



TEKNOLOGISK
INSTITUT

ELFORSK 344-040

Rapport

Professionelle energifleksible vaskema-
skiner til smart grids

Juni 2017

Titel: Professionelle energifleksible vaskemaskiner til smart grids

Udarbejdet for:

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Gregersensvej 2
2630 Taastrup
Energieffektivisering og Ventilation

Juni 2017

Forfatter:

Christian Holm Christiansen
Jørgen Hede Kjeldgaard

Indholdsfortegnelse

1. Introduktion	5
1.1. Ændring af projekternes forudsætninger	5
1.2. Ny tilgang	5
1.3. Plan for professionelle vaskemaskiner	6
2. Professionelle vaskemaskiner med varmtvandsforsyning	7
2.1. Generelt	7
2.2. Varmtvandstilslutning	7
2.3. Varmetilslutning	8
2.4. Varmtvands- og varmforsyning	8
2.4.1. Eksempel: To varmtvandstilsluttede vaskemaskiner og en gastørretumbler	8
2.4.2. Eksempel: Vaskeri med aftræksbrugsvandsvarmepumpe, to varmtvandstilsluttede vaskemaskiner og en varmepumpetørretumbler	9
2.4.3. Eksempel: To varmforsynede vaskemaskiner og en varmforsynet aftrækstørretumbler	10
2.5. Beholder og rørføring	11
2.6. Betalingssystemer	11
3. In-situ testprogram	13
4. Testresultater	15
4.1. 3 test cases	15
4.2. Sammenfatning af resultater	20
4.3. Anvendelsesprofiler for vaskerier	20
5. Beregningsmodel til beregningsprogram	22
5.1. Model for vaskemaskinens hovedvask	22
5.2. Model for brugsvandsinstallationer	22
5.3. Beregningsprogram	23
5.4. Beregningseksempel: Vaskeri med to vaskemaskiner – brugsvandsvarmepumpe 28	
5.5. Beregningseksempel: Vaskeri med otte vaskemaskiner, cirkulationsledning og varmtvandsbeholder	29
5.5.1. Vaskeri med otte maskiner tilsluttet eksisterende brugsvandssystem	29
5.5.2. Vaskeri med otte vaskemaskiner, cirkulationsledning og varmtvandsbeholder 33	
5.5.3. Vaskeri med otte vaskemaskiner, cirkulationsledning og varmtvandsbeholder – variant med 70 % brugsvandsandel	35
5.5.4. Vaskeri med otte vaskemaskiner, cirkulationsledning og varmtvandsbeholder – variant med 2 vaske pr. maskine pr. dag	37

5.5.5.	Vaskeri med otte vaskemaskiner, cirkulationsledning og varmtvandsbeholder – variant med konstant drift af cirkulationsledning.....	39
5.5.6.	Vaskeri med otte vaskemaskiner, cirkulationsledning og varmtvandsbeholder – variant med manglende isolering på cirkulationsledning.....	40
5.6.	Sammenfatning	42
6.	Udnyttelse af energifleksibiliteten i vaskemaskiner	44
6.1.	Eksempel på energifleksibel løsning med 8 vaskemaskiner og elopvarmet varmtvandsbeholder	44
6.1.1.	Billig strøm om natten	45
6.2.	Perspektiver.....	46

1. Introduktion

Teknologisk Institut har ledet to projekter under Dansk Energis Elforsk-program: **342-054: Positivliste for professionelle tørretumblere** og **344-040: Professionelle energifleksible vaskemaskiner til smart grids**. Projekterne har haft deltagelse af leverandører af vaskemaskiner og tørretumblere til det professionelle marked samt en kommune.

1.1. Ændring af projekternes forudsætninger

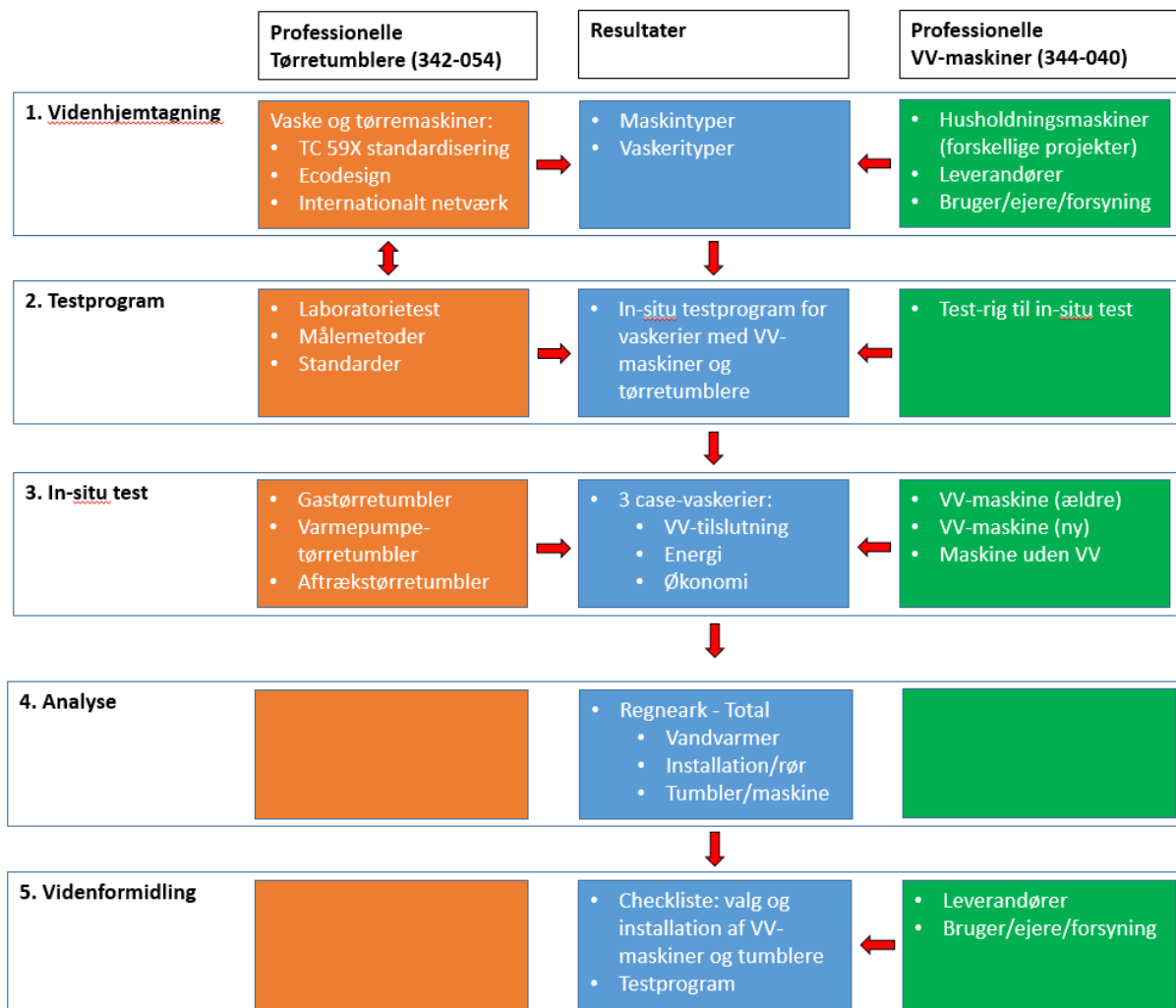
Projekterne har i perioder været sat på hold for fx at kunne drage fordel af nye teststandarder og metoder, som var under udvikling i det europæiske standardiseringssystem. Projekternes forudsætninger har desuden ændret sig undervejs. Dansk Energi ønsker ikke længere at eje og vedligeholde positivlister og Teknologisk Institut har med udgangen af 2013 måttet lukke sit akkrediterede vaskelaboratorium, hvor der skulle have været foretaget forskellige test af produkterne. Det ændrer imidlertid ikke ved, at der fortsat er et behov for at opbygge og formidle viden om professionelle tørretumblers energiforbrug, tørreevne mv. samt varmtvandsbaserede vaskemaskiners evne til at udnytte miljøvenlige energiforsyninger som fjernvarme, varmepumper og solvarme og deltage aktivt som del af et fleksibelt energimarked.

1.2. Ny tilgang

Det er derfor med accept fra Dansk Energis Elforsk-program besluttet at fortsætte projekterne med et lidt ændret indhold. I stedet for at teste i laboratoriet, er der blevet målt på maskiner in-situ i forskellige case-vaskerier. Til det formål er der udviklet et særligt testprogram. De generelle erfaringerne fra test og installationsløsninger er brugt som grundlag for en generel checkliste til valg af tørretumblere og varmtvandsbaserede vaskemaskiner. På figur 1-1 er vist hvordan de to Elforsk-projekter bidrager til det samlede resultat:

- Et regneark til beregning af energiforholdene for et vaskeri
- En checkliste til valg og installation af varmtvandstilsluttede vaskemaskiner
- Et testprogram, som kan anvendes til in-situ test

I projekterne er der hjemtaget viden (1) fra en række interessenter herunder bl.a. netværk etableret i forbindelse med det igangværende ecodesign- og standardiseringsarbejde for professionelle maskiner, leverandører, brugere mv. Testprogrammerne (2) er udviklet på baggrund af udkast til standarder, test af professionelle maskiner i laboratoriet (før det blev nedlagt), og i forbindelse med etablering og fintuning af in-situ-testrig. In-situ-test (3) er udført i tre case-vaskerier med forskellige typer tørretumblere og vaskemaskiner. Resultaterne fra in-situ-test er blevet analyseret (4) og er sammen med registreringer af installationerne i case-vaskerierne anvendt til at udforme et beregningsværktøj (regneark) til beregning af energiforholdene i et vaskeri. Resultaterne er desuden formidlet (5) i form af en checkliste og et in-situ-testprogram, der kan anvendes generelt i vaskerier.



Figur 1-1 Oversigt over bidrag fra Elforsk-projekterne 342-054 og 344-040 til det samlede resultat.

1.3. Plan for professionelle vaskemaskiner

For de professionelle varmtvandsstilsluttede vaskemaskiner gennemføres og beskrives følgende:

Afsnit 2: Professionelle vaskemaskiner med varmtvandsforsyning

Afsnit 3: In-situ testprogram

Afsnit 4: Testresultater

Afsnit 5: Beregningsmodel til beregningsprogram

Afsnit 6: Udnyttelse af energifleksibiliteten i vaskemaskiner

2. Professionelle vaskemaskiner med varmtvandsforsyning

Professionelle vaskemaskiner til fællesvaskerier, møntvaskerier og til vaskeopgaver med lignende vaskebehov har typisk en kapacitet, der ikke overstiger 15 kg tørt tøj. I det følgende gives et overblik over teknologien i vaskemaskiner til varmtvandstilslutning, varmtvandsforsyningen og betalingssystemerne.

2.1. Generelt

Vaskemaskiner har gennemgået en lang udvikling siden de første modeller kom på markedet. Vaskemaskinen frembringer sine vaskeresultater ved brug af fem bidrag: vand, temperatur, kemi, mekanisk bearbejdning og tid. De fem bidrag doseres i forskelligt omfang afhængig af hvilket tøj man vasker, og hvilket vaskeresultat man ønsker.

I dag er næsten alle vaskemaskiner i vores del af verden opbygget som tromlemaskiner med en vasketromle der kan rotere om en vandret akse i et vaskekar der omslutter tromlen. Vasketromlen kan påfyldes vasketøj gennem en luge i vaskekarret. Vasketromlen har næsten lige så stor diameter som vaskekarret så at selv små mængder vand i karret kan nå op til den perforerede tromle og fugte tøjet i tromlen.

Vand fra vandforsyningen kan løbe ind i karret når vandtilgangsventiler er åbnet af vaskemaskinens vaskeprogram. Ventilerne åbnes gentagende gange indtil vandstanden i vaskekarret har nået den ønskede højde. Der kan være en ventil til forvask, en til hovedvask og en eller flere til skyl. Vandet fra ventilerne kan løbe igennem skuffer med vaskemidler eller skyllemidler for at føre midlerne ned i vaskekarret sammen med vandet. Vaske- og skyllemidler kan i andre konstruktioner blive doseret i rette tid og i rette mængder af pumpesystemer som styres af vaskemaskinens vaskeprogram.

2.2. Varmtvandstilslutning

En del husholdningsmaskiner og næsten alle professionelle maskiner har to vandindtag et til koldt vand og et til varmt vand. Ved at tage varmt vand ind kan der spares el-energi til opvarmning af vaskemaskinens vand.

Vaskemaskinens program bestemmer, hvor stor en del af vandindtaget til hovedvasken som skal være varmt vand. Ved at indtage varmt vand i starten af vandindtaget til hovedvasken fremskyndes den temperaturstigning som ønskes i vaskevandet og der spares el-energi. Hvor meget varmt vand og ved hvor høj temperatur det kan indtages afhænger af, hvilket vaskeprogram maskinen er bedt om at vaske ved. Der må aldrig strømme vand med en højere temperatur end den ønskede vasketemperatur direkte ind i vaskekarret. Det kan ødelægge sarte stoffer. Derfor er indtagsventiler og et evt. blandekammer med temperatursensor kombineret med et styreprogram det helt afgørende for, hvor godt en vaskemaskine kan udnytte energien i det varme vand og dermed spare el-energi.

Forsigtige traditionelle systemer uden temperatursensorer indtager ikke varmt vand hvis den ønskede vasketemperatur er lav. Ved høje ønskede vasketemperaturer indtages kun

så lidt varmt vand at blandingen med sikkerhed ikke overstiger den ønskede vasketemperatur selv om temperaturen i det varme tilgangsvand er højest mulig i en varmtvandsinstallation. Måske tages mindre end 50% varmt vand ind i en 60 °C vask for med sikkerhed at kunne undgå ødelæggelse af tøj under alle installationsforhold. Med avancerede blandesystemer med indbyggede temperatursensorer og optimerede styresystemer kan der indtages varmt vand også ved lave ønskede vasketemperaturer, og ved en 60 °C vask kan sådanne systemer indtage måske 80 til 90 % af vandet som varmt vand afhængig selvfølgelig af tilgangstemperaturen på det varme vand.

