

Find foulingen

De fleste varmevekslere tilsmudses over tid. Et fænomen også kendt som fouling. Hovedformålet i et nyt dansk projekt er at kortlægge, hvor stort problemet med fouling er, hvad det betyder for energiforbruget samt hvordan man via et drift-, vedligeholdelses- og overvågningsværktøj kan mindske foulingen. Syv konkrete varmevekslere er med i projektet

Af Anders Mønsted, Claus Madsen & Ebbe Nørgaard

Alle industrielle kølesystemer - primært varmevekslere - tilsmudses over tid. Denne tilsmudsning kaldes fouling.

Fouling udgør et problem, som industrien altid har måttet kæmpe med. Fouling opstår enten som biofilm eller som kalkbelægning.

En væsentlig konsekvens af fouling er, at U-værdien reduceres, hvilket resulterer i en lavere overført effekt eller ændrede temperatur- og/eller flowforhold, som øger energiforbruget.

til at vedligeholde varmevekslerne på baggrund af en cost-benefit analyse.

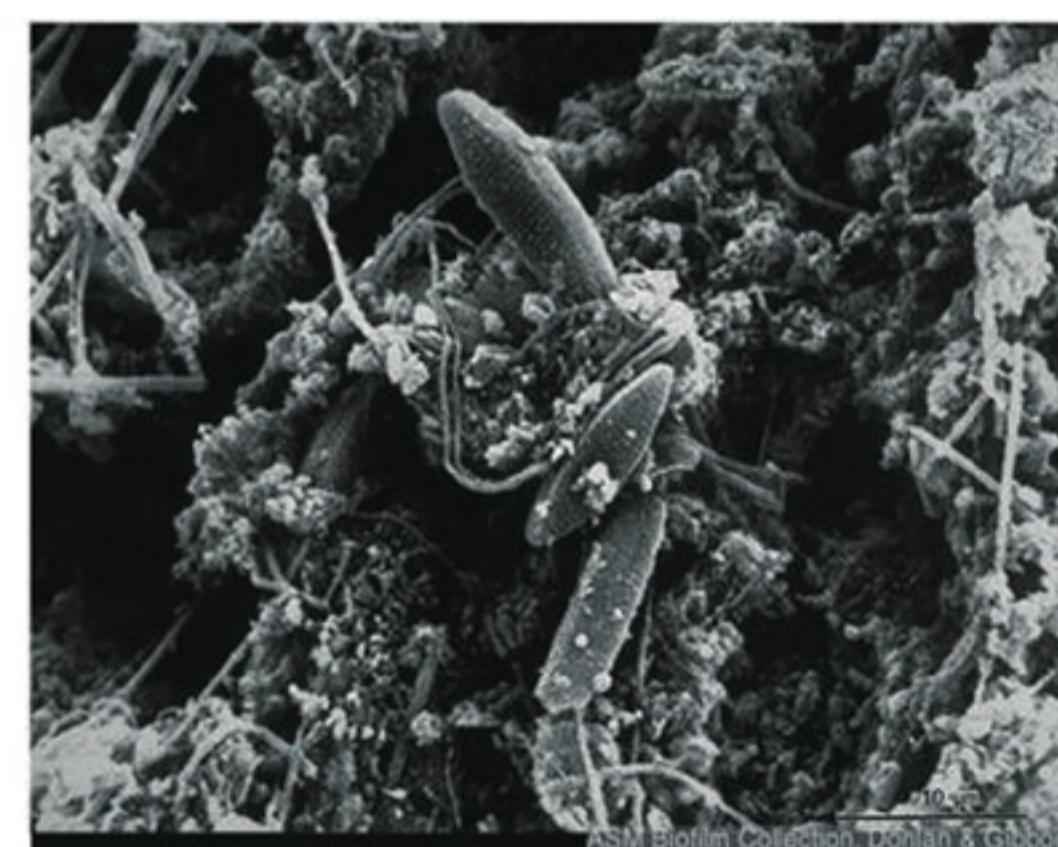
Projektet bygger på erfaringer om, at langt størstedelen af alle varmevekslere i bedste fald vedligeholdes med faste rutinemæssige intervaller, og i værste fald overhovedet ikke vedligeholdes.

