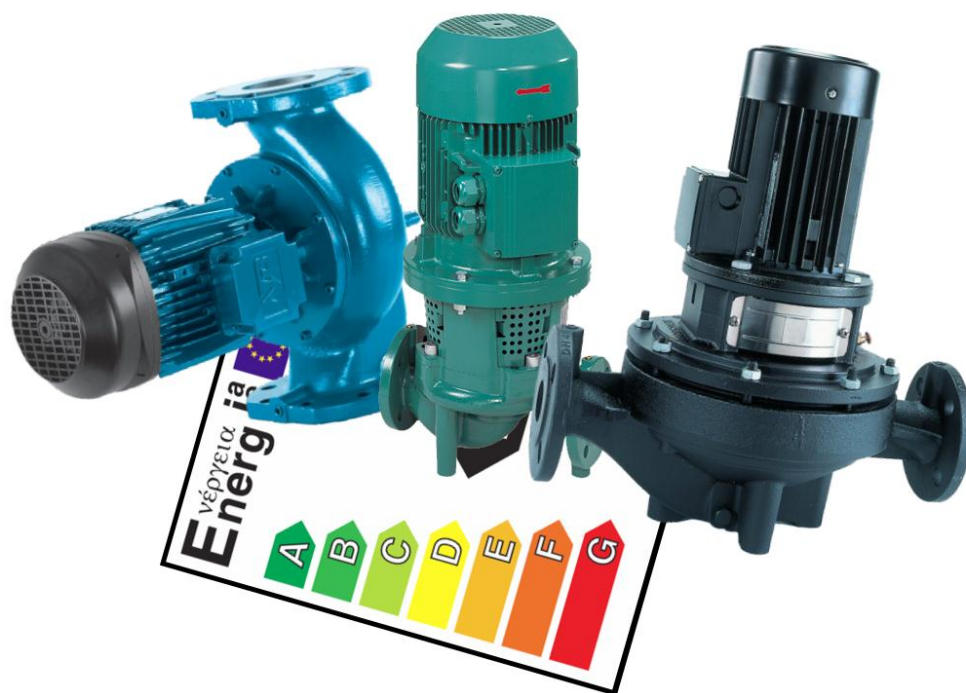


ENERGIKLASSIFICERING AF "TØRLØBERE"



Januar 2007

Industri og Energi
Ventilation og Proces

Energiklassificering af "tørløbere"

Tommy Andersen, Smedegaard

Mogens Sørensen, Grundfos

Jesper Thomsen, Wilo

Sandie Brændgaard, Teknologisk Institut, Industri og Energi

Otto Paulsen, Teknologisk Institut, Industri og Energi

Hans Andersen, Teknologisk Institut, Industri og Energi

ELFOR PSO – 337-081

Forord

Vinteren 2005 bevilgede PSO-ordningen administreret Elfor / nu DanskEnergiNet / 500.000 til en undersøgelse af muligheder for indførelse af energimærkning af pumper af typen ”tørløbere”.

I forvejen eksisterer en frivillig europæisk mærkningsordning for pumperne af vådløbertypen. Denne ordning blev initieret af en arbejdsgruppe under Europump og trådte i kraft januar 2005.

Både Grundfos og Smedegaard udgjorde en dansk repræsentation i den pågældende arbejdsgruppe, og disse har med deres yderligere medvirken i denne projektgruppe sikret en effektiv udvikling af mulige mærkningsmetoder for tørløberpumperne.

Undervejs i projektforløbet har været afholdt 5 statusmøder. Følgende personer har deltaget dels som en direkte del af projektgruppen dels som koordinerende og styrende organ set i forhold til Dansk Energi - Nets øvrige aktiviteter:

Projektgruppen

Tommy Andersen, Smedegaard

Mogens Sørensen, Grundfos

Jesper Thomsen, Wilo

Sandie Brændgaard, Teknologisk Institut, Industri og Energi

Otto Paulsen, Teknologisk Institut, Industri og Energi

Hans Andersen, Teknologisk Institut, Industri og Energi

Følgegruppen

Jørn Borup Jensen, Dansk Energi - Net

Jens Erik Pedersen, Energirådgiveren

Denne slutrapport præsenterer de to udviklede mærkningsmetoder til tørløbere. Desuden er udformet en energikortlægning af tørløberanvendelsen i Danmark fordelt på sektorerne: Bøllig, Offentlig, Landbrug, Industri samt Handel og Service.

Desuden er mærkningsmetoderne implementeret på sparepumpelisten:

www.sparepumpe.dk

Oktober 2006

Hans Andersen

Teknologisk Institut

Indholdsfortegnelse

Side

1	Indledning.....	5
1.1	Eksisterende mærkning af pumper.....	6
1.2	Internationale arbejder	8
1.3	Metode A og B	9
2	Tørløbernes anvendelse i Danmark	10
2.1	Pumpetyper.....	10
2.2	Opgørelsesmetode	11
2.2.1	TR 352 – Elbesparelser gennem forbedret projekteringsgrundlag	11
2.2.2	Elmodel bolig.....	12
2.2.3	Kortlægning fra pumpevalgsprojekt 337-080.....	12
2.2.4	Forprojekt HVAC / ELFOR 335-21.....	13
2.2.5	UNITOOL / Lille blå om systemoptimering	13
2.2.6	EU-kortlægning	14
2.2.7	Unitool	14
2.3	Teoretiske potentiale.....	15
2.3.1	Metode A.....	15
2.3.2	Metode B.....	16
2.4	Potentiale Danmark	16
3	Metode A - Classification of Glanded Pumps.....	17
3.1	Afgrænsning.....	17
3.2	Relation til tidligere arbejder	17
3.3	Referencekurven for optagen effekt	18
3.4	Klassificering af en pumpe.....	20
3.4.1	Opmåling af pumpen 1.....	20
3.4.2	Opmåling af pumpen 2:.....	21
3.4.3	Excel regneark for udregning af EEI indeks	21
3.4.4	Usikkerheder	27
3.5	Mærkningsskala.....	28
4	Metode B - Classification of XXXXX Pumps	29
4.1	Afgrænsning.....	29
4.2	Relation til tidligere arbejder	29
4.3	Grundlag for metoden	30
4.3.1	"C" – faktoren	31
4.4	Referencekurven for samlet virkningsgrad i BPE	32
4.5	Metode til udregning af energiindeks.....	33
4.5.1	Det danske islæt	33
4.5.2	Formelsamling for metoden	34
4.5.3	Eksempel på beregning af pumpe	35

1 Indledning

Der findes en lang række pumpetyper på markedet. Centrifugalpumpen er langt den mest udbredte med en markedsandel på over 75 %.

Nedenfor er nogle af de mere kendte centrifugaltyper nævnt:

- Små cirkulatorer
- In-line pumpe (forsiden af rapporten)
- Vinkelløbspumpe
- Flertrinspumpe
- Normpumpe
- Øvrige

Bortset fra de små cirkulatorer (vådløbere) er alle af typen tørløber, hvilket betyder at motoren er monteret som en separat komponent på pumpeakslen adskilt af en akseltætning m.v.

Ud over typen – som er bestemt af principiel opbygning – kan pumper også inddeles efter den konkrete anvendelse:

- Cirkulation af vand i centralvarmeanlæg
- Cirkulation af varmt brugsvand
- Cirkulation af koldt vand i køleanlæg
- Transport af vand m.v. i industrielle applikationer
- Trykforøgning af vand
- Oppumpning af vand til vandværker m.v.
- Oppumpning af vand til privat vandforsyning
- Bortpumpning af dræn- og spildevand (oversvømmelse)
- Dosering til svømmehal, spildvandsrensning m.v.

For alle anvendelsesområder og pumpetyper gælder det, at efter installation er det svært umiddelbart at vurdere energieffektiviteten i en given opgaveløsning.

Sammenligningsgrundlaget er spinkelt. De opremsede opgavetyper vil ofte være helt unikke i den givne situation – så det er svært at opstille et nøgletal for f.eks. væsketransport i en industriapplikation og/eller trykforøgning af vand til føddning af sprøjtedyser.

Netop derfor er selve pumpevalget en af de eneste kosteffektive måder, hvorpå man kan sikre forbedret energieffektivitet i pumpeprocesser.

I den forbindelse er det nødvendigt at have nogle entydige og objektive måder at mærke pumperne på. Således at en indkøber/rådgiver ud fra mærket alene kan vurdere hvor effektiv pumpe er sammenlignet med øvrige mulige pumpevalg.

Mærket vil aldrig kunne erstatte den traditionelle opgave mht. at få fastslået nødvendigt pumpetryk og pumpeflow.

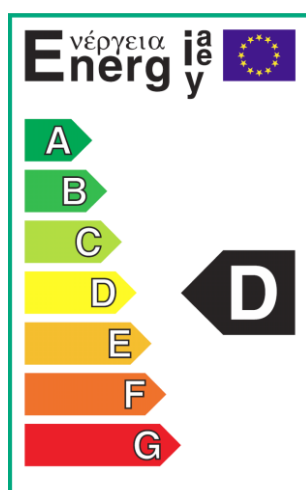
1.1 Eksisterende mærkning af pumper

Der anvendes i Danmark ca. 2200 GWh til diverse former for pumpning. Dette forbrug svarer til ca. 7 % af elforbruget i Danmark i sektorerne – bolig, landbrug, handel og service, industri og offentlig virksomhed.

I kapitel 2 er redegjort for fordelingen:

- 1200 GWh, tørløbere
- 1000 GWh, vådløbere

Hvad angår vådløberne blev primo 2005 lanceret en firvillig mærkningsordning i europump-regi, hvor pumperne mærkes med det fra hvidevare kendte mærke:



Figur 1.1

Tildelingen af mærket sker efter et for pumpen beregnet EEI-indeks. Beregningen af dette er beskrevet indgående i kapitel 3.

Pumpeproducenter mærker såvel pumpe som emballage med det kendte mærke. Desuden er i regi af Dansk Energi - Net udviklet i hjemmeside, hvor en række produkter kan findes med deres tilhørende EEI-indeks / www.sparepumpe.dk.

Sparepumpe.dk - Microsoft Internet Explorer provided by Teknologisk Institut 2006..

Adresse: http://www.sparepumpe.dk/

Producenter

- Selvregulerende vådløbere
- Regulerbare tøriløbere
- Et-trins ikke regulerbare In-line
- Et-trins ikke regulerbare end-suction

Producent	Pumpegruppe	Pumpetype	Kat	EEI	P1 Watt	Eta Max	Q m3/h	H mVs	Konv.liste
Grundfos DK A/S	SRV / +V / +A	MAGNA 25-100	A	0,4	179		5,97	5,84	Download
Grundfos DK A/S	SRV / +V / +A	MAGNA 32-100	A	0,4	179		5,97	5,84	Download
Grundfos DK A/S	SRV / +V / +A	MAGNA 32-100F	A	0,4	179		5,97	5,84	Download
Grundfos DK A/S	SRV / +V / +A	MAGNA 40-100F	A	0,4	179		5,97	5,84	Download
Grundfos DK A/S	SRV / +V / +A	MAGNA 50-100F	A	0,4	179		5,97	5,84	Download
Grundfos DK A/S	1TIL / +V / +A	TP 32-40/4			160	42,8	3,6	2,8	Download
Grundfos DK A/S	1TIL / +V / +A	TP 32-60/2			193	63,9	8,2	3,4	Download
Grundfos DK A/S	1TIL / +V / +A	TP 32-60/4			203	43,2	4	3,9	Download
Grundfos DK A/S	1TIL / +V / +A	TP 40-50/2			175	55,6	7	3,4	Download
Grundfos DK A/S	1TIL / +V / +A	TP 50-30/4			212	68,9	14,5	2	Download
T. Smedegaard A/S	SRV / +V / +A	IsoBar2-72	C	0,8	190		4,7	3,8	Download
T. Smedegaard A/S	SRV / +V / +A	IsoBar3-72	C	0,8	190		4,7	3,8	Download
T. Smedegaard A/S	SRV / +V / +A	IsoBar4-60	B	0,6	170		6,8	2,8	Download
Wilo Danmark A/S	SRV / +V / +A	TOP-E 25/1-7	B	0,6	190		4,6	4,5	Download

16 post(er) fundet, i alt 2 side(r).

