

Interne notater

STATISTISK SENTRALBYRÅ

83/7

5. april 1983

TEMPERATURKORRIGERING AV ENERGIFORBRUKET

av

Arne Ljones og Hans Viggo Sæbø

INNHOLD

	Side
Forord	1
1. Bakgrunn	2
2. Temperaturkorrigering av elektrisitetsforbruket	2
2.1. Metode	2
2.2. Beregninger	4
3. Temperaturkorrigering av oljesalget	8
3.1. Bakgrunn	8
3.2. Metode	8
3.3. Beregninger	8

FORORD

Svingninger i temperaturen fra år til år kan gi svingninger i energiforbruket som det kan være vanskelig å skille fra endringer som skyldes endringer i aktiviteten i samfunnet. Statistisk Sentralbyrå har derfor utviklet en metode for å temperaturkorrigere energibruken.

I arbeid med framskrivinger av energibruken, er det energibruken i et klimamessig normalår, altså den temperaturkorrigerte energibruken, som framskrives. Metoden brukes ellers til å temperaturkorrigere tallene i Byråets kvartalsvise elektrisitetsbalanser.

1. BAKGRUNN

I gruppe for ressursregnskaps arbeid med framskrivinger av energibruken, er det energibruken i et klimamessig normalår som framskrives. Forbrukstallene i basisåret må derfor temperaturkorrigeres. Dette har vært gjort ved å utnytte proporsjonalitet mellom energibruk til oppvarming og temperaturen uttrykt ved graddøgnetallet¹⁾.

Korrigeringen pr. grad temperaturforskjell vil være størst om høsten og våren og mindre om sommeren da det brukes lite energi til oppvarming, og om vinteren da det i kalde perioder er begrensninger i muligheten for å øke oppvarmingen. Dette kan en ta hensyn til ved å beregne egne korreksjonskoeffisienter (korrigerings pr. graddøgn) for hver årstid. Denne metoden og beregninger for perioden 1973-1980 er presentert i rapport 81/7.

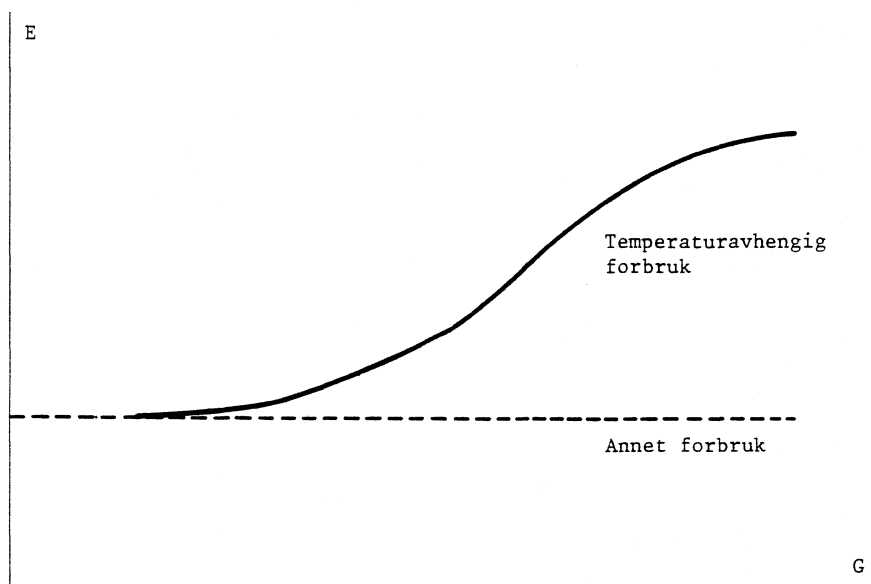
Svakheten med en metode hvor en baserer seg på egne regresjonslikninger for hver årstid, er at en ikke får utnyttet data for alle månedene i året på en gang. I tillegg ville det være ønskelig å kunne variere korreksjonskoeffisientene også innen hver årstid, da disse kan avhenge av temperaturen. En har derfor utviklet en ny metode som tar hensyn til dette. Dette notatet dokumenterer denne metoden når det gjelder korrigerings av elektrisitets- og oljeforbruket. En har presentert nye temperaturkorreksjoner for perioden 1973-1982. Korreksjonene avviker lite fra de som er beregnet med den gamle metoden. Beregningene etter den nye metoden er automatisert, slik at temperaturkorreksjonene kan regnes ut løpende hver måned.

