



LUND UNIVERSITY

Utvärdering av vindmodeller för energiprognoiser

Lenells, Matz

1983

Document Version:
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):
Lenells, M. (1983). *Utvärdering av vindmodeller för energiprognoiser*. (Technical Reports TFRT-7260). 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

UTVÄRDERING AV VINDMODELLER FÖR ENERGIPROGNOSE

MATZ LENELLS

INSTITUTIONEN FÖR REGLERTEKNIK
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
AUGUSTI 1983

TILLHÖR REFERENSBIBLIOTEKET

UTLÄNAS EJ

LUND INSTITUTE OF TECHNOLOGY DEPARTMENT OF AUTOMATIC CONTROL Box 725 S 220 07 Lund 7 Sweden		Document name Report	
		Date of issue August 1983	
		Document number CODEN:LUTFD2/(TFRT-7260)/1-047/(1983)	
Author(s) Matz Lenells		Supervisor	
		Sponsoring organization NE (Nämnden för energiproduktionsforskning.)	
Title and subtitle Utvärdering av vindmodeller för energiprognoser.			
Abstract Planning the localisation of windmills in Sweden requires means to forecast or simulate the power production. Relevant wind data which are applicable are not available. Using ARMA-models of the wind velocity could be a way to generate enough long time series, typically 30 years. The parameters of an ARMA-model has to be decided from short periods (2 years) of relevant wind data. In this report it is argued, however, that in order to succeed, the main part of the wind should be derived from measured data of pressure. Such data are available since 1950-1960. The derived wind velocity should then be the input to an ARMA-process, whose parameters are identified from short time series of wind data.			
Key words Windmill, power production, ARMA-model.			
Classification system and/or index terms (if any)			
Supplementary bibliographical information			
ISSN and key title			ISBN
Language Swedish	Number of pages 47	Recipient's notes	
Security classification			

Distribution: The report may be ordered from the Department of Automatic Control or borrowed through the University Library 2, Box 1010, S-221 03 Lund, Sweden, Telex: 33248 lubbis lund.

5061 881 Vindsimulering LTH

UTVÄRDERING AV VINDMODELLER FÖR ENERGIPROGNOSE

82-09-08

Matz Lenells

Institutionen för Reglerteknik
Lunds Tekniska Högskola
Lund

utfört med stöd av NE

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. Inledning	sid 1
2. Summering av resultat	1
3. Uppdragets mål	2
4. Erhållna och härledda data	2
5. Utvärdering av metodik	2
5.1 Effektens beroende av data	2
5.2 Vindhastighetens höjdberoende	2
6. Värdering av tillgängliga data	3
7. ARMA-modeller utan insignal	4
7.1 ARMA-modeller för totalvinden	4
7.2 ARMA-modeller för en komponent av vinden	6
8. Huvudproblem	6
8.1 Val av medelvärde	6
8.2 Sammanlagring av effekt	7
8.3 Histogram över effekten	7
9. Användarnas krav	7
10. Förslag till hur vinddata skall genereras	7
11. Vindhastigheten på 10 meters höjd som insignal	10
12. Dygnsvariationer	10
13. Hur skall man använda resultaten	11
14. Referenser	12
Figurer	
Appendix	
Projektbeskrivning	bil A.1
Förteckning över platser där trycket mäts	A.2
Karta över platser där trycket mäts	A.3

1. INLEDNING

Som ett led i en utbyggnad av vindkraftverk i Sverige är det önskvärt att kunna simulera kraftproduktionen. För vattenkraft finns det statistik som sträcker sig mer än 30 år tillbaka i tiden. Någon motsvarande statistik finns inte för vinddata.

Sedan senare delen av 1979 görs dock mätningar av vindhastigheten på relevanta höjder för vindkraftverk. I föreliggande arbete diskuteras hur man från några års data skall kunna generera långa tidsserier. Två olika metoder diskuteras speciellt. I båda fallen simuleras vindhastigheten med ARMA-modeller. I den ena metoden används ingen insignal. I den andra används geostrofiska vinden som insignal.

Arbetet har utförts på institutionen för Reglerteknik, LTH under ledning av docent och univ.lektor Gustaf Olsson. Uppdragsgivare och finansiär av studien har varit NE med civ ing Berit Jacobsson som kontaktperson. Nedanstående personer har i diskussioner med mig gett fakta och synpunkter.

Civ ing	Sten Bergman	Sydkraft
Civ ing	S.O.Larsson	Vattenfall
Forskn.ass	Sven Erik Mattsson	Inst.för Reglerteknik
Meteorolog	Tord Kvick	SMHI, Norrköping
Meteorolog	Håkan Törnevik	SMHI, Norrköping

De handritade figurerna har gjorts av Doris Nilsson.

I en speciell bilaga finns programlistor och resultatutdrag.

2. SUMMERING AV RESULTAT

En sammanfattning av resultaten ges här. Det är tvivelaktigt att utgå enbart från några få års vindserier. Både vindhastighetens variationer mellan olika år och dess korrelation mellan olika platser är svår att uppskatta. I stället förordas en metod där man utgår ifrån tryckdata för att beräkna geostrofiska vinden. Den får sedan vara insignal till en stokastisk modell där brukskomponenten uppskattas utifrån några få års vindserier. Några konkreta modeller ges ej här. För att kunna göra detta måste man ha tillgång till tryckdata.

3. UPPDRAGETS MÅL

Uppdragets fyra mål beskrivs i projektbeskrivningen, se appendix A.1. De är:

- (1) Utvärdering av metodik.
- (2) Värdering av tillgängliga data.
- (3) Preliminär generering av tidsserier från modell.
- (4) Modellering av observerade vinddata så att modellen lämpar sig för sammanlagringsstudier av det svenska elproduktionssystemet.

Målen (1) och (2) har kunnat uppfyllas, men (3) och (4) har däremot ej kunnat uppfyllas av skäl som redogörs för nedan.