Energispareresider: Energiguident Sparepumpe Spareventilator Sparemotor Motor Challenge ELFORSK Energiselskaberne.dk ProMot

Figur 1.2

Det indsatte skærmbillede viser, hvorledes vådløbere præsenteres på en liste med angivet:

- Mærke (a-g)
- Beregnet EEI
- Effektoptag ved nominelt flow
- Nominelt flow
- Nominel løftehøjde

Sparepumpelisten har også medtaget tørløbere i oversigten. Eksempel på dette er vist nedenfor:

The screenshot shows the Sparepumpe.dk website in Microsoft Internet Explorer. The page title is 'Sparepumpe.dk - Microsoft Internet Explorer provided by Teknologisk Institut 2006.'. The address bar shows 'http://www.sparepumpe.dk/'. The website has a blue header with the 'sparepumpe' logo and a navigation menu: 'Sparepumper · Sparepumpelisten · Beregn · Nyheder · Sparecases · Rådgivning · Presse · Kontakt · English'. Below the header, there is a sidebar with 'Sparepumpelisten' and a list of categories: 'Søgning', 'Producenter', 'Selvregulerende vådløbere', 'Regulerbare tørløbere', 'Et-trins ikke regulerbare In-line', and 'Et-trins ikke regulerbare end-suction'. The main content area is titled 'Pumpeliste' and contains a table with the following data:

Producent	Pumpegruppe	Pumpetype	Kat	EEI	P1 Watt	Eta Max	Q m3/h	H mVs	Konv.liste
DESMI A/S	1TIL / +V / +A	NSL100-330			14300	73,1	128	30	
DESMI A/S	1TIL / +V / +A	NSL125-265			8800	78,5	134	19	
DESMI A/S	1TIL / +V / +A	NSL125-265B			10900	77	148	20,8	
DESMI A/S	1TIL / +V / +A	NSL150-215			5800	79,5	158	10,7	
DESMI A/S	1TIL / +V / +A	PVLN2125			14400	77	140	29	
Grundfos DK A/S	1TIL / +V / +A	TP 100-250/2			11600	72,8	145,7	18,3	Download
Grundfos DK A/S	1TIL / +V / +A	TP 100-250/4			12100	75,6	131,3	20,7	Download
Grundfos DK A/S	1TIL / +V / +A	TP 100-310/2			15400	77,2	153,2	25,1	Download
Grundfos DK A/S	1TIL / +V / +A	TP 100-330/4			16000	77,3	151,4	25,2	Download
Grundfos DK A/S	1TIL / +V / +A	TP 100-360/2			19000	80,5	171,3	29,5	Download
Grundfos DK A/S	1TIL / +V / +A	TP 100-370/4			19000	76,5	163,5	29,3	Download
Grundfos DK A/S	1TIL / +V / +A	TP 100-390/2			21300	81,8	178,4	32,9	Download
Grundfos DK A/S	1TIL / +V / +A	TP 100-410/4			22000	76,5	171	32,7	Download
Grundfos DK A/S	1TIL / +V / +A	TP 100-480/2			26000	78,7	155,9	49,4	Download

Figur 1.3

For disse pumper angives den maksimale virkningsgrad Eta Max, men den er dog svær at benytte som sammenligningsgrundlag i det pumperne har forskellige nominelle arbejds-punkter

1.2 Internationale arbejder

I kapitel 5 er beskrevet hvilke referencer, der har været benyttet som basis i projektgruppens arbejde. Specielt 2 referencer er forklaret:

- INDUSTRY COMMITMENT, To improve the energy performance of Stand-Alone Circulators through the setting-up of a Classification Scheme In relation to Energy Labeling (January 2005)
- STUDY ON IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF PUMPS (February 2001)

Det første studie omhandler den udviklede A-G mærkning for vådløbere, mens det andet studie omhandler udvikling af et objektive vurderingsgrundlag for pumper af tørløbermetoden.

1.3 Metode A og B

Projektgruppen har valgt med udgangspunkt i allerede udførte arbejder at udvikle to typer af mærkningsprocedurer – kaldet metode A og B i den resterende del af rapporten:

- A. Denne metode omhandler pumper i varmeanlæg. Metoden tager over der, hvor vådløberordningen må slippe pga. de definerede afgrænsninger. Metoden dækker betydeligt større pumper, men er også baseret på en forudbestemt varighedskurve for varmebehovet og dermed procentvis fordeling af pumpens belastningspunkter (25, 50, 75 og 100 % flow). Kravene til mærkerne A-G er blevet flyttet da indtastning af 600 pumper har vist et andet spænd for EEI-indeks end tilfældet var for vådløberne. **Metoden kan kun bruges på varmeanlæg, hvor ydelsen er bestemt af variation på udetemperaturen.**
- B. Denne metode baserer sig kun på et nominelt belastningspunkt. Med basis i tryk - flow og omdrejningsniveau vurderes totalvirkningsgraden set i forhold til en udviklet ”positivlinje” som er baseret på 600 indtastede pumper. Har en pumpe totalvirkningsgrad over positivlinjen må den være på positivlisten. Denne fremgangsmåde bevirker, at metoden kan benyttes som uvildigt sammenligningsgrundlag på **alle pumpe typer og pumpe størrelser**. Dog giver det ikke mening at benytte metoden på områder hvor vådløbermetoden eller Metode A er et mere præcist sammenligningsgrundlag.

2 Tørløbernes anvendelse i Danmark

2.1 Pumpetyper

Pumpeanvendelsen deles traditionelt op i to grundlæggende anvendelser:

- Vådløbere
- Tørløbere

Vådløberne er kendetegnet ved at være små pumper med et maksimalt flow op til 90 m³/h og en maksimal løftehøjde på op til 15 mVS. Pumperne er mindre pumper med et effektopag på få hundrede watt, dog ses enkelte i størrelser op til 2 kW.

Den engelske betegnelse for en vådløber ”End suction clous coupled”. En del af pumpemediet kører og smører omkring elmotoren.

Tørløberen – også kaldet ”End suction own bearings” – er konstrueret med en separat elmotor der holdes ”tør”. Pumpe og motor er adskilt via en akseltætning, og der kommer derfor ingen væske i forbindelse med elmotoren. Som elmotor anvendes ofte en standard asynkronmotor. Tørløberne laves ligeledes for små pumper, men er i modsætning til vådløberen som type ikke begrænset af et øvre ydelsesområde.

Vådløbere anvendes udelukkende i varme- brugsvands- og køleanlæg mens tørløberne har en meget bredere anvendelse i anlæg som:

- Industriapplikationer
- Trykforøgningsanlæg
- Væsketransport
- Råvandsindvinding
- Vandforsyning
- Spildevand
- Miljøanlæg

For at få et overblik over den energimæssige effekt af en evt. energimærkning af Tørløbere besluttede er udarbejdet en kortlægning af tørløbernes anvendelse i energimæssigt omfang.

Der opereres med to typer af mærkning:

- A – Opklassificering af COC (Varmeanlæg)
- B – Mærkning efter N_s (Øvrig anvendelse)

Potentialet er opgjort for både metode A og B

2.2 Opgørelsesmetode

Ud fra en spredt vifte af datakilder er den samlede pumpeanvendelse (tørløbere og vådløbere) vurderet i forskellige brancher.

Fabrikanterne – de i dette projekt involverede – har opgivet salgsforholdet mellem vådløbere og tørløbere (omsætning og/eller stk.tal), og på den måde kan tørløberanvendelsen konstrueres

Der er udført en del tidligere arbejder, hvor pumpernes elforbrug er kortlagt i Danmark – og forsøgt fordelt i effektintervaller.

2.2.1 TR 352 – Elbesparelser gennem forbedret projekteringsgrundlag

Forbrugerkategori	Elforbrug [GWh]	Fordeling [%]
Ventilation	2968	21,6
Køling	3692	26,8
Trykluft	1009	7,3
Pumpning	1677	12,2
Anden motordrift	4410	32,1
I alt	13760	100

Tabel 2.1 Tabel fra DEFU TR 352 / 1995

Tabellen er produceret med basis i elsektorens database (Unitool) og dækker sektorerne Landbrug, Industri, H&S, Offentlige foretagender.

I arbejdet er også gjort overvejelser omkring pumpernes fordeling i effektstørrelser. Der er anvendt en energimæssig fordeling, men i den tidligere refererede TR 352 er udformet følgende fordeling for pumpedrift / ekskl. boligsektoren:

Effektklasse	1	2	3	4	5	Alle
Effektniveau [kW]	0,55	3	15	90	450	
Pumper (stk)	187.000	58.000	15.000	2.000	200	262.000

Tabel 2.2

Tallene kunne kvalificeres med salgstal fra pumpebranchen (tvivlsomt) og/eller interviews med nogle af de betydende OEM-leverandører.

Matricen er produceret ved at regne tilbage fra elforbrugstal samt antage nogle fordelinger mellem motorstørrelser stammende fra en svensk undersøgelse / Updrag 2000 – Vattenfall 1991:

1. Effektklasse 1: 71 %
2. Effektklasse 2: 22 %
3. Effektklasse 3: 6 %
4. Effektklasse 4: 1 %
5. Effektklasse 5: 0,1 %

2.2.2 Elmodel bolig

Ifølge Elmodel-bolig benyttes der i år 2004 260 kWh pr. bolig til pumpe drift (alle boliger under et). Med ca. 2,4 millioner husstande kan pumpe anvendelsen til rumvarme/brugsvand beregnes til **624 GWh**.

Størstedelen af villapumperne (inkl. dobbelthuse) er af typen vådløbere, mens fordelingen i etageejendommene vurderes at være 90/10 – altså 10 % tørløbere.

2.2.3 Kortlægning fra pumpevalsprojekt 337-080

Nedenstående tabel viser resultatet af en kortlægning foretaget i 7 udvalgte almennyttige lejlighedskomplekser.

	Antal lejligheder	Bygge/ Renov. Årstal	årlig vrm [kWh]	Pmp vrm årlig el [kWh]	vrm pr. lejl. [kWh]	el. pr. lejl. [kWh]
Valbyholm	292	1952/1993	2500000	3000	8562	10
Parkvænget	32	1967	335000	1744	10469	55
Utterslevhuse	214	1996	1970000	5000	9206	23
Rødovreparkevej	150	1962	1301000	1750	8673	12
Kildevænget	450	1959	5000000	8000	11111	18
Charlotteager	182	1979/1998	1633000	6700	8973	37
Hedemarken	60	1970	600000	1800	10000	30
<i>Gennemsnit</i>					9570	26

Tabel 2.3

Benyttes ELO-nøgletal for varmekonsumet (115 kWh/m^2) kan for de 7 ejendomme beregnes et gennemsnitligt areal på 83 m^2 – hvilket virker meget sandsynligt.