2.3. Varmetilslutning

Der findes på markedet enkelte mindre vaskemaskiner med en indbygget varmeveksler. I disse maskiner cirkulere vandet i vaskekarret gennem varmeveksleren, som forsynes med varme fra traditionel varmforsyning fx fjernvarme. Maskinerne har også indbygget elvarmelegeme, der kan supplere opvarmningen, hvis varmeveksleren ikke kan levere nok. Den væsentligste fordel ved varmetilsluttede maskiner, er at den ønskede vasketemperatur kan styres meget præcist, og at de normalt vil kunne udnytte varmen bedre end de varmtvandstilsluttede maskiner. Det har vist sig, at de få varmevekslerforsynede vaskemaskiner på markedet typisk er designet til en relativ høj fremløbstemperatur (70-80 °C) for at kunne udnytte varmen bedst muligt ved fx en 60 °C vask.

Mange danske fjernvarmeværker leverer imidlertid en fjernvarmetemperatur på 60-70 °C og med temperaturtab i veksler mv. bliver fremløbstemperaturen til vaskemaskinen endnu lavere. Solvarme og varmepumper er også mest effektive ved lav fremløbstemperatur og er typisk ikke designet til højere fremløbstemperaturer end 55-60 °C. Men er der høje fremløbstemperaturer til stede, er det en interessant mulighed.

2.4. Varmtvands- og varmforsyning

I det følgende er vist forskellige eksempler på vaskeriløsninger med vaskemaskiner med varmtvands-/varmforsyning og tørretumbler. Eksemplerne er valgt med henblik på at vise nogle af de muligheder, der er på markedet i dag som alternativ til konventionelle elvarmeopvarmede maskiner, men også introducere nogle af de forhold man skal være særligt opmærksom på.

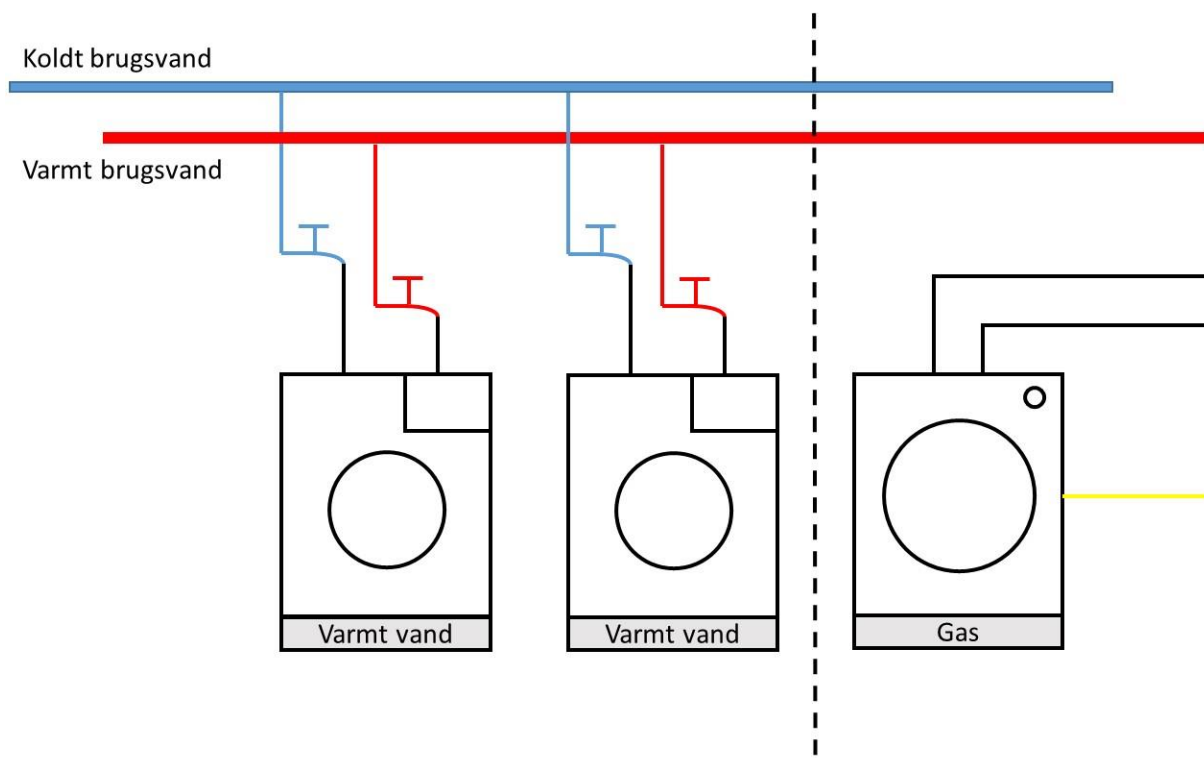
2.4.1. Eksempel: To varmtvandstilsluttede vaskemaskiner og en gastørretumbler

Figur 2-1 viser et vaskeri med to varmtvandstilsluttede vaskemaskiner og en gastørretumbler. Varmtvandsforsyning kommer fra eksisterende brugsvandsanlæg.

Det vil i mange fællesvaskerier være muligt at varmtvandstilslutte eksisterende og nye vaskemaskiner direkte til den eksisterende brugsvandsforsyning. I større ejendomme har fordelingssystemet en cirkulationsledning, der sikrer at der altid er varmt vand fremme ved koblingsledningerne til de enkelte tappesteder. Temperaturerne i fordelingssystemet ligger typisk i intervallet 50-60 °C. Koblingsledningerne frem til den varmtvandstilsluttede maskine skal ikke være meget lange og have stor lysning/volumen. Der er to forhold, der primært gør sig gældende i forhold til tab i koblingsledningerne:

- Temperaturfaldet i koblingsledningen frem til vaskemaskinen, når maskinen kalder på varmt vand.
- Volumen af afkølet vand i koblingsledningen, der skal flyttes før det varme vand når frem til vaskemaskinen

I begge tilfælde vil elvarmeleget i den varmtvandstilsluttede vaskemaskine skulle kompensere disse tab, hvilket fører til mindre udnyttelse af det varme vand.



Figur 2-1 Vaskeri med to varmtvandstilsluttede vaskemaskiner og gastørretumbler. Varmtvandsforsyning kommer fra eksisterende brugsvandsanlæg.

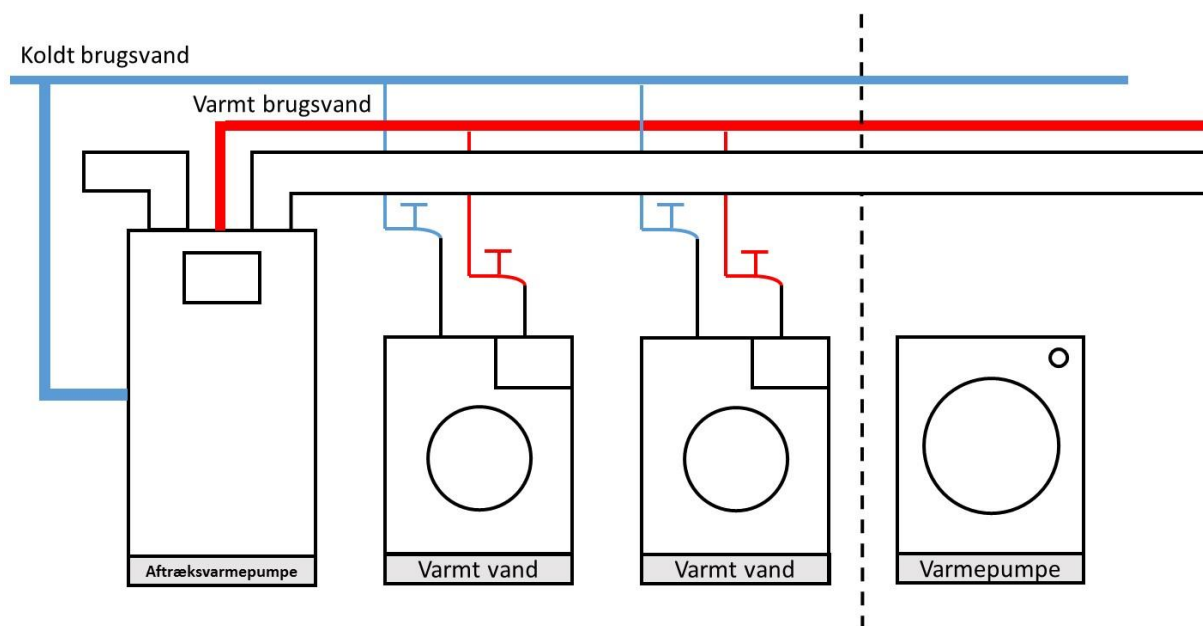
Gastørretumblere kan være et alternativ til elopvarmede tørretumblere, der hvor gassen er tilgængelig enten som naturgas eller bygas – også på den lange bane. Der er forskellige tiltag i gang som reducerer gassens CO₂-aftryk bl.a. iblandes opgraderet biogas allerede i naturgassen flere steder.

2.4.2. Eksempel: Vaskeri med aftræksbrugsvandsvarmepumpe, to varmtvandstilsluttede vaskemaskiner og en varmepumpe-tørretumbler

Figur 2-2 viser et vaskeri med to varmtvandstilsluttede vaskemaskiner og varmepumpe-tørretumbler. Varmtvandsforsyning kommer fra aftræksvarmepumpe, der etableres i forbindelse med vaskeriet.

Hvis det ikke er muligt at tilslutte direkte til eksisterende brugsvandsforsyning, kan der etableres ny brugsvandsforsyning i forbindelse med vaskeriet. Det kan fx være en fjernvarmeopvarmet beholder eller som på figuren en aftræksvarmepumpe til varmt brugsvand.

Der er indenfor de seneste år kommet en del brugsvandsvarmepumper på markedet beregnet til aftræksventilation med en effektfaktor på 2,5 eller mere (afhængigt af temperaturforholdene). Der er krav om energimærkning af brugsvandsvarmepumper og de fleste har energimærke A og en del kan også klare energimærke A+, som introduceres pr. 26. september 2017.



Figur 2-2 Vaskeri med to varmtvandsforbundne vaskemaskiner og varmepumpetørretumbler. Varmtvandsforsyning kommer fra aftræksvarmepumpe, der etableres i forbindelse med vaskeriet.

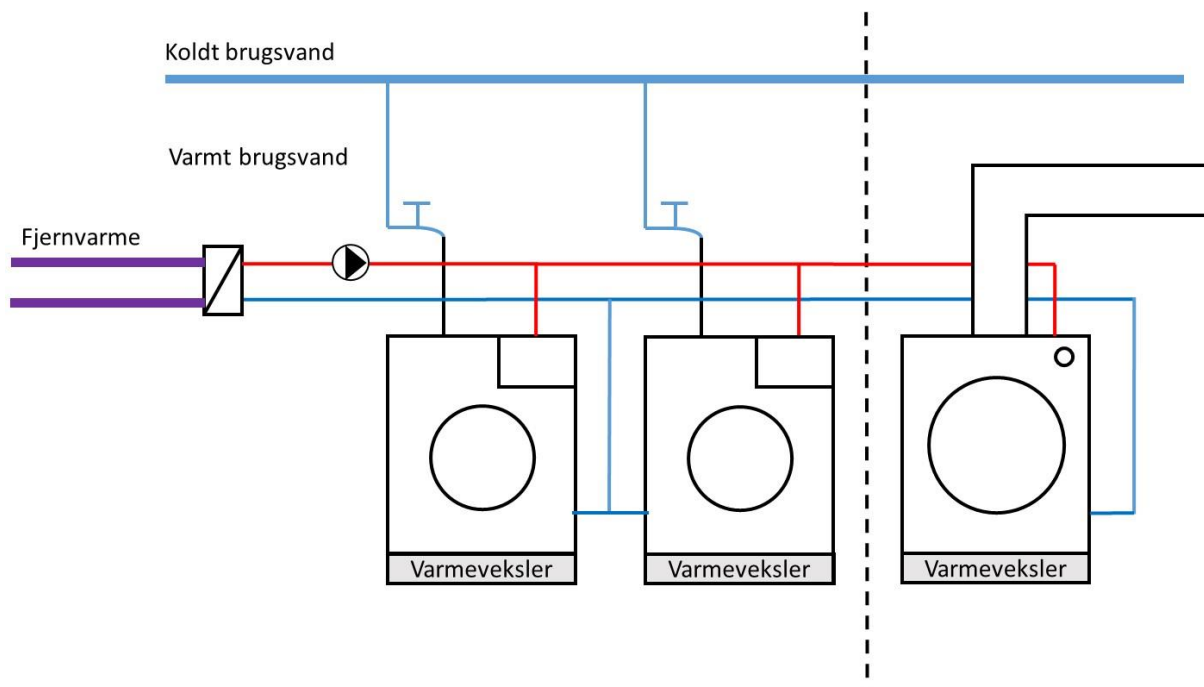
Aftræksvarmepumperne giver således mulighed for at producere det varme brugsvand til de varmtvandsforbundne vaskemaskiner baseret på el på en effektiv måde. Det er selvfølgelig en forudsætning, at der er plads og mulighed for at placere brugsvandsvarmepumpen i vaskeriet eller et tilstødende lokale og at det er muligt at føre aftrækket til det fri.

Det opleves i nogle tilfælde en øget luftfugtighed i vaskerierne, når der skiftes fra aftrækstørretumbler til kondentørretumbler. En kombination af varmtvandsforbundne vaskemaskiner og en brugsvandsvarmepumpe, som på figur 2-2 kan medvirke til at ventilere vaskeriet eller tilstødende tørrerum.