4. ERHÅLLNA OCH HÄRLEDDA DATA

Institutionen fick drygt ett års data över vindriktningen och vindhastigheten mätta vid Maglarp och Näsudden. Dessa data finns på ett band (EBCDIC-format). De omvandlades till IDPAC-format och finns på särskilda disketter. Även rapporten och använda macro-program förvaras på diskett. Banden och disketterna arkiveras på institutionen tillsammans med rapporten.

En preliminär dataanalys gjordes genom att vindriktningen och vindhastigheten för höjderna 120 m och 75 m ritades upp. Dygnsmarkeringar har lagts in i diagrammen. Medelvärden och standardavvikelse beräknades månadsvis. Resultatutdrag finns i bilagan.

5. UTVÄRDERING AV METODIK

5.1 Effektens beroende av data

Effektens medelvärde ges inte entydigt av den angivna vinden vid varje timme. Här behövs sannolikt göras en speciell undersökning.

5.2 Vindhastighetens höjdberoende

Vinden är starkt beroende av höjden vilket framgår av tabell 1 där medelvinden och standardavvikelsen ges för två höjder som funktion av månaderna.

	feb	mars	apr	maj	juni	juli	aug	sep	okt	nov	dec
120	8.2	10.4	7.2	6.8	7.9	7.1	8.7	8.4	10.0	10.9	12.9
	3.6	3.8	4.2	3.1	3.5	3.2	3.8	3.9	5.8	4.1	5.3
75	7.5	9.1	6.6	6.2	7.0	6.4	7.8	7.6	9.2	9.7	11.3
	3.2	3.6	3.9	2.7	3.0	2.7	3.5	3.4	5.5	3.5	4.5

Tabell 1: Medelvinden (m/s) och standardavvikelsen (m/s) för två olika höjder som funktion av månad. Data från Maglarp 1980.

På vilket sätt denna skillnad hos hastigheten på olika höjder påverkar genererad effekt studeras ej här. Data från 75 meters höjd har används i alla fall då inget annat sägs.

6. VÄRDERING AV TILLGÄNGLIGA DATA

De data som institutionen fick har bearbetats av SMHI. Man har haft för avsikt att fylla i databortfall som är kortare än 50 timmar. Om bortfallet är kortare än 8 timmar har linjär interpolation använts. Om det är längre har man tittat på hur data ser ut runt kring bortfallet och sedan för hand angett data. (Muntlig uppgift av Tord Kvick på SMHI).

Den preliminära dataanalysen visade att data även efter bearbetning av SMHI uppvisar brister. För Maglarp saknades data för tiden

05-20-22 --- 05-21-05

Detta databortfall finns inte med i förteckningen över databortfall som institutionen fick från SMHI. För månaderna september till och med december finns klart detekterbara fel i data från Maglarp (värdena är satta till -1000).

En förteckning över samtliga databortfall bör medfölja data. Visserligen är det mycket besvärligt att göra någon analys över bortfallens betydelse men man kan åtminstone få en uppfattning om hur pass vanliga databortfallen är. Vidare är det mycket arbete att gå in och göra korrigeringar eller tillägg av data. (Filerna för data från Maglarp och Näsudden är vardera på cirka $9000 \cdot 11 = 99000$ reella tal, dvs cirka 400 kbytes).

Det skulle vara intressant att få kommenterat vad databortfallen beror på och om, och i så fall vad, man tänker göra för att minska antalet databortfall.

7. ARMA-MODELLER UTAN INSIGNAL

Användning och identifiering av statistiska modeller för att beskriva vinddata beskrivs i flera olika rapporter, se exempelvis Alexandersson (1981), Dube&Pabe (1981), Eiken (1980) och Goh&Nathan (1979).

De modeller som har använts har varit varianter av ARMA-modeller. Alexandersson, Eiken och Goh&Nathan använder AR-modeller och Dube&Pabe använder ARIMA. En ARMA modell i fallet utan insignal ges av

$$A(q^{-1})y(t) = C(q^{-1})e(t) \quad (1)$$

där y är utsignalen (i detta fallet vindhastigheten)
 e är vitt brus
 A och C är polynom vars koefficienter skall bestämmas med hjälp av ett års vinddata
 λ standardavvikelsen för $e(t)$

Identifieringen grundar sig på en maximum likelihood metod där det antas att bruset $e(t)$ är normalfördelat (Söderström 1974). En förlustfunktion

$$V = \sum \epsilon^2(t)$$

skall minimeras där $C(q^{-1})\epsilon(t) = A(q^{-1})y(t)$

I en AR-modell sätts $C(q^{-1}) \equiv 1$ vilket ger en speciellt enkel minimeringsalgoritm. Genom att öka gradtalet för A -polynomet i en AR-modell kan man approximera uttrycket

$$A(q^{-1}) / C(q^{-1})$$

Resultatet blir att man behöver fler parametrar än när man använder ARMA-modeller.

7.1 ARMA-modeller för totalvinden

Eftersom effekten ej beror av långsamma ändringar i vindriktningen är det naturligt att försöka modellera vindhastigheten direkt. Ett antal olika tidsperioder med olika längd har undersökts. Parameterbestämningar gjordes samt undersökningar av residualerna $\epsilon(t)$.

Förlusten V

Förlusten V minskar ej märkbart när man ökar ordningstalet. Det finns därför ingen anledning att ha större ordningstal än 1. Parametern c_1 är nästan aldrig större än 0.2. Man får

då att serieutvecklingen av

$$\frac{1}{1 + c_1 q^{-1}} = 1 - c_1 q^{-1} + c_1^2 q^{-2} - c_1^3 q^{-3} + \dots$$

kan avbrytas redan efter andra eller tredje termen. Vid användande av AR-processer fås att man behöver ha ett A-polynom av tredje eller fjärde graden. Detta stämmer med vad Eidsvik (1979) finner.

Tester

Metoden med ARMA-modeller beskriven ovan utgår ifrån att residualerna $\varepsilon(t)$ är oberoende och normalfördelade. Olika tester har gjorts för att undersöka detta. Testerna finns beskrivna i IDPAC-manualen (Wieslander, 1980) under kommandot RESID.