Det samlede beboelses areal for ejendommene kan beregnes til 1,5 millioner m^2 . Ifølge Danmarks Statistik udgør det samlede areal i etageboligbebyggelse 97 millioner m^2 i år 2005 – Arealet er fordelt over 1,01 millioner lejligheder med et gennemsnitligt areal på 96 m^2 – altså en anelse større end den gennemsnitlige størrelse fra de 7 gennemgåede ejendomme.

Tabellen viser at det gennemsnitlige pumpeforbrug til varmecirkulation udgør 26 kWh pr. lejlighed. Opskaleres til landsplan for al etageboligbebyggelse får et årligt elforbrug på 26

GWh til varmecirkulation. Det vurderes at 10 % af disse pumper er tørløbere, mens resten er vådløbere.

Dertil kommer et elforbrug til varmt brugsvand. Forholdet mellem varme til opvarmning og brugsvand er normalt defineret som en GUF-faktor. Denne ligger typisk mellem 25 og 30 %. Det vurderes at den ligger lavere set i forhold til elforbruget til pumpedrift. Antages en GUF_{el} på 20 % vil elforbruget til brugsvandsforsyning udgøre ca. 6 GWh. Disse pumper vil altid være vådløbere.

2.2.4 Forprojekt HVAC / ELFOR 335-21

En del pumper anvendes i HVAC-installationer / HeatVentilationAirCondition. I forskningsprojektet færdiggjort 2004 er det samlede forbrug til forsyning af landets varmeblæser estimeret til ca. **200 GWh** ved at regne ”baglæns” fra elforbrugstal på ventilation.

Forbruget er fordelt som følger:

Industri – 60 GWh
 Handel og Service – 40 GWh
 Offentlig – 50 GWh
 Landbrug – 30 GWh

Hovedparten af dette forbrug udgøres af vådløbere.

2.2.5 UNITOOL / Lille blå om systemoptimering

I den nyligt udarbejdede ”lille blå om systemoptimering” er nedenstående diagram udformet med udgangspunkt taget i industriel pumpeanvendelse:

Pmp	Små [0-4[Mlm [4-30[Sto [30-500[Små [0-4[Mlm [4-30[Sto [30-500[
	E - andel [0-1]			E - forbrug [GWh]			
N&N	0,15	0,35	0,5	25,8	60,2	86	172
Jern & Metal	0,15	0,35	0,5	7,26	16,94	24,2	48,4
Kemisk	0,15	0,35	0,5	31,05	72,45	103,5	207
Sten, ler og glas	0,15	0,35	0,5	12,6	29,4	42	84
Træ	0,15	0,35	0,5	1,545	3,605	5,15	10,3
Grafisk	0,15	0,35	0,5	12,285	28,665	40,95	81,9
Tekstil	0,15	0,35	0,5	1,2	2,8	4	8
I alt				91,74	214,06	305,8	611,6

Tabel 2.4

Den viste tabel er udarbejdet dels på baggrund af forbrugsprocenter til pumpedrift fra Uni-tool dels på baggrund af nogle detaljerede kortlægninger/optællinger udført i henholdsvis Jern- og Metalindustri og Nærings- og nydelsesmiddelindustri.

Det antages, at 1/3-del af forbruget i ”små-gruppen” udgøres af vådløbere – mens det øvrige forbrug udgøres af tørløbere.

I dette forbrug er ikke medtaget pumpeforbruget til HVAC-installationerne.

2.2.6 EU-kortlægning

I EU-rapporten, Study on improving the energy efficiency of pumps – 2001” er Nedenstående forbrugsdata angivet for den danske pumpeanvendelse.

End Suction Close Coupled – 700 GWh / Tørløber
End Suction Own Bearing – 7600 GWh / Tørløber
Double Entry Split Case – 300 GWh / Tørløber

Yderligere Europas pumpealg opgivet med følgende fordeling:

End suction close coupled / tørløber - 9 %
End suction own bearings / tørløber – 15 %
Double entry split case / tørløber – 2 %
Other centrifugal pumps / tørløber – 47 %
Reciprocating pumps / tørløber – 11 %
Rotary pumps / tørløber – 12 %
Other pumps / tørløber – 4 %

Specielt tallet omkring End Suction Own Bearing virker urealistisk højt set i forhold til de øvrige gennemgåede datakilder.

2.2.7 Unitool

I projektansøgningen er angivet en tabel, som baserer sig på energirådgivernes landsdækkende database – Unitool.

Elanvendelse til pumpning	Elforbrug	andel i %	GWh/år	fordeling
Sektor				
Industri	9.817	9	884	38,1%
Handel og service	5.866	3	176	7,6%
Offentlig sektor	4.101	11	451	19,4%
Landbrug og gartneri	2.578	5	129	5,6%
Bolig	9.615	7	673	29,0%
Øvrige	872	1	9	0,4%
Samlet	32.849	7	2.321	100,0%

Tabel 2.5 Opgørelsen viser et samlet elforbrug til pumpning i Danmark på 2300 GWh, og forbruget er fordelt ud på sektorer.

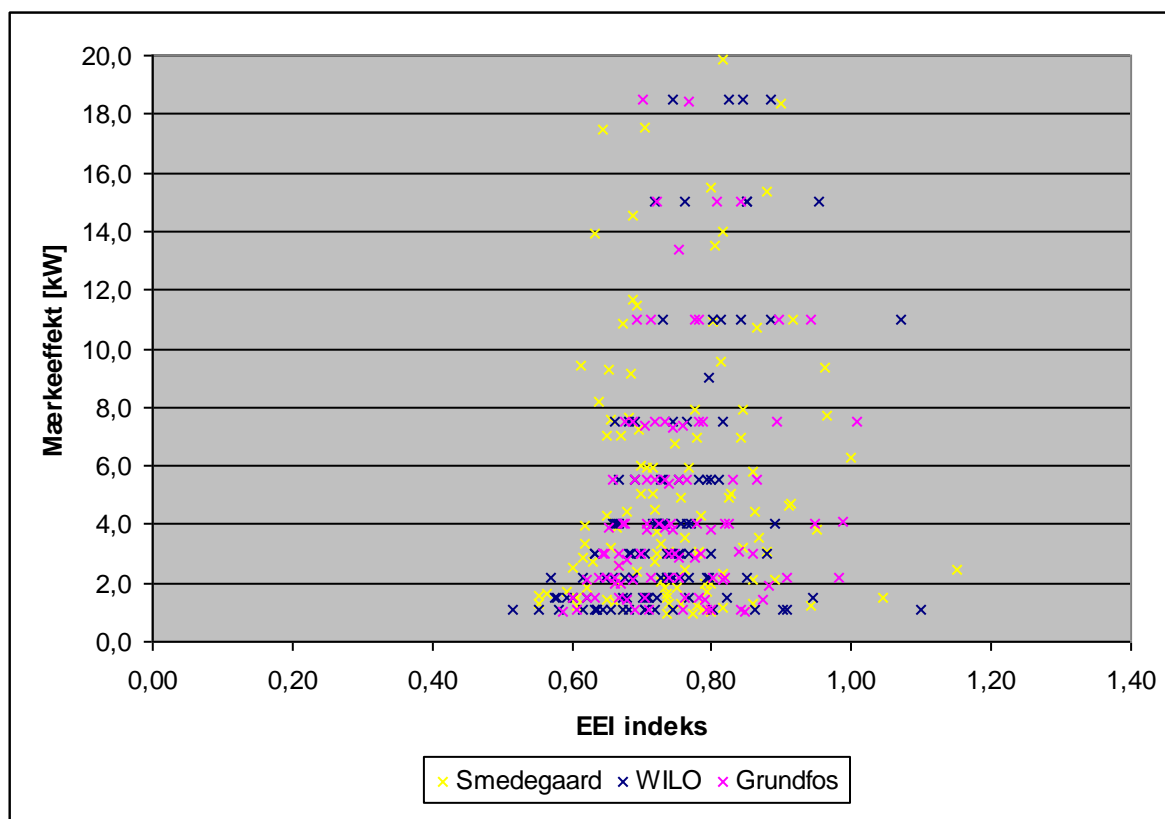
Bolig-, handel- og serviceområdet udgøres fortrinsvis af vådløbere mens industri- og landbrugsområdet primært udgøres af tørløbere. Fordelingen i den offentlige sektor (inkl. vandforsyning, rensningsanlæg m.v) er ikke kendt.

2.3 Teoretiske potentiale

Ud fra de indtastede pumper for henholdsvis metode A og B er set en stor variation i energi-effektivitet for de på markedet eksisterende pumper. Der er fundet op til 100 % forskel i energieffektivitet set i forhold til valget af konkret pumpe.

2.3.1 Metode A

Nedenfor er vist i en kurve, hvorledes EEI-indekset fordeler sig på basis af 300 indtastede pumper fra de tre involverede pumpeleverandører.



Figur 2.1 Kurven viser et spænd i EEI-indeks fra 0,6 til 1,0 for hovedparten af pumperne. En mærkningsordning/Positivliste vil givet bevirke at flere solgte pumper vil befinde sig i området med et EEI-indeks mellem 0,6 og 0,7.

Det vurderes konservativt at metode A fuldt implementeret vil resultere i 15 % besparelse på elforbruget for tørløber-pumper anvendt i varmeanlæg.

2.3.2 Metode B

Tekst mangler

2.4 Potentiale Danmark

Med basis i de viste datakilder er nedenfor angivet et ”bedste bud” på energifordelingen mellem tørløbere og vådløbere samt et udregnet besparelspotentiale ved implementering af de i rapporten beskrevne mærkningsordninger.

Sektor	Anvendelse	TL/VL [0-1]	Total EI [GWh]	Pmp EI [GWh]	E - TL [GWh]	E - VL [GWh]	A/B-andel	Pot A [GWh]	Pot B [GWh]
Bolig									
	Etage - vrm	0,1		25	2,5	22,5			
	Etage - bv	0		5	0	5			
	Øvrige	0		595	0	595			
	I alt BO		10300	625	2,5	622,5			
Landbrug									
	HVAC	0		30	0	30			
	Øvrige	0,9		270	243	27			
	I alt LB		2000	300	243	57			
H&S									
	HVAC	0		40	0	40			
	Vrm	0,1		144	14,4	129,6			
	brugsvand	0		16	0	16			
	I alt HS		6800	200	14,4	185,6			
Industri									
	små N&N	0,67		35	23,45	11,55			
	øvrige N&N	1	2300	205	205	0			
	små J&M	0,67		10	6,7	3,3			
	øvrige J&M	1	2300	55	55	0			
	små Kemi	0,67		45	30,15	14,85			
	øvrige Kemi	1	2300	245	245	0			
	små Andet	0,67		40	26,8	13,2			
	øvrige Andet	1	2700	220	220	0			
	I alt IND		9600	855	812,1	42,9			
Offentlig									
	Energiforsyning	1	500	75	75	0			
	Spildevand	1	1000	250	250	0			
	Sundhed	0,5	500	25	12,5	12,5			
	Institutioner	0	900	30	0	30			
	Administration	0	400	30	0	30			
	Andet		900	20	0	20			
	I alt OFF		4200	430	337,5	92,5			
I alt									
	I alt		32900	2410	1409,5	1000,5			

Tabel 2.6

Alle sorte tal i tabellen er inddata hentet fra det viste kildemateriale. Ved dobbeltdækning mellem kilderne er antaget en værdi ud fra kildematerialets troværdighed og/eller et gennemsnit mellem værdien angivet i de forskellige kilder.

