



# LUND UNIVERSITY

## Statiska modeller för uppvärmning

Jensen, Lars

1973

*Document Version:*  
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Jensen, L. (1973). *Statiska modeller för uppvärmning*. (Research Reports TFRT-3068). Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology (LTH).

*Total number of authors:*

1

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00

STATISKA MODELLER FÖR UPPVÄRMNING

L.H. Jensen

---

Denna rapport avser anslag nr D 698 från Statens råd för byggnadsforskning till Institutionerna för byggnadskonstruktionslära och reglerteknik vid LTH.

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING	1
2	HUSDATA OCH MÄTDATA	3
3	MODELLER	6
4	METOD	8
5	MODELLANPASSNINGAR	10
6	SLUTSATSER	12
6.1	Modellerna 1-4, timmedelvärden	14
6.2	Modellen 5, timmedelvärden	15
6.3	Modellerna 1-4, dygnsmedelvärden	18
6.4	Värmebehovsberäkning Bollnäs	19
6.5	Värmebehovsberäkning Tensta	20
6.6	Jämförelse med graddagar	21
7	REFERENSER	22
	Tabeller	23
	Diagram	31

## 1 INLEDNING

Kan uppvärmningseffekten beskrivas med olika klimatfaktorer såsom innetemperatur, utetemperatur, solstrålning och vind och med andra faktorer såsom hushållsel? Med en modell eller ett samband för detta skulle man kunna använda till följande:

- Dimensionering av uppvärmningssystem
- Studier av dimensionerande uteklimat
- Studier av utnyttjande av gratisvärme för uppvärmning
- Studier av korttidsbortkoppling av uppvärmning till förmån för tappvarmvatten
- Korttidsprognoser för fjärrvärme

Ett hus och dess uppvärmningssystem kan betraktas som ett dynamiskt system. Husets tröghet eller värmemagasinerande förmåga kan verka utjämnande på uppvärmningseffekten. Trögheten är proportionell mot husets totala värmekapacitet och omvänt proportionellt mot transmissions- och ventilationsbehovet per grad inne-utetemperaturskillnad. Trögheten innebär att uppvärmningseffekten ej beror på samtidiga faktorer.

Data från BEG:s energimätningar har använts vid modellenpassningarna. Data avser ett eluppvärmt hus i Bollnäs och ett fjärrvärmeuppvärmt hus i Tensta.

För att bestämma en modell eller ett samband mellan uppvärmningseffekten och påverkande faktorer, kan reglersystemet betyda en hel del.

I Tensta styrs framledningstemperaturen och luftförvärmningen i stort sett proportionellt mot utetemperaturen. I Bollnäs är luftförvärmningen proportionell mot utetemperaturen, medan alla elradiatorer i första hand styrs på innetemperaturen. Innetemperaturen påverkas till viss del direkt via fönster och långsammare via fasadväggar. Det finns därför starka skäl att anta att en statisk modell kan beskriva den uppmätta uppvärmnings-

effekten som en linjär kombination av olika faktorer. En statistisk modell har ingen tröghet alls.

Statiska modeller eller samband för att beskriva hur uppvärmningseffekten för ett hus påverkas av inne-utetemperaturdifferensen finns. Däremot har sällan solstrålning och vind uppmätts. Här skall återges ett försök på att bestämma om det finns något samband med dessa tre klimatfaktorer och uppvärmningseffekten. Även inverkan av gratisvärme kommer att studeras.

I modellerna förutsättes det att anläggningen inte förändras t.ex. framledningstemperaturer och flöden. Detta innefattar också manuell vädring. Vidare förutsätts att ingen programstyrning sker såsom nattsänkning eller morgonhöjning av framledningstemperaturen.

I avsnitt 2 beskrivs de två husen och använda mätdata kortfattat.

I avsnitt 3 beskrivs de använda modellerna och deras in- och utsignaler.

I avsnitt 4 redogörs kortfattat för den använda metoden.

I avsnitt 5 dokumenteras de erhållna resultaten.

I avsnitt 6 dras några slutsatser från resultaten.

## 2 HUSDATA OCH MÄTDATA

Följande tabell ger några byggnadsdata för husen i Bollnäs och Tensta (1).

Byggnadsdata	Bollnäs	Tensta
Hustyp	2-vånings lamellhus med souterrängvåning	
Yttervägg	1/2-stens fasadtegel	Sandwichelement
Yttervägg, k-värde	0.27 W/m <sup>2</sup> °C	0.37 W/m <sup>2</sup> °C
Vindsbjälklag, k-värde	0.17 W/m <sup>2</sup> °C	0.29 W/m <sup>2</sup> °C
Fönster	2-glas	2-glas
Lägenhetsyta (ly)	1.788 m <sup>2</sup>	2.420 m <sup>2</sup>
Uppvärmad yta (uy)	2.167 m <sup>2</sup>	2.760 m <sup>2</sup>
Våningsyta (vy)	860 m <sup>2</sup>	1.188 m <sup>2</sup>
Antal lägenheter	28	35

Dimensionerande utetemperaturen DUT är -22 °C för Bollnäs och -20 °C för Tensta. Dimensionerande innetemperaturen DIT är 20 °C i båda fallen. Värmeeffektbehoven för Bollnäs och Tensta projekterades till följande vid 42 resp. 40 graders temperaturskillnad:

	Bollnäs	Tensta
Transmission	105.0 kW	130.0 kW
Ventilation	11.6 kW	57.5 kW
Totalt	116.6 kW	187.5 kW

Ett motsvarande värmebehovstal blir då följande:

Bollnäs	2.76 kW/°C
Tensta	4.68 kW/°C

Huset i Bollnäs har balanserad ventilation. Förvärmad tilluft blåses in bakom elvärmepaneler i sovrum och vardagsrum. Frånluften sugas ut från kök, bad- och toaletttrum. Fläktarna drivs med samma varvtal året runt oberoende av temperaturförhållandet o.d.

Luftförvärmningen sker i regenerativa värmeväxlare för återvinning av värme ur frånluften. Dessa är försedda med aktivt kol-filter i frånluften för förhindrande av luktåterföring.

Efter värmeväxlarna passerar tilluften också elektrisk värmebatterier, termostatstyrda för att ge inblåsningstemperaturen  $+19^{\circ}\text{C}$ .

För övrigt sker lokaluppvärmningen medelst elvärmepaneler med sammanbyggd termostat och kort kopplingscykel.

I Tensta har lägenheterna balanserad ventilation med bakkant-inblåsning. Luften förvärmes via batterier kopplade på värmeledning med särskilda stammar från källarstråket.

Husen som är värmeförsörjda från fjärrvärmeverket i Hässelby har ett konventionellt värmesystem dimensionerat efter en temperaturskillnad av  $20^{\circ}$  ( $80^{\circ} - 60^{\circ}\text{C}$ ).

Vid bearbetningarna har tim- och dygnsmedelvärden använts och antalet timmedelvärden har varit 774, 774 och 720 för oktober, januari resp. april.

Två olika uppvärmningseffekter har använts, nämligen direkt uppvärmningseffekt, som är summan av luftförvärmningseffekt och radiatoreffekt och summan av direkt och indirekt uppvärmningseffekt, där indirekt utgörs av gratisvärme såsom hushållsel och fastighetsel. Tappvarmvatten ingår ej här. Med effekt avses här medeleffekt i kW under 1 eller 24 timmar.