2. TEMPERATURKORRIGERING AV ELEKTRISITETSFORBRUKET

2.1. Metode

Det vil være en tilnærmet lineær sammenheng mellom elektrisitetsforbruk til oppvarming og graddøgnetallet. Unntaket er som nevnt ved svært høye eller lave temperaturer, hvor forbruket varierer mindre ved en endring i temperaturen. Dette betyr at elektrisitetsbruken i en periode (måned i dette notatet) kan beskrives som en S-formet funksjon av graddøgnetallet. Figur 1 viser en slik funksjonsform.

Figur 1. Elektrisitetsbruken (E) som en funksjon av graddøgnetallet (G)



1) Graddøgn = $(17^{\circ}\text{C} - \text{midlere temperatur i perioden}) \times \text{antall dager i perioden}$.

For å estimere en slik funksjon har vi antatt følgende sammenheng:

$$(1) \quad \ln E_j = f(G_j, t_j) + u_j \\ = \alpha + (\beta - \delta_V \Delta) G_j - \gamma G_j^2 - \rho \ln G_j + kt_j + u_j,$$

hvor j betegner måned.

E_j = alminnelig elektrisitetsforbruk

G_j = graddøgnsstallet (veid for hele landet)

t_j = nummeret på måneden

u_j = normalfordelt restledd med forventning 0.

Konstanten $\delta_V = \begin{cases} 1 & \text{for vårmånedene mars, april, mai,} \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$

Det forutsettes at $G > 0$, dvs. at middeltemperaturen er lavere enn 17°C . Dette skaper ikke noe problem når vi bruker et veid gjennomsnitt for Norge. Konstantene i likning (1) er estimert med minste kvadraters metode. Likningen kan også beskrives:

$$(2) \quad E_j = e^{(\beta - \delta_V \Delta) G_j - \gamma G_j^2} G_j^{-\rho} e^{\alpha + kt_j} u_j$$

Leddet $e^{-\gamma G_j^2}$ vil ha størst betydning ved høye graddøgnverdier (lav temperatur), mens $G_j^{-\rho}$ vil bety mest ved lave graddøgnverdier (høy temperatur).

Leddet $(\beta - \delta_V \Delta) G_j$ gir isolert sett en lineær sammenheng mellom en relativ endring i elektrisitetsbruken og en endring i graddøgnsstallet. Dette kan sees ved derivasjon av forventningsverdien i likning (1):

$$(3) \quad \frac{dE_j}{E_j} = (\beta - \delta_V \Delta) dG_j - 2\gamma G_j dG_j - \rho dG_j/G_j$$

$$(4) \quad \frac{dE_j}{dG_j} = [(\beta - \delta_V \Delta) - 2\gamma G_j - \rho/G_j] E_j.$$

I vårmånedene vil temperaturavhengigheten være litt mindre enn i like kalde høstmånedene. Dette skyldes at lave vårtemperaturer ofte er korrelert med solrike dager. Både energiforbruket og økningen i dette med fallende temperatur blir lavere om våren enn om høsten. Konstanten Δ representerer altså et "sol-fradrag" i forhold til β .

Vi ser igjen at vi med høye G -verdier (kaldt vær) får en flatere kurve (lavere derivert). Det samme gjelder lave G -verdier. Graddøgnselastisiteten (prosentvis endring i elektrisitetsforbruket når graddøgnsstallet endres 1 prosent) kan nå settes opp:

$$(5) \quad \frac{dE_j/E_j}{dG_j/G_j} = (\beta - \delta_V \Delta) - 2\gamma G_j - \rho.$$

Leddet e^{kt_j} i likning (2) beskriver en trendmessig økning i elektrisitetsbruken fra måned til måned som ikke skyldes temperaturendringen. Endringen over tid kunne beskrives ved et polynom av høyere grad i t , men det viser seg at forbruksutviklingen de siste 10 åra kan beskrives meget godt med en enkel trend! Temperaturkorreksjonene endres svært lite dersom vi f.eks. innfører et annengrads polynom i t i likningene.