Testen av oberoende hos residualerna visar att det antagligen finns ett visst beroende kvar. Testvärdet minskar med ökad modellordning. Ur den synvinkeln skulle alltså modellordningen vara större än 1.

Testen av normalitet ger däremot entydigt att residualerna ej är normalfördelade. Till och med tredje ordningens modeller undersöktes. Testvärdet beror av modellordningen. Beroendet var i detta fall svagt. Av de tre olika testvärdena ges det minsta i tabell 2 för ett antal olika perioder. Följande testvärden erhöles:

	Mars	Juni	Sept	Dec	FebMaj	Sommar
frihetsgrader	29	29	29	29	41	41
1	42.5	42.5	42.5	42.5	53	53
Maglarp	54	66	30	52	165	142
Näsudden	88	58	89	78	266	257

Tabell 2: Erhållna testvärden då residualernas normalfördelning undersöktes. Korrektion har gjorts för svansarnas inverkan. Om residualerna är normalfördelade är det 5% sannolikhet att testvärdet är större än 1.

Spektra

I figur 1 visas dels signalens spektrum och dels teoretiskt spektrum för en första ordningens ARMA-modell då insignalen är vitt normalfördelat brus. De två spektra har samma form vilket stöder resultatet att man ej tjänar på att öka ordningstalet. Skillnaden som finns beror antagligen på att

normalfördelat brus ej korrekt beskriver residualerna. I figur 1.b visas $w\Phi(w)$ som funktion av w för att möjliggöra jämförelse med figur 2.

7.2. ARMA-modeller för en komponent av vinden

I Alexanderson (1981) delas vinden upp i två komponenter U och V (väst-östlig och syd-nordlig) och modelleras var för sig.

$$V = |u| \cdot \cos(\arg(u))$$

har undersökts för några olika perioder. Testen av om residualerna är normalfördelade gav följande värden.

	Mars	Juni	FebMaj	Sommar
frihets grader	29	29	41	41
1	42.5	42.5	53	53
Maglarp	145	106	600	340
Näsudden	300	131	630	580

Tabell 3: Erhållna testvärden då residualernas normalfördelning undersöktes. Korrektion har gjorts för svansarnas inverkan. Om residualerna är normalfördelade är det 5% sannolikhet att testvärdet är större än 1.

Även i detta fall finns det alltså inget stöd för hypotesen att residualerna är normalfördelade.

8. HUVUDPROBLEM

Att residualerna ej är normalfördelade är en allvarlig invändning mot att använda ARMA-modeller för att beskriva vindhastigheten. Det finns andra allvarliga invändningar.

8.1 Val av medelvärde

Medelvärdet varierar från månad till månad och från år till år. Detta problem kan man kanske delvis klara genom att använda vinddata från någon annan plats i närheten. I Alexandersson (1981) används mätningar från Risö. Mätningen sker där på rätt höjd. Däremot är det diskutabelt att använda data från Risö när man bearbetar data från Näsudden. Om man å andra sidan tar mätningar från någon närliggande plats såsom Visby får man problem med att räkna upp vindhastigheten till navhöjd.

8.2 Sammanlagring av effekt

Den sammanlagrade effekten mellan vindkraftverk placerade på olika orter är av stort intresse. De simulerade vindhastigheterna bör spegla verkligheten i detta avseende. Det går att välja det genererande bruset för Maglarp så att det får önskad korrelation med det genererande bruset i Näsudden.

8.3 Histogram över effekten

Av de två ovan nämnda problemen är förmodligen det sistnämnda allvarligast. Även om korrelationen mellan olika platser vinddata är korrekt så ger det mycket lite information om hur den sammanlagrade effekten uppför sig. För att i någon mån belysa detta har histogram ritats upp över effekten från tänkta verk i Maglarp och Näsudden, samt över den sammanlagda effekten. Se figurerna 3.a och 3.b. I det sista fallet antogs det att toppeffekten är densamma i Maglarp som i Näsudden. Effekten antas bero av vindhastigheten enligt figur 3.c. Av histogrammet i figur 3.a. framgår att Maglarp står stilla under cirka 27% av tiden medan Näsudden står stilla under 30% av tiden. Samtidigt står dock verken bara stilla under 12% av tiden. Ett totalt oberoende mellan vinden i Maglarp och Näsudden skulle ha gett 8% istället för 12%. Man ser också hur den sammanlagrade effekten får ett skarpare maximum medan svansarna blir mindre, vilket är väntat.

9. ANVÄNDARNAS KRAV

Hitintills har det pekats på olika problem med att använda ARMA-modeller utan insignal för att generera vinddata. Det betyder dock inte att det är omöjligt att använda ARMA-modeller för att generera vinddata. Det är de presumptiva användarna som skall ange kraven. Det skulle kunna göras genom att ange olika tester som simulerade data skall klara. Exempelvis kan man kräva att simulerade vinddata skall uppvisa samma histogram över effekten som den verkliga vinden gör. Oberoende data skall givetvis användas.

10. FÖRSLAG TILL HUR VINDDATA SKALL GENERERAS

Ett konkret förslag ges här till en metod för att ta fram vindserier. I figur 2 visas effektspektrum för vindhastigheten såsom Van der Hoven fann den. Av bilden framgår att det omkring 1 timma finns ett minimum, vilket stöder valet av samplingstid som är en timma. Den stora toppen till vänster är markant och orsakas av de stora vädersystemen. Vinden orsakad av dessa borde man kunna få fram ur data över trycket.

I appendix A.2 och A.3 finns en förteckning och en karta över platser där man mäter trycket. Utifrån tryckgradienter samt coriolikraften kan man beräkna den så kallade geostrofiska vinden. (Man tänker sig att luften strömmar rätlinjigt samt att vädersystemet ej rör sig). Markfriktion och termiska vindrörelser såsom uppåtgående luft från soluppvärmd mark gör att den verkliga vinden ej är den geostrofiska. Från 1000 meters höjd och uppåt är dock geostrofiska vinden i allmänhet mycket nära den verkliga vinden.