För att beskriva klimatets påverkan har följande variabler använts:

inne-utetemperaturdifferens  $^{\circ}\text{C}$

solstrålning  $\text{W}/\text{m}^2$

vind  $\text{m}/\text{sek}$

utetemperatur  $^{\circ}\text{C}$

För Tensta och oktober månad saknas sol- och vindvärden.



## 3 MODELLER

Avsikten med modellerna har varit att på ett enkelt sätt försöka att beskriva hur energikonsumtionen i ett hus påverkas av olika klimatfaktorer. Modellerna har varit av typen:

$$y_m(t) = a_1 u_1(t) + a_2 u_2(t) + \dots + a_n u_n(t)$$

Här är  $y_m(t)$  modellens utsignal och  $u_i(t)$  insignal nummer  $i$ . Modellens parametrar är konstanterna  $a_i$ .

Som första utsignal har uppvärmningseffekten valts och som andra utsignal har uppvärmningseffekt plus hushållseffekt plus fastighetseffekt valts med beteckningarna  $y_{m1}$  resp.  $y_{m2}(t)$ .

Som insignaler har följande valts:

Inne-utetemperaturdifferens i °C	$u_1(t)$
Solstrålning i $W/m^2$	$u_2(t)$
Vind i m/sek	$u_3(t)$
Utetemperatur i °C	$u_4(t)$
En konstant (=1.0)	$u_5(t)$

Modeller för samma kombination av insignaler har bestämts för båda utsignalerna. Detta för att se om energikonsumtion för icke-uppvärmning hade någon inverkan.

De kombinationer som har använts anges här i tabellform.

Modell nr	Antal parametrar	Modellparametrar
1	1	$a_1$ - - - -
2	2	$a_1$ $a_2$ - - -
3	2	$a_1$ - $a_3$ - -
4	3	$a_1$ $a_2$ $a_3$ - -
5	2	- - - $a_4$ $a_5$

Modellerna 1-4 avser att jämföra hur inne-utetemperaturdifferens, solstrålning och vind påverkar energikonsumtionen i ett hus.

I modellen nr 1 antar man att om inne-utetemperaturdifferensen är noll så är även energikonsumtionen noll. Detta behöver ej vara fallet. Ett sätt att undvika detta är att använda sig av modell nr 5 i vilken man endast tar hänsyn till utetemperaturen och en konstant. I denna modell bör  $\pm a_5/a_4$  motsvara en rimlig innetemperatur.

Modellparametrarna  $a_1$  och  $a_4$  skall motsvara värmebehovstalet (kW/grad).

Ett sätt att förfina modellerna är att skjuta insignalerna i förhållande till utsignalen med avseende på tiden. Här ges många möjligheter att göra detta, eftersom de olika insignalerna kan skjutas olika mycket.

## 4 METOD

Den metod som användes vid modellanpassningen är linjär regression eller minsta kvadratmetoden. (2)

Följande beteckningar används:

Modellens ordningstal  $n$

Antalet data som används vid anpassningen  $N$

Modellens utsignal  $y_m(t), t=1, 2, \dots, N$

Modellens insignal nr  $i$   $u_i(t), t=1, 2, \dots, N$

Modellens parameter nr  $i$   $a_i$

Modellen som skall anpassas antas vara följande:

$$y_m(t) = \sum_{i=1}^n a_i u_i(t)$$

För att anpassa parametervektor  $a$  erhålles ett överbestämt ekvationssystem, om  $N$  är större än  $n$ . Som lösning används den parametervektor  $a$ , som minimerar följande förlustfunktion:

$$V = \sum_{t=1}^N (y(t) - y_m(t))^2$$

Här är  $y(t)$  den verkliga och uppmätta utsignalen. Genom att bilda följande matris  $U$  och vektor  $Y$ :

$$U = \begin{bmatrix} u_1(1) & u_2(1) & \cdot & u_n(1) \\ u_1(2) & u_2(2) & \cdot & u_n(2) \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ u_1(N) & u_2(N) & \cdot & u_n(N) \end{bmatrix}$$

$$Y = \begin{bmatrix} y(1) \\ y(2) \\ \cdot \\ y(N) \end{bmatrix}$$

Nu kan förlustfunktionen även skrivas på följande sätt:

$$V = (Y - Ua)^T(Y - Ua)$$

Lösningen fås som:

$$a = (U^T U)^{-1} U^T Y$$

Modellfelet kan lätt beräknas som:

$$e(t) = y(t) - \sum_{i=1}^n a_i u_i(t)$$

## 5 MODELLANPASSNINGAR

Med data från både Bollnäs och Tensta från månaderna oktober, januari och april har de tidigare beskrivna modellerna anpassats för de två olika utsignalerna. Totalt kommer mellan 60 olika modell Anpassningar att redovisas.

För att kunna jämföra vilken modell som är bäst har rotmedelkvadraten för modellfelet  $e(t)$  angivits. Detta ger endast möjligheter till relativ-jämförelser, men genom att även ta med utsignalens standardavvikelse, kan man bedöma hur bra modellerna är.

Att jämföra parametrar från olika tidsperioder för samma modell kan också ge upplysning om hur bra modellen är.

Tidsförskjutningar av insignaler har provats, men redovisas ej här. Detta gav som resultat att någon tidsförskjutning ej gav bättre resultat än ingen tidsförskjutning alls. Detta kan delvis förklaras med att luftförvärmning är proportionell mot utetemperaturen och att framledningstemperaturen till radiatorerna (Tensta) styrs proportionellt.

Erhållna modellparametrar och andra data redovisas på följande sätt:

Tabell nr	Ort	Utsignal nr	Modell nr	Medelvärde
1	Bollnäs	1	1-4	timmar
2	"	2	1-4	"
3	"	1	5	"
4	Bollnäs	2	5	"
6	Tensta	1	1-4	"
7	"	2	1-4	"
8	"	1	5	"
9	"	2	5	"
11	Bollnäs	1	1-4	dygn
12	Tensta	1	1-4	"

Dessutom anges i tabell nr 5 och nr 10 medelvärde och standardavvikelse för de uppmätta utsignalerna under de olika tidsperioderna för Bollnäs och Tensta. I tabellerna har följande förkortningar använts:

$e_{rms}$	rotmedelkvadratfel (eng. rootmeansquare)
std	standardavvikelse
mv	medelvärde

Modell 5 har för uppvärmningseffekten  $y_1(t)$  simulerats för Bollnäs och Tensta och för de tre månaderna oktober, januari och april. De tre kurvorna som återges i diagram 1-6 är uppifrån uppmätt uppvärmningseffekt  $y_1(t)$ , modellens uppvärmningseffekt  $y_{m1}(t)$  och nederst modellfelet  $y_1(t) - y_{m1}(t)$ . Tidsaxeln börjar här kl. 19.00.

## 6 SLUTSATSER

För att kunna bedöma en modells användbarhet, kan några enkla allmänna bedömningsgrunder ges.

