |
| c_p | Specifik värmekapacitet ($\text{kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$) |
| \dot{V} | Volymflöde (m^3/h) |
| \dot{E} | Energiflöde (kW) |
| T | Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) |
| η_T | Temperaturverkningsgrad |
| η_E | Energiverkningsgrad |
| KV in | Kallvatten in i värmeväxlaren (kommunalt kallvatten) |
| KV ut | Kallvatten ut ur värmeväxlaren (förvämt av GV) |
| GV in | Gråvatten från duschblandaren in i värmeväxlaren (totala flödet, håller duschtemperatur) |
| GV ut | Gråvatten ut ur värmeväxlaren till avlopp |
| HVB | Hetvatten till duschblandaren |

6. Mätutrustning

Tabell 2. Mätutrustning

| Beskrivning | Inv. nr | Mätosäkerhet |
|--|---------|------------------------------------|
| Flödesmätare (kallvatten) | 900710 | $\pm 0,03 \text{ m}^3/\text{h}$ |
| Flödesmätare (blandarvatten, även kallat gråvatten i texten) | 202994 | $\pm 0,61 \%$ |
| Temperaturmätare | 202879 | $\pm 0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ |
| Stålskala | BX81489 | $\pm 0,1 \text{ mm}$ |
| Temperaturmätare | 201452 | $\pm 1,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ |

Mätosäkerheten har beräknats enligt EA-4/16 med täckningsfaktorn $k=2$.

Utvärdering av mätresultat har skett utan hänsyn till mätosäkerhet.

7. Utförande

Under provningen var värmeväxlaren placerad, liggandes på sidan (se Figur 1), på en plan yta (spånskiva) och värmeväxlaren var inte isolerad. Värmeväxlaren lutades så att de fyra hörnen (se Figur 1) var upphöjda från spånplattan enligt följande:

Hörn 1 (märkt H= 0 mm) + 0 mm.

Hörn 2 (märkt + 10) + 5 mm.

Hörn 3 (märkt + 13) +8 mm.

Hörn 4 (märkt + 4) +2 mm.



Figur 1. De upphöjda hörnen på värmeväxlaren.

7.1 Vattenpelare

Provningsen bestod i att mäta vattenpelarhöjd på ingående gråvattnet i värmeväxlaren, d.v.s. den vattenpelaren som kan leda till att vatten blir stående på duschgolvet. Detta mättes genom att ett vattenflöde (se Tabell 1) spolades ut ur duschblandaren och via en ledning ner i avloppet (GV in) på värmeväxlaren. Ledningen hade ett uttag där en genomskinlig slang fästes och avståndet från spånskivan till vattenytan i slangen mättes. Den höjd som presenteras i Tabell 1 representerar därmed erforderlig totalhöjd för lösningen i sin helhet, från ytan som värmeväxlaren vilar på, till nivån på den vätskeyta som svarar mot erforderligt flöde.

7.2 Verkningsgrad

Även temperaturverkningsgrad och energiverkningsgrad över värmeväxlaren bestämdes. Verkningsgraderna bestämdes vid ett flertal flöden och temperaturer (se Tabell 2).

Flödesmätare installerades på inkommande kallvatten och på flödet från duschblandaren. Temperaturer mättes på inkommande kallvatten, duschvatten, avloppsvatten ut ur växlaren, kallvatten in i blandaren och på blandarens inkommande hetvatten (se Figur 2).

Vid provning loggades temperaturer automatiskt medan vattenflöden loggades manuellt genom visuell övervakning av mätdonets display. Samtliga beräkningar har gjorts utifrån den data som erhöles då systemet hade uppnått ett steady state förhållande.



Figur 2. Ovanstående bildmontage visar de fyra anslutningarna på värmeväxlaren.

En skiss över hur utrustningen var monterad kan ses i bilaga 1.

7.3 Avsvalning av värmeväxlaren

Värmeväxlaren svalnade av efter avslutad duschning i 40 °C. Temperaturen på värmeväxlaren mättes genom att en temperatursond anbringades på värmeväxlaren i anslutning till punkten GV in (se Figur 3). Det inkommande kallvattnet till värmeväxlaren var 4,5 °C.