Det är naturligt att betrakta vinden på hög höjd som en insignal till ett dynamisk system som ger vindhastigheten på navhöjd som utsignal. Det går givetvis inte att på detta vis exakt beräkna vinden. Felet som fås kan man betrakta som brus. Bruset har givetvis en fysikalisk förklaring. Det är dock tvivelaktigt om det är möjligt att enkelt, snabbt (före årets utgång) och billigt ställa upp en fysikalisk modell som ens förklarar en betydande del av felet.

En gissning är att man bildligt talat kan förklara den i figur 2 streckade delen av vinden. Resten får man försöka uppskatta med hjälp av en statistisk modell. En modell för vindhastigheten kan då vara:

$$A(q^{-1}) y(t) = b_0(u) B(q^{-1}) u(t) + C(q^{-1}) e(t) \quad (2)$$

där y är uppmätt vindhastighet
 u är geostrofiska vindhastigheten
 e är vitt brus
 A , B och C är polynom vars koeficienter skall bestämmas med hjälp av ett års vinddata
 b_0 är en parameter som bestäms med hjälp av ett års vind- och tryckdata.

b_0 beror av både hastigheten och riktningen hos u , eftersom terrängen ej är lika åt alla håll. Riktningen hos y bör vara starkt korrelerad med den hos u om den föreslagna metoden är riktig.

Med hjälp av tryckdata, som antagligen finns från åtminstone mitten av 60-talet och framåt, kan man beräkna geostrofiska vinden. Modellen ovan ger sedan vindhastigheten y .

För att belysa den föreslagna metoden jämförs den med metoden när man ej använder någon insignal u .

Nackdelar med att använda en insignal

- (1) Geostrofiska vinden måste beräknas. Tryckdata finns antagligen lagrade på band sedan 60-talet. Håkan Törnevik, SMHI, menar att det i princip är en enkel uppgift att få fram data och beräkna den geostrofiska vinden.
- (2) $b(u)$ måste beräknas. Det är inte säkert att man kommer fram till något meningsfullt. Än så länge är det en gissning att geostrofiska vinden till största delen förklarar vinden vid havhöjd.

Fördelar med att använda en insignal

- (1) Det statistiska underlaget för låga frekvenser är dåligt medan det för höga frekvenser är bra. Finns det ingen insignal så måste även de lägre frekvenserna förklaras statistiskt. Det är svårt att förstå hur detta skall kunna göras ens tillnärmelsevis korrekt. Jämför med avsnitt 8.1.
- (2) Det är viktigt att vindhastighetens beroende mellan olika orter uttrycks så korrekt som möjligt (i vårt fall är orterna Maglarp och Näsudden). Om insignal används kommer detta beroende fram direkt för de låga frekvenserna. För höga frekvenser så finns det förmodligen inget annat beroende än det som ges av dygnsvariationer. Det är svårt att förstå hur man på något meningsfullt sätt ska kunna förklara beroendet mellan vindhastigheter på olika orter om inte en insignal används.

Observera problemet med att vädersystemen kommer från olika håll samt att det tar en viss tid för det att förflytta sig från ett ställe till ett annat.

- (3) Använder man sig av en insignal öppnar man sig för fysikalisk kunskap på helt annat sätt än då man inte använder en insignal. Det gör att ytterligare kunskap kan föras in på ett naturligare sätt.
- (4) Det finns ett starkt samband mellan metoden för generering av vinddata, driftstrategin samt prognosmetoder för vindhastigheten. Vid simuleringen av kraftproduktionen använder man sig givetvis av en driftstrategi. I den måste det rimligen finnas en prognosmetod för uppskattning av hur vinden skall bli under den närmaste framtiden.

En ytterlighet fås om prognosmetoden utgår ifrån modellen(2). En annan ytterlighet fås om prognosmodellen mycket bra förutsäger den verkliga vinden medan den genererade vindserien beskriver den

verkliga vinden dåligt.

Härav följer att det är en fördel om den genererade vinden beskriver den verkliga vinden så bra som möjligt.

- (5) En metod som ger sig ut för att beskriva hur det verkligen var är lättare att kontrollera än en som bara försöker beskriva det principiella uppförande hos vinden. Vad som avses med "det principiella uppträdandet" är givetvis svårt att definiera. Här är risken stor att statistiska begrepp som korrelation får stor betydelse på bekostnad av problemspecifika egenskaper som exempelvis risken för stiltje en vinterdag då vattentillgången är dålig.

11. VINDHASTIGHETEN PÅ 10 METERS HÖJD SOM INSIGNAL

Sedan lång tid tillbaka har man gjort mätningar av vindhastigheten på 10 meters höjd. Försök har gjorts att använda dessa data för att uppskatta vindhastigheten på navhöjd. Man använder en uppräkningsformel i vilken temperaturen ingår. Resultatet blev ej bra vilket antagligen beror på att skattningen av temperaturgradienten blev dålig.

10-metersvinden kan antagligen beskrivas med modellen (2). Att omvänt beskriva den geostrofiska vinden med 10-metersvinden med hjälp av modellen (2) verkar däremot inte vara sunt. Brusnivån är antagligen mycket större på 10 meters höjd än vad den är på navhöjd, beroende på att terräng och temperaturförhållandena har större påverkan ju närmare marken man är. Härav följer också att $b(u)$ och σ

bruset bör visa ett starkt rumsberoende. Detta gör det svårt att använda 10-meters data på andra ställen än där man har mätt.

Vinden på hög höjd däremot bör man med någorlunda noggrannhet kunna uppskatta på valfri plats i Sverige utifrån de tryckdata som finns.