Modellfelets standardavvikelse och rotmedelkvadratfel kan jämföras med uppvärmningseffektens standardavvikelse. Ju mindre kvoten blir ju bättre kan man säga att modellen är. Om medelvärdet  $m$  för modellfelet är noll så sammanfaller standardavvikelse  $std$  och rotmedelkvadratfel  $rms$ . Följande samband gäller:

$$rms^2 = std^2 + m^2$$

Modellparametrarna bör anta rimliga värden (rätt tecken).

Modellparametrar från olika tidsperioder bör helst vara lika.

Hur data ser ut kan också ha en avgörande betydelse för att anpassa modellparametrar. Om uppvärmningseffekten och påverkansfaktorerna bara varierar obetydligt kring sina medelvärden, kan detta leda till numeriska problem.

## Exempel

Antag att uppvärmningseffekten  $y(t) = 25$  kW och utetemperaturen  $u(t) = 10$  °C för alla tidpunkter  $t$ . Bestäm modellparametrarna  $a_4$  och  $a_5$  i modell 5.

$$y(t) = a_4 \cdot u(t) + a_5 \quad (*)$$

Detta är nu omöjligt då för alla tidpunkter ekv. (\*) är den samma

$$25 = a_4 \cdot 10 + a_5$$

Om effekten  $y(t)$  och uttemperaturen  $u(t)$  endast avviker lite från sina medelvärden blir situationen nästan densamma.

Modell 1 hade däremot gått att anpassa. Antag att innetemperaturen  $i(t) = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$  för alla tidpunkter  $t$ . Modellekvationen ger att

$$25 = a_1 \cdot [20 - 10]$$

$$a_1 = 2.5 \text{ kW/}^{\circ}\text{C}$$



## 6.1 Modellerna 1-4, timmedelvärden

För både Bollnäs och Tensta finner man att inne-utetemperatur-differensen räcker väl till. Endast marginella förbättringar kan uppnås med att ta med solstrålning och vind i modellerna. För Bollnäs gäller också att solparametern  $a_2$  och vindparametern  $a_3$  byter tecken och varierar till belopp, vilket ytterligare understryker att dessa är olämpliga och obehövliga.

För Tensta däremot har solparametern  $a_2$  och vindparametern  $a_3$  rätt tecken, men skillnaden är stor mellan värdena för januari och april.

Inne-uteparametrarna  $a_1$  som motsvarar det totala värmebehovs-talet varierar ej mycket från fall till fall. Viss variation med årstiden framgår.

Vad gäller de olika uppvärmningseffekterna, så blir resultaten genomgående sämre för utsignal 2, eftersom dess standardavvikelse ej ökar lika mycket som modellfelets.

Att solstrålningen inte medför någon markant förbättring kan bero på att inne-utetemperaturdifferensen beskriver solstrålningens inverkan. Solstrålningen har maximum omkring kl 12.00 medan inne-utetemperaturdifferensen har maximum omkring kl 15.00. Solstrålningens inverkan blir fördröjd via väggar, golv och tak, medan inne-utetemperaturdifferensens inverkan är mera direkt via luftförvärmning och fönster. Givetvis inverkar också husets orientering något på solens inverkan.

## 6.2 Modellen 5, timmedelvärden

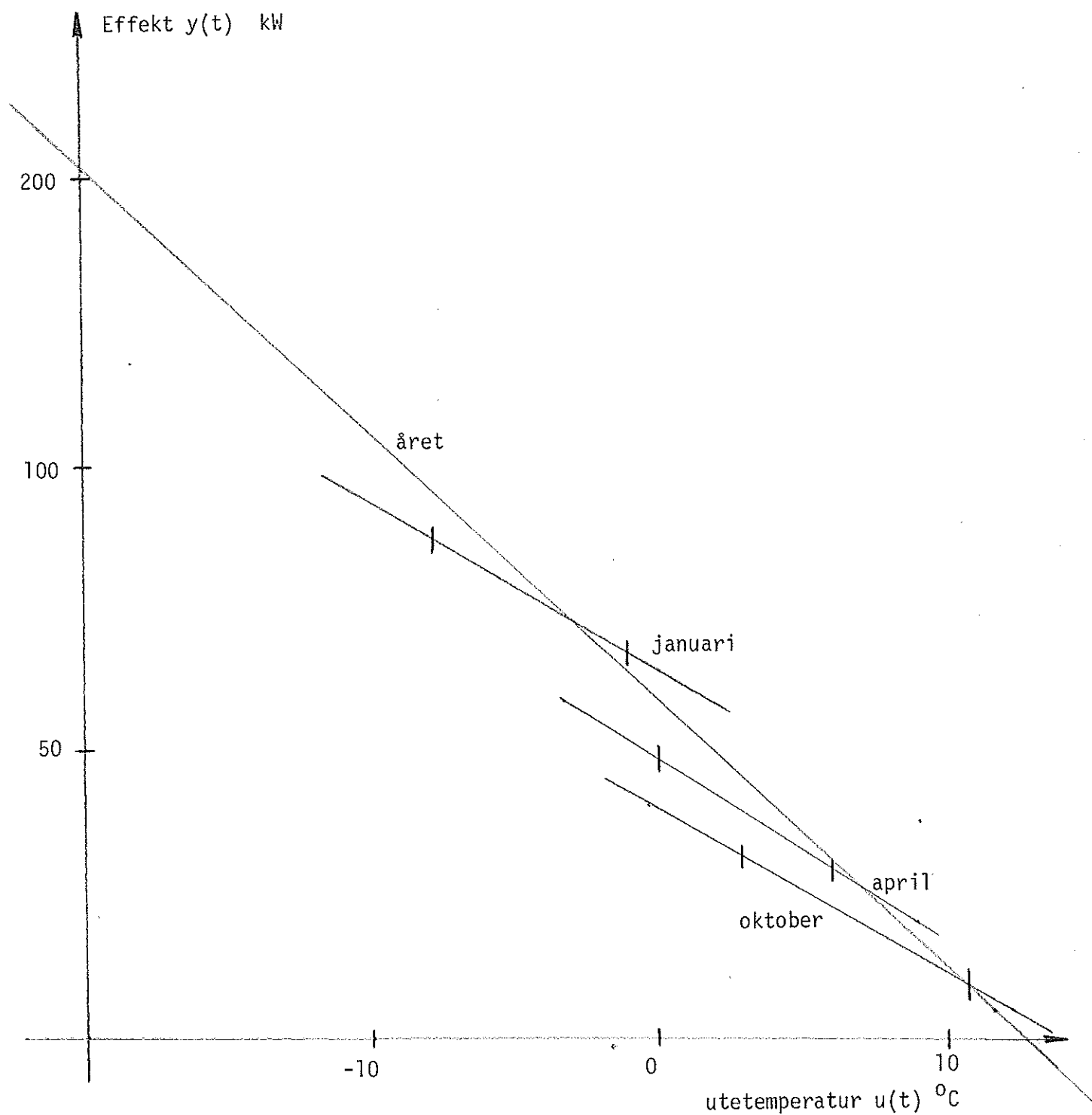
Denna modell ger genomgående bättre resultat för både Bollnäs och Tensta för de båda uppvärmningseffekterna än någon av de tidigare modellerna 1-4. Kvoten  $-a_5/a_4$  motsvarar ej någon rimlig innetemperatur, utan modellen använder parametern  $a_5$  i första hand till att anpassa till uppvärmningseffektens medelvärde. Vidare varierar uteparametern  $a_4$  mycket från fall till fall och skiljer sig från inne-uteparametern  $a_1$ .