Figur 3. mätning av temperatur på värmeväxlarens yta.

8. Resultat

8.1 Vattenpelare

En vattenpelare vid anslutning GV in på värmeväxlaren uppmättes enligt Tabell 3 vid flöden och temperaturer specificerade i Tabell 3.

Tabell 3. Vattenpelare

| T GV in (°C) | Ḃ GV in (l/min) | Vattenpelare (cm) |
|--------------|-----------------|-------------------|
| 38 | 8 | 12,2 |
| 38 | 10 | 13,2 |
| 38 | 12 | 14,5 |

8.2 Verkningsgrad

Tabell 4. Flöden och temperaturer för uträkning av verkningsgrader.

| Nr | Ḃ KV in (m ³ /h) | Ḃ GV in (m ³ /h) | T KV in (°C) | T KV ut (°C) | T GV in (°C) | T GV ut (°C) | T HVB (°C) | η _T | η _E |
|----|-----------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------|----------------|----------------|
| 1 | 0,50 | 0,61 | 4,51 | 31,95 | 38,28 | 14,00 | 60,99 | 0,81 | 0,72 |
| 2 | 0,49 | 0,60 | 4,58 | 33,6 | 40,05 | 14,68 | 61,68 | 0,82 | 0,71 |
| 3 | 0,50 | 0,60 | 4,62 | 30,15 | 36,20 | 13,34 | 60,15 | 0,81 | 0,72 |
| | | | | | | | | | |
| 4 | 0,49 | 0,57 | 9,92 | 32,79 | 38,29 | 17,59 | 59,82 | 0,81 | 0,73 |
| 5 | 0,49 | 0,60 | 9,93 | 34,76 | 40,21 | 18,39 | 59,43 | 0,82 | 0,72 |
| 6 | 0,49 | 0,59 | 9,95 | 31,09 | 36,16 | 16,84 | 59,69 | 0,81 | 0,74 |
| | | | | | | | | | |
| 7 | 0,49 | 0,57 | 15,21 | 33,95 | 38,51 | 21,22 | 60,04 | 0,80 | 0,74 |
| 8 | 0,49 | 0,59 | 15,25 | 35,69 | 40,45 | 21,96 | 59,91 | 0,81 | 0,73 |
| 9 | 0,49 | 0,59 | 15,30 | 32,01 | 36,33 | 20,49 | 60,52 | 0,79 | 0,75 |

För de 9 försöken i Tabell 2 räknades termisk verkningsgrad (η_T) och energiverkningsgrad (η_E) ut enligt följande.

$$\eta_T = (T_{KV\text{ ut}} - T_{KV\text{ in}}) / (T_{GV\text{ in}} - T_{KV\text{ in}})$$

$$\eta_E = (\dot{E}_{GV\text{ in utan återvinning}} - \dot{E}_{GV\text{ in med återvinning}}) / \dot{E}_{GV\text{ in utan återvinning}}$$

GV in utan återvinning: innebär att inkommande kallvatten ej förvärms (T KV in = T KV ut) och (T GV in = T GV ut)

$$\dot{E}_{GV\text{ in}} (\text{kW}) =$$

$$\dot{V}_{GV\text{ in}} (\text{m}^3/\text{h}) * c_{p(\text{vatten})} (\text{kJ}/(\text{kg} * \text{K})) * \rho_{(\text{vatten})} (\text{kg}/\text{m}^3) * (T_{GV\text{ in}} (\text{°C}) - T_{KV\text{ in}} (\text{°C})) * 1/3600$$

K (Kelvin) i ekvationen ovan är ekvivalent med (°C - °C) då ΔK = Δ°C

8.3 Avsvalning av Värmeväxlaren

Efter duschvattenflödet med en temperatur på 40 °C hade stängts av tog det ca 2h 55 min för yttemperaturen på värmeväxlaren att gå ner till 25 °C. Omgivningstemperaturen var ca 20 °C.

När yttemperaturen hade nått 25°C anbringades temperaturproben på några slumpmässiga platser på den varma sidan av värmeväxlaren för att undersöka om en temperatur över 25 °C kunde hittas. Ingen sådan plats kunde hittas.