Der er i alt udvalgt syv forskellige varmevekslere i projektet, som hver især repræsenterer meget typiske anvendelser i industrien - og som alle har problemer med fouling.

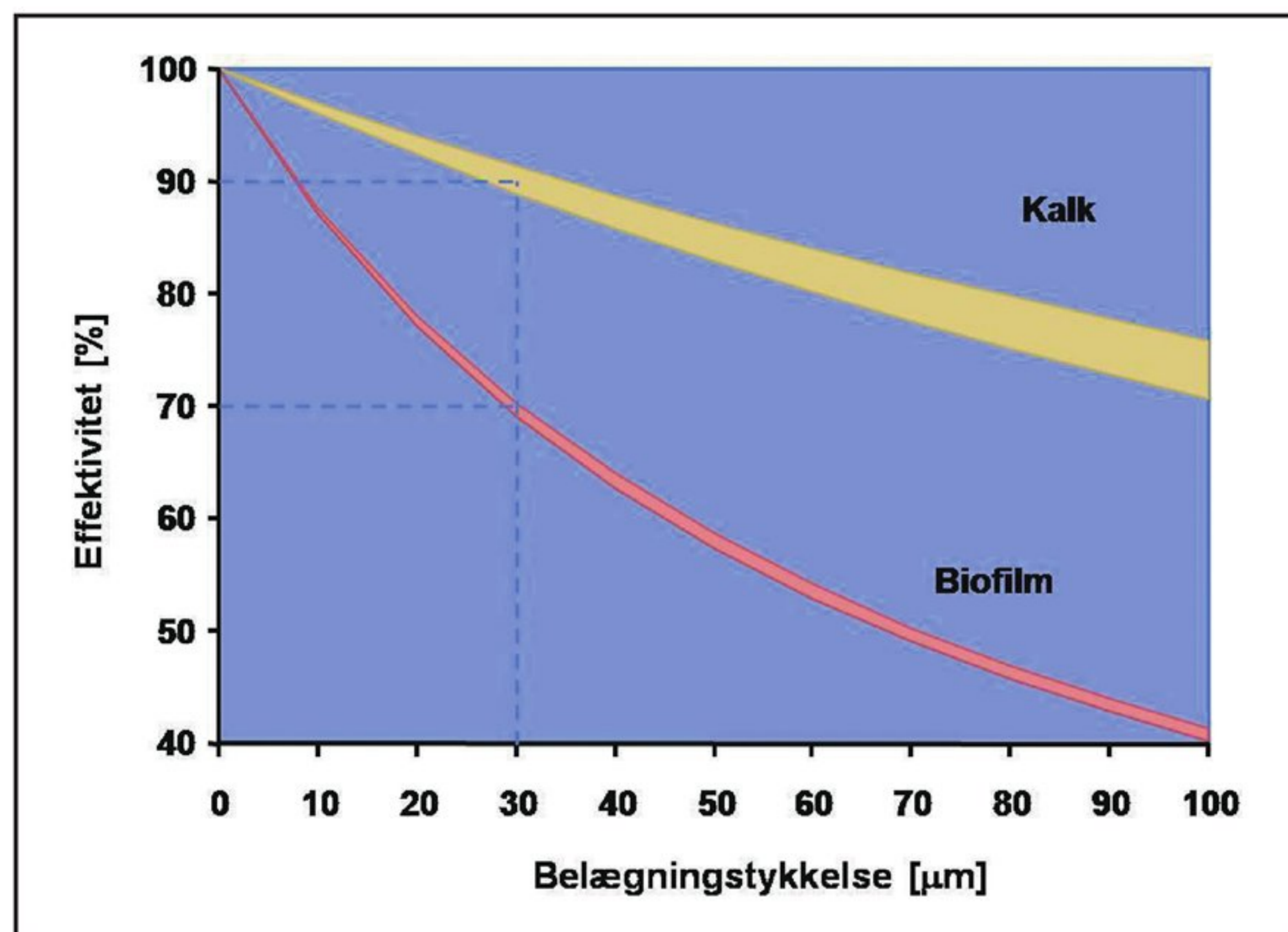
Ud over udvikling af overvågningen af de syv varmevekslere, vil der blive

Fouling kan inddeles i to typer. En coarse fouling (sten, træ, plast osv.) og en overfladefouling (scaling, sedimentation, biofouling osv.).