Att uteparametern  $a_4$  är mindre till beloppet än inne-uteparametern  $a_1$  betyder att utetemperaturens inverkan dämpas kring en viss arbetspunkt i modell 5 jämfört med modell 1. Modell 1 gäller mer allmänt för hela året medan modell 5 gäller bara för en viss tidsperiod. Detta kan visas med figur 6.1 för Tensta. Linjerna till modell 5 för utsignal 1 för Tensta och de tre månaderna har ritats in tillsammans med en linje för modell 1 med  $a_1 = 4.67$  kW/grad och innetemperaturen  $i(t) = 23.5$  °C i figur 6.1. På modell 5 linjerna markeras utetemperaturens medelvärde  $\pm$  dess standardavvikelse. Detta för att visa i vilket område som linjerna gäller.

Figur 6.1 visar att utetemperaturens långtidsinverkan är den samma i modellerna 1 och 5, men att korttidsinverkan skiljer sig för modellerna 1 och 5. Man kan säga att modell 5 tar hänsyn till husets tröghet.

I diagram 1-6 finns simuleringar av modellen 5 för både Bollnäs och Tensta för de tre månaderna oktober, januari och april. Kurvorna avser timmedelvärden och tidsaxeln börjar kl. 19.00.

Kurvorna för Bollnäs visar att effekten  $y_1(t)$  är ganska brusig och att modellens effekt  $y_{m1}(t)$  endast varierar svagt. Brusigheten slår också helt igenom i modellfelet. Brusigheten beror helt på elradiatoreffekten.



Figur 6.1 Olika samband mellan uppvärmningseffekten (utsignal 1) och utetemperaturen för Tensta

tidsperiod	samband
året	$y(t) = -4.67 u(t) + 109.65$
oktober	$y(t) = -2.98 u(t) + 90.64$
januari	$y(t) = -2.83 u(t) + 115.08$
april	$y(t) = -3.27 u(t) + 99.59$

Kurvorna för Tensta visar att modellen beskriver uppvärmnings-effekten bra större delen av tiden. Under vissa tidsperioder finns avvikelser. I modellen verkar utetemperaturen ha något större inverkan än i verkligheten, dvs utetemperaturparametern  $a_4$ 's belopp är för stort. I modellfelet syns regelbundet förekommande "spikar" med samma storlek. Detta är en natthöjning av framledningstemperaturen omkring kl. 24.00.

### 6.3 Modellerna 1-4, dygnsmedelvärden

Ett sätt att eliminera likheterna i inverkan mellan solstrålning och inne-utetemperaturdifferens i tidskala under dygnet är att bilda dygnsmedelvärden och anpassa samma modeller till dess data. Se tabellerna 11 och 12.

Resultaten blir inte mycket bättre med sol och vind. För Bollnäs har solparametern  $a_2$  rätt tecken, medan vindparametern  $a_3$  byter tecken.

För Tensta byter både solparametern  $a_2$  och vindparametern  $a_3$  tecken.

För både Bollnäs och Tensta varierar inne-uteparametern  $a_1$  med årstiden och stämmer bra överens med motsvarande värden för modeller för 1-timmedelvärden. Däremot varierar solparametern  $a_2$  och vindparametern  $a_3$  betydligt mellan 1-timmes och 24-timmarmodellerna.

Genomgående för samtliga totala värmebehovstal erhållna från modellerna 1-4 är att för Tensta stämmer detta väl med det teoretiskt beräknade. För Bollnäs däremot är det beräknade totala värmebehovstalet  $2.76 \text{ kW/}^\circ\text{C}$  en faktor 1.8 gånger det ur modellerna 1-4 erhållna totala värmebehovstalet  $1.5 - 1.6 \text{ kW/}^\circ\text{C}$ .

#### 6.4 Värmebehovsberäkning Bollnäs

Transmissionsvärdet för Bollnäs är förhållandevis stort jämfört med Tenstas trots att huset i Bollnäs är mindre och bättre isolerat. Vid närmare kontroll visar det sig att stora påslag har gjorts vid beräkningarna. Nedan återges använda data vid en egen beräkning

	yta m <sup>2</sup>	k-värde W/°C m <sup>2</sup>
fönster	230	2.50
fasadväggar	1000	0.27
tak	860	0.17
källarväggar	200	0.60
källargolv	860	0.40

Detta ger ett värmebehovstal för transmissionen på 1.46 kW/°C. Vid en temperaturskillnad på 42 °C krävs en effekt på 61.2 kW.

Värmeåtervinningen kan utgöra upptill 65% vid dimensionerande utetemperatur. Ventilationseffekten blir då följande:

$$0.35 \cdot 3500 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1.2 \text{ kg/m}^3 \cdot 1.0 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} \cdot 42 \text{ } ^\circ\text{C} =$$

$$= 17.1 \text{ kW}$$

Detta medför att totala värmeeffekten blir 78.3 kW och motsvarande värmebehovstal blir 1.86 kW/°C vilket är omkring 20% större än det uppmätta värdet.

## 6.5 Värmebehovsberäkning Tensta

Som jämförelse återges här samma beräkningar för Tensta

	yta m <sup>2</sup>	k-värde W/°C m <sup>2</sup>
fönster	380	2.50
fasadväggar	1580	0.37
tak	1210	0.29
källarväggar	575	0.65
källargolv	1210	0.40

Detta ger en transmissionseffekt på 111. kW vid en temperaturskillnad på 40 grader. Detta är 15% under den dimensionerande effekten på 130.0 kW.

Ventilationseffekten bestäms till följande:

$$4725 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 1.2 \text{ kg/m}^3 \cdot 1.0 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} \cdot 40 \text{ } ^\circ\text{C} = 63. \text{ kW}$$

Totaleffekten för uppvärmning blir då 174 kW mot det dimensionerande på 187.5 kW. Motsvarande totala värmebehovstal blir 4.33 kW/grad resp. 4.68 kW/grad. Dessa två värden skiljer sig ej mycket från det uppmätta värdet.

## 6.6 Jämförelse med graddagar

Ett annat sätt att undersöka solstrålningens inverkan är att beräkna kvoten mellan olika uppvärmningsenergier och antalet graddagar för varje månad. Solfattiga månader bör då ha en större kvot än solrika. Normalt fås minst solinstrålning i december. De två energierna, som har använts, är radiator plus luftförvärmning och total exkl. tappvarmvatten. För Bollnäs och Tensta och för månaderna oktober till och med maj har de olika kvoterna beräknats och de redovisas i tabell 13 resp. tabell 14.

För Bollnäs har totala värmebehovstalet maximum i november (rad+lfv) och i december (tot-vv). Värden för rad+lfv stämmer bra med de tidigare från mätningar bestämda.

För Tensta har totala värmebehovstalet maximum i januari (rad+lfv) och i december (tot-vv). Värden för rad+lfv stämmer bra med de tidigare från mätningar bestämda. Månaderna oktober och maj bryter mönstret på ett oförklarligt sätt. Dessutom kan det tilläggas att i november höjdes inblåsningstemperaturen i Tensta.