2.4.3. Eksempel: To varmeforsynede vaskemaskiner og en varmeforsynet aftrækstørretumbler

Figur 2-3 viser et vaskeri med to varmeforsynede vaskemaskiner og en varmeforsynet aftrækstørretumbler. Varmeforsyningen kommer fra en fjernvarmeveksler.

Som nævnt i afsnit 2.3 er maskinerne typisk designet til en relativ høj fremløbstemperatur (70-80 °C). De kan forsynes direkte med varme eller gennem en varmeveksler fx forsynet med fjernvarme. Da fremløbstemperaturen til varmeanlæg i danske ejendomme normalt er styret efter udetemperaturen og afbrydes om sommeren vil det normalt ikke være hensigtsmæssigt at forsyne maskinerne fra varmeanlægget. Ligger vaskeriet lang fra varmeforsyningen kan investeringer og varmetab blive ikke ubetydelige.



Figur 2-3 Vaskeri med to varmforsynede vaskemaskiner og en varmforsynet aftrækstørretumbler. Varmeforsyningen kommer fra en fjernvarmeveksler.

2.5. Beholder og rørføring

I forhold til at koble varmtvandsforsynede vaskemaskiner på eksisterende brugsvandsforsyning skal det overvejes om der er kapacitet nok i varmtvandsbeholderen. Vaskemaskinernes varmtvandsindtag i hovedvasken oplyses af producenten og døgnbrugsprofilen af maskinerne vurderes ud fra faktisk anvendelse. Resultaterne fra in-situ-målingerne i kapitel 4 kan også anvendes.

I forhold til beholdere, hvor der er flere varmekilder fx både fjernvarmespiral og elvarmelegeme skal det overvejes, hvilket af varmelegemerne/effekterne, beholdervolumenet skal udlægges for. Det er også vigtigt at overveje om varmekilden i beholderen skal kunne afbrydes i en længere periode fx for at kunne udnytte billig el om natten. Udnyttelsen af energifleksibiliteten i vaskemaskinerne undersøges nærmere i kapitel 6.

Skal der etableres et særskilt brugsvandssystem med cirkulation fra beholder frem til vaskemaskinerne er det vigtigt nøje at overveje økonomien både i forhold til investering og drift. Varmetabet fra brugsvandssystemer med cirkulation kan være relativt store og cirkulationspumper bør i alle tilfælde slukkes uden for vaskeriets brugstid. Beregningsprogrammet, som præsenteres i kapitel 5 giver mulighed for at beregne på dette.

2.6. Betalingssystemer

Mange vaskerier har i dag et elektronisk betalingssystem, der via en terminal registrerer brugeren og brugerens valg af maskine og vaskeprogram for senere afregning. Derudover kan nogle af disse systemer håndtere variable priser i løbet af dagen fx for at tilskynde en

mere effektiv udnyttelse af vaskeriet. Det ligger derfor lige for, at lade priserne være afhængig af den faktiske variable elpris i brugstiden. For vaskemaskiner med varmtvands-tilslutning og en varmtvandsbeholder vil en sådan variabel pris også kunne være afhængig af elprisen på andre tider af døgnet og/eller om det fx er mere attraktivt at forsyne beholderen med fjernvarme i nogle perioder fremfor el.

3. In-situ testprogram

Som nævnt i afsnit 1.1 er egentlige laboratorietest i vaskelaboratoriet stoppet i slutningen af 2013.

For at opnå kvantitative informationer for vaske- og for tørremaskiner til brug for nærværende projekter er det derfor valgt at udforme in-situ testmetoder til anvendelse på eksisterende fællesvaskerier. Metoderne er udformet, så de så tæt som muligt følger retningslinjer i de eksisterende standarder EN60456 for husholdningsvaskemaskiner og EN60121 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.

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

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

Det indtagne vands varmeenergiindhold er udregnet 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 er gennemført ved at der er foretaget 9 vaske i maskinen. Dertil er anvendt 9 vaskeloads, tøjfyldninger, opbygget af ens vasketekstiler fra vaskelaboratoriet 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 er således kørt 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 de efterfølgende resultater fra testene er givet 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 er givet middelværdien af vask 6 og 7 sammenlignet med middelværdien af vask 5 og 8 for at vise situationen med og uden varmt vandsindtag ved 40 °C

4. Testresultater

Der er foretaget vasketest efter in-situ testprogrammet på maskiner på tre lokationer kaldet Case 1, Case 2 og Case 3. Der refereres til disse tre cases i det følgende:

4.1. 3 test cases

Case 1: Et lille fællesvaskeri

Vaskemaskine: Kapacitet for bomuld 6,5 kg. Produceret 2005

Varmtvandssystem: Fjernvarmeopvarmet vand. Fra ringledning med cirkulation via en stikledning til maskinen

Testresultaterne fremgår af tabel 4-1.

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 $T = \frac{\sum_n (T_n - 10) * V_n}{\sum V_n} + 10$. 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 forbindelses-slangen til maskinen og til vaskemaskinens indtagskamre og rør. Ved vaske uden varmtvandsindtag vil det kolde vand på den tilsvarende vej opsamle noget varmen energi 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.

Resultater fra målinger 2015-05-08 og -12

Program	Vand til hovedvask	Mængde tilført	Temperatur	Energi vand	Energi el	Spart	Total el-energi	Total energi	Total vand	Total tid	Vaske-temp.	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	-									

Tabel 4-1 Case 1: Resultater fra test baseret på in-situ testprogram for varmtvandsstillet vaskemaskine – 60 °C og 40 °C vask med og uden varmtvandsindtag.

Case 2: Et mindre fællesvaskeri

Vaskemaskine: Kapacitet for bomuld 7 kg. Produceret 2013

Varmtvandssystem: Maskinen har ikke tidligere været varmtvandsforsynet. Forsyning etableret til test fra varmtvandshane ved vask i rummet og med lille overløb før vandmåler for at holde temperaturen.

Testresultaterne fremgår af tabel 4-2.

Denne maskine tager noget mere koldt vand ind end varmt ved 60 °C vasken og ved 40 °C vasken.

Sparet el er målt til 333 Wh for 60 °C vasken og 367 Wh for 40 °C vasken.

Case 3: Et stort fællesvaskeri

Prøvekørsel af varmtvandsforsynet vaskemaskine.

Vaskemaskine: Kapacitet for bomuld 7 kg. Produceret 2015

Varmtvandssystem: Varmt vand fra beholder opvarmet fra kedel.

Testresultaterne fremgår af tabel 4-3.

Denne maskine tager noget mere varmt vand ind end koldt ved 60 °C vasken og ved 40 °C vasken.

Sparet el er målt til 592 Wh for 60 °C vasken og 562 Wh for 40 °C vasken.

Resultater fra målinger 2015-06-03

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	14	14	65,4	806	333	909	1353	58,5	52	48	46
7 kg vaskelast	Varmt	9,5	44,3	379								
60 °C bomuld	Koldt	23	13,8	101	1139		1234	1335	57,5	55	49	49
7 kg vaskelast	Varmt	0	-									
40 °C bomuld	Koldt	13	13,8	57,9	258	367	346	706	44	42	33	46
7 kg vaskelast	Varmt	8	42,5	302								
40 °C bomuld	Koldt	23,5	14	108	625		712	820	56	45,5	34	46
7 kg vaskelast	Varmt	0	-									

Tabel 4-2 Case 2: Resultater fra test baseret på in-situ testprogram for varmtvandsstillet vaskemaskine – 60 °C og 40 °C vask med og uden varmtvandsindtag.

Resultater fra målinger 2015-12-03 og 2016-02-10

Program	Vand til hovedvask	Mængde tilført	Temperatur	Energi vand	Energi el	Spart	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	3,5	12,9	12	443	592	535	1326	52	51		48
6,8 kg vaskelast	Varmt	16	51,9	780								
60 °C bomuld	Koldt	20	12,9	66	1035		1127	1193	49	55	48	50
6,8 kg vaskelast	Varmt	0	-									
40 °C bomuld	Koldt	4,5	14	21	51	562	147	976	51	43		45
6,8 kg vaskelast	Varmt	16	53,4	808								
40 °C bomuld	Koldt	19,5	12	44	613		708	752	47	48	36	47
6,8 kg vaskelast	Varmt	0	-									

Tabel 4-3 Case 3: Resultater fra test baseret på in-situ testprogram for varmtvandsstillet vaskemaskine – 60 °C og 40 °C vask med og uden varmtvandsindtag.

4.2. Sammenfatning af resultater

På baggrund af testresultaterne fra de 3 case-vaskerier/maskiner er i tabel 4-4 vist gennemsnitsresultater for hhv. 40 °C og 60 °C vaskene.

Vasketype:	40 °C	60 °C
M: Maskinfyldning [kg]	6,8	6,8
T _{vask} : Vasketemperatur [°C]	35,7	49,8
Vandforbrug (hovedvask) [liter/vask]	21,3	21,6
T _{vv} : Tilgangstemperatur, varmt vand [°C]	47,0	47,2
T _{kv} : Tilgangstemperatur, koldt vand [°C]	13,4	13,2
Varmtvandsandel (hovedvask) [%]	54,9	54,1
V _{vv} : Volumen, varmt vand [liter/vask]	11,7	11,7
T _r : Rumtemperatur [°C]	21,3	21,3
E1: Elforbrug, tøj og maskiner [kWh/vask]	0,084	0,233
E2: Elforbrug, rør- og blandearr. [kWh/vask]	0,069	0,074

Tabel 4-4 Gennemsnitlige værdier for testresultaterne Case 1-3.

Som nævnt ovenfor registreres generelt et højere samlet energiforbrug for vaskemaskinerne med varmtvandstilslutning som formentligt skyldes at det varme vand på sin vej fra flow- og temperaturmålingen vil afgive varme til forbindelsesslangen til maskinen og til vaskemaskinens indtagskamre og rør. Ud fra gennemsnitsværdierne i tabel 4-4 er der udviklet en empirisk model for disse tab som:

$$E2 = 0,24 \cdot (T_{vv} - T_r) \cdot V_{vv} / 1000 \quad [\text{kWh/vask}]$$

Modellen er desuden baseret på en opdeling af energien til hovedvasken på hhv. energi til at varme vandet i maskinen op og energi til at varme tøjfyldning og maskindele op generelt. Sidstnævnte antages at være ens for maskiner med og uden varmtvandstilslutning og kan for disse maskiner beskrives med følgende udtryk:

$$E1 = 1,03 \cdot (T_{vask} - T_r) \cdot M / 1000 \quad [\text{kWh/vask}]$$

Forklaringer til de forskellige bogstavsbetegnelser fremgår af tabel 4-4.

Modellerne vurderes at kunne anvendes generelt for samme størrelser maskiner og for samme størrelser tøjfyldninger.

4.3. Anvendelsesprofiler for vaskerier

Baseret på udtræk fra et betalingssystem, der omfatter mere end 10 boligblokke med eget vaskeri med hver 2 vaskemaskiner og en tørretumbler er der estimeret følgende overordnede fordeling på forskellige vasketyper:

Vasketype	30 °C	40 °C	60 °C	95 °C
Andel [%]	20	45,3	26,6	6,1

Tabel 4-5 Anvendelsesprofil for vaskerier

Antal vask pr. dag i gennemsnit for de enkelte maskiner lå mellem 2 og 3.

I et andet projekt [2] er registreret følgende fordeling på forskellige vasketyper:

Vasketype	30 °C	40 °C	60 °C	95 °C
Andel [%]	13	54	24	9

Tabel 4-6 Anvendelsesprofiler for vaskeri [2]

6 vaskemaskiner i en boligforening med ca. 200 beboere blev registreret over en periode på 34 dage (i november/december). I alt 730 vaske blev gennemført i perioden svarende til 3,6 vask pr. maskine pr. dag.

5. Beregningsmodel til beregningsprogram

Der er udarbejdet et beregningsprogram (Excel-regneark), der kan bestemme besparelsen på energjudgiften ved varmtvandstilslutning af vaskemaskiner. I afsnit 5.1 og 5.2 gennemgås de bagvedliggende modeller. Afsnit 5.3 beskriver strukturen i beregningsprogrammet og giver sammen med afsnit 5.4 eksempler på forskellige beregningsscenarier for et mindre fællesvaskeri. Afsnit 5.5 gennemgår for et større fællesvaskeri en parameteranalyse med henblik på at vise, hvilke forhold, der har betydningen for besparelse på energjudgiften. Afsnit 5.6 sammenfatter resultaterne.

5.1. Model for vaskemaskinens hovedvask

For de varmtvandstilsluttede maskiner, er det andelen af varmt vand i hovedvasken og tilgangstemperaturen, der er afgørende for el-besparelsen. Den optimale varmtvandsandel for en given vask er givet ved:

$$\text{Optimal varmtvandsandel} = \text{Min} ((T_{\text{vask}} - T_{\text{kv}}) / (T_{\text{vv}} - T_{\text{kv}}) * 100 \% ; 100 \%)$$

Eksempel (baseret på værdierne i tabel 4-4, 60 °C vask):

$$T_{\text{vask}} = 49,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{kv}} = 13,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{vv}} = 47,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Optimal varmtvandsandel} = 100 \%$$

Det er således optimalt i eksemplet at tilføre hele hovedvasken som varmt vand. Havde tilgangstemperaturen for det varme vand været højere end vasketemperaturen havde det været mere optimalt at tilføre en mindre andel af det varme vand.

Varmtvandsandelen benyttes til at bestemme, hvor mange liter af hovedvasken, der tilføres som varmt vand. I praksis er den varmtvandsandel en vaskemaskine tager ind ikke nødvendigvis optimal. Andelen vil afhænge af styrings- og blandestrategien for maskinen.

Beregningsmodellen er desuden udformet sådan, at er den faktiske varmtvandsandel større end den optimale varmtvandsandel, så medregnes det faktiske forbrug af varmt vand.

Der medregnes desuden et elforbrug til de ekstra tab, som rør- og blandearrangement i den varmtvandstilsluttede maskine medfører, se bidrag E2, afsnit 4.2.