Temperaturkorreksjonen K_j estimere ved

$$(6) \quad K_j = e^{f(\bar{G}_j, t_j)} - e^{f(G_j, t_j)}$$

hvor \bar{G}_j er det normale graddøgnstallet i måned t_j .
Temperaturkorrigert forbruk i måned j :

$$(7) \quad \bar{E}_j = E_j + K_j.$$

2.2. Beregninger

Vi har estimert konstantene i likning (1) ved hjelp av data for perioden januar 1973 - desember 1982. For forventningsverdien til $\ln E_j$ har vi:

$$\varepsilon(\ln E_j) = \alpha + (\beta - \delta_V \Delta) G_j - \gamma G_j^2 - \rho \ln G_j + k t_j.$$

Estimator	Standardavik	
	Absolutt	Relativt
$\alpha = 7,71$	0,04	0,5%
$\beta = 0,00225$	0,00014	5,9%
$\Delta = 0,00007$	0,00002	33,1%
$\gamma = 1,13 \times 10^{-6}$	$0,14 \times 10^{-6}$	12,3%
$\rho = 0,0463$	0,0103	22,3%
$k = 0,00367$	0,00010	2,7%

Tilpasningen måles ved $R^2 = 0,985$

Durbin-Watson observatoren: 2,45

Standardavviket til restleddet: $S(u_j) = 0,0372$

I beregningene nummereres månedene fra $t=1$ for januar 1973 til $t=120$ i desember 1982. Den månedlige økningen i det temperaturkorrigerede forbruket blir altså 0,367 prosent. Dette svarer til en årlig økning på 4,4 prosent.

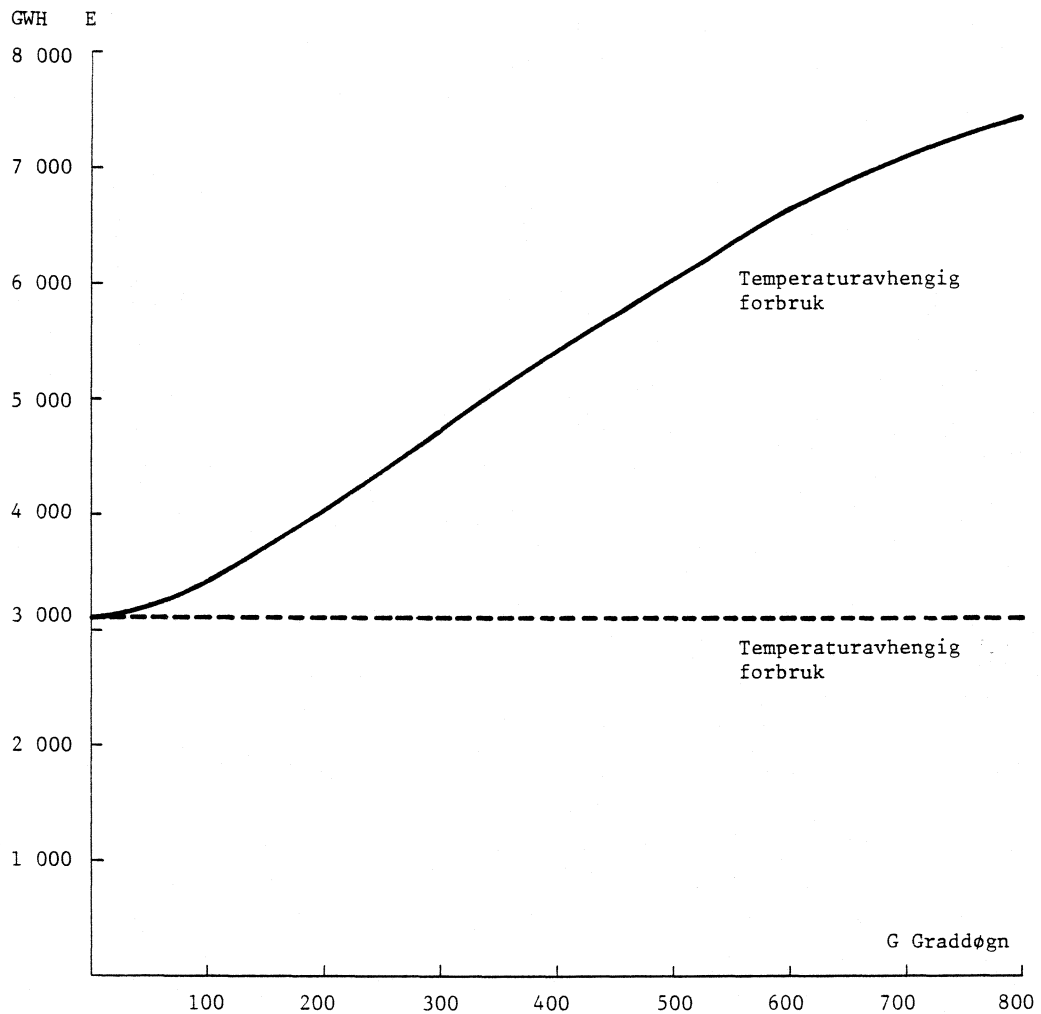
Tabell 1 viser graddøgnselastisitetene ved normale temperaturer (likning 5) og korreksjon/grad-døgn slik denne ville vært ved normale temperaturer i 1982.