Dessa jämförelser visar att det totala värmebehovstalet varierar med årstiden och maximum sammanfaller i stort sett med minimum för solinstrålningen kring december. I avsnitt konstateras att solstrålningens inverkan är obetydlig. En möjlig förklaring kan vara att värmebehovstalet beror på temperaturskillnaden. Detta kan ha stor inverkan på transmissionen vid fönster och mindre vid fasadväggar.



## 7 REFERENSER

- 1 Byggnaders energiförsörjning. Mätningar och studier i flerfamiljshus. Delrapport för anslag D 329:5. Statens råd för byggnadsforskning
  
- 2 Aström, K.J, Lectures on the identification problem the least square method. Report 6806 september 1969. Lunds Institute of Technology Division of Automatic

Tabell nr 1

Ort: Bollnäs      Utsignal nr 1      Modell nr 1-4

Månad	Modell nr	Modellparametrar			$e_{rms}$ kW
		$a_1$ kW/grad	$a_2$ $10^3 \text{ m}^2$	$a_3$ kWsek/m	
okt	1	1.538	-	-	5.55
okt	2	1.523	0.0548	-	5.53
okt	3	1.387	-	1.541	5.01
okt	4	1.387	-0.00005	1.542	5.01
jan	1	1.566	-	-	5.62
jan	2	1.567	-0.0006	-	5.62
jan	3	1.551	-	0.431	5.60
jan	4	1.551	-0.0013	0.431	5.60
april	1	1.296	-	-	4.47
april	2	1.271	0.0049	-	4.37
april	3	1.278	-	0.209	4.46
april	4	1.280	-0.0057	-0.149	4.37

Tabell nr 2

Ort: Bollnäs Utsignal nr 2 Modell nr 1-4

Månad	Modell nr	Modellparametrar			$e_{rms}$ kW
		$a_1$ kW/grad	$a_2$ $10^3 \text{ m}^2$	$a_3$ kWsek/m	
okt	1	1.920	-	-	7.91
okt	2	1.912	0.0032	-	7.90
okt	3	1.718	-	2.069	7.22
okt	4	1.723	-0.0045	2.141	7.20
jan	1	1.910	-	-	8.15
jan	2	1.905	0.0258	-	8.13
jan	3	1.871	-	1.093	8.06
jan	4	1.867	0.0241	1.083	7.94
april	1	1.725	-	-	7.43
april	2	1.671	0.0107	-	7.12
april	3	1.659	-	0.788	7.29
april	4	1.661	0.0098	0.175	7.12

Tabell nr 3

Ort: Bollnäs Utsignal nr 1 Modell nr 5

Månad	Modellparametrar		$e_{rms}$ kW
	$a_4$ kW/grad	$a_5$ kW	
okt	-0.592	31.91	4.27
jan	-0.813	44.55	4.36
april	-0.213	38.42	4.76

Tabell nr 4

Ort: Bollnäs Utsignal nr 2 Modell nr 5

Månad	Modellparametrar		$e_{rms}$ kW
	$a_4$ kW/grad	$a_5$ kW	
okt	-0.524	38.80	5.97
jan	-0.797	56.33	6.28
april	-0.713	29.60	3.82

Tabell nr 5

Ort: Bollnäs

Månad	Utsignal nr 1		Utsignal nr 2	
	mv kW	std kW	mv kW	std kW
okt	28.40	6.01	35.62	7.73
jan	51.67	8.79	63.12	10.88
april	28.83	6.84	38.48	6.09

Tabell nr 6

Ort: Tensta Utsignal nr 1 Modell nr 1-4

Månad	Modell nr	Modellparametrar			$e_{rms}$ kW
		$a_1$ kW/grad	$a_2$ $10^3 m^2$	$a_3$ kWsek/m	
jan	1	4.672	-	-	8.33
jan	2	4.676	-0.0427	-	8.32
jan	3	4.533	-	1.653	7.85
jan	4	4.537	-0.0438	1.654	7.83
april	1	4.359	-	-	10.83
april	2	4.372	-0.0081	-	10.80
april	3	4.339	-	0.142	10.82
april	4	4.336	-0.0093	0.267	10.80

Tabell nr 7

Ort: Tensta Utsignal nr 2 Modell nr 1-4

Månad	Modell nr	Modellparametrar			$e_{rms}$ kW
		$a_1$ kW/grad	$a_2$ $10^3 m^2$	$a_3$ kWsek/m	
jan	1	5.278	-	-	10.90
jan	2	5.288	-0.1068	-	10.83
jan	3	5.095	-	2.177	10.26
jan	4	5.105	-0.1083	2.180	10.19
april	1	5.013	-	-	12.62
april	2	5.033	-0.0129	-	12.58
april	3	4.934	-	0.561	12.60
april	4	4.929	-0.0164	0.782	12.50

Tabell nr 8

Ort: Tensta Utsignal nr 1 Modell nr 5

Månad	Modellparametrar		$e_{rms}$ kW
	$a_4$	$a_5$	
	kW/grad	kW	
okt	-2.975	90.64	5.42
jan	-2.831	115.08	4.62
april	-3.267	99.59	10.45

Tabell nr 9

Ort: Tensta Utsignal nr 2 Modell nr 5

Månad	Modellparametrar		$e_{rms}$ kW
	$a_4$	$a_5$	
	kW/grad	kW	
okt	-2.890	103.96	6.70
jan	-2.832	131.65	12.03
april	-3.042	112.46	11.30

Tabell nr 10

Ort Tensta

Månad	Utsignal nr 1		Utsignal nr 2	
	mv kW	std kW	mv kW	std kW
okt	68.91	15.58	82.59	16.87
jan	124.66	21.28	140.97	23.77
april	89.62	15.91	103.01	15.39

Tabell nr 11

Ort: Bollnäs Utsignal nr 1 Modell nr 1-4

Dygnsmedelvärden

Månad	Modell nr	Modellparametrar			$e_{rms}$ kW
		$a_1$ kW/grad	$a_2$ $10^3 \text{ m}^2$	$a_3$ kWsek/m	
okt	1	1.569	-	-	2.97
okt	2	1.623	-0.018	-	2.92
okt	3	1.470	-	0.948	2.83
okt	4	1.528	-0.024	1.078	2.73
jan	1	1.573	-	-	3.78
jan	2	1.570	-0.109	-	3.72
jan	3	1.590	-	0.101	3.78
jan	4	1.592	-0.113	0.198	3.72
april	1	1.311	-	-	1.99
april	2	1.415	-0.017	-	1.66
april	3	1.390	-	-0.848	1.75
april	4	1.440	-0.013	-0.531	1.61

Tabell nr 12

Ort: Tensta Utsignal nr 1 Modell nr 1-4  
 Dygnsmedelvärden

Månad	Modell nr	Modellparametrar			$e_{rms}$ kW
		$a_1$ kW/grad	$a_2$ $10^3 \text{ m}^2$	$a_3$ kWsek/m	
jan	1	4.665	-	-	5.26
jan	2	4.758	-0.718	-	4.12
jan	3	4.511	-	1.832	4.56
jan	4	4.616	-0.663	1.605	3.44
april	1	4.375	-	-	8.19
april	2	4.346	0.017	-	8.15
april	3	4.525	-	-1.032	8.13
april	4	4.525	0.026	-1.343	8.07