12. DYGNVARIATIONER

Solstrålningen påverkar vinden vilket gör att det bör finnas ett dygnsberoende hos vinden. I figur 4 visas korrelationsfunktionen för mars månad. Man kan jämföra det med vad vad Goh&Nathan fann vid deras mätningar på och utanför den ö som Singapore ligger på. Deras mätningar från landbaserade stationer visar ett typiskt dygnsberoende medan det är mycket svårt att ens en gång skönja något dygnsberoende i korrelationsfunktionerna för data från Näsudden och Maglarp.

I Alexandersson (1981) redovisas medelvärden för data tagna vid ett speciellt klockslag under dygnet. Ej heller med denna metod kan man se någon dygnsvariation av betydelse.

13. HUR SKALL MAN ANVÄNDA RESULTATEN

En vindserie skapas med hjälp av tryckdata och modell (2). Vid simulering av kraftproduktionen bör man undersöka hur pass känsligt simuleringen är för parametervariationer i modellen (2).

14. REFERENSER

- Alexandersson Hans (1981): Simulering av vindserier.
Uppsala.
- Dub W, Pape H. (1981): Utility Operating Strategy And Requirements For The Wind Power Forecast. University of Regensburg.
- Eidsvik Karl J. (1980): Identification of Models for Some Times Series of Atmospheric Origin with Akaikes's Information Criterion. J. appl. meteorol. 19, 357-369, 1980.
- Goh T.N. and Nathan G.K. (1979): A Statistical Methodology for Study of Wind Characteristics from a Close Array of Stations. Wind Engineering Vo. 3, No. 3, 1979.
- Van der Hoven Isaac (1957): Power spectrum of horizontal wind speed in the frequency range from 0.0007 to 900 cycles per hour. J. of meteorology. vol. 14, nr 2 1957.
- Söderström Torsten (1974): Kompendium i processidentifiering. Teknikum, Institute of Technology, Uppsala University, 1974.
- Wieslander Johan (1980): Idpac Commands - User's Guide. Institutionen för Reglerteknik, Lunds Tekniska Högskola, 1980. CODEN: LUTFD2/(TFRT-3157)/1-108/(1980)

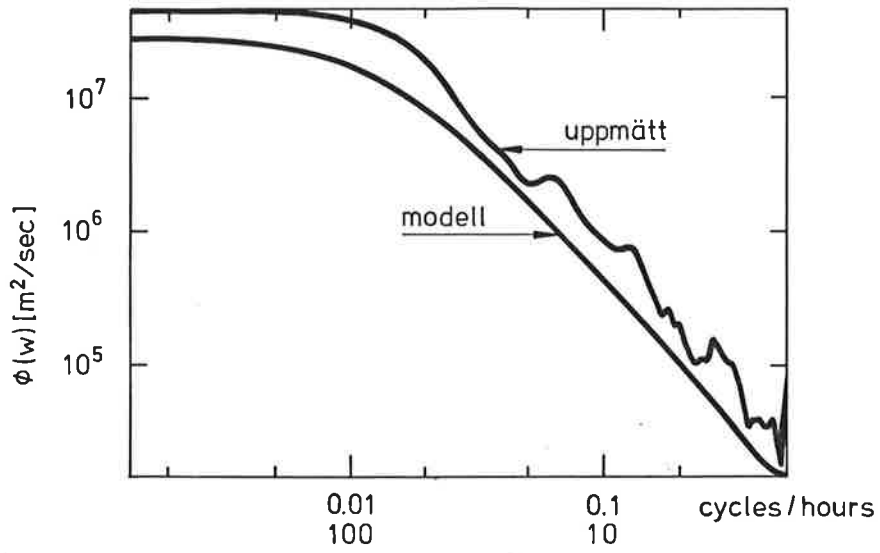


Fig. 1a: Vindhastighetens spektrum, dels för uppmätt signal och dels för simulerad. (Maglarp, juni 80, 75 m)

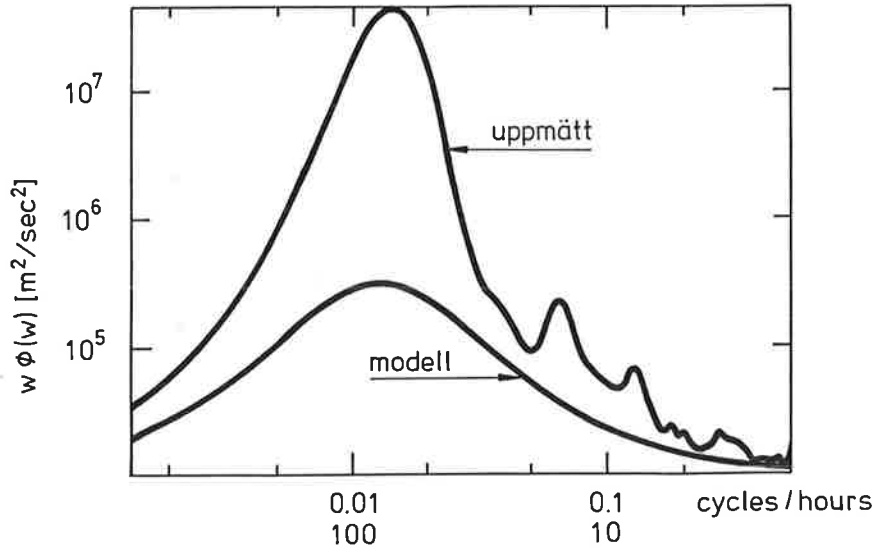


Fig. 1b: Som fig. 1a ovan, men $\phi(u)$ multiplicerad med w . Given för att möjliggöra jämförelse med fig. 2.