I beregningsmodellen beregnes forskellen i energiforbrug til el og varmt vand for den samme maskine med og uden varmtvandstilslutning.

5.2. Model for brugsvandsinstallationer

Varmetab fra brugsvandsinstallationer, der forsyner varmtvandstilsluttede maskiner kan have stor betydning for det samlede regnestykke. I modellen for brugsvandsinstallationer

er anvendt almindeligt formelmateriale for varmetab fra beholdere, forsynings- og cirkulationsledninger med og uden isolering. Placeringen af brugsvandsinstallationerne er opdelt i tre zoner:

Zone 1: Varmecentral

Zone 2: Kælder/krybekælder/jord/det fri/opvarmet rum indenfor isoleringen

Zone 3: Vaskeri

Eventuel varmtvandsbeholder og brugsvandsledning med cirkulation er placeret i zone 1 og zone 2. Afhængig af placeringen af installationerne indregnes forskellige grader af nyttiggjort varmetab. Det betyder at nettovarmetabet beregnes som det faktiske varmetab ganget med en faktor, se tabel 5-1.

Placering	Faktor
Opvarmet rum indenfor isolering	0,3
Krybekælder/uopvarmet kælder	0,7
Jord/det fri	1,0

Tabel 5-1 Faktorer for nettovarmetab

Der regnes med helårsdrift af installationerne. Som det fremgår af tabel 5-1 er der et nettovarmetab fra installationerne selv når installationerne er placeret i opvarmet rum indenfor isoleringen af bygningen. Det skyldes at varmetabet kun nyttiggøres i fyrringsssæsonen.

For brugsvandsledninger med cirkulation er det desuden muligt at vælge om cirkulationen er i drift hele døgnet eller kun i vaskeriets brugstid. Det påvirker både varmetabet og elforbruget til cirkulationspumpen. I vaskeriet (zone 3) og i forhold til fordelingsledningen/røret til varmt vand, hvor slangerne/koblingsledningerne udgår fra, er der udarbejdet en særlig model, der tager hensyn til temperaturfald i røret i perioden mellem at maskinerne kalder på varmt vand. Gennemsnitstemperaturen i fordelingsledningen-/røret er afhængig af belastningen i vaskeriet og har både betydning for varmetabet og for den temperatur, det varme vand har, når det når den varmtvandstilsluttede maskine. Der korrigeres for sidstnævnte i beregningerne af energiforbruget til vask for hhv. varmt brugsvand og el.

5.3. Beregningsprogram

I beregningsprogrammet indtastes karakteristiske værdier for vaskemaskinen, både med og uden varmtvandsforsyning. Desuden indtastes driftsmønster, opvarmningsform og energipriser. Endelig indtastes værdier for de brugsvandsinstallationerne fx rørdimensioner isoleringstykkelse mv. Beregningsprogrammet beregner derefter energiforbrug og energioekonomi. De forskellige indtastnings- og resultat sider ses på figurerne 5-1 til 5-9.

I de grønne felter i figur 5-1 indtastes vasketemperaturen, vandforbruget til hovedvasken, tilgangstemperaturen af det varme vand og varmtvandsandelen for op til fire forskellige vaske fx 30, 40, 60 og 95 °C vask. Tilgangstemperaturen vil være afhængig af de lokale forhold. Andre parametre kan oplyses af maskinleverandøren eller der kan tages udgangspunkt i testresultater fra kapitel 4.

Jf. afsnit 5.1 beregnes den optimale varmtvandsandel (orange felter), så det er muligt at sammenligne med maskinens faktiske varmtvandsandel.

Jf. afsnit 4.2 beregnes elforbrug til de ekstra tab, som rør- og blandearrangement i den varmtvandstilsluttede maskine medfører. Ønskes disse tab ikke medregnet kan de neutraliseres ved at sætte rumtemperaturen lig med tilgangstemperaturen for det varme vand, se figur 5.3.

Øvrigt elforbrug og varmeforbrug til opvarmning af hovedvasken beregnes ligeledes (gule felter). Værdierne i figur 5.1 afspejler en idealiseret maskine med optimal varmtvandsandel.

På samme vis beregnes elforbruget til hovedvasken for en koldtandsforsynet vaskemaskine, se figur 5.2. Vandforbrug til hovedvasken skal indtastes. Det vil normalt være identisk med det vandforbrug, der indtastes for den varmtvandsforsynede vaskemaskine, men der er altså mulighed for at differentiere dette. Tilgangstemperaturen til det kolde vand skal ligeledes indtastes.

Data for vaskemaskiner

Varmtvandsforsynet vaskemaskine				
	30 °C vask	40 °C vask	60 °C vask	95 °C vask
Vasketemperatur [°C]	30,0	40,0	60,0	95,0
Vandforbrug (hovedvask) [liter/vask]	20,0	20,0	20,0	20,0
Tilgangstemperatur [°C]	50	50	50	50
Varmtvandsandel (hovedvask) [%]	42,9	71,4	100,0	100,0
Optimal varmtvandsandel (h.vask) [%]	42,9	71,4	100,0	100,0
Elforbrug, rør- og blandearr. [kWh/vask]	0,06	0,10	0,14	0,14
Elforbrug, opvarm. [kWh/vask]	0,00	0,00	0,23	1,05
Varmeforbrug, opvarm. [kWh/vask]	0,35	0,58	0,82	0,82

Figur 5-1 Beregningsprogram – Varmtvandsforsynet vaskemaskine, hoveddata

Koldtvandsforsyret vaskemaskine				
	30 °C vask	40 °C vask	60 °C vask	95 °C vask
Vandforbrug (hovedvask)[liter/vask]	20,0	20,0	20,0	20,0
Tilgangstemperatur [°C]	15	15	15	15
Elforbrug, opvarm. [kWh/vask]	0,35	0,58	1,05	1,87

Figur 5-2 Beregningsprogram - koldtvandsforsyret vaskemaskine, hoveddata

For at kunne beregne det vaskerispecifikke energiforbrug skal i felterne figur 5-3 indtastes vaskeriets åbningstid, antal vaskemaskiner i vaskeriet og antal vaske pr. maskine. Desuden skal indtastes en gennemsnitlig fordeling af vaskene. I eksemplet har vaskeriet åbent i 16 timer om dagen, der er to vaskemaskiner og de gennemfører i gennemsnit over hele året to vaske hver om dagen. Er der ingen data tilgængelig om andel af de forskellige vaske kan anvendelsesprofilen afsnit 4.3 eventuelt anvendes (det er det, der er anvendt på figur 5-3). Rumtemperaturen i vaskeriet skal ligeledes indtastes for at kunne medregne elforbrug til de ekstra tab, som rør- og blandearrangement i den varmtvandstilsluttede maskine medfører.

Åbningstid, antal maskiner og vaskeprofil (der regnes med 365 dage pr. år)					
Åbningstid [h/dag]	16	Rumtemperatur [°C]	20		
Antal maskiner [stk.]	2	Antal vaske pr. maskine [stk/dag]	2		
	30 °C vask	40 °C vask	60 °C vask	95 °C vask	Check
Fordeling af vaske [%]	20,0	45,3	28,6	6,1	100,0
Antal vaske [stk./dag]	0,4	0,9	0,6	0,1	2,0

Figur 5-3 Beregningsprogram – Åbningstid, antal maskiner og antal vaske pr. maskine samt fordeling af vaske (anvendelsesprofil)

Forsyning til varmt brugsvand indtastes under opvarmningsform, se figur 5-4. Der kan vælges mellem følgende forsyningsarter, hvor der er besluttet følgende faste marginalvirkningsgrader:

- Fjernvarme: 100%
- Naturgas: 95%
- El, direkte: 100 %
- El, varmepumpe: 280 %

Opvarmningsform

Forsyning, varmt brugsvand

Figur 5-4 Beregningsprogram - Opvarmningsform

Det er muligt at regne med energipriser for hhv. varmt vand til vask og el til vask.

Energipriser

Varme, vask	<div style="border: 1px solid black; background-color: #90ee90; padding: 2px;">0,70</div>	kr./kWh	Hvis der benyttes varmepumpe indtastes varmeprisen som en elpris
El, vask	<div style="border: 1px solid black; background-color: #90ee90; padding: 2px;">2,20</div>	kr./kWh	

Figur 5-5 Beregningsprogram – Energipriser

Energiforbruget fordelt på fire typer forbrug vises sammen med det samlede energiforbrug og den samlede energiudgift på figur 5-6. Varmt brugsvand (VBV) til vask er den energi, der fødes ind i de varmtvandstilsluttede vaskemaskiner. Varmt brugsvand til varmetab er den energi, der eventuelt tabes fra varmtvandsbeholder, forsynings- og cirkulationsledninger samt fordelerrør. El til vask er det elforbrug, der skal suppleres med, når det varme brugsvand ikke kan levere hele den nødvendige energimængde til hovedvasken. Endelig medtages elforbruget fra cirkulationspumpe, hvis der er en sådan.

For de koldtvarmforsynede maskiner medregnes udelukkende elforbruget til hovedvasken. Husk, at det i beregningerne udelukkende er energiforbruget til hovedvasken, der sammenlignes.

Energiforbrug og energiudgift				
Varmtvandsforsyning vaskemaskine				
VBV, vask	864	kWh/år		
VBV, varmetab	44	kWh/år		
EL, vask	389	kWh/år		
EL, cirkulation	0	kWh/år		
I alt	1.297	kWh/år	1.491	kr./år
Koldtvandsforsyning vaskemaskine				
EL, vask	1.094	kWh/år		
I alt	1.094	kWh/år	2.406	kr./år
Til investering i varmtvandstilslutning			915	kr./år

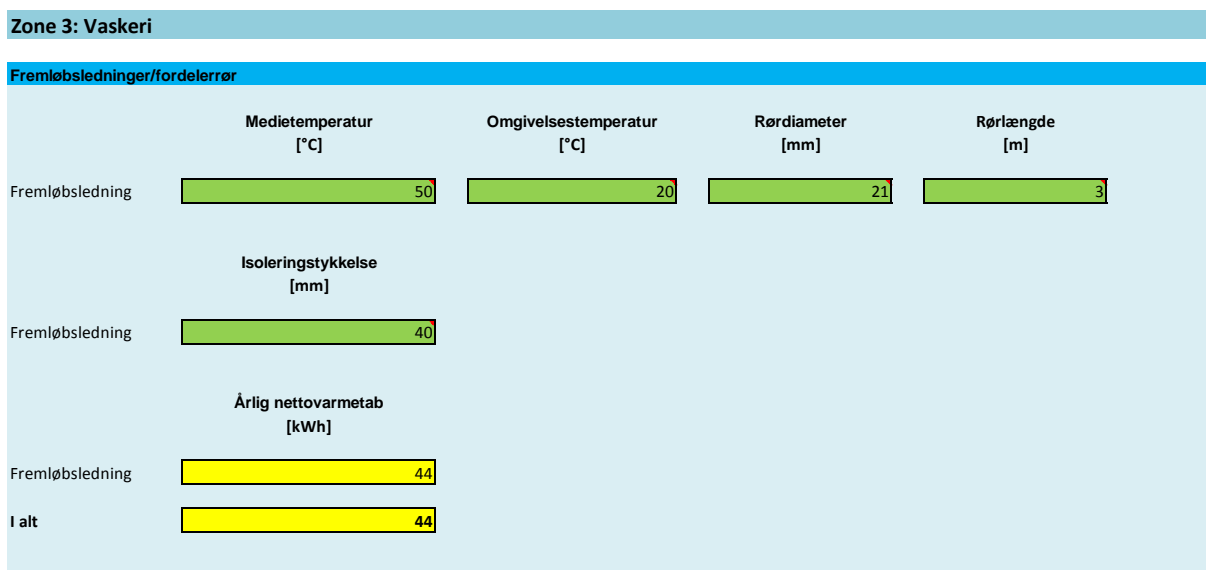
Figur 5-6 Beregningsprogram – Energiforbrug, energiudgift og driftsøkonomisk besparelse.

I forhold til vurdering af brugsvandskapacitet og eventuelt beholderstørrelse beregnes og vises desuden det daglige forbrug af varmt vand til vaskemaskinerne i brugstiden samt eventuelt varmetab fra beholder, forsynings- og cirkulationsledning omsat til et ækvivalent varmtvandsforbrug i brugstiden, se figur 5-7. Det tilsvarende energiforbrug beregnes ligeledes.

Forbrug af varmt vand i brugstiden				
Forbrug af varmt vand	60	l/dag	2,47	kWh/dag
Varmetab, ækvivalent forbrug	0	l/dag	0,00	kWh/dag

Figur 5-7 Beregningsprogram – Forbrug af varmt vand i brugstiden

Varmetabet i vaskeriet (Zone 3) beregnes ud fra oplysninger om temperaturer, rørdimensioner og isoleringstykkelser og som beskrevet i afsnit 5.2, belastningen af fremløbsledning/rør, se figur 5-8.