Tabell nr 13

Ort: Bollnäs totala värmebehovstal för olika månader

Kolumn Månad	Månadsmedelvärden			Kvoter	
	A Inne-ute grad	B Rad+lfv kW	C Tot-vv kW	D B/A kW/grad	E C/A kW/grad
okt	18.2	28.2	40.5	1.550	2.22
nov	26.6	42.5	65.0	1.600	2.44
dec	25.1	38.7	65.9	1.540	2.61
jan	33.2	49.5	79.4	1.490	2.39
feb	28.8	39.4	66.3	1.370	2.30
mars	24.9	31.3	55.9	1.255	2.24
april	21.3	25.6	39.1	1.200	1.84
maj	18.9	15.4	27.0	0.815	1.43

Tabell nr 14

Ort: Tensta totala värmebehovstal för olika månader

Kolumn Månad	Månadsmedelvärden			Kvoter	
	A Inne-ute grad	B Rad+lfv kW	C Tot-vv kW	D B/A kW/grad	E C/A kW/grad
okt	16.3	69.6	83.5	4.27	5.12
nov	22.4	90.5	105.2	4.05	4.71
dec	22.4	98.6	123.4	4.40	5.50
jan	27.1	126.5	143.1	4.67	5.28
feb	24.2	108.1	123.6	4.47	5.11
mars	23.2	101.1	115.1	4.35	4.96
april	20.3	89.1	102.7	4.39	5.06
maj	14.4	49.5	76.3	3.44	5.30

Diagram 1 Simulering av modell 4  $y_{m1}(t) = a_4 u(t) + a_5$   
för Bollnäs, oktober

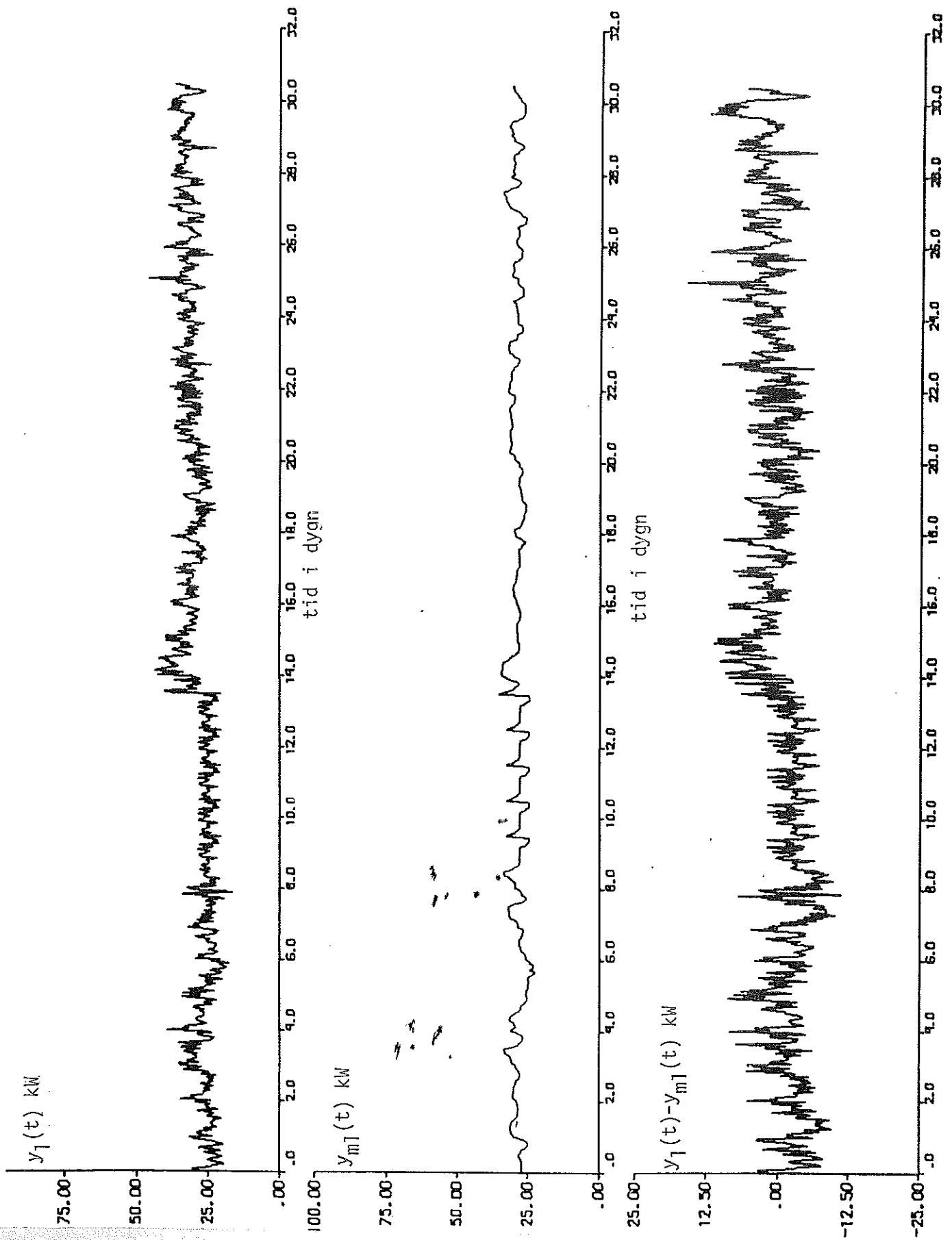


Diagram 2 Simulering av modell 4  $y_{m1}(t) = a_4 u(t) + a_5$   
för Bollnäs, januari