Definitionen på overfladefouling er



Biofilm under mikroskop.



Diagrammet viser en teoretisk beregning af, hvor meget kalk- og en biofilmsbelægning betyder for varmevekslereffektiviteten.

U-værdien er et udtryk for, hvor god varmeveksleren er til at udveksle energi mellem de to medier i processen.

Teknologisk Institut har opstartet et projekt, hvis overordnede mål er at reducere omkostningerne til drift og vedligehold af industrielle kølesystemer samt at udvikle et nyt overvågningskoncept til varmevekslere, som vil gøre driftspersonalet i stand

arbejdet på at forbedre deres effektivitet via bedre systemdesign og ændrede vedligeholdelsesstrategier.

Foulingbegrebet

Fouling opstår i alle typer køleanlæg og er årsag til et ekstra energiforbrug. Hvor stort et merforbrug foulingen skaber, afhænger af vekslerstype, placering i kredsen, funktion samt de varmeoverførende medier.

belægninger, som sætter sig på de varmeoverførende flader, hvorved varmekraften reduceres.

Tryktabet øges også. Men effekten heraf ses langt senere end den reducerede overførte effekt, og systemet må derfor ændre temperatursæt for at kompensere for den reducerede U-værdi.

Men et eventuelt trykfald skal nødvendigvis holdes op imod flowet for at vurdere, hvad der forårsager et eventuelt højere tryktab. Ved varierende driftsforhold kan det være vanskeligt at vurdere, om tryktabet skyldes en normal driftsvariation eller om det er forårsaget af en langsom opbygning af fouling i veksleren.

Hvis man skal kunne vurdere det, er man nødt til at kende den overførte effekt. Det kan gøres ved at måle flowet på mindst den ene af varmevekslerens to sider samt ved at kende de fire medietilstande omkring frem- og returløb på veksleren.

Beregningseksempel

Et køleanlægs energiforbrug afhænger primært af trykforskellen over kompressoren. Og jo højere trykforskel desto større energiforbrug.



Biofilm på veksler i Avedøre.

Reduktion af U-værdien betyder, at trykforholdet over kompressoren skal være højere for at levere den nødvendige temperatur, hvilket som forklaret øger energiforbruget.

I beregningseksemplerne, der ligger til grund for det nærværende projekt, anvendes en foulingfaktor, der i praksis betragtes som værende acceptabel.

På en given veksler betyder det en reduktion af U-værdien fra 2100 W/m²K til 1480 W/m²K, hvilket igen betyder, at temperaturen skal ændres to grader i forkert retning i forhold til energiforbruget.

En tommelfingerregel siger, at for hver grad fordampnings- eller kondenseringstemperaturen ændres i forkert retning koster det 2,5 procent ekstra energiforbrug på køleanlægget.

I praksis er der eksempler på, at foulinggraden kan være væsentlig større end det, der er anvendt i eksemplet. Hvor meget det betyder i praksis, er netop et af de emner, som projektet søger at belyse - herunder ikke mindst relationen mellem foulinggraden og U-værdien, som direkte kobles videre til kroner og øre.



Pladevekslere.

Indledende analyser

Der er på nuværende tidspunkt foretaget indledende analyser af data fra en oversvømmet fordamper, som indikerer, at varmevekslerens U-værdi reduceres over tid i forhold til optimum. Det vurderes endvidere, at det kan skyldes fouling, idet U-værdien forbedres på et tidspunkt, hvor vandet i kredsen udskiftes.