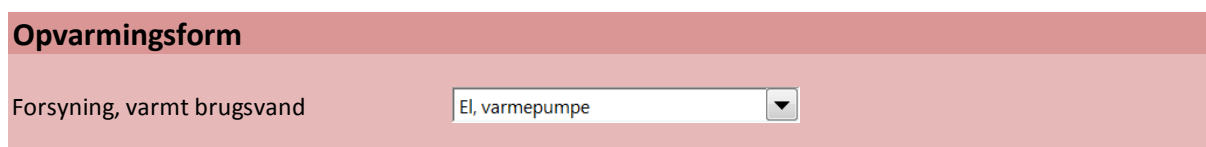


Figur 5-8 Beregningsprogram – Fremløbsledninger og fordelerrør

Beregningsprogrammet giver desuden mulighed for at regne varmetabet fra varmtvandsbeholder og rør med cirkulationsledning, se beregningseksempel i afsnit 5.5

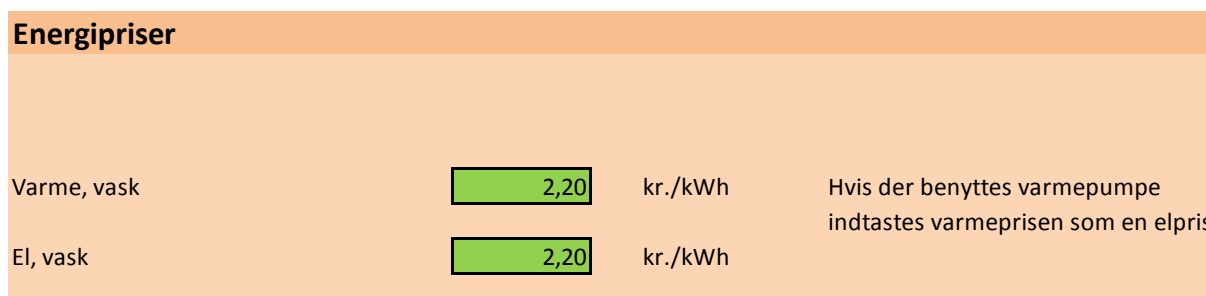
5.4. Beregningseksempel: Vaskeri med to vaskemaskiner – brugsvandsvarmepumpe

For samme vaskeri, som ovenfor er vist et eksempel, hvor varmtvandsforsyningen er baseret på en brugsvandsvarmepumpe af aftrækstypen i stedet for fjernvarme, se figur 5-9.



Figur 5-9 Beregningsprogram – Opvarmingsform

Vælges brugsvandsvarmepumpen regnes med en marginalvirkningsgrad på 280%. Energifrisen for el indtastes "Varme, vask", se figur 5-10.



Figur 5-10 Beregningsprogram – Energipriser

Som det fremgår af figur 5-11 er energiforbruget til varmt brugsvand væsentligt mindre for varmepumpeløsningen sammenlignet med fjernvarmeløsningen i figur 5-6. Til gengæld er de samlede energidgifter højere.

Energiforbrug og energiudgift				
Varmtvandsforsyning vaskemaskine				
VBV, vask	309	kWh/år		
VBV, varmetab	16	kWh/år		
EL, vask	389	kWh/år		
EL, cirkulation	0	kWh/år		
I alt	713	kWh/år	1.569	kr./år
Koldtvandsforsyning vaskemaskine				
EL, vask	1.094	kWh/år		
I alt	1.094	kWh/år	2.406	kr./år
Til investering i varmtvandstilslutning			837	kr./år

Figur 5-11 Beregningsprogram – Energiforbrug, energiudgift og driftsøkonomisk besparelse.

I det viste eksempel fås 837 kr./år ved brugsvandsvarmepumpe til investering i varmtvandstilslutning mod 915 kr./år ved fjernvarmetilslutning. Beløbet skal også kunne forrente investering i brugsvandsvarmepumpe. Eksemplet viser, at der bør regnes detaljeret inden der investeres i en brugsvandsvarmepumpe til varmtvandsforsyning som udelukkende anvendes til vaskemaskiner. Flere vaskemaskiner og højere belastning af den enkelte maskine vil forbedre regnestykket. Det samme vil en kombineret forsyning med varmt brugsvand til andre formål fx brus eller lignende. Endelig vil en forventet lavere elpris i fremtiden også medvirke til en bedre business case.

5.5. Beregningseksempel: Vaskeri med otte vaskemaskiner, cirkulationsledning og varmtvandsbeholder

Der er en del større fællesvaskerier, som betjener flere boligejendomme. I det følgende vises et eksempel med 8 vaskemaskine og forskellige varianter af input parametre.

5.5.1. Vaskeri med otte maskiner tilsluttet eksisterende brugsvandssystem

I den første variant antages, at vaskeriet med 8 maskiner kan tilsluttes et eksisterende brugsvandsanlæg. Det vil sige at beregningen i det følgende er uden varmtvandsbeholder og cirkulationsledning. Det antages desuden at varmtvandsandelen i vaskemaskinerne er optimal og at hver maskine i gennemsnit vasker 3 vaske om dagen. På installationssiden

medtages et fordelerrør på 10 meter i vaskeriet. Figur 5-12 til 5-17 viser input parametre og resultater. Til investering i varmtvandstilslutning er der 5.550 kr. pr. år til rådighed.

Data for vaskemaskiner

Varmtvandsforsyret vaskemaskine				
	30 °C vask	40 °C vask	60 °C vask	95 °C vask
Vasketemperatur [°C]	30,0	40,0	60,0	95,0
Vandforbrug (hovedvask) [liter/vask]	20,0	20,0	20,0	20,0
Tilgangstemperatur [°C]	50	50	50	50
Varmtvandsandel (hovedvask) [%]	42,9	71,4	100,0	100,0
Optimal varmtvandsandel (h.vask) [%]	42,9	71,4	100,0	100,0
Elforbrug, rør- og blandearr. [kWh/vask]	0,06	0,10	0,14	0,14
Elforbrug, opvarm. [kWh/vask]	0,00	0,00	0,23	1,05
Varmeforbrug, opvarm. [kWh/vask]	0,35	0,58	0,82	0,82

Koldtvandsforsyret vaskemaskine				
	30 °C vask	40 °C vask	60 °C vask	95 °C vask
Vandforbrug (hovedvask)[liter/vask]	20,0	20,0	20,0	20,0
Tilgangstemperatur [°C]	15	15	15	15
Elforbrug, opvarm. [kWh/vask]	0,35	0,58	1,05	1,87

Figur 5-12 - Afs. 5.5.1: Varmtvandsforsyret maskine med optimal varmtvandsandel

Åbningstid, antal maskiner og vaskeprofil (der regnes med 365 dage pr. år)					
Åbningstid [h/dag]	16	Rumtemperatur [°C]	20		
Antal maskiner [stk.]	8	Antal vaske pr. maskine [stk/dag]	3		
	30 °C vask	40 °C vask	60 °C vask	95 °C vask	Check
Fordeling af vaske [%]	20,0	45,3	28,6	6,1	100,0
Antal vaske [stk./dag]	0,6	1,4	0,9	0,2	3,0

Figur 5-13 - Afs. 5.5.1: Vaskeri med 8 maskiner med i gennemsnit 3 vaske pr. dag

Opvarmingsform

Forsyning, varmt brugsvand

Energipriser

Varme, vask	0,70	kr./kWh	Hvis der benyttes varmepumpe indtastes varmeprisen som en elpris
El, vask	2,20	kr./kWh	

Figur 5-14 - Afs. 5.5.1: Opvarmning med fjernvarme og energipriser

Energiforbrug og energiudgift

Varmtvandforsynet vaskemaskine

VBV, vask	5.257	kWh/år		
VBV, varmetab	336	kWh/år		
EL, vask	2.259	kWh/år		
EL, cirkulation	0	kWh/år		
I alt	7.852	kWh/år	8.885	kr./år

Koldtvandforsynet vaskemaskine

EL, vask	6.561	kWh/år		
I alt	6.561	kWh/år	14.435	kr./år
Til investering i varmtvandstilslutning			5.550	kr./år

Figur 5-15 - Afs. 5.5.1: Energiforbrug og energiudgift

Forbrug af varmt vand i brugstiden

Forbrug af varmt vand	363	l/dag	14,83	kWh/dag
Varmetab, ækvivalent forbrug	0	l/dag	0,00	kWh/dag

Figur 5-16 - Afs. 5.5.1: Forbrug af varmt vand i brugstiden.

Zone 3: Vaskeri				
Fremløbsledninger/fordelerrør				
	Medietemperatur [°C]	Omgivelsestemperatur [°C]	Rørdiameter [mm]	Rørlængde [m]
Fremløbsledning	50	20	27	10
	Isoleringstykkelse [mm]			
Fremløbsledning	40			
	Årlig nettovarmetab [kWh]			
Fremløbsledning	336			
I alt	336			

Figur 5-17 - Afs. 5.5.1: Energiforbrug og nettovarmetab i Zone 3/Vaskeri. Der er forudsat et 10 meter langt fordelerrør til de 8 maskiner.

5.5.2. Vaskeri med otte vaskemaskiner, cirkulationsledning og varmtvandsbeholder

I denne variant tilføjes i forhold til eksemplet i afsnit 5.5.1 en dedikeret varmtvandsbeholder på ca. 500 liter i varmecentral (Zone 1), i alt 20 meter fremløbsledning og cirkulationsledning samt en cirkulationspumpe i uopvarmet kælder (Zone 2), der forbinder varmecentral og vaskeri (Zone 3). Installationerne er isoleret op til standard og cirkulationspumpen er kun i drift i åbningstiden. Inputparametrene for Zone 2 fremgår af figur 5-18 og for Zone 3 af figur 5-19. Resultaterne fremgår af figur 5-20 og 5-21. Til investering i varmtvandstilslutning er der 4.661 kr. pr. år til rådighed. Det reducerede beløb til investering (fra 5.550 kr.) skyldes energigudgifter til varmetab fra beholder og brugsvandsledninger med cirkulation samt elforbrug til cirkulationspumpen.

Zone 2: Kælder/krybekælder/jord/det fri/opvarmet rum indenfor isoleringen

Brugsvandsledninger med cirkulation

	Medietemperatur [°C]	Omgivelsestemperatur [°C]	Rørdiameter [mm]	Rørlængde [m]
Fremløbsledning	55	15	35	10
Returledning	50	15	27	10

	Isoleringstykkelse [mm]	Cirkulationspumpe [W]
Fremløbsledning	40	20
Returledning	40	

Placering: Krybekælder/uopvarmet kælder Kun drift i åbningstid

	Årlig nettovarmetab [kWh]
Fremløbsledning	321
Returledning	244
I alt	565

Figur 5-18 - Afs. 5.5.2: Energiforbrug og nettovarmetab i Zone 2/uopvarmet kælder. Der er forudsat i alt 20 meter fremløbsledning og cirkulationsledning samt en cirkulationspumpe med 20 W eleffekt.

Zone 1: Varmecentral

Varmtvandsbeholder

	Medietemperatur [°C]	Omgivelsestemperatur [°C]	Beholderdiameter [m]	Beholderhøjde [m]
Beholder	55	20	0,6	1,7

	Isoleringstykkelse [mm]	Volumen [l]
Beholder	120	481

Placering: Krybekælder/uopvarmet kælder

	Årlig nettovarmetab [kWh]
Beholder	310

Figur 5-19 - Afs. 5.5.2: Energiforbrug og nettovarmetab i Zone 1/varmecentral. Der er forudsat en dedikeret beholder på ca. 500 liter.

Energiforbrug og energiudgift				
Varmtvandforsyning vaskemaskine				
VBV, vask	5.257	kWh/år		
VBV, varmetab	1.211	kWh/år		
EL, vask	2.259	kWh/år		
EL, cirkulation	117	kWh/år		
I alt	8.844	kWh/år	9.754	kr./år
Koldtvandforsyning vaskemaskine				
EL, vask	6.561	kWh/år		
I alt	6.561	kWh/år	14.435	kr./år
Til investering i varmtvandstilslutning			4.681	kr./år

Figur 5-20 - Afs. 5.5.2: Energiforbrug og energiudgift. Bemærk øget varmetab og elforbrug til cirkulationspumpe.

Forbrug af varmt vand i brugstiden				
Forbrug af varmt vand	363	l/dag	14,83	kWh/dag
Varmetab, ækvivalent forbrug	59	l/dag	2,40	kWh/dag

Figur 5-21 - Afs. 5.5.2: Forbrug af varmt vand i brugstiden. Bemærk varmetab fra beholder og cirkulationstab svarer til et ækvivalent forbrug på 2,4 kWh/dag.

5.5.3. Vaskeri med otte vaskemaskiner, cirkulationsledning og varmtvandsbeholder – variant med 70 % brugsvandsandel

I denne variant (og i forhold til afsnit 5.5.2) reduceres maskinens evne til at udnytte varmt vand fra en optimal varmtvandsandel (perfekt blanding af koldt og varmt vand) til en konstant varmtvandsandel på 70% af hovedvasken. Inputparametrene fremgår af figur 5-22. Det ses, at ved 30 °C vask tilføres mere varmt vand end optimalt, ved 40 °C vask tæt på optimalt og ved de øvrige vaske mindre end optimalt. Mere varmt vand end optimalt betyder et større varmtvandsforbrug end nødvendigt – mindre end optimalt betyder et større elforbrug til opvarmning af vand i hovedvasken. Resultaterne fremgår af figur 5-23 og 5-

24. Til investering i varmtvandstilslutning er der 3.379 kr. pr. år til rådighed. Det reducerede beløb til investering (fra 4.661 kr.) skyldes udelukkende maskinens reducerede evne til at udnytte det varme vand (varmtvandsandelen).

Data for vaskemaskiner

Varmtvandforsyнет vaskemaskine				
	30 °C vask	40 °C vask	60 °C vask	95 °C vask
Vasketemperatur [°C]	30,0	40,0	60,0	95,0
Vandforbrug (hovedvask) [liter/vask]	20,0	20,0	20,0	20,0
Tilgangstemperatur [°C]	50	50	50	50
Varmtvandsandel (hovedvask) [%]	70,0	70,0	70,0	70,0
Optimal varmtvandsandel (h.vask) [%]	42,9	71,4	100,0	100,0
Elforbrug, rør- og blandearr. [kWh/vask]	0,10	0,10	0,10	0,10
Elforbrug, opvarm. [kWh/vask]	0,00	0,01	0,48	1,30
Varmeforbrug, opvarm. [kWh/vask]	0,57	0,57	0,57	0,57

Figur 5-22 - Afs. 5.5.3: Varmtvandforsyнет maskine med fast varmtvandsandel på 70% (Grønne felter). Optimal varmtvandsandel fremgår af de orange felter.

