

In-situ testprogram for fællesvaskerier

1. Indledning

Dette testprogram er udarbejdet som alternativ til laboratorietest af vaskemaskiner og tørretumblers effektivitet for maskiner med en kapacitet, der ikke overstiger 15 kg tørt tøj. Dette er maskiner der typisk anvendes i fællesvaskerier, møntvaskerier og til opgaver med lignende behov. Testprogrammet er udviklet som del af to Elforsk-projekter: 342-054: Positivliste for professionelle tørretumblere og 344-040: Professionelle energifleksible vaskemaskiner til smart grids, men kan anvendes generelt, hvor der er behov for at dokumentere vaske- og tørremaskiners ydeevne.

For at opnå kvantitative informationer for vaske- og for tørremaskiner til brug for ovennævnte projekter er det valgt at udforme metoderne, så de så tæt som muligt følger retningslinjer i de eksisterende standarder EN 60456 for husholdningsvaskemaskiner og EN 60121 for husholdningstørretumblere. Disse standarder er også basis for de EN-standarder som CENELEC i øjeblikket er i gang med at opstille for de professionelle maskiner.

2. Vaskemaskiner med varmtvandstilslutning

In situ testmetoderne for vaskemaskiner er udformet så de fokuserer på vaskemaskinernes mulighed for at indtage en del af vandet til vaskeprocessen som varmt vand og derved spare noget el-energi til opvarmning af koldt vand til vaskeprocessen.

For vaskemaskinen gælder:

Den fyldes med en vis mængde tørt tøj med et fugtindhold på 0 procent som defineret nedenfor. Maskinens vaskeprogram styrer hvor meget vand der skal indtages gennem maskinens koldtvandsindtag og gennem maskinens varmtvandsindtag og på hvilke tidspunkter

Maskinen bruger el-energi til det mekaniske arbejde som er rotation af vasketromlen og f.eks. drift af pumper, og den bruger el-energi til at bringe vaskevandet op på den temperatur som vaskeprogrammet kræver.

Målinger:

Ved in situ testene måles på vaskemaskinerne således som de er opstillet i vaskeriet. El-energiforbruget måles ved at indskyde en trefaset elmåler i elkablet til vaskemaskinen. Energiforbruget registreres på hver fase. Maskinens elforbrug måles som funktion af tiden uden opdeling i el-energi til opvarmning og el-energi til mekanisk arbejde.

Maskinens vandindtag måles med ens udstyr og med samme metode på koldtvandsindtaget og på varmtvandsindtaget. Udstyret består ved begge vandindtag af en fjernvarmemåler (fx Kamstrup Multical 602 med deling 1 liter) som måler volumenet og temperaturen af det vand, der løber gennem måleren.

Det indtagne vands varmeenergiindhold udregnes på samme måde for varmt og for koldt vand.

Det beregnes vha. formlen $E = \sum n (T_n - 10) * V_n / 860$ således at det indtagne vands varmeenergi E summeres op af de enkelte vandindtagsdele n hver med volumen V_n med den temperatur T_n som delene har i forhold til 10 °C. E regnes i kWh, T_n i °C og V_n i liter. Formlen er fra standarden EN 60456.

På den måde tages der hensyn til at det varme og også det kolde vand ikke har samme temperatur i alle vaske og på alle tider i løbet af vandindtaget.

Præparering af tøj og testsekvenser:

Test af en vaskemaskine i et fællesvaskeri gennemføres ved at der er foretages 9 vaske i maskinen. Dertil anvendes 9 vaskeloads, tøjfyldninger, opbygget af ens vasketekstiltyper og med samme vægt. Det er bomuldstøj som det er specificeret i to nævnte standarder. Det er akklimatiseret i et klimastyret rum, ophængt på tørrestativer ved en temperatur på 20 °C og en luftfugtighed på 65% i mindst 15 timer og har derved opnået en fugtighed i tøjet som defineres som 0% og som er den tilstand hvor tøjets masse som tørt tøj bestemmes (Hvis man ikke har adgang til et præcist styret klimarum kan der anvendes den såkaldte bone dry metode til at bestemme tøjets masse ved bone dry tilstanden og derefter kan omregnes til massen ved en akklimatisering).

Alle vaske er sket med maskinens 60 °C program og ved maskinens 40 °C program for almindelig snavset bomuld. Temperaturen i tøjet måles under vasken som funktion af tiden med forudprogrammerede dataloggere indsyet i tøjet.

Efter at elmåleudstyret og vandmåleudstyret er monteret køres første vask ved 40 °C for at køre maskinen igennem / gøre den parat og for at checke at registreringsudstyret for el og vand fungerer som det skal. Data fra første vask anvendes ikke til beregninger.