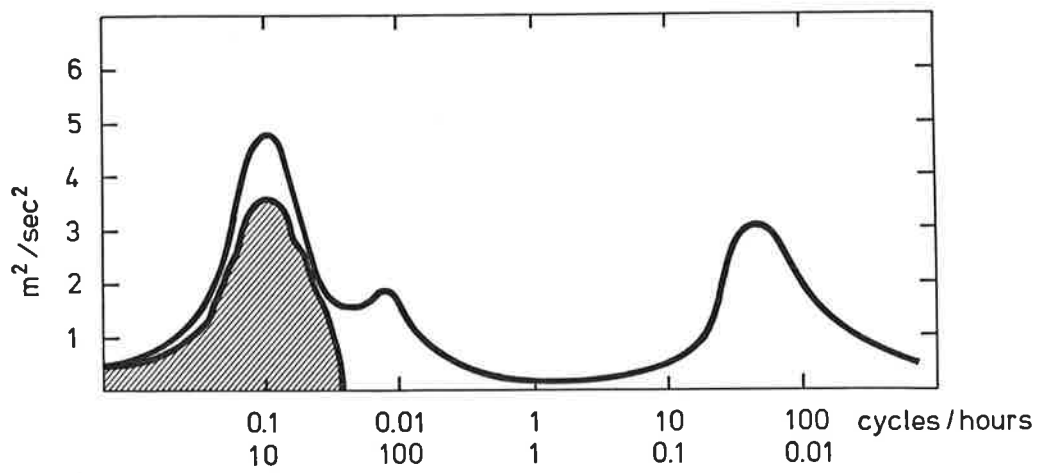


Fig. 2: Spektrum för vindhastigheten givet av van der Hoven (1975). Det högra maximumet beror till en del av en orkan som händelsevis passerade under den tid mätning gjordes. I texten hänvisas till den skuggade delen.

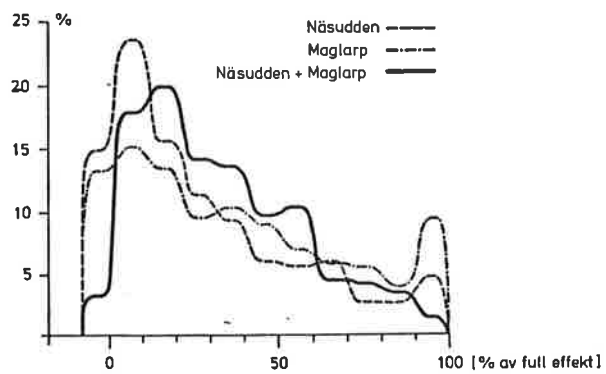


Fig. 3a: Histogram över effekten ifrån tänkta verk i Maglarp och Näsudden. Histogrammet visar att effekten ifrån verket i Näsudden var mellan 0 och 10% av full effekt under 24% av tiden, i detta fall mars månad.

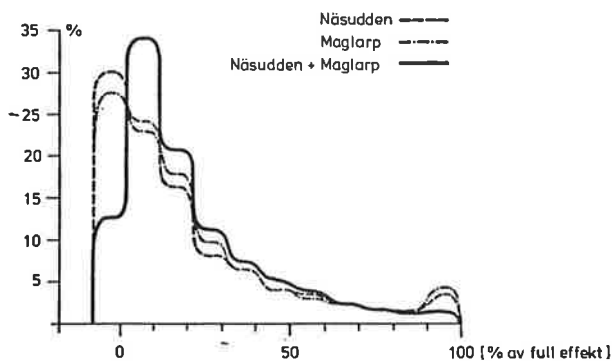


Fig. 3b: Som fig. 3a men tiden är här februari t.o.m. september.

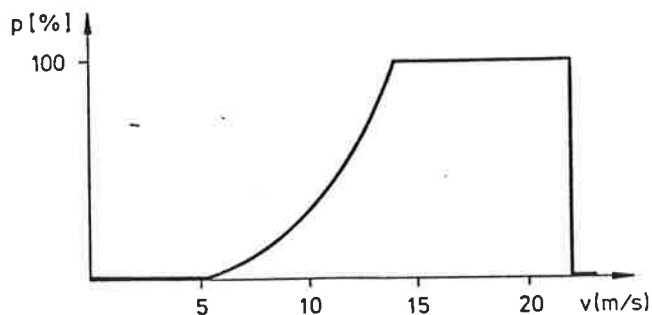


Fig. 3c: Vid beräkningarna av histogrammen ovan har det antagits att effekten som funktion av vindhastigheten ges av kurvan i figuren.

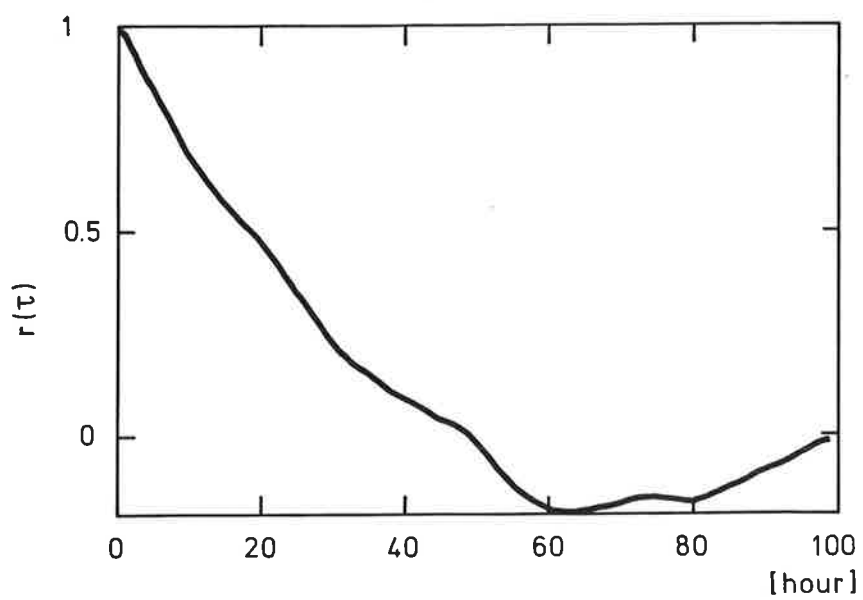


Fig. 4: Skattning av autokorrelationsfunktionen $r(z)$ för vindhastighet. Data från Maglarp, mars 80, 75 m.