Energiforbrug og energiudgift				
Varmtvandsforsyning vaskemaskine				
VBV, vask	4.855	kWh/år		
VBV, varmetab	1.211	kWh/år		
EL, vask	2.979	kWh/år		
EL, cirkulation	117	kWh/år		
I alt	9.161	kWh/år	11.056	kr./år
Koldtvandsforsyning vaskemaskine				
EL, vask	6.561	kWh/år		
I alt	6.561	kWh/år	14.435	kr./år
Til investering i varmtvandstilslutning			3.379	kr./år

Figur 5-23 - Afs. 5.5.3: Energiforbrug og energiudgift. Bemærk øget elforbrug til vask, hvilket skyldes at der ved 60 °C og 95 °C vask tilføres mindre varmt vand end optimalt (og der derfor skal tilføres mere opvarmning fra el).

Forbrug af varmt vand i brugstiden				
Forbrug af varmt vand	336	l/dag	13,73	kWh/dag
Varmetab, ækvivalent forbrug	59	l/dag	2,40	kWh/dag

Figur 5-24 - Afs. 5.5.3: Forbrug af varmt vand i brugstiden. Bemærk, at forbruget af varmt vand ikke reduceres væsentligt, hvilket skyldes at der ved 30 °C vask tilføres mere varmt vand end optimalt (mere energi end nødvendigt).

5.5.4. Vaskeri med otte vaskemaskiner, cirkulationsledning og varmtvandsbeholder – variant med 2 vaske pr. maskine pr. dag

I denne variant (og i forhold til afsnit 5.5.3) reduceres det gennemsnitlige antal vaske pr. maskine fra 3 til 2 pr. dag. Inputparametrene fremgår af figur 5-25. Resultaterne på figur 5-26 viser, at til investering i varmtvandstilslutning er der nu 1.755 kr. pr. år til rådighed. Det reducerede beløb til investering (fra 3.379 kr. pr. år) skyldes udelukkende, at der er færre vaske i vaskeriet.

Åbningstid, antal maskiner og vaskeprofil (der regnes med 365 dage pr. år)					
Åbningstid [h/dag]	16	Rumtemperatur [°C]	20		
Antal maskiner [stk.]	8	Antal vaske pr. maskine [stk/dag]	2		
	30 °C vask	40 °C vask	60 °C vask	95 °C vask	Check
Fordeling af vaske [%]	20,0	45,3	28,6	6,1	100,0
Antal vaske [stk./dag]	0,4	0,9	0,6	0,1	2,0

Figur 5-25 - Afs. 5.5.4: Vaskeri med 8 maskiner med i gennemsnit 2 vaske pr. dag

Energiforbrug og energiudgift				
Varmtvandforsyning vaskemaskine				
VBV, vask	3.143	kWh/år		
VBV, varmetab	1.195	kWh/år		
EL, vask	2.079	kWh/år		
EL, cirkulation	117	kWh/år		
I alt	6.534	kWh/år	7.868	kr./år
Koldtvandforsyning vaskemaskine				
EL, vask	4.374	kWh/år		
I alt	4.374	kWh/år	9.623	kr./år
Til investering i varmtvandstilslutning			1.755	kr./år

Figur 5-26 - Afs. 5.5.4: Energiforbrug og energiudgift. Energiforbruget til vask falder naturligt nok ved færre vaske pr. år. Forbrug til varmetab og elforbrug fra installationerne opretholdes, men udgør nu en relativt større andel af det samlede energiforbrug til de varmtvandsstilsluttede maskiner. Bemærk dog et lille fald i varmetabet (1.195 kWh/år ved 2 vask pr. dag mod 1.211 kWh/år ved 3 vask pr. dag), som skyldes at fordelerrøret i Zone 3/vaskeriet i gennemsnit er varmt i kortere tid, når der er færre vaske.

Forbrug af varmt vand i brugstiden			
Forbrug af varmt vand	224	l/dag	9,15 kWh/dag
Varmetab, ækvivalent forbrug	59	l/dag	2,40 kWh/dag

Figur 5-27 - Afs. 5.5.4: Forbrug af varmt vand i brugstiden. Energiforbruget til vask falder naturligt nok ved færre vaske pr. dag.

5.5.5. Vaskeri med otte vaskemaskiner, cirkulationsledning og varmtvandsbeholder – variant med konstant drift af cirkulationsledning

I denne variant (og i forhold til afsnit 5.5.4) er eneste ændring at cirkulationsledningen til varmt brugsvand er i konstant drift (også uden for vaskeriets åbningstid). Det er selvfølgelig ikke en optimal situation, men er taget med her, fordi det kan være en af de faktorer, der reducerer den samlede økonomi i varmtvandstilslutningen og som der derfor skal være fokus på. Inputparametrene fremgår af figur 5-28. Resultaterne på figur 5-29 viser at til investering i varmtvandstilslutning er der nu 1.429 kr. pr. år til rådighed. Det reducerede beløb til investering (fra 1.755 kr. pr. år) skyldes udelukkende, at der er større varmetab og elforbrug til pumpen, som nu er i drift døgnet rundt.

Zone 2: Kælder/krybekælder/jord/det fri/opvarmet rum indenfor isoleringen

Brugsvandsledninger med cirkulation				
	Medietemperatur [°C]	Omgivelsestemperatur [°C]	Rørdiameter [mm]	Rørlængde [m]
Fremløbsledning	55	15	35	10
Returledning	50	15	27	10
	Isoleringstykkelse [mm]		Cirkulationspumpe [W]	
Fremløbsledning	40		20	
Returledning	40			
Placering	Krybekælder/uopvarmet kælder	Drift	Konstant drift	
	Årlig nettovarmetab [kWh]			
Fremløbsledning	482			
Returledning	366			
I alt	847			

Figur 5-28 - Afs. 5.5.5: Energiforbrug og nettovarmetab i Zone 2/uopvarmet kælder. Bemærk cirkulationspumpen nu er sat til konstant drift.

Energiforbrug og energiudgift				
Varmtvandsforsyning vaskemaskine				
VBV, vask	3.143	kWh/år		
VBV, varmetab	1.478	kWh/år		
EL, vask	2.079	kWh/år		
EL, cirkulation	175	kWh/år		
I alt	6.875	kWh/år	8.194	kr./år
Koldtvandsforsyning vaskemaskine				
EL, vask	4.374	kWh/år		
I alt	4.374	kWh/år	9.623	kr./år
Til investering i varmtvandstilslutning			1.429	kr./år

Figur 5-29 - Afs. 5.5.5: Energiforbrug og energiudgift. Bemærk større varmetab og elforbrug til cirkulationspumpe.

Forbrug af varmt vand i brugstiden				
Forbrug af varmt vand	224	l/dag	9,15	kWh/dag
Varmetab, ækvivalent forbrug	78	l/dag	3,17	kWh/dag

Figur 5-30 - Afs. 5.5.5: Forbrug af varmt vand i brugstiden. Bemærk at ækvivalent forbrug stiger.

5.5.6. Vaskeri med otte vaskemaskiner, cirkulationsledning og varmtvandsbeholder – variant med manglende isolering på cirkulationsledning

Den sidste variant, der er taget med her (og i forhold til afsnit 5.5.4) er en situation, hvor cirkulationsledningen (returledningen) er leveret uisolert. Det er selvfølgelig en decideret fejl, men giver et meget godt indtryk af, hvor meget varmetab fra installationerne kan betyde for det samlede regnestykke. Inputparametrene fremgår af figur 5-31. Resultaterne på figur 5-32 viser at til investering i varmtvandstilslutning er der nu et rundt nul. Figur 5-33 viser at varmetabene nu er i samme størrelsesorden som forbruget af varmt vand.

Zone 2: Kælder/krybekælder/jord/det fri/opvarmet rum indenfor isoleringen

Brugsvandsledninger med cirkulation

	Medietemperatur [°C]	Omgivelsestemperatur [°C]	Rørdiameter [mm]	Rørlængde [m]
Fremløbsledning	55	15	35	10
Returledning	50	15	27	10
	Isoleringsstykkelse [mm]		Cirkulationspumpe [W]	
Fremløbsledning	40		20	
Returledning	0			
Placering	Krybekælder/uopvarmet kælder	Drift	Konstant drift	
	Årlig nettovarmetab [kWh]			
Fremløbsledning	482			
Returledning	2.467			
I alt	2.949			

Figur 5-31 - Afs. 5.5.6: Energiforbrug og energiudgift.

Energiforbrug og energiudgift				
Varmtvandforsynet vaskemaskine				
VBV, vask	3.143	kWh/år		
VBV, varmetab	3.579	kWh/år		
EL, vask	2.079	kWh/år		
EL, cirkulation	175	kWh/år		
I alt	8.976	kWh/år	9.665	kr./år
Koldtvandforsynet vaskemaskine				
EL, vask	4.374	kWh/år		
I alt	4.374	kWh/år	9.623	kr./år
Til investering i varmtvandstilslutning			-42	kr./år

Figur 5-32 - Afs. 5.5.6: Energiforbrug og energiudgift.

Forbrug af varmt vand i brugstiden				
Forbrug af varmt vand	224	l/dag	9,15	kWh/dag
Varmetab, ækvivalent forbrug	218	l/dag	8,93	kWh/dag

Figur 5-33 - Afs. 5.5.6: Forbrug af varmt vand i brugstiden. Bemærk at forbrug til varmetab nu er i samme størrelsesorden som forbrug af varmt vand.

5.6. Sammenfatning

I beregningsprogrammet beregnes forskellen mellem årlige energiudgifter til drift af varmtvandsstilsluttede maskiner og samme maskiner uden varmtvandsstilslutning. Forskellen er det beløb, der normalt vil være at investere for pr. år i varmtvandsstilslutning. På baggrund heraf, kan brugere, administratorer, rådgivere m.fl. selv ud fra krav om tilbagebetalingstid mv. vurdere om det er en fornuftig beslutning at varmtvandsstilslutte maskinerne. Udover den rene økonomi kan der også være andre fordele ved varmtvandsstilslutning fx kortere vasketid og miljømæssige fordele ved fx at anvende fjernvarme frem for el.

Resultaterne fra de udførte in-situ-test og modellerne viser generelt, at der er en række forhold, der skal undersøges og kendes for at kunne lave en fornuftig vurdering af potentialet ved varmtvandsstilslutning. Mange af disse forhold vil være specifikke for det enkelte vaskeri. Der er derfor udarbejdet en checkliste til brugere, administratorer, rådgivere mv. i bilag 1, som kan anvendes for at få de vigtigste forhold med.

Derudover, er der udført en række beregninger med det formål at vise betydningen af forskellige parametre.

Beregningerne i afsnit 5.3 og 5.4 viser, at der i mindre vaskerier med to maskiner og i gennemsnit to vaske pr. maskine pr. dag fås en relativt lille besparelse i energiudgifterne pr. år (~ 1.000 kr.). Mange forhold spiller ind og i mindre vaskerier med kort afstand til varmtvandsforsyning kan det sagtens give mening at varmtvandsstilslutte disse maskiner. Flere vaske pr. maskine pr. dag vil øge besparelsen proportionalt. Eksemplet i afsnit 5.4 er baseret på forsyning fra en brugsvandsvarmepumpe – eksemplet i 5.3 er baseret på fjernvarmeforsyning.

Beregningerne i afsnit 5.5 er udført for et vaskeri med otte vaskemaskiner med varmtvandsstilslutning og forsyning baseret på fjernvarme. Der er antaget i gennemsnit 3 vaske pr. maskine pr. dag. Der tages udgangspunkt i at maskinerne varmtvandsstilsluttes eksisterende brugsvandsinstallation. Derefter følger en række varianter, som vist i tabel 5-2 og beskrevet i detaljer i afsnit 5.5.1-5.5.6. Variationerne er lavet sådan, at der hver gang tages udgangspunkt i den foregående variant.

Variant 2 (afsnit 5.5.3) indeholder altså både tiltagene i Variant 1 og Variant 2. Det vil sige, at der er installeret en ekstra varmtvandsbeholder og en cirkulationsledning og at varmtvandsandelen er mindre end det optimale (70% konstant varmtvandsandel). Det kunne være et bud på et typisk større fællesvaskeri. Besparelsen i energiudgifterne pr. år beregnes til ca. 3.400 kr.

Variant	Konfiguration	Til investering, kr./år	Til investering, %	Reference
-	Tilsluttet eksisterende brugsvandsinstallation	5550	100	Afs. 5.5.1
1	Inkl. beholder og brugsvandsledning med cirkulation	4681	84	Afs. 5.5.2
2	Brugsvandsandel i maskiner 70% i stedet for optimal	3379	61	Afs. 5.5.3
3	2 vask pr. maskine pr. døgn i stedet for 3	1755	32	Afs. 5.5.4
4	Cirkulationsledning i konstant drift i stedet for kun i åbningstiden	1429	26	Afs. 5.5.5
5	Manglende isolering af cirkulationsledning	-42	~0	Afs. 5.5.6

Tabel 5-2 Forskellige varianter for vaskeri med 8 vaskemaskiner.

Variant 3 viser, hvad det kan betyde, hvis forudsætningen om fx 3 vask pr. dag pr. maskine ikke holder og kun viser sig at være 2 vaske pr. dag pr. maskine.

Variant 4 og 5 viser, hvad det kan betyde, hvis der ikke slukkes for cirkulationspumpen uden for vaskeriets åbningstid eller hvis der mangler isolering på cirkulationsledningen. I yderste konsekvens kan hele gevinsten ved varmtvandsstilslutning mistes, hvis installationerne ikke udføres og driftes fornuftigt.

6. Udnyttelse af energifleksibiliteten i vaskemaskiner

Som det fremgår af de foregående afsnit, er der mange forhold, der skal tages hensyn til i forbindelse med varmtvandstilslutning af vaskemaskiner. Skal vaskemaskinerne udnyttes i et energifleksibelt energisystem er der endnu flere fx:

- Tilsluttes vaskemaskinerne til et eksisterende brugsvandsanlæg, der også forsyner varmt brugsvand til boliger mv. skal en energifleksibel strategi integreres sammen med boligernes øvrige krav til kapacitet, tappemønstre og temperaturkrav til brugsvandet som følge af fx risiko for bakteriedannelse og skoldning.
- Skal der etableres en særskilt beholder til de varmtvandstilsluttede maskiner er det umiddelbart dyrere, men giver også flere muligheder for at indrette installationen energifleksibelt, så variable energipriser kan udnyttes.