Herefter foretages 4 vaske ved 60 °C og derefter 4 vaske ved 40 °C:

1. vask: 60 °C med koldt vand på begge indtag
2. vask: 60 °C med koldt vand på koldt vandsindtag og varmt på varmt vandsindtag
3. vask: 60 °C med koldt vand på koldt vandsindtag og varmt på varmt vandsindtag
4. vask: 60 °C med koldt vand på begge indtag

5. vask: 40 °C med koldt vand på begge indtag
6. vask: 40 °C med koldt vand på koldt vandsindtag og varmt på varmt vandsindtag
7. vask: 40 °C med koldt vand på koldt vandsindtag og varmt på varmt vandsindtag
8. vask: 40 °C med koldt vand på begge indtag

Der køres således to vaske ved hver temperatur- og vandindtagskombination. Rækkefølgen er valgt så eventuelle systematiske påvirkninger på en vask fra den foregående (f.eks. temperatureffekter) bliver gjort mindre.

I den efterfølgende resultatbehandling fra testene angives middelværdien af vask 2 og 3 sammenlignet med middelværdien af vask 1 og 4 for at vise situationen med og uden varmt vandsindtag ved 60 °C

Tilsvarende angives middelværdien af vask 6 og 7 sammenlignet med middelværdien af vask 5 og 8 for at vise situationen med og uden varmtvandsindtag ved 40 °C

Eksempel:

Den følgende tabel viser resultaterne fra en in-situ test af en vaskemaskine med varmtvandsstilslutning fra 2005.

Program	Vand til hovedvask	Mængde tilført	Temperatur	Energi vand	Energi el	Sparet	Total el-energi	Total energi	Total vand	Total tid	Vasketemp.	Restfugt
		Liter	°C	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	liter	min	°C	%
60 °C bomuld	Koldt	12,5	12,9	42	1000	294	1107	1540	87	53	53	51
6,5 kg vaskelast	Varmt	9,5	45,5	392								
60 °C bomuld	Koldt	21,5	12,5	62	1294		1398	1460	84	56	53	50
6,5 kg vaskelast	Varmt	0	-									
40 °C bomuld	Koldt	11	13,7	47	364	328	471	966	87	48	38	55
6,5 kg vaskelast	Varmt	11	45	448								
40 °C bomuld	Koldt	21	13	74	691		792	866	85	51	37	57
6,5 kg vaskelast	Varmt	0	-									

Det ses at maskinen ved 60 °C vasken med varmtvandsindtag har indtaget 12,5 liter koldt vand og 9,5 liter varmt vand til vaskedelen af programmet. De viste vandtemperaturer er udregnet som en vægtet middeltemperatur for det indtagne vand. Dvs. som $T = \frac{\sum n (T_n - 10) \cdot V_n}{\sum V_n} + 10$. Den energi som vandet kan beregnes at bidrage med er 42 Wh for det kolde vand og 392 Wh for det varme vand regnet i forhold til 10°C. Derudover har maskinen anvendt 1000 Wh el-energi til vaskeprocessen. Sammenlignet med 60°C vasken uden varmtvandsindtag spares 294 Wh til elopvarmning af vandet. Ud fra de tilsvarende resultater for 40°C vaskene ses at her spares 328 Wh. Det ses at det varme vand i begge tilfælde er målt til at bidrage med ca. 100

Wh mere energi end det der er forskellen mellem det samlede energiforbrug, altså end det der spares. Når der både ved 60°C vaskene og ved 40°C vaskene måles/beregnes et totalt energiforbrug ved vaske med varmtvandsindtag som er større end ved vaske uden varmtvandsindtag, skyldes det formentlig, at det varme vand på sin vej fra flow- og temperaturmålingen vil afgive varme til forbindelsesslangen til maskinen og til vaskemaskinens indtagsskamre og rør. Ved vaske uden varmtvandsindtag vil det kolde vand på den tilsvarende vej opsamle noget varmenergi fra forbindelsesslangen og vaskemaskinens kamre og rør, som måske vil have en temperatur tæt på rumtemperatur dvs. ca. 5 til 10 grader over vandtemperaturen.

Den viste værdier for Total elenergi, Total vand og Total tid er målte værdier som gælder hele vaskeprogrammet dvs. selve vaskedelen, skyllene og centrifugeringen. Total energi er summen af Total elenergi og den varmeenergi som vandet beregnes at have bidraget med. Vasketemp er den maksimale temperatur som er opnået i vasketøjet under vasken. Restfugt er den vandmængde som er tilbage i tøjet efter centrifugeringen, regnet som procent af massen for tøjet i tør tilstand.