Börje Lindström, hdc

Område: VINDENERGI

Beteckning: 5061 881 Vindsimulering LTH

Projektnamn: Stokastisk vindmodell för sammanlagringsstudier.

Projektledare: Prof Karl-Johan Åström
Inst för Reglerteknik
LTH
Fack
220 07 Lund Tel. 046/10 70 00

Adm organ: Lunds Tekniska Högskola
Fack
220 07 Lund

Bakgrund

Studier rörande elproduktionssystemet kräver statistiskt tillfredsställande underlag (exempelvis vattentillrinning under en 30-årsperiod). När det gäller vinddata finns ej dessa tidsserier eftersom mätningar på timbasis ej skett under längre tider. För att kunna simulera elproduktionssystemets egenskaper när vindkraft införs erfordras metoder att generera årsserier med tillräcklig statistisk noggrannhet utgående från ett begränsat underlag.

Mål

Modellering av observerade vinddata så att modellen lämpar sig för sammanlagringsstudier av det svenska elproduktionssystemet.

Genomförande och etappbildning

Projektet genomförs i 1 etapp.

Etapp 1

Under etapp 1 utvärderas metodik för att erhålla tillfredsställande modeller. Tillgängliga data insamlas och data genereras för en första utvärdering i NE-projektet Energireglering.

Resultatrapportering sker i samråd med Vattenfall (kontaktman S O Larsson) samt Krångedegruppens Samkörnings AB (kontaktman L Modén).

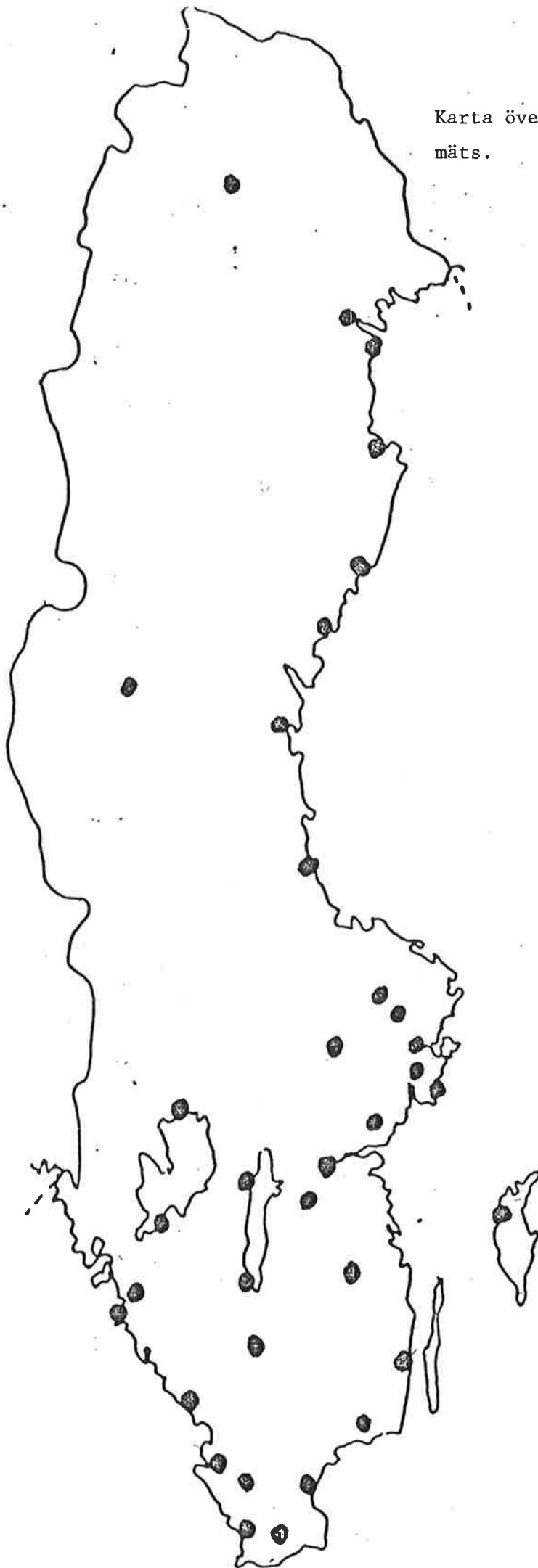
Underlag levereras av SMHI (kontaktman T Kwick). Underlaget omfattar synkrona timvärden för två orter under ett år lagrade på databand.

HDC1

T I M S Y N O P

stn:	namn:	från:	till:
080	karlsborg.....	55-01-01	75-12-31
497	bulltofta.....	55-01-01	72-11-30
079	såtenäs.....	55-01-01	75-12-31
057	luleå.....	55-01-01	75-12-31
077	bromma.....	55-01-01	76-06-30
150	nyköping.....	55-01-01	75-12-31
148	brävalla.....	55-01-01	75-12-31
084	torslanda.....	55-01-01	75-12-31
161	ängelholm.....	55-01-01	75-12-31
095	kalmar.....	55-01-01	75-12-31
075	västerås.....	55-01-01	75-12-31
076	uppsala.....	55-01-01	75-12-31
073	karlstad.....	55-01-01	75-12-31
087	jönköping.....	55-01-01	75-12-31
090	visby.....	55-01-01	75-12-31
062	östersund.....	55-01-01	75-12-31
066	sundsvall.....	62-01-01	75-12-31
166	ronneby.....	55-01-01	75-12-31
360	skellefteå.....	62-01-01	75-12-31
398	kristianstad.....	62-01-01	75-12-31
119	umeå.....	62-01-01	75-12-31
098	sturup.....	72-12-01	75-12-31
069	söderhamn.....	55-01-01	75-12-31
102	kiruna.....	57-07-01	75-12-31
092	halmstad.....	55-01-01	75-12-31
137	tullinge.....	55-01-01	75-12-31
147	linköping.....	55-01-01	75-12-31
135	arlanda.....	62-01-01	75-12-31
163	ljungbyhed.....	55-01-01	75-12-31
155	hagshult.....	55-01-01	75-12-31
140	hårsfjärden.....	62-02-16	75-12-31
107	boden.....	62-02-01	75-12-31
364	örnsköldsvik.....	62-01-01	75-12-31
382	hultsfred.....	55-01-01	75-12-31

Karta över platser där trycket
mäts.