I det følgende vises et eksempel på en energifleksibel løsning, der er relativ simpel, men giver et godt indblik i de muligheder og udfordringer der er.

6.1. Eksempel på energifleksibel løsning med 8 vaskemaskiner og elopvarmet varmtvandsbeholder

Til at regne på elvandvarmere er der udviklet en dynamisk 2-lags beholdermodel, der på baggrund af et døgntappeprogram og vandvarmerens karakteristika: el-effekt, beholder-volumen, specifikt varmetab og sætpunkt, kan beregne energiforholdene i vandvarmeren. Ved at kombinere med en variabel elpris, kan der findes det beholdervolumen og det temperaturbånd, der er økonomisk mest attraktivt.

På baggrund af leverandør-/og testdata for varmtvandsmaskiner er der udarbejdet forskellige døgntappeprogrammer for hhv. et lille vaskeri (2 maskiner) og et større fællesvaskeri (8 maskiner). Der er desuden lavet varianter, der forudsætter 4 vask pr. døgn pr. maskine og helt op til 14 vask pr. døgn pr. maskine (hvad der vil være praktisk muligt med en åbningstid på 14 timer - det svarer til et maksimalprofil). De forskellige profiler er vist i Bilag 3.

De generelle forudsætninger for beregningen er følgende:

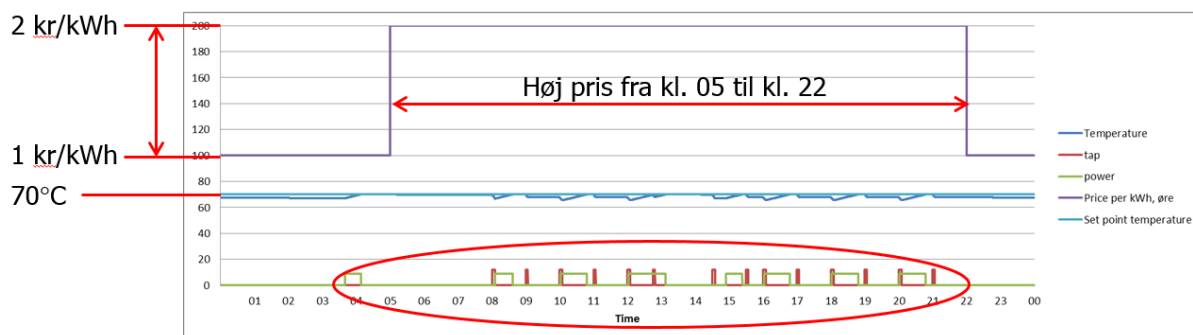
- 8 vaskemaskiner
- Åbningstid i vaskeriet: kl. 8-22
- Maksimalprofil (varmtvandsforbrug på 49 kWh/døgn)
- Blødtvandsanlæg, baseret på mindst 60 °C varmt vand
- 1200 liter elektrisk beholdervandvarmer (kunne også være på fjernvarme)
- Varmetabskoefficient for beholder og cirkulationsledning: 4 W/K
- 9 kW elvarmelegeme

6.1.1. Billig strøm om natten

I et simpelt scenarie antages følgende priser og perioder:

- Elpris, kl. 5-22: 2 kr./kWh
- Elpris, kl. 22-5: 1 kr./kWh

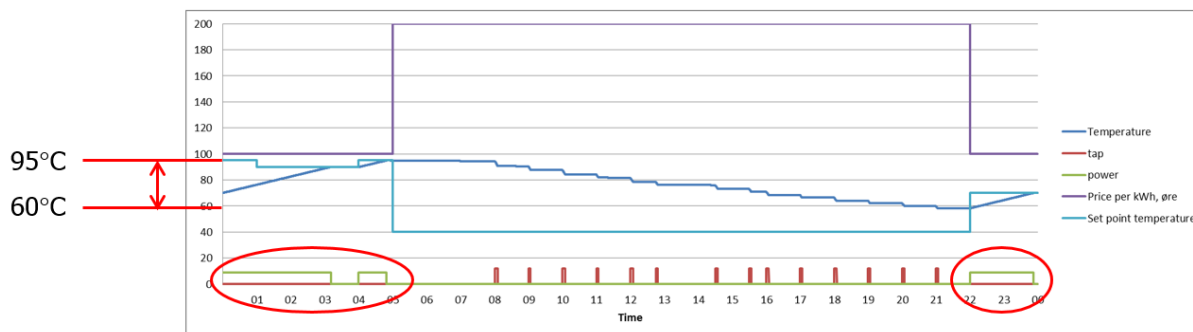
Først beregnes en situation med et konstant sætpunkt på 70 °C. Da energifleksibilitet i beholderen generelt opnås ved at tillade et vist temperaturbånd i beholderen, er der altså her tale om en ufleksibel løsning. Løsningen tager ikke hensyn til den variable elpris. På figur 6-1 ses driftsresultaterne for beholderen over et døgn.



Figur 6-1 Døgnberegning af varmelageret med konstant temperatur på 70°C. Kurverne viser: "lys blå" = sætpunktstemperaturen, "mørk blå" = beholdertemperaturen, "rød" = tappet varmt vand, "grøn" = eleffekt på varmelegemet og "lilla" = prissignal.

Som det fremgår, ligger elforbruget stort set inden for den dyre periode. Med det relativt store varmelegeme på 9 kW vil man i praksis kunne nøjes med en meget mindre beholder.

I den næste energifleksible situation tilpasses beholderens temperatursætpunkt, så beholdertemperaturen kan variere mellem 60 °C og 95 °C, se figur 6-2. Med den rigtige strategi er det muligt at flytte hele elforbruget fra den dyre til den billige periode. Det kan lige præcis lade sig gøre i dette tilfælde under de givne forudsætninger.



Figur 6-2 Døgnberegning med optimeret forløb af termostats sætpunkt. Kurverne viser: "lys blå" = sætpunktstemperaturen, "mørk blå" = beholdertemperaturen, "rød" = tappet varmt vand, "grøn" = eleffekt på varmelegemet og "lilla" = prissignal.

I tabel 6-1 ses den resulterende pris i kr. pr. kWh. Hvis der ikke etableres varmtvandstilslutning og lager skal vaskemaskinerne selv varme vaskevandet op med el og det er til den høje tariff: 2 kr/kWh. Er der etableret en beholder, viste figur 6-1 at en lille del af

elforbruget falder i den billige periode. Derfor er den resulterende elpris på trods af bl.a. varmetab fra beholderen lidt lavere: 1,91 kr/kWh.

Som vist på figur 6.2 kan hele elforbruget lægges om natten ved den energifleksible drift, så her bliver den resulterende elpris: 1 kr/kWh.

Billig natstrøm	Pris uden varmtvandsbeholder [kr./kWh]	Pris med varmtvandsbeholder, men uden optimering [kr./kWh]	Pris med varmtvandsbeholder og med optimering [kr./kWh]
	2,00	1,91	1,00

Tabel 6-1 Resulterende elpris for forskellige scenarier.

6.2. Perspektiver

Branchen vurderer, at det i dag er mindre end 5% af de professionelle vaskemaskiner til fællesvaskerier, møntvaskerier og til vaskeopgaver med lignende vaskebehov, der er tilsluttet varmtvandsforsyning. El-erstatningspotentialet vurderes til mellem 50 og 70 GWh årligt i Danmark. Det er ikke et helt ubetydeligt potentiale og som det fremgår af eksemplet i afsnit 6.1 kan hele forbruget flyttes et halvt døgn med passende størrelser varmtvandsbeholdere/elvandvarmere.

I Danmark er de fleste fællesvaskerier placeret i fjernvarmeområder, hvor fjernvarmepri- sen er væsentligt lavere end elprisen, men i takt med at også fjernvarmeproduktion bliver elektrificeret kan beholdere etableret i forbindelse med fællesvaskerier også yde fleksibili- tet til sådanne systemer ligesom de kan udnytte andre vedvarende energikilder fx fjern- varme baseret på store solvarmeanlæg.

Som nævnt i afsnit 2.6 kan betalingssystemerne til fællesvaskerier allerede håndtere for- skellige tariffer for den samme vask ligesom de kommunikerer brugerens valg af vasketype til maskinerne. Derfra og til at håndtere fx afregning efter time-variable tariffer eller styre varmtvandsindtag på maskinerne (varmtvandsandel) er der ikke langt.

Som udgangspunkt bør vaskemaskiner tilsluttes varmt brugsvand, hvor det økonomisk giver mening under de eksisterende rammebetingelser. Resultaterne fra projektet peger imidlertid også på, at det er komplekst at vurdere besparelsen. Med den udarbejdede checkliste og beregningsprogrammet er det vores håb, at det bliver lettere og at det kan medvirke til at øge tilslutningerne.

Endelig er der i projektet udarbejdet et in-situ-testprogram til varmtvandstilsluttede ma- skiner, som kan anvendes til at bestemme og dokumentere en specifik maskines energi, vandforbrug og varmtvandsandel. In-situ test i projektet har vist, at der er et teknisk potentiale for at opnå en varmtvandsandel, der er ligger tættere på det optimale.

Referencer

[1] Analyser og kriterier for energimærkning af professionelle vaskemaskiner, Teknologisk Institut, PSO-projekt nr. 339-016, 2008

[2] Energibesparelser i almennyttig sektor: Beboervaskerier og varmecentraler, Teknologisk Institut og Rubrik Kommunikation, Maj 2009.

[3] Preparatory Studies for Eco-design Requirements of Energy-using Products Lot 24: Professional Washing Machines, Dryers and Dishwashers, Final Report, Part: Washing Machines and Dryers, Task 4: Technical Analysis of Existing Products, Öko-Institut & Bio Intelligence Service, May 2011

Bilag 1 Chekliste

Generelt for valg af professionelle vaskemaskiner anbefales det at følge:

Vejledning til brug ved valg af vaskemaskine/-program til anvendelse i fællesvaskerier, møntvaskerier og til vaskeopgaver med lignende vaskebehov

Vejledningen er vedlagt denne rapport som bilag 2.

Ved varmtvandsstilslutning foreslås følgende undersøgt for maskiner, vaskerier og installationer:

1. Hvad er maskinens vandvolumen og varmtvandsandel i hovedvasken ved vaskeprogrammerne 40°C og 60°C (samt 30°C og 95°C, hvis muligt)?

Oplyses af leverandøren. Kan undersøges på eksisterende maskiner med in-situ-testmetode. For et estimat, kan alternativt monteres vandure med god opløsning på varmt- og koldt vandsindtag, som aflæses under hovedvasken (giver både vandindhold i hovedvasken og varmtvandsandel).

2. Er maskinens varmtvandsandel afhængig af tilgangstemperaturen for det varme brugsvand og i givet fald, hvad er referencetemperaturen for den oplyste varmtvandsandel?
3. Hvilken tilgangstemperatur for det varme vand kan forventes i vaskeriet?

Bør ikke være lavere end 45 °C ved tilgang til maskinen (svarende til anbefaling ved spidslast i normalt dansk brugsvandssystem).

4. Hvor mange vaske pr. maskine vaskes der i gennemsnit pr. dag og hvor mange maskiner er der i alt i vaskeriet?

Har stor betydning for økonomien ved varmtvandsstilslutning og bør vurderes specifikt for det enkelte vaskeri ud fra observationer, interview, udtræk fra betalings-systemer eller lignende.

5. Indhent energipriser for el- og varmforsyning
6. Kan vaskemaskinerne tilsluttes direkte til eksisterende varm brugsvandsforsyning?

Hvis afstanden til eksisterende brugsvandsforsyning med cirkulation er kort (< 5 meter, men bør vurderes individuelt) kan der typisk etableres udtag og haner, så maskinerne kan tilsluttes eksisterende brugsvandsforsyning.

7. Hvad er det samlede varmtvandsforbrug for vaskeriet pr. dag?

Det samlede varmtvandsforbrug kan beregnes ud fra oplysningerne fra punkt 1) og 4). På baggrund heraf vurderes om den eksisterende brugsvandsforsyning har den nødvendige kapacitet eller om der skal etableres ekstra beholder og evt. ny fremløbsledning med cirkulation.

8. Hvis der etableres nye installationer, check isolering og drift

Tab fra uisolerede brugsvandsinstallationer mindsker besparelsen på energiudgifterne. Er der etableret en dedikeret fremløbsledning med cirkulation til maskinerne i vaskeriet, bør cirkulationspumpen slukkes uden for vaskeriets driftstid.

Oplysningerne fra checklisten understøtter beregning af energiudgifterne i beregningsprogrammet.

Bilag 2 Vejledning til brug ved valg af vaskemaskine/-program til anvendelse i fællesvaskerier, møntvaskerier og til vaskeopgaver med lignende vaskebehov

Den følgende vejledningstekst er udarbejdet i 2010 som del af PSO-projektet 339-016 og var en del af grundlaget for optagelse på positivlisten for professionelle vaskemaskiner på hjemmesiden faellesvaskeri.dk. Faellesvaskeri.dk er ikke længere aktiv, men vejledningen er generel og parametrene kan indgå i en hver vurdering af vaskemaskiner til professionelt brug.

Vejledning

Vejledning til brug ved valg af vaskemaskine/-program til anvendelse i fællesvaskerier, møntvaskerier og til vaskeopgaver med lignende vaskebehov.

Hvad kan være vigtigt i en vask?

En vask bygger på anvendelse af: Vand, kemi i form af bl.a. vaskemiddel, temperatur og mekanisk bearbejdning, som skal afpasses efter tøjtype, hvor snavset tøj er og hvilken type snavs, der er tale om.

Under vasken løsnes snavset i forskellig grad fra tøj og en stor del af smuds, bakterier, vira, husstøvmider, vaskemiddelrester osv. skylles ud under vaskeprogrammets skylleoperationer.