Tabell 1. Normale graddøgnstall og graddøgnselastisiteter

Måned	Normalt antall graddøgn	Graddøgnselastisitet for alminnelig elektrisitetsbruk	Korreksjon/grad-døgn 1982 ved midlere temp.
t_j	\bar{G}_j	$\left(\frac{dE_j/E_j}{dG_j/G_j} \right)_{G_j=\bar{G}_j}$	$\left(\frac{dE_j}{dG_j} \right)_{\bar{G}_j=\bar{G}_j}$
		Prosent	Gwh/grad-døgn
Januar	611	0,48	5,1
Februar	540	0,51	5,8
Mars	518	0,48	5,3
April	375	0,45	6,0
Mai	229	0,33	5,9
Juni	117	0,19	5,4
Juli	34	0,03	2,2
August	68	0,10	4,5
September	183	0,29	6,1
Oktober	335	0,45	6,7
November	441	0,51	6,5
Desember	539	0,51	6,0

Figur 2 viser hvordan elektrisitetsforbruket E_j avhenger av graddøgnstallet G_j i følge modellen $E_j = e^{f(G_j, t_j)}$ for det elforbrukende systemet en hadde i desember 1982 ($t_j = 120$). Kurven vil heves ettersom t_j øker, men vil være litt flatere for vårmånedene.

Figur 2. Brutto alminnelig elektrisitetsforbruk som funksjon av graddøgnstallet. Månedlige tall. Energisystem som i desember 1982



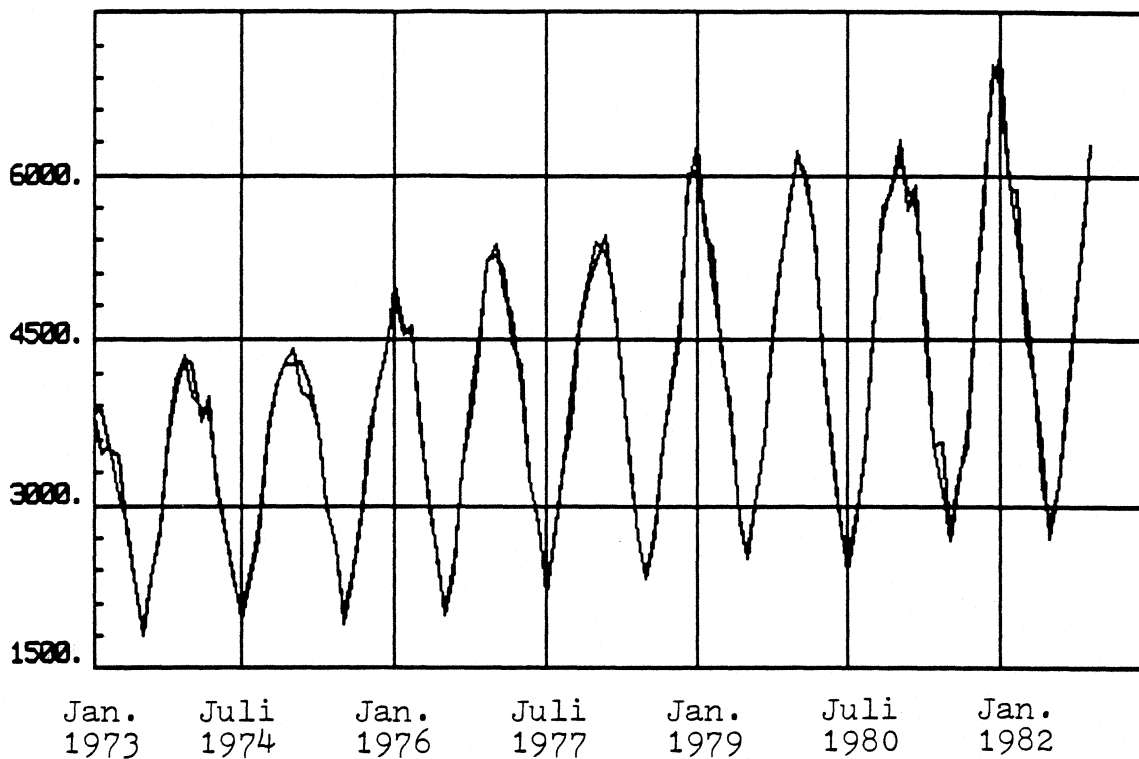
Tabell 2. Temperaturkorrigering av elektrisitetsforbruket ref. kraftstasjon. 1973 - 1982. GWh