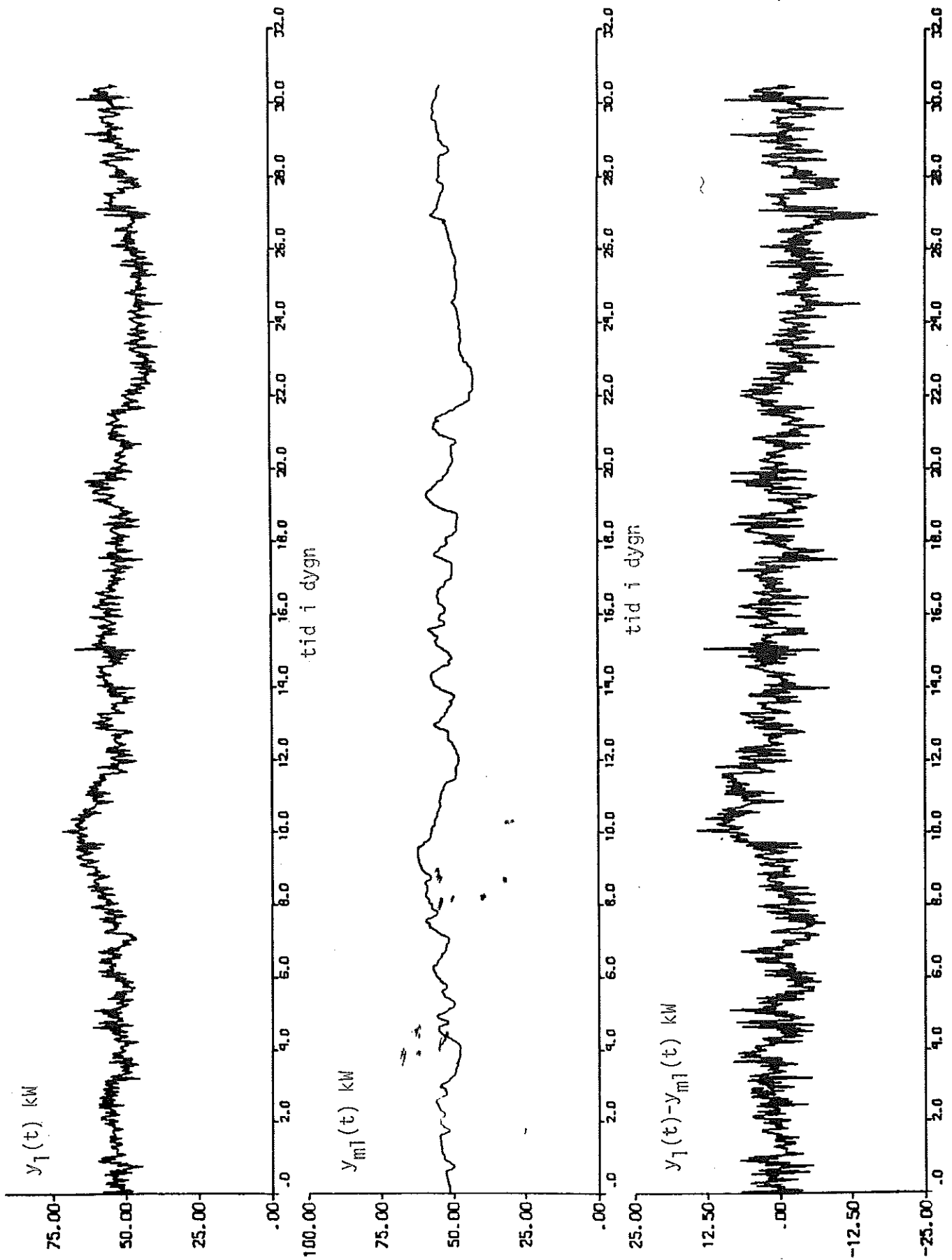


Diagram 3 Simulering av modell 4  $y_{m1}(t) = a_4 u(t) + a_5$   
för Bollnäs, april

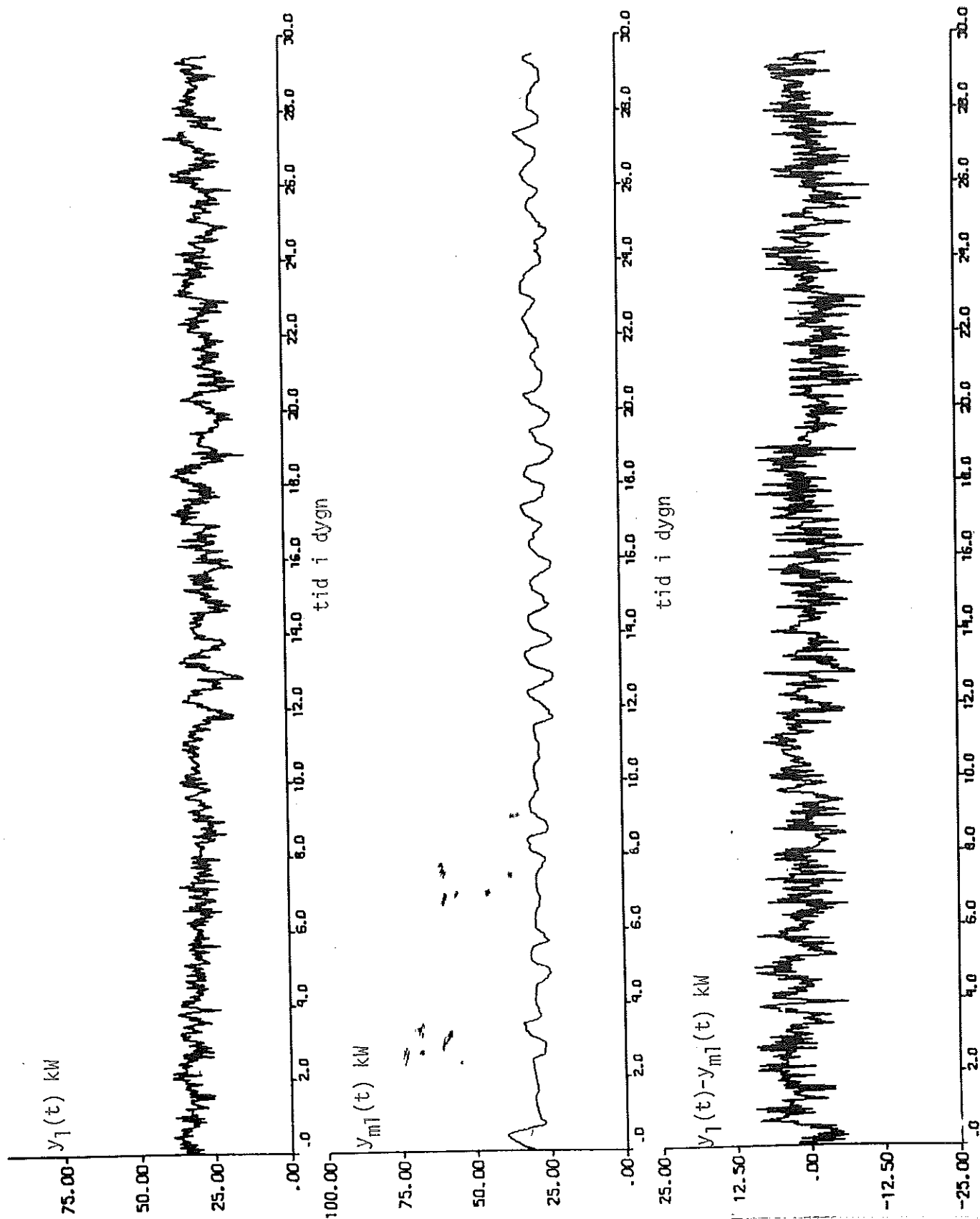


Diagram 4 Simulering av modell 4  $y_{m1}(t) = a_4 u(t) + a_5$   
för Tensta oktober