Potentialet er klart størst ved promovning af metode B – XX GWh, mens en promovning af metode A vurderes at kunne resultere i en elbesparelse på YY GWh.

3 Metode A - Classification of Glanded Pumps

Tørløberpumper der anvendes som varmfordelingspumper kan med fordel mærkes efter denne metode. Metoden er beregnet for større pumper på varmeanlæg og er en modificeret klon af COC – ”Classification of Circulators” – der er udviklet for ”vådløbere” i varmeanlæg. Vådløberne i COC er dog typisk af mindre størrelse, hvorfor der til metoden for tørløbere er udledt en ny referencekurve.

Metoden baserer sig på 4 forskellige arbejds punkter for pumpen bestemt af typisk varighedskurve for det årlige varmebehov. Denne varighedskurve er fastlagt af EUROPUMP og refereres til som ”Blaue Ängel” profilen.

3.1 Afgrænsning

Afgrænsningen mht. mærkbare pumper er for metode A er i projektgruppen bestemt til:

Pumper med en optagen effekt på mindst 1,1 kW – og en maksimal løftehøjde på 21 mVs (2 bar trykdifferens)

Basismaterialet er med disse begrænsninger reduceret til at gælde for ca. 330 pumper repræsenteret af Grundfos, Wilo og Smedegaard. Disse pumper har dannet grundlag for udregningen af en referencekurve, som beskriver hvilken optagen effekt en given pumpe bør have, som funktion af den leverede hydrauliske effekt.

Følgende pumpetyper indgår:

WILO:

IL, IPg, IPh, IPL og IPn pumper

Grundfos:

TP pumper

Smedegaard:

Omega pumper

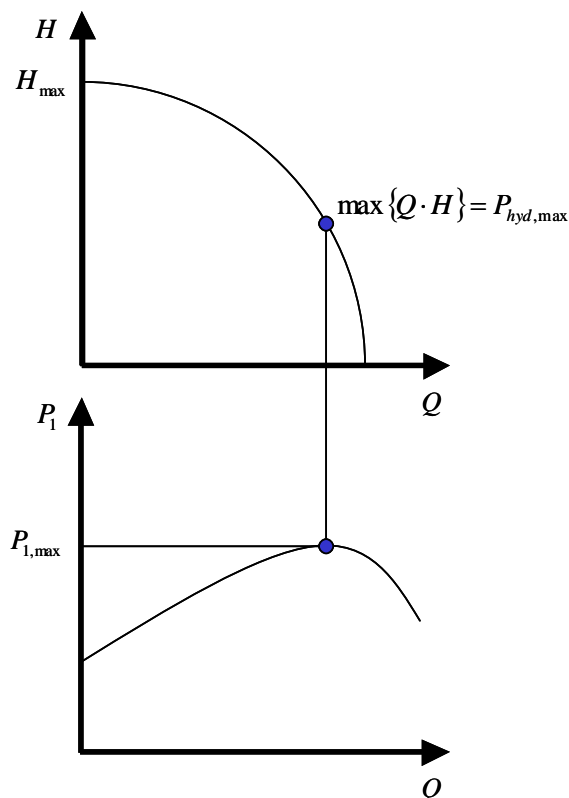
3.2 Relation til tidligere arbejder

Metode A er principielt det samme stykke værktøj, den samme metode, som der er udviklet til mindre vådløberpumper af den fælleseuropæiske brancheforening EUROPUMP: *Classification of Circulators*. Således er også metode A baseret på større undersøgelser af pumpe markedet på europæisk plan såvel som det definerede ”Blaue Ängel” profil.

Forskellen mellem de to metoder er en anden referencekurve samt anden inddeling for de respektive mærkninger af pumperne for hhv. A, B, C, D, E og F pumper.

3.3 Referencekurven for optagen effekt

Da virkningsgraden på en tørløberpumpe er afhængig af størrelsen på pumpen vil både pumpens hydrauliske effekt og selve størrelsen på pumpen indvirke på den optagede effekt på pumpen. Der er således dannet en referencekurve for den optagne effekt som funktion af den hydrauliske effekt for en given Pumpe. Der er kun fokuseret på sammenhængen mellem hydraulisk effekt og optagen effekt i det punkt hvor pumpen yder maksimal hydraulisk effekt da der tages højde for dellast virkningsgraderne andet steds i metodikken (Varighedskurven – ”Blauwe Ängel”).



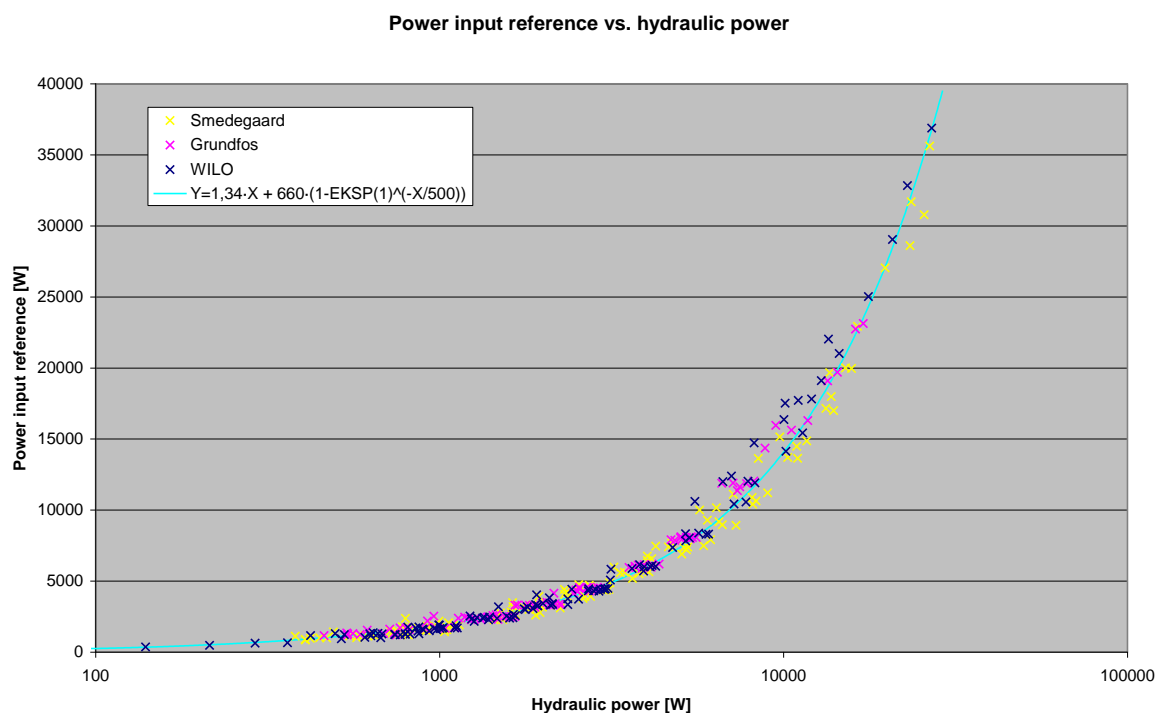
Figur 3.1 Sammenhængen mellem $P_{hyd,max}$ og P_1

Den maksimale hydrauliske effekt er i det punkt hvor $Q \cdot H$ er maksimal.
I dette punkt måles / beregnes den optagne effekt for pumpen P_1 .

For pumper hvor maksimal hydraulisk effekt ligger ved et større flow end det godkendte arbejdsområde for pumpen, er flow og hydraulisk effekt ved det maksimalt godkendte flow anvendt.

For den enkelte Pumpe i basismaterialet er den hydrauliske effekt udledt som en kurve der er tilnærmet med et regressionsudtryk – en 3. grads ligning. Denne er herefter differentieret og punktet for maksimal hydraulisk effekt er fundet. Dette punkt er så anvendt i den tilhørende 3. grads ligning for den optagne effekt for pumpen.

Ved brug af ovennævnte metodik er referencekurven for den optagne effekt til metode A således skabt på basis af tabelopslag fra 3 større pumpeproducenter (ca. 330 pumper i alt). Resultatet ses herunder:



Figur 3.2

Baseret på ovenstående data er der lavet et ligningsudtryk der beskriver kurven.

$$P_{ref} = 1.34 \cdot P_{hyd,max} + 660 \cdot \left(1 - e^{-\frac{P_{hyd,max}}{500}} \right) [W]$$

Hvor:

$$P_{hyd,max} = 2.73 \cdot \max\{Q \cdot H\} [W]$$

$P_{hyd,max}$: Maksimal hydraulisk effekt målt i watt [W].

Q : Flowhastighed målt i kubikmeter pr. time [m³/h]

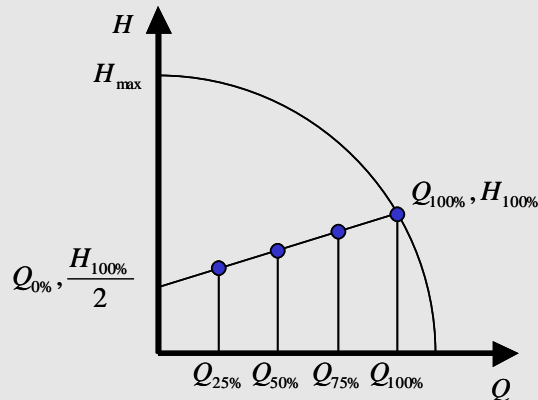
H : Løftehøjden målt i meter vandsøjle [mVs]

3.4 Klassificering af en pumpe

3.4.1 Opmåling af pumpen 1

Første metode til at opmåle en pumpe er ved en direkte opmåling i de fire referencepunkter. Denne metode kan med fordel anvendes ved regulerede pumper, og er beskrevet herunder i korte træk. Metodikken er mægtig til "Classification of Circulators" blot med en anden referencekurve.

1. Mål pumpen ved maksimal ydelse.
2. Find det punkt hvor $Q \cdot H$ er maksimal jf. EN 1151-1. Her defineres $Q_{100\%}$ og $H_{100\%}$.
3. Beregn den hydrauliske effekt P_{hyd} i dette punkt.
4. Beregn referenceeffekten i dette punkt $P_{ref} = 1.34 \cdot P_{hyd} + 660 \cdot \left(1 - e^{-\frac{P_{hyd}}{500}}\right)$
5. Definer reference kontrol kurven som den lige linie mellem $(Q_{100\%}, H_{100\%})$ og $(Q_{0\%}, \frac{H_{100\%}}{2})$



6. Udvalg en pumpeindstilling (frit valg) således at kurven rammer det før valgte punkt $Q \cdot H$
7. Mål P_1 og H ved følgende flow: $Q_{100\%}, 0.75 \cdot Q_{100\%}, 0.5 \cdot Q_{100\%}, 0.25 \cdot Q_{100\%}$

$$P_L = \frac{H_{ref}}{H_{meas}} \cdot P_{1,meas} \quad , \text{ if } H_{meas} \leq H_{ref}$$

8. Beregn ved disse flow:

$$P_L = P_{1,meas} \quad , \text{ if } H_{meas} > H_{ref}$$

Hvor H_{ref} er løftehøjden på reference kontrol kurven ved de forskellige flow.