	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
I alt	-145	1 447	1 268	-578	-531	-966	-1 924	-917	-1 608	487
1. halvår ..	1 050	1 688	683	188	-472	-4	-765	-151	-262	28
2. halvår ..	-1 195	-241	585	-766	-59	-961	-1 159	-766	-1 346	460
1. kvartal .	1 151	1 205	825	15	-127	-174	-582	-670	-192	183
2. kvartal .	-101	484	-142	174	-345	170	-183	519	-70	-156
3. kvartal .	-468	-205	72	-282	-367	-518	-543	79	-115	56
4. kvartal .	-727	-36	513	-484	308	-443	-615	-845	-1 232	404
Januar	514	555	495	-51	-70	215	-379	-228	12	-367
Februar	253	416	186	190	-234	-336	-255	-288	-1	166
Mars	383	234	144	-125	177	-53	51	-154	-203	384
April	-129	262	-61	-53	-310	-120	-46	122	-101	30
Mai	-36	140	13	165	-1	116	-261	145	319	-92
Juni	64	82	-94	63	-34	174	124	252	-289	-94
Juli	-147	-175	-13	4	-100	-121	-194	-4	-137	2
August	-152	-76	80	62	-52	-98	-182	-15	-150	26
September ..	-170	46	4	-349	-215	-299	-168	98	173	28
Oktober	-322	-175	123	-59	220	34	-184	-280	-118	154
November ...	-300	-39	137	-42	11	252	-187	-515	-162	183
Desember ...	-105	178	254	-383	77	-729	-245	-50	-952	66

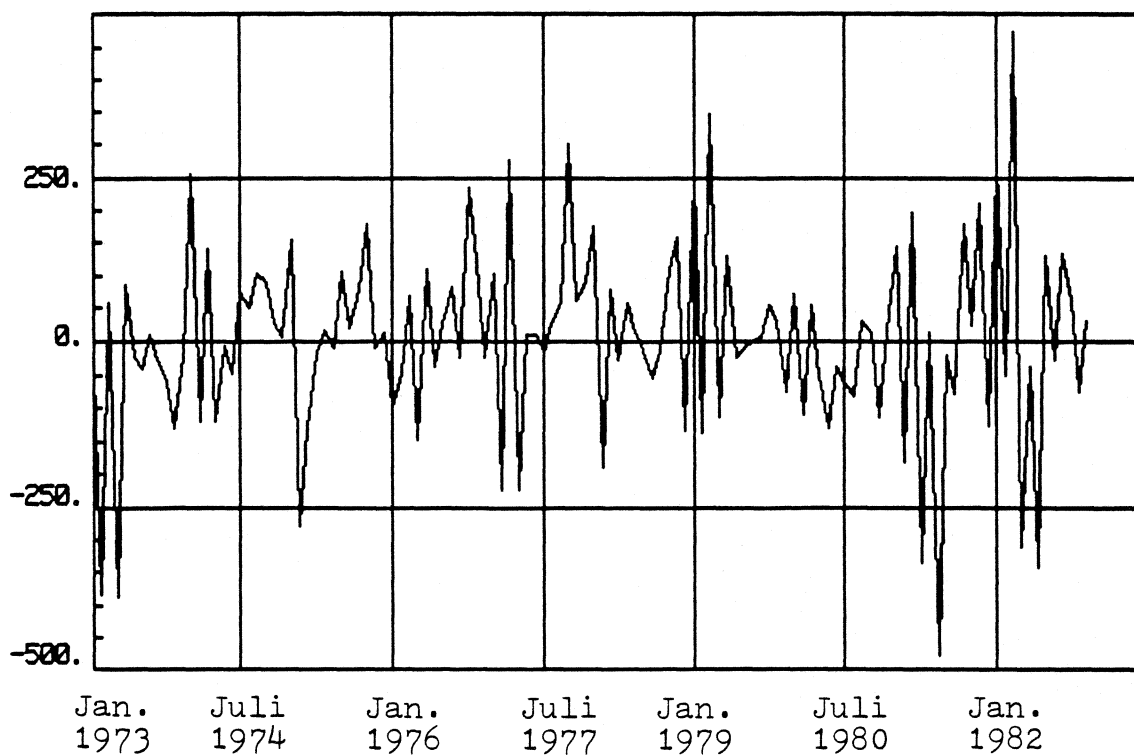
Tabell 3. Temperaturkorrigert brutto elektrisitetsforbruk til alminnelig forsyning. 1973 - 1982. GWh