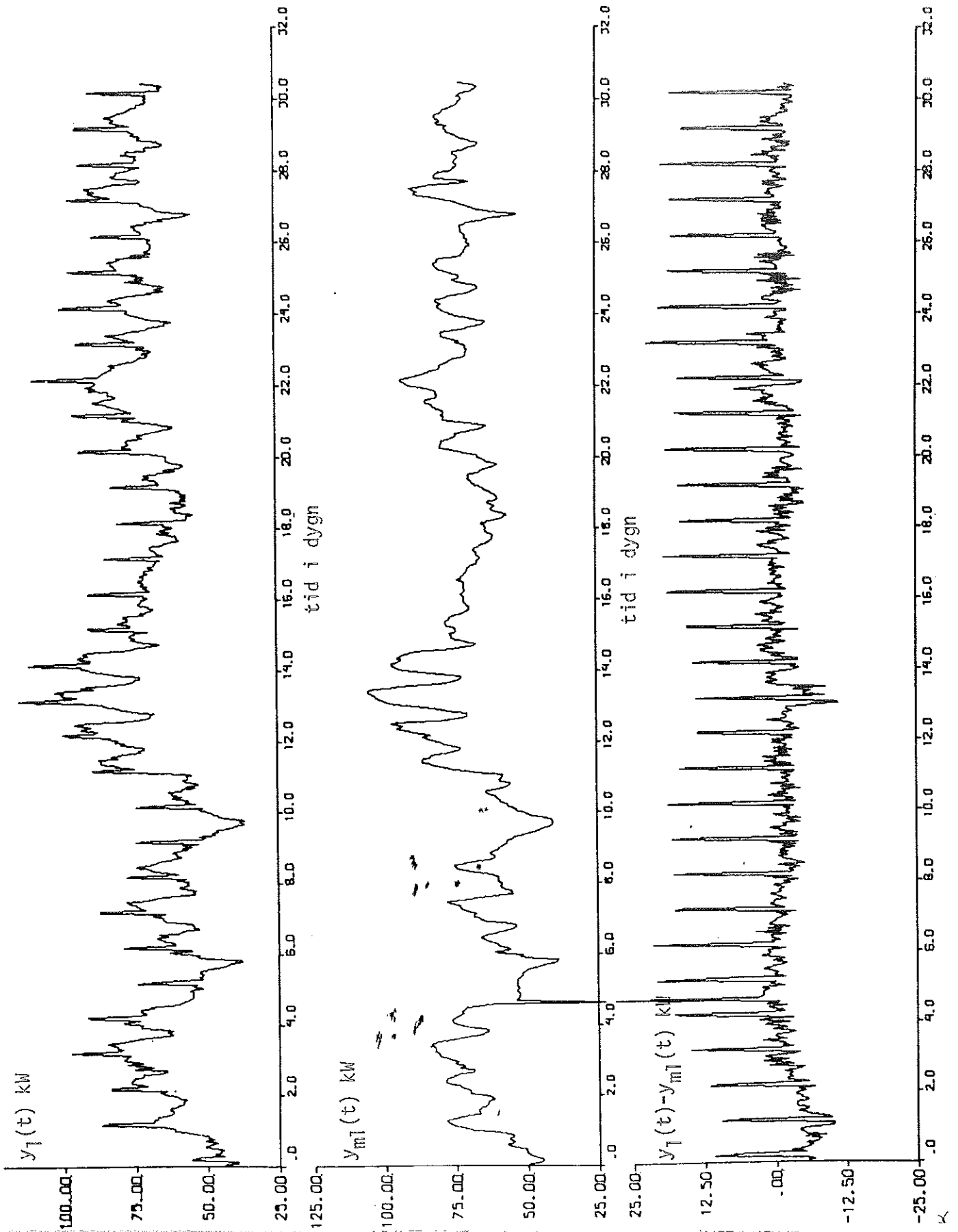


Diagram 5 Simulering av modell 4  $y_{m1}(t) = a_4 u(t) + a_5$   
för Tensta, januari

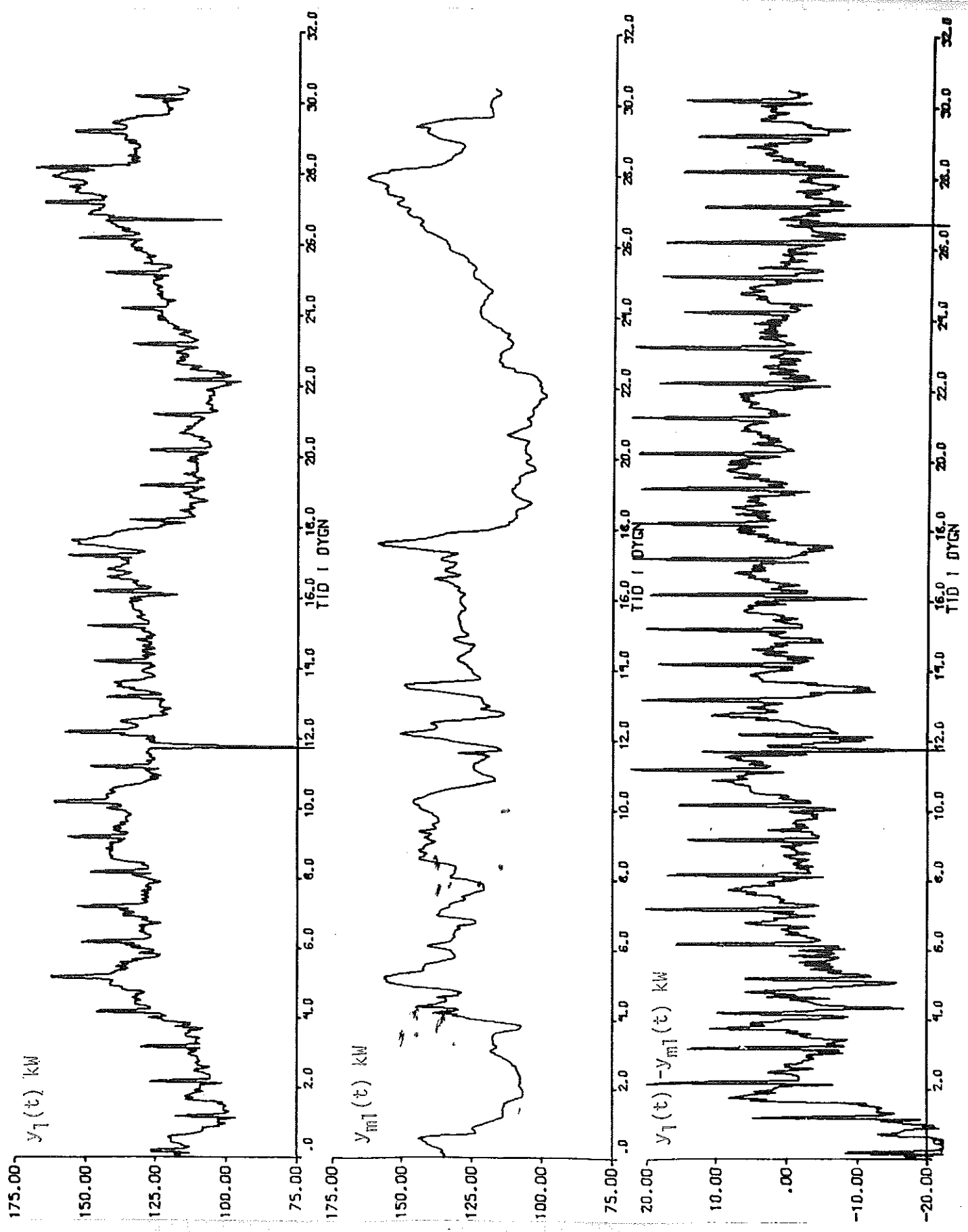


Diagram 6 Simulering av modell 4  $y_{m1}(t) = a_4 u(t) + a_5$   
för Tensta, april