9. Beregn det vægtede "blåe ängel" effektoptag $P_{L,avg}$ som:

$$P_{L,avg} = 0.06 \cdot P_{1,meas,100\%} + 0.15 \cdot P_{1,meas,75\%} + 0.35 \cdot P_{1,meas,50\%} + 0.44 \cdot P_{1,meas,25\%}$$

10. Beregn EEI indekset: $EEI = \frac{P_{L,avg}}{P_{ref}}$

3.4.2 Opmåling af pumpen 2:

En anden metode til at opmåle en pumpe er ved at opmåle hele pumpekurven med tilhørende effektoptag og efterfølgende udregne regressionsudtryk for de forskellige kurver og på basis af disse udregne EEI indeks. Metoden er oplagt at bruge ved opmåling af ikke regulerede pumper.

Pumpen måles op i et passende antal punkter (ca. 12-15 stk.) fra fuldt flow ned til ingen flow. I samtlige punkter noteres / logges som minimum optagen effekt, løftehøjde og flow.

Til den videre databehandling er udviklet et Excel regneark der på basis af disse datasæt automatisk udregner EEI indekset.

3.4.3 Excel regneark for udregning af EEI indeks

Der er udviklet et regneark for beregning af EEI-indeks på en konkret pumpe.

Regnearket arbejder efter samme metodik som ved "Classification of circulators". Forskellen er at de fire målepunkter der anvendes ved beregningen er interpolerede værdier baseret på 3. grads polynomier – regressionsudtryk – til forskel fra reelt opmålte punkter.

Interpolering af arbejds punkter er tilladt såfremt det er muligt at påvise (ved måling) at den beregnede værdi kan eftervises inden for en 5 % afvigelse.
Dette er i flere forsøg eftervist af projektgruppen og har ikke vist sig problematisk.

Input værdier til regnearket er samhörørende værdier for effektoptaget P_1 og løftehøjden H , begge som funktion af flow Q .

Der kan yderligere indføres de målte spændinger, strømme, temperaturer og deslige hvis de er målt samtidigt. Disse værdier indgår ikke direkte i EEI indeks beregningen, men er en del af de korrekte betingelser for prøvningen som foreskrevet i EN 1151.

Data indføres i arket "Input data". Der kan maksimalt indføres 15 sæt af måledata. Her følger et gennemregnet eksempel med testpumpen "Pumpe A":

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Sandie B. Nielsen								
2	Pumpe A		Dato:	26. september 2006				Max 15 målepunkter !	
3	EEl test								
4									
5	P_1 [W]	[Amps]	[Volts]	PF	Water t. [°C]	p_stat. [bar]	p_diff. [mbar]	Flow [m3/h]	
6	3603,0	6,23	384,4	0,87	23,32	1,929	977,0	57,12	
7	3535,1	6,12	384,3	0,87	23,82	1,956	1249,0	50,27	
8	3443,2	5,97	385,5	0,86	24,29	1,978	1464,4	44,16	
9	3358,6	5,85	385,1	0,86	24,74	1,993	1578,7	40,74	
10	3167,0	5,57	385,1	0,85	25,19	2,008	1769,6	34,45	
11	2988,8	5,32	385,5	0,84	25,65	2,005	1882,6	29,67	
12	2792,1	5,04	386,0	0,83	26,02	2,003	1967,2	24,96	
13	2497,0	4,65	386,5	0,80	26,44	2,000	2070,2	19,32	
14	2246,5	4,33	386,6	0,78	26,78	2,014	2119,8	15,24	
15	1927,2	3,95	387,5	0,73	27,12	2,030	2155,1	10,38	
16	1576,4	3,57	388,1	0,66	27,31	2,132	2187,6	4,99	
17	1268,7	3,27	388,0	0,58	27,56	2,053	2193,4	0,00	
18									
19	<i>Målte data indført i arket "Input data"</i>								
20									
21									
22									

Figur 3.3

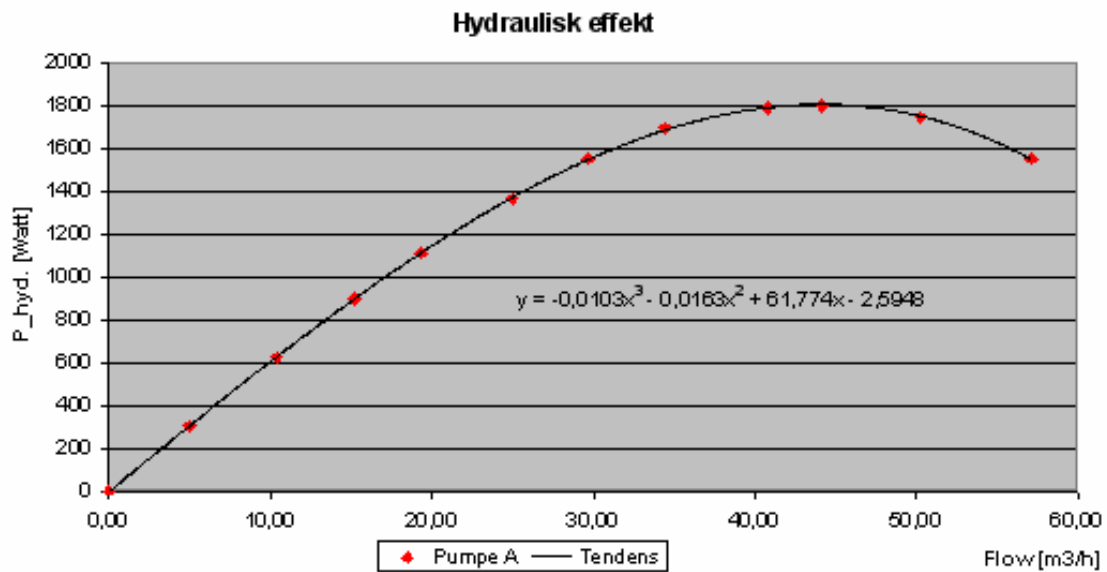
På basis af de indførte data udregnes den hydrauliske effekt i alle målepunkterne. Herefter dannes der grafer for den hydrauliske effekt, for løftehøjden (pumpekurven) og for effektoptaget P1.

Der udregnes 3. grads regressionsudtryk for hver af graferne og kurven for den hydrauliske effekt differentieres og det fastlægges ved hvilket flow at toppunktet for den hydrauliske effekt findes.

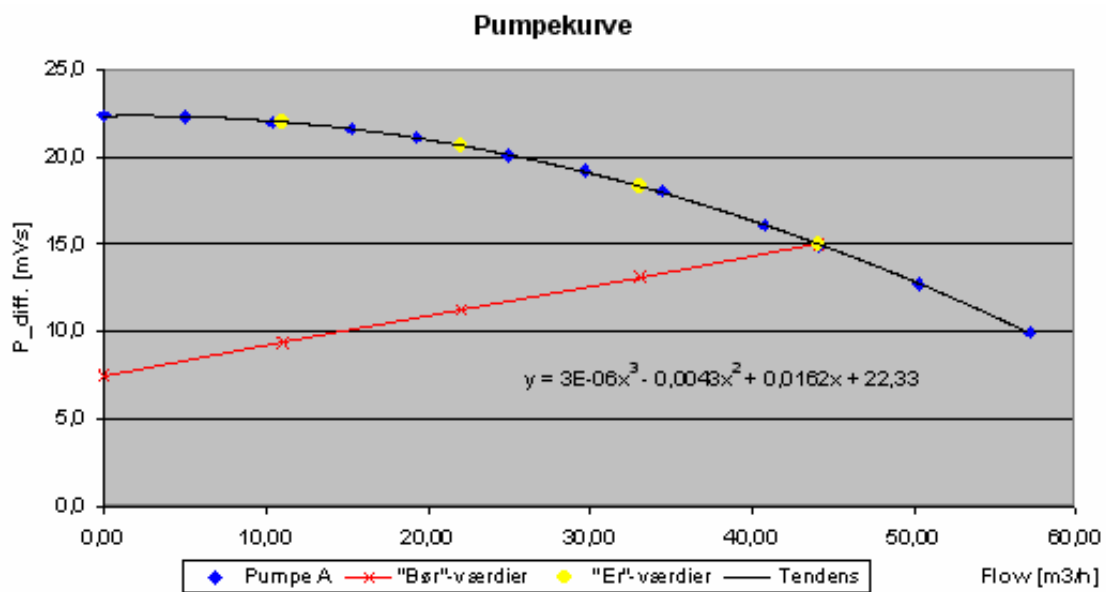
Denne værdi er således at betragte som 100 % flow. Værdierne for 75 %, 50 % og 25 % flow udregnes herefter og de tilhørende værdier for P1 og H ligeså.

Der kompenseres for effekten P1 i de punkter hvor den målte løftehøjde ligger under reference kontrol kurven.

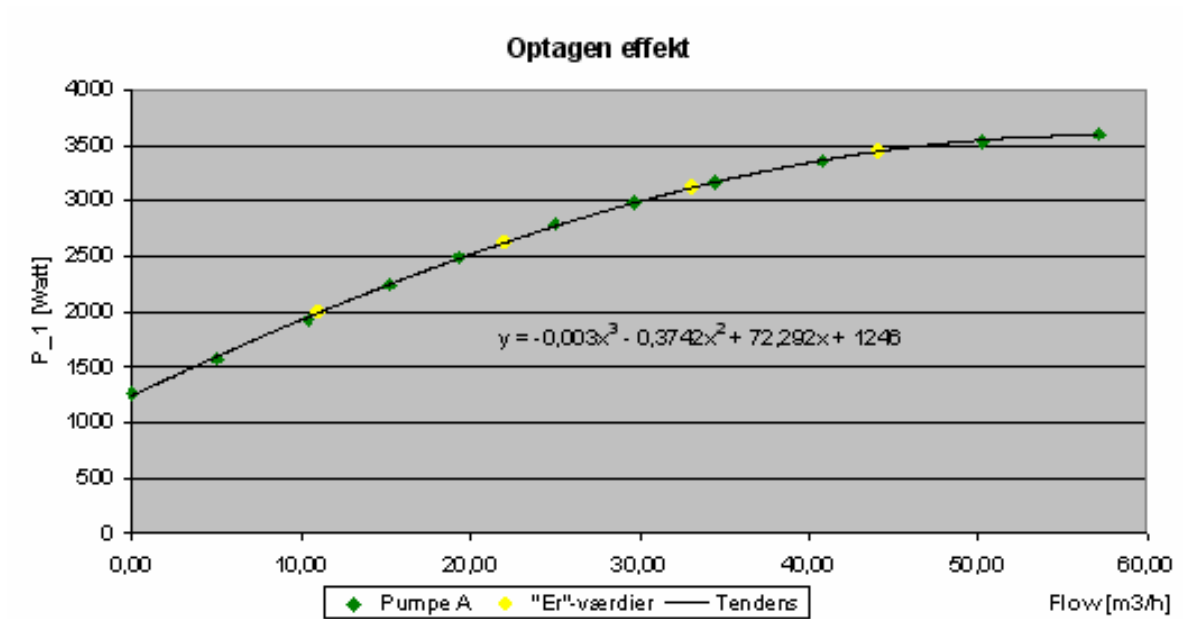
Herunder ses målepunkterne og graferne (tendenslinie) med de tilhørende regressionsudtryk



Figur 3.4 Grafen for den udregnede hydrauliske effekt. Rød er målte/udregnede punkter. Sort linie er 3. grads polynomiet med tilhørende ligning.