Det ses at den totale vasketid er kortere ved varmtvandsindtag end uden varmt vand. Det skyldes at vandet i vaskedelen hurtigere når den ønskede temperatur når der indtages varmt vand.

Denne maskine tager lidt mere koldt vand ind end varmt ved 60 °C vasken og samme mængde koldt som varmt ved 40 °C vasken.

Sparet el er målt til 294 Wh for 60 °C vasken og 328 Wh for 40 °C vasken.

3. Tørretumblere

In situ testmetoderne for tørretumblere udformet så de kan håndtere forskellig typer tørretumblere.

For tørretumbleren gælder:

Den modtager X kg tørt tøj med Y kg vand dvs. med et fugtindhold (en restfugt efter centrifugering) i procent som er $Y/X*100$

Den modtager luft (indtagsluft) fra omgivelserne med given temperatur og fugt

Desuden modtager den el-energi til det mekaniske arbejde som er rotation af tørretromlen og drift af luftblæsere samt energi til opvarmning af den luft der anvendes til tørringen af tøjet. Energi til opvarmning af tørreluften kan være

- El-energi
- Gas-energi
- Varmtvands-energi
- Damp-energi

Tumbleren afgiver:

X kg tøj med fugtighed på ca. 0% Desuden afgiver den udblæsningsluft med en vis temperatur og fugt og endvidere varme til omgivelserne fra tumblersens varme overflade og fra evt. køling med omgivelsesluft. Desuden afgiver en kondenserende tumbler en vis procentdel af fugten i tøjet som kondensvand

Præparering af tøj og bestemmelse af fugtindhold:

Ved in-situ test af tørretumblere anvendes bomuldstøj som det er specificeret i to nævnte standarder. Det er akklimatiseret i et klimastyret rum ophængt på tørrestativer ved en temperatur på 20 C og en luftfugtighed på 65% i et døgn og har derved opnået en fugtighed i tøjet som defineres som 0% og som er den tilstand hvor tøjets masse som tørt tøj bestemmes. (Hvis man ikke har adgang til et præcist styret klimarum kan der anvendes den såkaldte bone dry metode til at bestemme tøjets masse ved bone dry tilstanden og derefter omregne til massen ved akklimatisering)

Ude på vaskeriet vaskes tøjet i en relevant vaskemaskine, skylles og centrifugeres. Ved hjælp af en medbragt præcis vægt bestemmes tøjets masse og dermed dets fugtindhold inden tørretumblingen starter og igen straks efter at tørringen i tumbleren er gennemført.

Målinger:

El-forbruget måles med særlige elmålere som funktion af tiden. Temperaturen i tøjet måles med forud programmerede dataloggere også som funktion af tiden. Omgivelsestemperatur og -luftfugt måles med mellemrum.

På basis af dette kan bestemmes hvor meget energi og hvor lang tid der bruges pr. kg vand der fjernes fra tøjet. Det vil sige bestemme kapaciteten og effektiviteten for en given tumbler der er installeret, som den er på stedet. Det er vigtigt for udnyttelse af tiden og energien i de pågældende installation. Desuden findes også den maksimale temperatur som tøjet udsættes for. Dette er vigtigt for at vurdere hvor højt et trin temperaturen kan stilles på for at undgå beskadigelse af sarte tekstiler.

Hvor der har været tale om gasforsynede tørretumblere måles gasforbruget med en akkrediteret kalibreret, temperaturkompenserende gasmåler som har visning i normal kubikmeter.

For aftrækstørretumblere måles lufthastighed i og areal af aftræk med henblik på at bestemme luftmængden der ventileres gennem

Eksempel:

Det følgende eksempel er fra en aftrækstørretumbler med elopvarmning, kapacitet 8 kg, produceret 2015. Den er ved test indstilling til bomuld, dvs. maksimal tørretemperatur

Gennemsnitsresultater ved tørring af 6,8 kg bomuld med start-fugt 51%:

Elforbrug pr fjernet vand: 1,14 kWh/kg

Tidsforbrug pr fjernet vand: 9,9 min/kg

Maksimal temperatur i bomuldstøjet (ved afslutning): 44 °C

Volumen flow gennem tumbler: 296 m³/time

Omgivelser i vaskerilokale: 16 °C og 46% RH

Luftindtag: 12 °C og 56 % RH pga. at luftindtag er blandet ude- og inde-luft

Bemærkninger:

En hurtig tørreproces.

Aftrækket fra tumbleren ledes direkte ud af bygningen i et rør. Luftindtaget er luft fra rummet blandet med noget ude-luft. Det betyder at tumbleren afhængig af blandingsforholdet vil trække en vis mængde opvarmet luft ud af vaskeriet, som er opvarmet med en anden varmekilde.