Den anvendte analysemetode og dataene for alle de udvalgte varmevekslere vil blive forbedret i løbet af projektets løbetid. Der vil endvidere blive udviklet et dataanalyseværktøj, så den reducerede U-værdi omsettes direkte til en øget driftsom-

Penny+Giles
A Curtiss-Wright Company

Joysticks



- Stort fleksibelt standardprogram med mange muligheder.
- 1,2 og 3 akset joystick med yderligere akser i grebet (option).
- Super robust (>5 mil operationer) og ingen vedligeholdelse.
- Separat program af greb og håndtag med et utal af knapper.
- IP65 eller IP66 forsejlet som std.
- Potentiometrisk eller induktiv (Hall-element) teknologi
- Flere typer af output: analogt, digitalt, CAN-bus og PWM.
- Alle joystick har N/O kontakter som standard (directional switch)



BEATRONIC SUPPLY
SOURCE - TEST - MEASURING - EQUIPMENT

Industrivænget 13 - DK3400 Hillerød
Tel.: 48 24 02 20 - Fax: 48 24 13 14
Web: <http://www.beatronic.com>
E-mail: sale-dk@beatronic.com



Projektet bliver støttet af Energistyrelsens EUDP-program (Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram). Projektet blev igangsat i august 2008 og forventes afsluttet i august 2010.

Projektgruppen består dels af udstyrsleverandørerne Alfa Laval, Johnson Control samt Grundfos Direct Sensor og Grundfos Management; Videninstitutionerne IPU og DTI; Energirådgiverne Enervision og det tidligere Enervice samt fire slutbrugere: Arla Foods Global Ingredients, Skare Meat Packers, Færch Plast og Novo Nordisk.

kostning, der igen vil blive gjort tilgængelig for driftspersonalet. Her ved bliver det muligt at vurdere, hvornår det bedst kan betale sig at gennemføre en rensning af varmeveksleren - eller hvornår andre tiltag skal gennemføres.

Varmevekslere i projektet

For at kunne få det mest komplette billede af foulingens betydning for varmevekslereffektiviteten, har man i projektet fokuseret på at finde forskellige typer varmevekslere.

Derfor er følgende vekslere udvalgt til måling og evaluering ved de deltagende slutbrugere.

- Ved Færch Plast i Holstebro er der udvalgt en ammoniak fordampner og kondensator samt en vand/vand varmegenindvindingsveksler. Denne type systemer findes i de fleste procesvirksomheder.
- Ved Arla Foods analyseres en kondensator, som er en rørveksler,

Fordampningskondensator.

som anvendes til at kondensere vanddamp i forbindelse med et mælkeinddampningsanlæg. Kølevandet i kondensatoren køles i et åbent køletårn. Vandet i køletårnet er det selvsamme vand, som er kondenseret i veksleren. Veksleren cippes ca. hver 6. uge, idet vandet indeholder mælkerester, der bl.a. afsættes på kondensatoren.

- I Teknologisk Institut's egen kølekreds overvåges en vand/vand veksler med køletårnsvand på den primære kreds.
- Ved Skare Meat i Vejen køler fordampningskondensatoren flere ammoniakkølekredse med en samlet kondenseringsydelse på ca. 1,7 MW.
- Den sidste af de syv vekslere er en kondensator, der køles med køletårnsvand. Spædevandet til køletårnet er overfladevand fra en nærliggende sø.

De syv vekslere dækker bredt et typisk segment af vekslere i den industrielle køleprocesindustri.

Foreløbige resultater

Ved Færch Plast bruges der et ekssi-

sterende dataopsamlingsystem, og der har derfor været adgang til allerede eksisterende data. Da datalogning er etableret til procesovervågning, er samplingtiden sat til timeregistrering, men for nærmere analyse af U-værdien ønskes intervaller på fem minutter.

Endvidere er der behov for yderligere flowmåling på kølemiddelsiden af fordampneren for at kunne vurdere cirkulationstallets betydning. Dette er ved at blive etableret.

De tilgængelige data er analyseret og korrigeret for flowvariationer på vandsiden. Og man kan se, at U-værdien for veksler 1 (flooded fordampner) ændrer sig i løbet af måleperioden. Dette kan være et udtryk for forskellige grader af fouling.

Det fremgår desuden, at U-værdien er faldet over tid frem til dag 180, hvor kølevandet på sekundærsiden er blevet rensset. Grunden til denne gradvise forbedring er ikke fastlagt - men kan skyldes, at vandbehandlingen er forbedret, og derved er veksleren over tid blevet rensset for urenheder, og foulingen er nedsat.