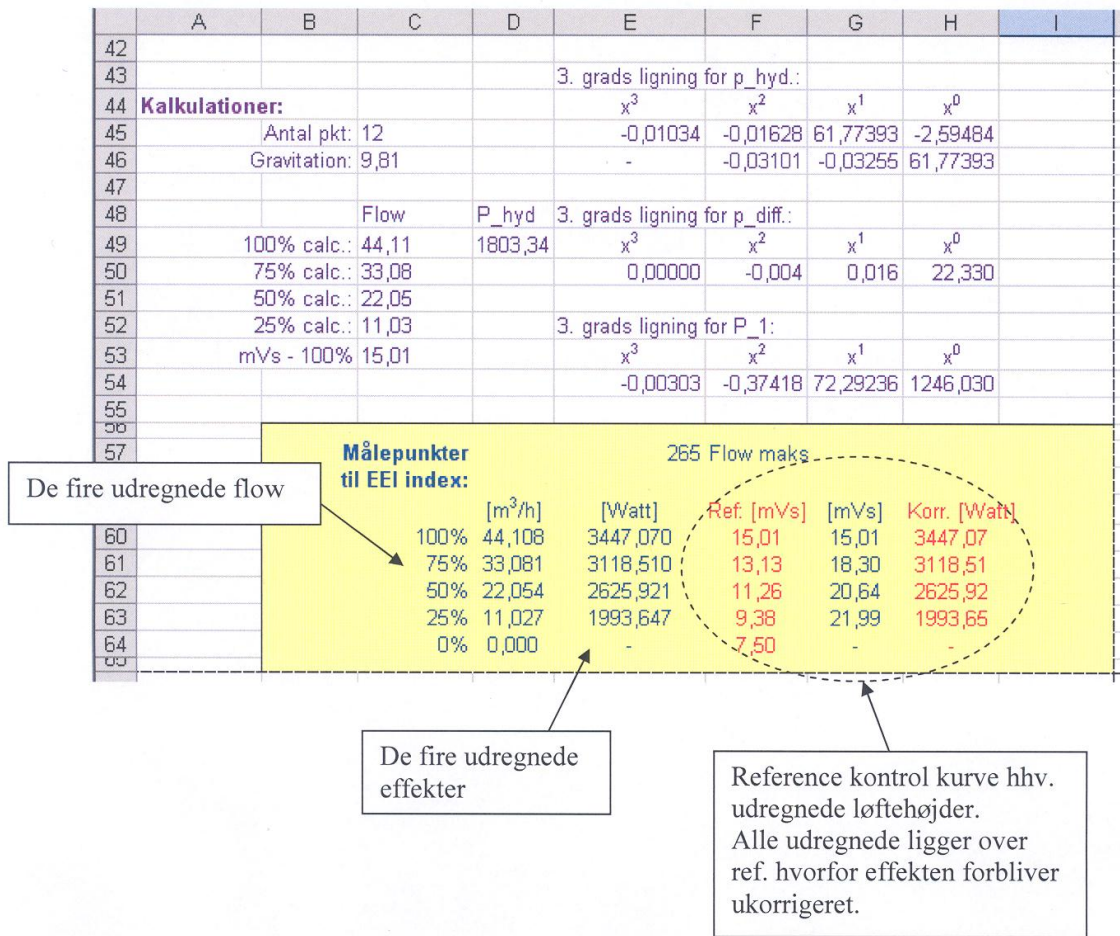


Figur 3.5 Grafen for den målte pumpekurve. Blå er målte punkter. Sort linie er 3. grads polynomiet og ligning. Rød streg er reference kontrol kurven. Gul er de udregnede punkter til EEL beregning



Figur 3.6 Grafen for den målte pumpekurve. Blå er målte punkter. Sort linie er 3. grads polynomiet og ligning. Rød streg er reference kontrol kurven. Gul er de udregnede punkter til EEI beregning

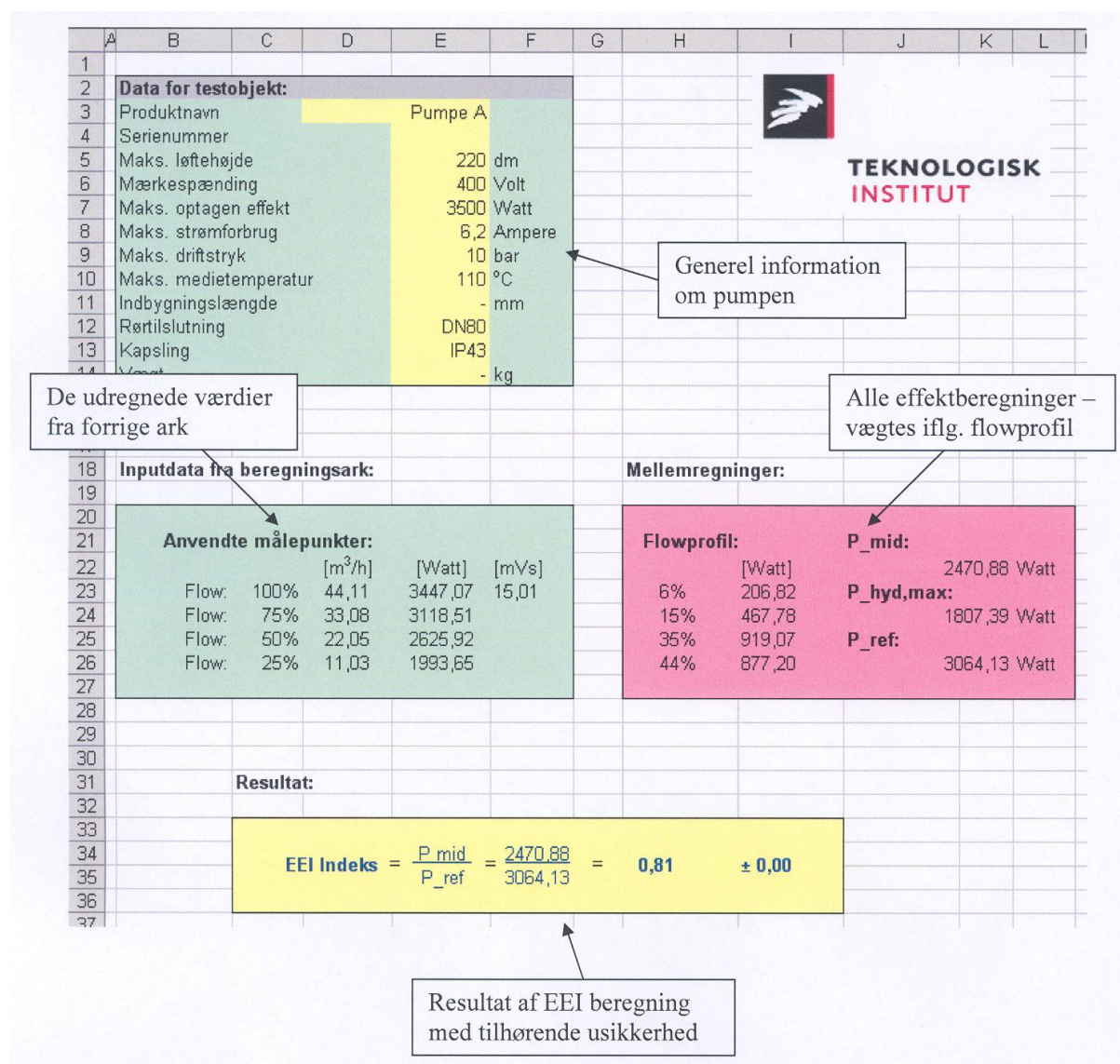
Herunder ses et udsnit af arket med de udregnede kurvekonstanter, målepunkter til EEI beregning, usikkerhedsbetragtninger og korrektioner med mere.



Figur 3.7

Uddrag af resultatarket:

Den testede pumpe får indeks 0,81 – altså en ”D” pumpe.



Figur 3.8

3.4.4 Usikkerheder

Arket udregner usikkerhed for de enkelte målinger og for den samlede EEI beregning. Resultatet EEI indeks angives således med en absolut usikkerhed for resultatet.

Dette kræver at brugeren manuelt angiver usikkerheden for de enkelte målte punkter i absolutte størrelser.

Metode

Beregningen af EEI indekset er en funktion af 3 målte værdier:

$$EEI = f(P, Q, H)$$

Den absolutte usikkerhed på EEI bestemmes af:

$$\Delta EEI = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial P} \cdot \Delta P\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial Q} \cdot \Delta Q\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial H} \cdot \Delta H\right)^2}$$

ΔP , ΔQ og ΔH er den absolutte usikkerhed på de målte værdier. Disse usikkerheder kan findes i databladet for måleudstyret og skal angives manuelt i regnearket.

$\delta f/\delta P$, $\delta f/\delta Q$ og $\delta f/\delta H$ er de partielt afledte, hvor de målte værdier indsættes for hhv. P, Q og H.

I det gennemregnede eksempel er den absolutte usikkerhed udregnet til 0,0035. Angives dette resultat med 2 decimaler bliver facit således 0,00.

Uddrag af resultatarket:

Det ses at usikkerheden i det gennemregnede eksempel ”vejer tungest” ved flowmålingen.

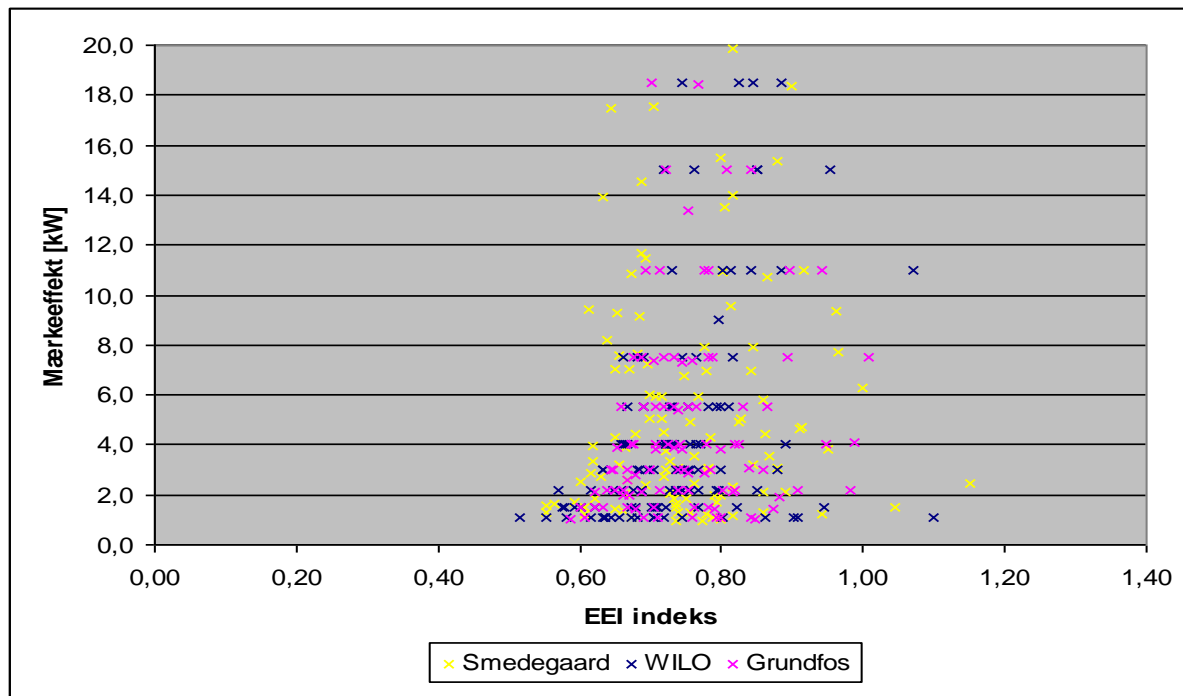
39							
40	Usikkerhedsberegning:						
41							
42	Specifikke				a	b	c
43	usikkerheder:	ΔP [W]	ΔQ [m ³ /h]	ΔH [mVs]	$(\delta f/\delta P \cdot \Delta P)^2$	$(\delta f/\delta Q \cdot \Delta Q)^2$	$(\delta f/\delta H \cdot \Delta H)^2$
44		3,073	0,221	0,038	5,760E-07	9,057E-06	2,350E-06
45	Procentsats				4,81%	75,58%	19,61%
46	af målt værdi:	0,12%	0,50%	0,25%			
47							Σ
							$\sqrt{(a+b+c)}$
							3,462E-03
							100,00%