	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
I alt	37 625	40 800	42 315	44 452	46 586	48 366	50 849	52 377	54 626	57 820
1. halvår ..	20 025	21 748	22 358	23 571	24 661	25 935	27 440	28 095	28 835	30 791
2. halvår ..	17 600	19 052	19 957	20 881	21 925	22 432	23 409	24 282	25 791	27 030
1. kvartal .	11 986	13 184	13 233	14 105	14 887	15 461	16 554	16 927	17 735	19 053
2. kvartal .	8 039	8 565	9 125	9 467	9 774	10 474	10 886	11 168	11 100	11 737
3. kvartal .	6 418	7 023	7 325	7 545	7 879	8 095	8 560	8 858	9 476	10 075
4. kvartal .	11 182	12 029	12 632	13 336	14 046	14 337	14 850	15 424	16 314	16 955
Januar	4 313	4 807	4 911	4 871	5 296	5 605	5 931	6 000	6 342	6 745
Februar ...	3 729	4 177	4 209	4 729	4 682	4 937	5 218	5 586	5 671	6 062
Mars	3 943	4 200	4 113	4 504	4 909	4 919	5 404	5 341	5 722	6 246
April	2 935	3 354	3 612	3 645	3 741	4 115	4 213	4 474	4 392	4 628
Mai	2 816	2 843	2 998	3 224	3 264	3 463	3 688	3 581	3 897	4 015
Juni	2 288	2 368	2 515	2 599	2 769	2 896	2 985	3 113	2 810	3 094
Juli	1 644	1 855	1 988	2 009	2 071	2 186	2 309	2 382	2 550	2 834
August	2 182	2 323	2 393	2 564	2 619	2 651	2 828	2 874	3 013	3 203
September ..	2 591	2 845	2 943	2 971	3 189	3 258	3 422	3 602	3 914	4 038
Oktober	3 255	3 555	3 803	4 019	4 256	4 243	4 372	4 527	4 739	4 990
November ...	3 694	4 025	4 169	4 487	4 626	4 929	5 014	5 089	5 652	5 609
Desember ...	4 233	4 449	4 661	4 831	5 164	5 165	5 463	5 808	5 923	6 355

Figur 3. Simulert og registrert brutto elektrisitetsforbruk til alminnelig forsyning. GWh/måned



Figur 4. Avvik mellom registrert og simulert brutto elektrisitetsforbruk til alminnelig forsyning. GWh/måned



3. TEMPERATURKORRIGERING AV OLJESALGET

3.1. Bakgrunn

Metoden for å korrigere oljesalget bygger på de samme prinsippene som metoden for temperaturkorrigering av elektrisitetsforbruket.

Den tidligere metoden for korrigerering av oljesalget tok utgangspunkt i hvert enkelt oljeprodukt og estimerte egne koeffisient og korreksjoner for parafin, fyringsolje nr. 1 osv. En mere robust metode vil være å beregne koeffisienter og korreksjoner for det samlede salg av olje til oppvarmingsformål med unntak av tung fyringsolje.

Vi har derfor utviklet en ny metode som også tar hensyn til dette. Dette avsnittet dokumenterer denne metoden når det gjelder korrigerering av oljesalget. Beregningene etter den nye metoden er automatisert slik at temperaturkorreksjonene kan regnes ut løpende hver måned.

3.2. Metode

Metoden er den samme som for elektrisitet (se denne). Leddet e^{kt} i ligning (2) som i dette tilfellet beskriver endringen i oljesalget med tiden er erstattet av et annengrads polynom på formen $e^{k_1 t + k_2 t^2}$. Denne ligningen beskriver bedre den utviklingen vi har hatt i oljesalget siden 1973.

Modellen for oljesalget har i likhet med modellen for elektrisitetsforbruket muligheter for forskjellige koeffisienter på høst- og vårmåneder med ellers like temperaturforhold. For elektrisitet kan ulike koeffisienter her skyldes ulike fyringsvaner høst og vår. For oljesalget kan ulike koeffisienter skyldes ulike fyringsvaner og ulike kjøpevaner. (Småforbrukere av parafin fyller om høsten og ikke om våren osv.)