RISE Research Institutes of Sweden AB **Infrastruktur och betongbyggande - Försörjningssystem**

Utfört av

Granskat av

Jonny Pallhed

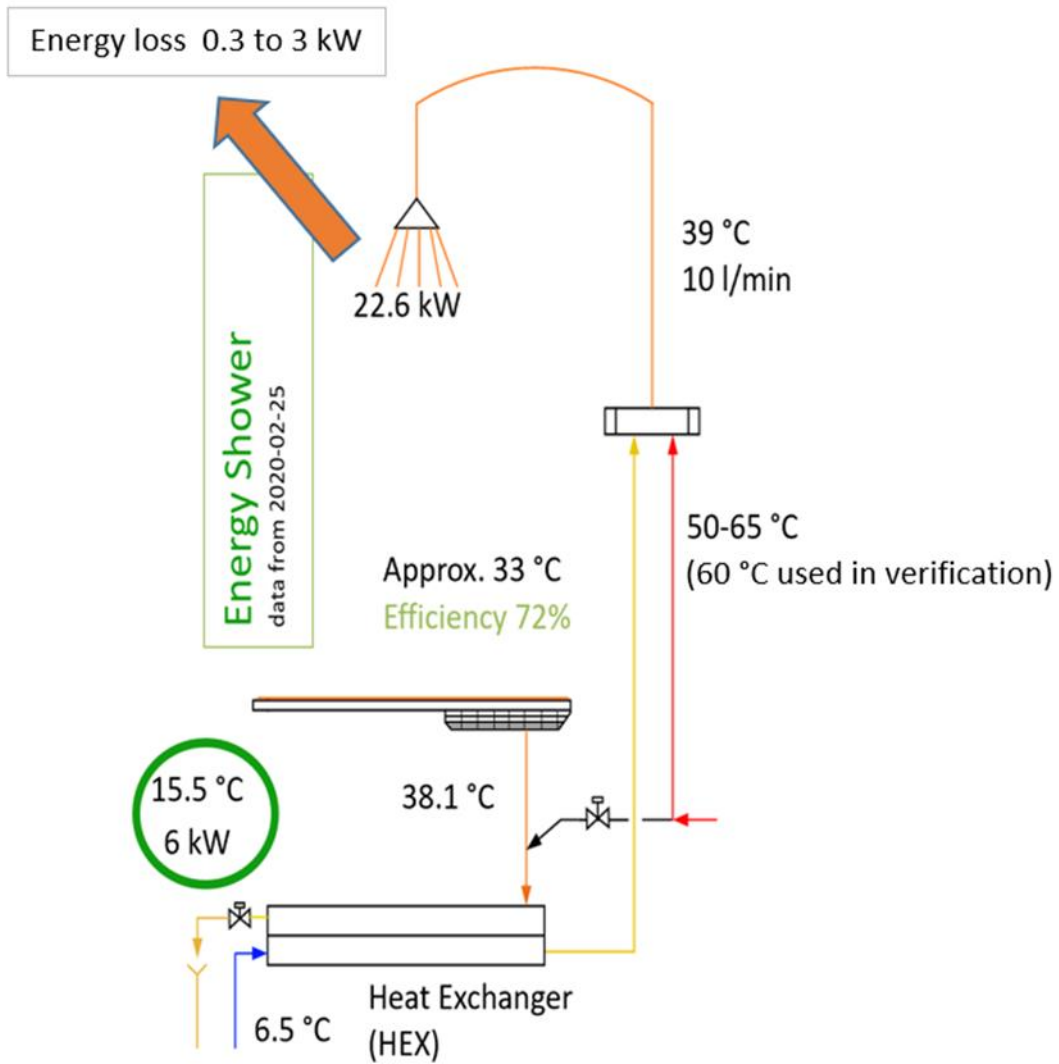
Anders Hjörnhede

Bilagor

1. Skiss över hur utrustningen var monterad
2. Vattnets densitet

Bilaga 1

Skiss över hur utrustningen var monterad.



I bilden angivna värden är endast i illustrativt syfte.

Bilaga 2

Vattnets densitet.