Den relative indflydelse på den samlede usikkerhed er størst ved flowmålingen

Figur 3.9

3.5 Mærkningskala

Hvis man udregner EEI indeks på basismaterialet (ca. 330 pumper) får man følgende fordeling af indeks og mærkeeffekt:



Figur 3.10

Herunder ses et forslag til inddeling på skala som funktion af opnået EEI indeks.

Klasse	Antal pumper / %	Tørløber
A	12 / 3,6 %	$EEI < 0,60$
B	34 / 10,2 %	$0,60 \leq EEI < 0,65$
C	63 / 19,0 %	$0,65 \leq EEI < 0,70$
D	76 / 22,9 %	$0,70 \leq EEI < 0,75$
E	65 / 19,6 %	$0,75 \leq EEI < 0,80$
F	36 / 10,8 %	$0,80 \leq EEI < 0,85$
G	46 / 13,9 %	$0,85 \leq EEI$

Tabel 3.1

Hvad kriteriet for en ”godkendt” pumpe skal være er åbent, men med basismaterialet som udgangspunkt vil antallet af godkendte som funktion af EEI fordele sig som følger:

- Et EEI på mindre end 0,65: $46/332 = 13,9 \%$
- Et EEI på mindre end 0,70: $109/332 = 32,8 \%$
- Et EEI på mindre end 0,75: $185/332 = 55,7 \%$

4 Metode B - Classification of XXXXX Pumps

Industrielle tørløberpumper med anvendelse til forskellige formål kendetegnet ved, at varighedskurven ikke kan systematiseres kan med fordel mærkes efter denne metode.

Metoden baserer sig udelukkende på arbejds punktet BPE (best point of efficiency) for pumpehuset alene, og sammenholder de målte værdier her med den teoretisk bedst opnåelige. Den teoretisk bedst opnåelige virkningsgrad for et givent flow udregnes bl.a. med anvendelse af pumpens specifikke omløbstal og er en delkonklusion fra et EuroPUMP SAVE study.

4.1 Afgrænsning

Afgrænsningen mht. mærkbare pumper er for metode B er i projektgruppen bestemt til:

Tørløberpumper med en optagen effekt på mindst 500 W

Basismaterialet er med disse begrænsninger reduceret til at gælde for ca. 617 pumper repræsenteret ved Grundfos, Wilo og Smedegaard. Disse pumper har dannet grundlag for udregningen af en såkaldt referencekurve, som er kriteriet for hvorvidt en given pumpe kan komme på sparepumpelisten eller ej.

Følgende pumpetyper indgår:

WILO:

IL, IPg, IPh, IPL og IPn pumper

Grundfos:

TP pumper

Smedegaard:

Omega pumper

4.2 Relation til tidligere arbejder

Metoden baserer sig på tidligere udredninger fra blandt andre Europump SAVE "STUDY ON IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF PUMPS" final version fra 2003, og et procurement (valg og indkøb af pumper) studie fra BPMA (British Pump Manufacturing Association).

Der er heri, på basis af en række repræsentativt udvalgte pumper, udledt en kurve for den teoretisk bedst opnåelige virkningsgrad ved et givent flow. Denne kurve anvendes i en korri-

geret udgave til at sammenholde en specifik pumpe virkningsgrad med hvad den burde kunne yde.

Korrektionen omhandler udelukkende en formfaktor der afgør om hvorvidt en given pumpe kvalificerer sig til den danske sparepumpe liste.

4.3 Grundlag for metoden

Det grundlæggende princip er den historisk velkendt sammenhæng mellem virkningsgrad for pumper, pumpe leverede mængde og pumpe specifikke omdrejningstal. Der anvendes normalt pumpe virkningsgrad i bedste driftspunkt, når data analyseres på dette grundlag.

Det specifikke omdrejningstal giver pumpehjulets form. Det betyder at strømningens billedets form i skala derved fastlægges. Jo større pumpe er, jo mindre vil friktionstabet herefter betyde og jo højere virkningsgrad kan endeligt opnås. Med de to parametre er det muligt at bestemme en generel værdi for gennemsnits pumpe ved et givet flow og et givet tryk.

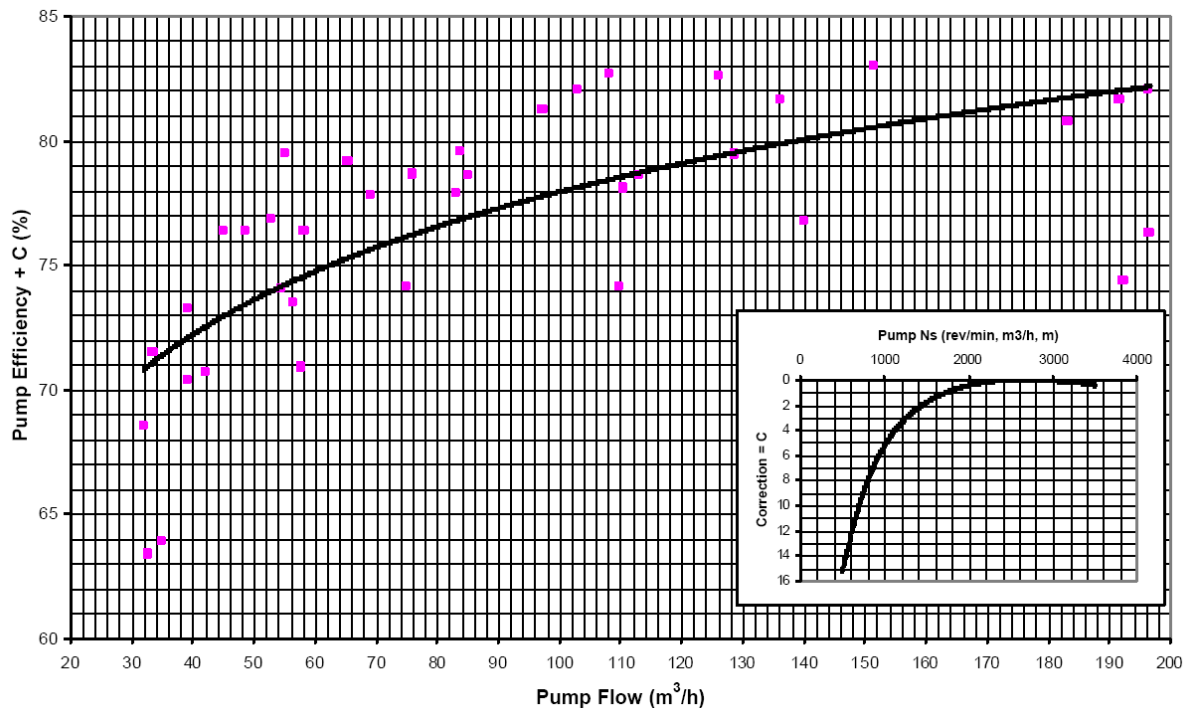
Forskellen mellem gode pumper og dårlige pumper gives herefter ved om pumperne ligger over eller under denne teoretiske middelpumpe. Den teoretiske værdi afhænger lidt af pumpe konstruktionen (ensidigt/ tosidigt indløb mm).

Ved fastlæggelsen af opnåelige værdier er der i førnævnte SAVE study undersøgt et stort antal pumper, se nedenstående figur hvor resultaterne fra er sammenfattet.

X-aksen er flow i m^3/h :

Figur 4.1

Figur 4.2



Figur 4.3 Den forventelige virkningsgrad, gengivet fra SAVE study

Kurven er kun en eksempelkurve. Hvert punkt i grafen er en katalogværdi (målt værdi), der efterfølgende er korrigeret i henhold til korrektionen "C", vist på den lille figur. Korrektionen "C" er et udtryk for hvor langt en pumpes omløbstal ligger fra det teoretisk bedste omløbstal (2650 – Udledt i SAVE study).

Det er grundlæggende denne metode, der ligger til grund for nærværende rapport.

4.3.1 "C" – faktoren

"C" – faktoren er et udtryk for hvor langt en pumpes omløbstal ligger fra det teoretisk bedste omløbstal – 2650. Tallet 2650 er udledt i diverse pumpeværker er påvist til at være dér hvor balancen mellem hastighed og friktion er optimal.

Der er i SAVE påvist følgende sammenhæng mellem det aktuelle specifikke omløbstal og det optimale udtrykt ved "C" faktoren:

$$C_{kor} = 48 \cdot \left(\log\left(\frac{2650}{N_{spec.}}\right) \right)^2$$

Hvis man i en dimensioneringssituation udregner "C" faktoren og den findes stor, er der begrundet anledning til at vurdere om ikke en anden pumpe ville egne sig bedre til den specifikke opgave.