Likningen for sammenhenger mellom oljesalget og utetemperaturen får dermed formen:

$$O_j = e^{(\beta - \delta_v \Delta) G_j - \gamma G_j^2} G_j^{-\rho} e^{(k_1 t_j + k_2 t_j^2)} e^{u_j}$$

hvor j betegner måned

O_j = Salget av parafin + fyringsolje nr. 1, 2 og 3

G_j = Graddøgnetallet

t_j = Nummeret på måneden

u_j = Normalfordelt restledd med forventning 0

Konstanten $\delta_v = \begin{cases} 1 & \text{for vårmånedene mars, april, mai} \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$

3.3. Beregninger

Vi har estimert konstantene i likningen ved hjelp av data for perioden januar 1973 - desember 1982. For forventningsverdien til $\ln O_j$ har vi:

$$e(\ln O_j) = \alpha + (\beta - \delta_v \Delta) G_j - \gamma G_j^2 - \rho \ln G_j + k_1 t - k_2 t^2$$

Estimater	Standardavvik	
	Absolutt	Relativt
$\alpha = 4,150$	0,156	3,8%
$\beta = 0,00477$	0,00061	12,9%
$\Delta = 0,00043$	0,00010	22,9%
$\gamma = 2,94 \times 10^{-6}$	$0,64 \times 10^{-6}$	21,9%
$\rho = 0,077$	0,047	61,4%
$k_1 = 0,0062$	0,0018	29,7%
$k_2 = 0,00007$	0,00001	22,2%

Tilpasningen måles ved $R^2 = 0,904$
 Durbin-Watson observatoren: 1,34
 Standardavviket til restleddet: 0,168

Tabell 4 viser graddøgnselastisitetene ved normale temperaturer og korreksjon/graddøgn slik denne ville være ved normale temperaturer i 1982.

Tabell 4. Normale graddøgnstall og graddøgnselastisiteter

Måned	Normalt antall graddøgn	Graddøgnselastisitet for oljesalget	Korreksjon/graddøgn 1982 ved midlere temp.
t_j	\bar{G}_j	$\frac{dO_j/O_j}{dG_j/G_j} \bigg _{G_j=\bar{G}_j}$	$\frac{dO_j}{dG_j} \bigg _{G_j=\bar{G}_j}$
		Prosent	1 000 tonn/graddøgn
Januar	611	0,64	0,23
Februar	540	0,78	0,29
Mars	518	0,59	0,17
April	375	0,72	0,23
Mai	229	0,61	0,22
Juni	117	0,40	0,21
Juli	34	0,08	0,08
August	68	0,22	0,17
September	183	0,60	0,25
Oktober	335	0,86	0,31
November	441	0,88	0,31
Desember	539	0,79	0,26

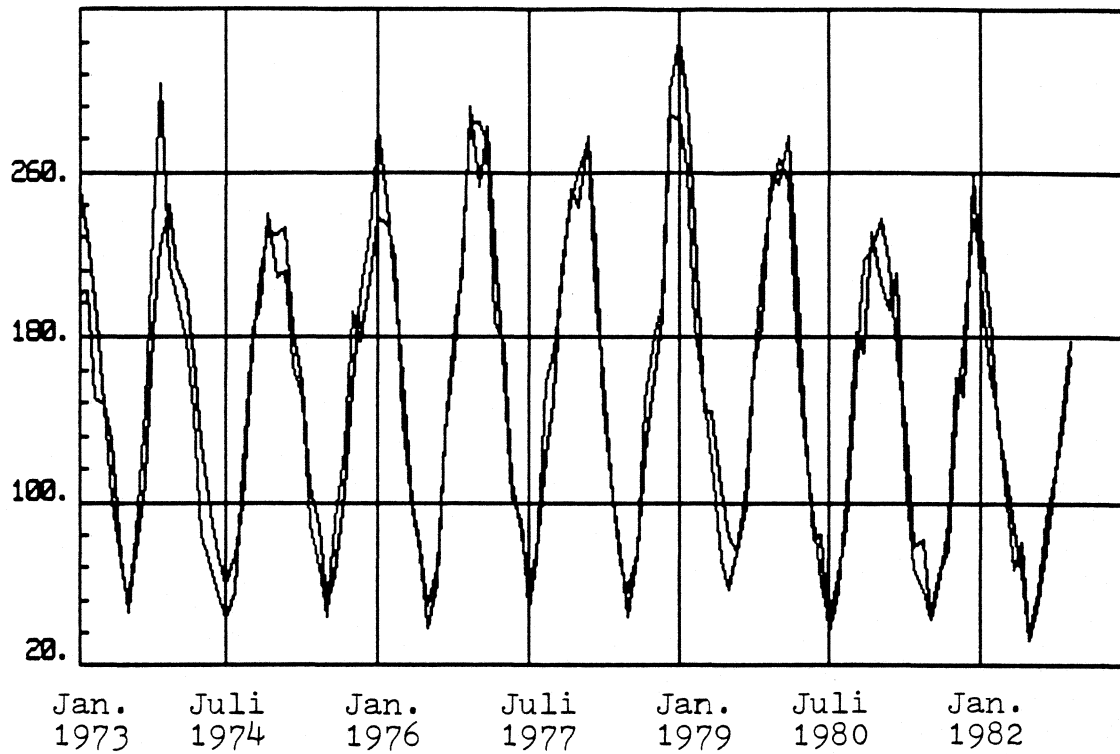
Tabell 5. Temperaturkorrigering av salget av parafin og lett fyringsolje. 1973 - 1982. 1 000 tonn