Pletter (områder, som har fået farve af snavset), kan bleges ved at bruge vaskemiddel med blegeeffekt, hvis tøj og tøjets eventuelle farve kan tåle det.

Dette er væsentligt for indtrykket af om tøj bliver rent.

Bakterier og vira, som ikke bliver skyllet ud ved skylleoperationerne, kan delvis passiveres ved den kombinerede anvendelse af vaskemidler og temperatur afhængig af hvilke typer bakterier og vira, der er tale om.

Dette er væsentligt for eventuel sygdomsspredning. Her vil kravene være højere ved fællesvask, møntvask o.l. end ved vask indenfor en husstand/familie, men lavere end kravene ved visse vaske på f.eks. hospitaler.

Vaskemiddelrester fjernes i højere grad jo mere effektive skylleoperationer der anvendes.

Dette kan være vigtigt for visse allergikere med overfølsomhedsreaktioner.

Husstøvmider dør ifølge Astma og allergiforbundet ved vasketemperaturer i tøj "højere end 55 grader C ". Dvs. at husstøvmider der har været over den temperatur ikke kan formere sig. Men deres efterladenskaber i vasketøj er allergifremkaldende. De kan udtyndes med effektive skylleoperationer.

Dette er vigtigt for visse allergikere og astmatikere.

En vaskemaskine/-program (forstået som en vaskemaskine med et indlagt vaskeprogram) bruger:

Vand (som måles i liter)

Energi (dvs. elektrisk energi eller anden form for energi, som måles i kilowatt-timer, kWh)

Tid (som måles i minutter fra programstart til programslut), og yder:

Vaskeevne (som bestemmes ved at måle, hvor rent tøj ser ud i forhold til tøj fra en referencemaskinevask. Måles ved lysrefleksion)

Vasketemperatur (som er den højeste temperatur vasketøjet har haft under vasken. Måles f.eks. med en temperatur-datalogger indsyet i tøj)

Skylleevne (hvor godt tøj er skyllet. Bestemmes ved at måle koncentrationen af vaske-middelrester i vandet i tøj efter sidste centrifugering i forhold til koncentrationen i vandet i tøj fra en referencemaskinevask) Jo lavere tal jo bedre. Hvis maskinen skyller lige så godt som referencemaskinen bliver tallet 1

Centrifugeringsevne (hvor mange vægtprocent vand, der er tilbage i tøj efter sidste centrifugering. Måles ved vejning af tøj før vask og efter centrifugering)

Centrifugeringsevnen er vigtigt, hvis tøj efterfølgende bliver tørre-tumblet (eller på anden måde bliver tørret indendørs under anvendelse af varme), idet tørretumbleren kan bruge op til 3 til 5 gange så meget energi til at tørre tøj, som vaskemaskinen bruger til at vaske samme portion tøj.

Ved forskellige typer af vaskeopgaver stilles forskellige krav/forventninger til en vaskemaskine/-program (forstået som en vaskemaskine med et indlagt vaskeprogram).

De forskellige typer vaskeopgaver kan optræde ved:

- Vask i en husstand/familie
- Vask i fællesvaskeri, møntvaskeri o.l.
- Vask i institutioner
- Vask på hospitaler
- Specielle vaskeopgaver

De forskellige krav/forventninger kan formuleres med krav til største- eller mindsteværdier og/eller de kan vurderes relativt på en skala

Anvendelse i fællesvaskerier, møntvaskerier o.l.

For vaskemaskine/-program (forstået som en vaskemaskine med et indlagt vaskeprogram) til anvendelse i fællesvaskerier, møntvaskerier og lignende er det opfattelsen hos leverandører og teknikere bag fællesvaskeri.dk, at nedenstående krav/vurderingsskalaer er hensigtsmæssige:

Klassegrænser 2010-03

Klasser	Energi	Vand	Tid	Centrifugeringsevne	Vaskeevne	Skylleevne
	kWh/kg	Liter/kg	Min	%		
1	< 0,30	< 14	< 72	< 56	> 0,80	< 1,9
2	< 0,25	< 12	< 64	< 52	> 0,88	< 1,7
3	< 0,22	< 10	< 56	< 48	> 0,92	< 1,5
4	< 0,19	< 8	< 48	< 44	> 0,96	< 1,3
5	< 0,16	< 6	< 40	< 40	> 1,00	< 1,1

Tabellen læses således at f.eks. for klasse 4 er energiforbruget pr kg vasketøj mindre end 0,19 kWh og større end eller lig med 0,16 kWh. Tilsvarende gælder for vaskeevneklasserne at f.eks. for klasse 3 er vaskeevnen større end 0,92 og mindre end eller lig med 0,96. Jo højere klasse som vaskemaskinens resultat ligger i for det enkelte forbrug eller for den enkelte præstation jo bedre.

Den resultatværdi der anvendes til indplacering af en vaskemaskine/-program i klasserne er en vægtet værdi der beregnes således:

Vægtet værdi = ((værdi ved 60 °C program, fuld last) x 3 + (værdi ved 60 °C program, halv last) x 2 + (værdi ved 40 °C program, halv last) x 2) / 7

Skylleevneresultatet bestemmes dog kun ved 60 C program, fuld last og anvendes direkte.

For at opnå en Smiley-vurdering som i tabellen nedenfor, skal en maskine/program mindst have resultater i det sæt klasser, som er vist. For oversigtens skyld er vist både klasse tallet og den grænse som hører til klassen.

Hvis en vaskemaskine f.eks. har en vaskeevne som er mindre end 0,88 kan den ikke få højere vurdering end Minimum ligegyldigt hvor gode resultater den har på andre områder. For at være egnet som fællesvaskerimaskine/-program skal den mindst have resultater i det sæt klasser, som er kaldt Minimum.

Krav til Smiley ifølge klassegrænser 2010-03

Vurdering	Energi	Vand	Tid	Centrifugeringsevne	Vaskeevne	Skylleevne
	kWh/kg	Liter/kg	Min	%		
Minimum	2 < 0,25	1 < 14	1 < 72	2 < 52	1 > 0,80	1 < 1,9
☺	3 < 0,22	2 < 12	1 < 72	3 < 48	2 > 0,88	2 < 1,7
☺☺	3 < 0,22	2 < 12	1 < 72	4 < 44	3 > 0,92	3 < 1,5
☺☺☺	4 < 0,19	3 < 10	2 < 64	4 < 44	4 > 0,96	4 < 1,3
Super ☺	5 < 0,16	4 < 8	2 < 64	5 < 40	5 > 1,00	5 < 1,1

For alle niveauer gælder:

Den højeste vasketemperatur målt i tøjet ved en vask skal svare til den nominelle temperatur på programmet med en tolerance på 10 %.

40 °C programmet skal således have en højeste vasketemperatur målt i tøjet i området 36 til 44 grader C.

For 60 °C programmet skal den nedre grænse dog være "højere end 55 grader C " af hensyn til husstøvmiderne. Den øvre grænse ifølge 10 % reglen er her 66 grader C.

Bilag 3 Profiler for beregning af energifleksibilitet og beholderstørrelse

Antagelser om vaskemaskinerne

	Antal maskiner						
Tid [min]	2		4		6		8
0-20	19,2		38,4		57,6		76,8
20-40	0		0		0		0
40-60	0		0		0		0
60-80	14,4		28,8		43,2		57,6
80-100	0		0		0		0
100-120	0		0		0		0

Tabel B 1 Volumen af varmt vand (liter) fordelt over 2 timer (120 minutter) for forskelligt antal vaskemaskiner

	Antal maskiner						
Tid [min]	2		4		6		8
0-20	1,005		2,009		3,014		4,019
20-40	0,000		0,000		0,000		0,000
40-60	0,000		0,000		0,000		0,000
60-80	0,753		1,507		2,260		3,014
80-100	0,000		0,000		0,000		0,000
100-120	0,000		0,000		0,000		0,000

Tabel B 2 Energiindhold af varmt vand (kWh) fordelt over 2 timer (120 minutter) for forskelligt antal vaskemaskiner

Maksimalprofiler

h	Fællesvaskeri - 2 maskiner				Volumen liter
	Qtap kWh	f l/min	Tm °C	Tp °C	
08.00	1,005	12	15	60	19,2
08.20					
08.40					
09.00	0,753	12	15	60	14,4
09.20					
09.40					
10.00	1,005	12	15	60	19,2
10.20					
10.40					
11.00	0,753	12	15	60	14,4
11.20					
11.40					
12.00	1,005	12	15	60	19,2
12.20					
12.40					
13.00	0,753	12	15	60	14,4
13.20					
13.40					
14.00	1,005	12	15	60	19,2
14.20					
14.40					
15.00	0,753	12	15	60	14,4
15.20					
15.40					
16.00	1,005	12	15	60	19,2
16.20					
16.40					
17.00	0,753	12	15	60	14,4
17.20					
17.40					
18.00	1,005	12	15	60	19,2
18.20					
18.40					
19.00	0,753	12	15	60	14,4
19.20					
19.40					
20.00	1,005	12	15	60	19,2
20.20					
20.40					
21.00	0,753	12	15	60	14,4
21.20					
	12,307				235,2

Fællesvaskeri - 8 maskiner					Volumen liter
h	Qtap kWh	f l/min	Tm °C	Tp °C	
08.00	4,019	12	15	60	76,8
08.20					
08.40					
09.00	3,014	12	15	60	57,6
09.20					
09.40					
10.00	4,019	12	15	60	76,8
10.20					
10.40					
11.00	3,014	12	15	60	57,6
11.20					
11.40					
12.00	4,019	12	15	60	76,8
12.20					
12.40					
13.00	3,014	12	15	60	57,6
13.20					
13.40					
14.00	4,019	12	15	60	76,8
14.20					
14.40					
15.00	3,014	12	15	60	57,6
15.20					
15.40					
16.00	4,019	12	15	60	76,8
16.20					
16.40					
17.00	3,014	12	15	60	57,6
17.20					
17.40					
18.00	4,019	12	15	60	76,8
18.20					
18.40					
19.00	3,014	12	15	60	57,6
19.20					
19.40					
20.00	4,019	12	15	60	76,8
20.20					
20.40					
21.00	3,014	12	15	60	57,6
21.20					
	49,227				940,8

Normalprofiler

h	Fællesvaskeri - 2 maskiner				Volumen liter
	Qtap kWh	f l/min	Tm °C	Tp °C	
08.00	1,005	12	15	60	19,2
08.20					
08.40					
09.00	0,753	12	15	60	14,4
09.20					
09.40					
10.00	0,000	12	15	60	0,0
10.20					
10.40					
11.00	0,000	12	15	60	0,0
11.20					
11.40					
12.00	0,000	12	15	60	0,0
12.20					
12.40					
13.00	0,000	12	15	60	0,0
13.20					
13.40					
14.00	0,000	12	15	60	0,0
14.20					
14.40					
15.00	0,000	12	15	60	0,0
15.20					
15.40					
16.00	0,000	12	15	60	0,0
16.20					
16.40					
17.00	0,000	12	15	60	0,0
17.20					
17.40					
18.00	1,005	12	15	60	19,2
18.20					
18.40					
19.00	0,753	12	15	60	14,4
19.20					
19.40					
20.00	0,000	12	15	60	0,0
20.20					
20.40					
21.00	0,000	12	15	60	0,0
21.20					
	3,516				67,2

h	Fællesvaskeri - 8 maskiner				Volumen liter
	Qtap kWh	f l/min	Tm °C	Tp °C	
08.00	2,009	12	15	60	38,4
08.20					
08.40					
09.00	1,507	12	15	60	28,8
09.20					
09.40					
10.00	0,000	12	15	60	0,0
10.20					
10.40					
11.00	0,000	12	15	60	0,0
11.20					
11.40					
12.00	1,005	12	15	60	19,2
12.20					
12.40					
13.00	0,753	12	15	60	14,4
13.20					
13.40					
14.00	0,000	12	15	60	0,0
14.20					
14.40					
15.00	0,000	12	15	60	0,0
15.20					
15.40					
16.00	1,005	12	15	60	19,2
16.20					
16.40					
17.00	0,753	12	15	60	14,4
17.20					
17.40					
18.00	3,014	12	15	60	57,6
18.20					
18.40					
19.00	2,260	12	15	60	43,2
19.20					
19.40					
20.00	1,005	12	15	60	19,2
20.20					
20.40					
21.00	0,753	12	15	60	14,4
21.20					
	14,065				268,8

Bilag 4 Oprindelige projektbeskrivelser

Fra de oprindelige projektbeskrivelser:

342-054: Positivliste for professionelle tørretumblere

I samarbejde med de vigtigste producenter og importører udvikles og afprøves testmetoder, der kan kortlægge energiforbrug, tørreevne m.v. i professionelle tørretumblere. Der udføres tests på modeller på det danske marked, og resultaterne offentliggøres som en let tilgængelig positivliste på Dansk Energis hjemmeside.

344-040: Professionelle energifleksible vaskemaskiner til smart grids

I forlængelse af Teknologisk Instituts tests af eldrevne professionelle vaskemaskiner (www.faellesvaskeri.dk) gennemføres i dette projekt en tilsvarende test af vaskemaskiner samt evt. opvaskemaskiner og tørretumblere, der er baseret på indtag af varmt brugsvand eller opvarmning med varmeveksler. Der skal udvikles testmetoder til at vurdere energieffektivitet, vasketid og vaskekvalitet for maskiner, der anvender varmt vand, og disse vaskeriers potentiale for at kunne udnytte varmelager kortlægges. Desuden vurderes, i hvilket omfang opbygningen af lokale varmelagre kan integreres i en Smart Grid-strategi fra lokale netselskaber. Varmtvandsbaserede maskiner kan udnytte miljøvenlige energiformer så som fjernvarme, varmepumper og solvarme. Formidlingen af de kommende testresultater aftales med Dansk Energi ved projektets afslutning

Med reference til projektnumrene kan der findes flere detaljer om de oprindelige projekter på hjemmesiden elforsk.dk