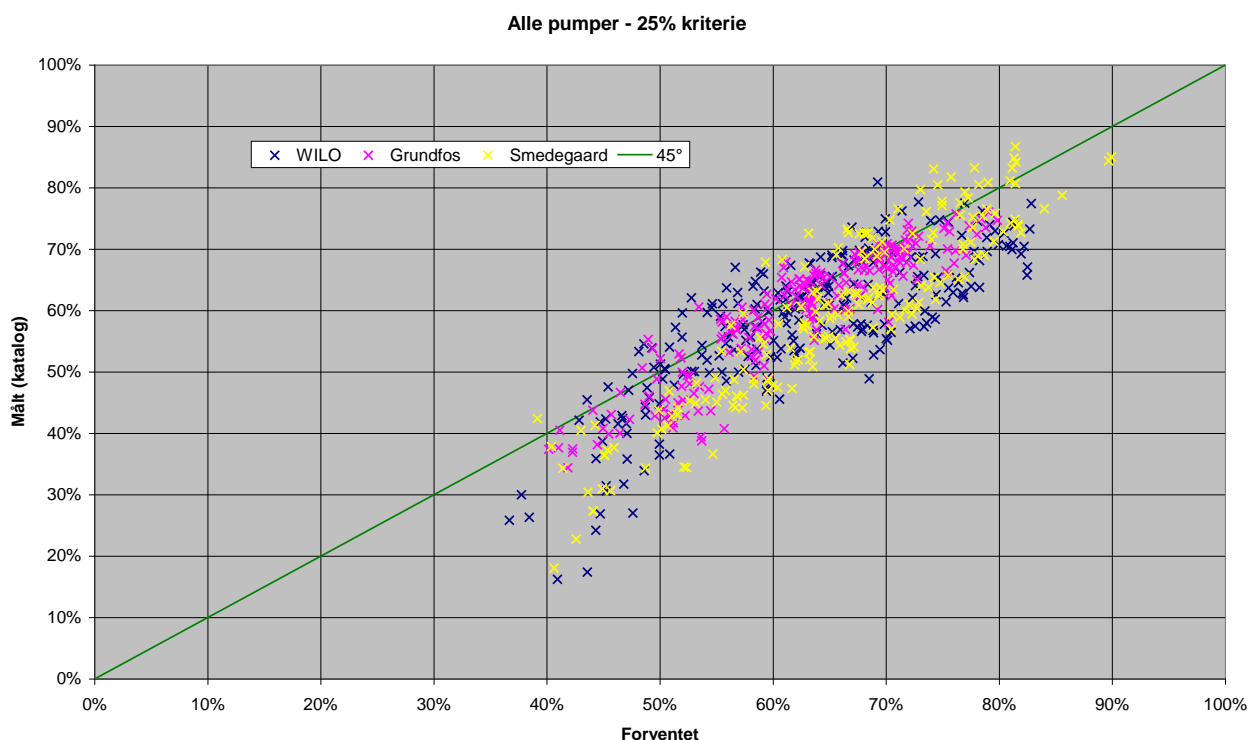
Der henledes til at være særligt opmærksom på størrelsen af "C" - faktoren

4.4 Referencekurven for samlet virkningsgrad i BPE

Som det udledes senere i er der opbygget en sammenhæng mellem en teoretisk forventet virkningsgrad og den aktuelle virkningsgrad i punktet "best point of efficiency – BPE". Projektgruppen har konstateret at tørløberpumper kan "lande" både over og under denne teoretisk beregnede virkningsgrad som det er illustreret på grafen herunder.

Indledningsvis var det tanken at kriteriet for positivlisten skulle være, at pumper skulle ligge over gennemsnitslinien (45°) for at komme på. Dette har vist sig at give en ulempe for pumper med generelt lave virkningsgrader hvorfor det blev besluttet at korrigere både hældning og nulpunktsforskydningen på linien til illustrationen "45" vist herunder.

Med denne linie (dette kriterium) bliver der således godkendt pumper på positivlisten der udgør ca. 25 % af de eksisterende pumper på markedet i dag og disse spænder over hele spektret af pumper, små som store.



Figur 4.4. Udbudsmaterialets samlede pumpepark korrigeret så kun ca. 25 % består

Baseret på ovenstående data er der lavet to 1. grads ligningsudtryk der beskriver korrektionen af den oprindelige SAVE forventelige virkningsgrad og kriteriet for optagelse på sparepumpelisten hhv. "smiley":

Kriterium for sparepumpelisten: $Forventet_{Korrigeret} = 1,15 \cdot Forventet_{SAVE} - 0,1$

Kriterium for smiley:

$$Forventet_{Korrigeret} = 1,15 \cdot Forventet_{SAVE} - 0,07$$

4.5 Metode til udregning af energiindeks

For at udregne energiindekset skal punktet for bedste virkningsgrad for pumpehuset kendes. Dette punkt kan findes ved en praktisk opmåling af pumpen og efterfølgende udledning, eller der kan anvendes fabrikantens mærkedata for pumpen.

Se i øvrigt formelsamling på næste side

1. I punktet (BPE) noteres flowet Q [m³/h], differenstrykket H [mVs], omdrejningstallet n [rpm], den hydrauliske effekt og akseffekten for motoren.
2. Nu beregnes den generelle forventede virkningsgrad jf. **Figur 4.3**. Der er udledt et 3. grads regressionsudtryk til dette formål, se formel (1).
3. Beregn det specifikke omdrejningstal, se formel (2).
4. Beregn en korrektion til den forventede virkningsgrad: "C" – faktoren, se formel (3).
5. Beregn den forventede (middel) motorvirkningsgrad for en gennemsnitsmotor. Som gennemsnit for 2- og 4-polede motorer er (4) udledt ved mindste kvadraters metode.
6. Bestem den forventede middelvirkningsgrad for pumper med samme specifikke omdrejningstal og samme flow af punkterne 2, 4 og 5
7. Sammenlign den aktuelle pumpe målte virkningsgrad totalvirkningsgrad i BPE med den i pkt. 6 udregnede. Ligger den over det en god pumpe, ligger den under er det en dårlig pumpe ifølge den udledte "middelpumpe" jf. SAVE.
8. I en dimensioneringssituation kan formlen for optimalt omløbstal (6) ligeledes anvendes. Sammenholder man det optimale omdrejningstal med det aktuelle, kan det bruges til at bedømme om en aktuelt valgt pumpe er af korrekt type. Hvis det aktuelle omdrejningstal er langt fra det optimale bør man se på en anden type pumpe.

4.5.1 Det danske islæt

Som påvist i forrige afsnit skal den netop udledte forventede virkningsgrad korrigeres til de danske krav for energiindeks. Således skal værdien ganges med 1,15 og fratrækkes en konstant for hhv. sparepumpeliste (-0,1) og smiley kriteriet (-0,07), se formel (7) og (8).

4.5.2 Formelsamling for metoden

Generel akselvirkningsgrad ved optimalt specifikt omdrejningstal:
(hvor Q indsættes i m^3/h .)

$$\eta_{\text{generel}} = 1,09 \cdot 10^{-7} \cdot Q^3 - 1,59 \cdot 10^{-4} \cdot Q^2 + 0,0798 \cdot Q + 71,03 \quad [\%] \quad (1)$$

Specifikt omdrejningstal:

$$N_{\text{specifik}} = \frac{\text{rpm} \cdot \sqrt{m^3/h}}{H^{0,75}} \quad (2)$$

Korrektion til virkningsgraden – ”C” faktoren:

$$C_{\text{kor}} = 48 \cdot \left(\log\left(\frac{2650}{N_{\text{spec.}}}\right) \right)^2 \quad (3)$$

Den midlede motorvirkningsgrad:

$A = 63,05$, $B = 95,0$, $C = 0,798$, $D = 0,276$, $n1 = 0,556$, $n2 = 14,1$ – P_2 er akseeffekten på motoren

$$\eta_{\text{motor}} = A + (B - A) \cdot \left(1 - C \cdot \exp\left(-\frac{P_2}{n1}\right) - D \cdot \exp\left(-\frac{P_2}{n2}\right) \right) \quad (4)$$

Samlet forventede virkningsgrad:

$$\eta_{\text{samlet}} = (\eta_{\text{generel}} - C_{\text{kor}}) \cdot \eta_{\text{motor}} \quad (5)$$

Optimalt omløbstal:

$$\text{rpm} = \frac{2650 \cdot H^{0,75}}{\sqrt{Q}} \quad (6)$$

Det danske islæt – kriterium for sparepumpeliste:

$$\eta_{\text{DK-liste}} = \eta_{\text{samlet}} \cdot 1,15 - 0,1 \quad (7)$$

Det danske islæt – kriterium for ”smiley”:

$$\eta_{\text{DK-smiley}} = \eta_{\text{samlet}} \cdot 1,15 - 0,07 \quad (8)$$

4.5.3 Eksempel på beregning af pumpe

Der betragtes en Grundfos TP 32-200/2 med en motoreffekt på ca. 1250 W.
Katalogdata fra WebCap's er som følger:

BPE:

$Q = 12,00 \text{ m}^3/\text{h}$; $H = 16,48 \text{ mVs}$; $n = 2.880 \text{ rpm}$; $P_2 = 1,02 \text{ kW}$; $P_1 = 1,22 \text{ kW}$
Eta pumpe = 52,9 %; Eta aggregat = 44,2 %

Ved brug af formel (1) udregnes den forventede gennemsnitlige virkningsgrad til 72,23 %

Det specifikke omløbstal udregnes til 1.220 (formel 2)

"C" – faktoren udregnes til 5,45 (formel 3)

(Dette er en relativt høj "C" - faktor hvilket indikerer at denne pumpe ikke er optimal til denne opgave)

Gennemsnitsmotorens virkningsgrad udregnes til 82,73 % i arbejds punktet.

Den forventede middelvirkningsgrad udregnes til: $((72,23 - 5,45) \times 82,73)/100 = 55,25 \%$

Den aktuelle pumpe har ifølge WebCap's en totalvirkningsgrad på 44,2 % hvilket er betragteligt under den forventede middelvirkningsgrad.

Det optimale omløbstal for pumpen udregnes til 6.257 rpm så alt i alt er der flere advarsel-lamper der indikerer at der burde vælges en anden pumpe til netop denne opgave.

Det danske islæt:

Kan pumpen optages på sparepumpelisten?

Kravet er: $0,5525 \times 1,15 - 0,1 = 0,5354 = 53,5 \%$

Pumpen opfylder således ikke kravet som sparepumpe.

Eksempel 2 – Grundfos TP 80-70/4:

BPE:

$Q = 45,00 \text{ m}^3/\text{h}$; $H = 5,92 \text{ mVs}$; $n = 1.450 \text{ rpm}$; $P_2 = 0,96 \text{ kW}$; $P_1 = 1,17 \text{ kW}$
Eta pumpe = 75,6 %; Eta aggregat = 62,3 %

Eta forvent:	n_{specifik}	"C" - faktor	Eta motor	Eta _{tot} forv.	Sparelistekrav	Smiley
74,3 %	2563	0,01	82,2 %	61,1 %	60,3 % OK	63,3 % ÷

"C" – faktoren er her meget lille hvorfor pumpen må anses for værende optimalt valgt til opgaven.

5 Referencer

5.1 Classification

1 sides forklaring om arbejdet

5.2 Darmstadt Report

1 sides forklaring om arbejdet

5.3 Øvrige

Kortlægningen af pumpeanvendelsen er baseret på en screening af et stort kildemateriale med henblik på opdelingen af pumpeanvendelsen i tørløbere og vådløbere. Nedenfor er listet anvendt materiale:

- Potentiale vurdering af energibesparelser for pumper, Birch & Krogboe 2006
- Statistisk årbog 2006, Danmarks Statistik 2006
- WILO pumpekatalog 2006
- Grundfos pumpekatalog 2006
- Smedegaard pumpekatalog 2006
- Lille blå om systemoptimering, Elfor 2005
- Lille blå om sparepumper, Elfor 2004
- Elmodel bolig datagrundlag 2002, IT-Energy 2004
- Energirigtige pumpekoblinger i HVAC-systemer, Teknologisk Institut 2004
- Energihåndbogen, FFEM 2002
- Kortlægning af erhvervslivets elforbrug, Dansk Energi Analyse 2000
- Diverse brancheenergianalyser, div. 1992-1995
- Elbesparelser gennem forbedret projekteringsgrundlag, DEFU TR 352 1995
- Projektansøgning PSO 337-081 (unitool data)