	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
I alt	-13	111	106	-42	-35	-55	-115	-55	-67	23
1. halvår	80	129	55	17	-34	-1	-43	-8	-11	2
2. halvår.....	-93	-18	51	-59	-1	-54	-72	-46	-57	21
1. kvartal	86	96	65	6	-13	-11	-33	-34	-6	8
2. kvartal	-6	33	-10	11	-21	10	-10	26	-4	-6
3. kvartal	-29	-14	6	-22	-25	-34	-31	5	-5	3
4. kvartal	-64	-4	44	-37	24	-20	-41	-51	-52	19
Januar	42	46	41	-4	-5	15	-19	-11	1	-14
Februar	22	37	16	16	-18	-23	-17	-17	0	8
Mars	23	14	8	-6	10	-3	2	-6	-7	13
April	-8	18	-4	-3	-19	-7	-2	6	-4	1
Mai	-2	9	1	11	0	7	-14	7	14	-3
Juni	4	6	-7	4	-2	10	7	13	-13	-4
Juli	-5	-12	-1	1	-7	-8	-11	1	-6	1
August	-10	-5	7	4	-3	-6	-10	-1	-6	1
September	-13	3	0	-27	-15	-20	-10	5	8	1
Oktober	-29	-16	11	-5	17	3	-13	-17	-6	7
November	-27	-4	12	-4	1	19	-13	-31	-9	9
Desember	-9	15	22	-28	6	-42	-15	-3	-37	3

Tabell 6. Temperaturkorrigert salg av parafin og lett fyringsolje. 1973 - 1982. 1 000 tonn

	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
I alt	2 044	1 671	1 837	1 880	1 985	1 953	2 006	1 789	1 534	1 392
1. halvår	1 109	855	948	1 019	1 080	1 067	1 208	1 055	828	771
2. halvår	935	816	889	862	905	886	798	734	706	622
1. kvartal ...	765	615	652	698	747	733	824	717	605	523
2. kvartal ...	344	240	296	321	333	334	384	228	224	248
3. kvartal ...	248	201	266	208	250	231	225	201	188	185
4. kvartal ...	688	615	623	654	655	655	573	533	518	437
Januar	293	245	250	235	248	257	307	243	208	195
Februar	251	214	228	251	265	255	280	261	193	170
Mars	221	156	174	213	235	221	237	212	204	158
April	138	102	145	135	142	139	141	153	100	109
Mai	128	77	88	106	101	109	129	88	81	63
Juni	77	61	62	80	90	87	113	97	43	76
Juli	41	30	43	39	40	36	72	38	36	35
August	75	51	98	64	68	67	66	55	52	57
September	133	120	126	105	152	128	87	108	99	94
Oktober	205	168	203	183	191	184	155	164	155	120
November	276	192	190	208	206	214	173	141	141	144
Desember	206	255	230	263	258	257	245	228	222	173

Figur 5. Simulert og registrert salg av parafin og lett fyringsolje.
1000 tonn/måned



Figur 6. Avvik mellom registrert og beregnet salg av parafin og lett fyringsolje. 1000 tonn/måned