Programlistor och resultatutdrag

bilaga till

UTVÄRDERING AV VINDMODELLER FÖR ENERGIPROGNOSE

82-09-09

Matz Lenells

Institutionen för Reglerteknik
Lunds Tekniska Högskola
Lund

Innehållsförteckning

1. Inledning	sid	1
2. Uppritning av data månadsvis för några höjder		1
3. Korrelationsfunktioner, spektra och ARMA-modeller		3
4. Uppritning av effekthistogram		6
5. Referenser		11

Appendix

Plottning av data	A.1
ARMA-modeller	A.2

1. INLEDNING

Listor av datorprogram samt utdrag från resultaten från datorkörningar finns samlade i denna bilaga. Samtliga resultat har ej tagits med då de tillsammans utgör flera hundra sidor. De finns emellertid arkiverade på institutionen tillsammans med rapporten.

Datorprogrammen är ej av konventionellt slag utan är skrivna i ett speciellt kommandospråk kallat INTRAC (se Wieslander&Elmqvist 1978). Programmen, som kallas macros, utför en följd av proceduranrop. Procedurerna som anropas finns i två olika programpaket, IDPAC (se Wieslander 1980) och Simmon (se Elmqvist 1975).

I avsnitt 2 redogörs för den preliminära dataanalysen. Uppritande av korrelationsfunktioner och spektrum och beräkning av ARMA-modeller redogörs för i avsnitt 3. I avsnitt 4 slutligen redogörs för uppritande av effekthistogram.

2. UPPRITNING AV DATA MÅNADSVIS FÖR NÅGRA HÖJDER

Början och slutet på var månad lokaliserades i de två filerna. Resultat:

datanummer	Maglarp
1154	011008
1674	020100
2370	030100
3114	040100
3834	050100
4311	052021
4312	052106
4570	060100
5290	070100
6034	080100
6778	090100
7498	100100
8242	110100
8962	120100

Observera att data fattas dels i början av januari och dels i mitten av maj. Enligt uppgift från Tord Kwick skulle det bara vara bortfall i januari. Luckan hittades genom att undersöka skillnaden mellan datanumren. De skall var 696, 720 eller 744. Observera att februari har 29 dagar eftersom 1980 är ett skottår.

datanummer	Nasudden
914	010311
1599	020100
2295	030100
3039	040100
3759	050100
4503	060100
5223	070100
5967	080100
6711	090100
7431	100100
8061	102706
8062	110313
8721	120100
9464	123123

För uppritande av data användes två macros. mplyear är en övergripande macro som anropar macron mplyear.

```
macro mplyear
switch log on
switch trace on
```

```
"mputc 1154 521 mag80jan
suspend
"mputc 1675 696 mag80feb
"mputc 2371 744 mag80mar
```

```
"suspend
"mputc 3115 720 mag80apr
"suspend
"mputc 3835 744 mag80maj
"suspend
"mputc 4571 720 mag80jun
```

```
"suspend
"mputc 5291 744 mag80jul
"suspend
"mputc 6035 744 mag80aug
"suspend
"mputc 6779 720 mag80sep
```

```
suspend
mputc 7499 744 mag80oct
suspend
mputc 8243 720 mag80nov
suspend
mputc 8963 744 mag80dec
end
```

```

macro mplcut nrsta nrofd filen
turn time h
let nplx.=384
cut filen < maglarp nrsta nrofd
plot(nm)filen(2) (hp)dw / filen(5) (hp)dk "Altitude 120 m
hcopy
page
hcopy
let print.=1
list(lp)(ds) filen(1-8) 1 1
list(lp)(ds) filen(1-8) nrofd 1
stat filen(5)
plot(nm)filen(3)(hp) dw/filen(7)(hp) dk "Altitude 75 m
hcopy
page
hcopy
stat filen(7)
end

```

mplyear kan inte köras i ett svep utan får köras i omgångar. Detta kan man göra genom att göra om ett kommando till en kommentar genom att sätta ett citationstecken framför raden.

Motsvarande körningar gjordes för data från Näsudden.

I appendix 1 finns resultaten då data från mars månad i Maglarp användes.

3. KORRELATIONSFUNKTIONER, SPEKTRA OCH ARMA-MODELLER

En samling macros finns för att rita upp korrelationsfunktioner och spektra, samt göra identifieringar av ARMA-modeller. Man kan inte köra den drivande macron direkt utan man får med hjälp av kommentartecknet " skära bort så att man får det man vill ha.

```

macro mdriarb4
write (lp) '.nf'
marb4 Maglarp 2371 744 mars m75m 3 totvind
marb4 Maglarp 4579 720 juni m75m 3 totvind
suspend
marb4 Maglarp 6787 720 sept m75m 3 totvind
marb4 Maglarp 8971 744 dec m75m 3 totvind
marb4 Maglarp 1675 2904 febmaj m75m 3 totvind
marb4 Maglarp 4579 2208 sommar m75m 3 totvind

marb4 Nasudden 2296 744 mars m75m 3 totvind
marb4 Nasudden 4504 720 juni m75m 3 totvind
marb4 Nasudden 6712 720 sept m75m 3 totvind
marb4 Nasudden 8772 744 dec m75m 3 totvind
marb4 Nasudden 1600 2904 febmaj m75m 3 totvind

```

```
marb4 Nasudden 4504 2208 sommar m75m 3 totvind
```

```
marb4 Maglarp 2371 744 mars m75m 3 coscomp
```

```
marb4 Maglarp 4579 720 juni m75m 3 coscomp
```

```
marb4 Maglarp 1675 2904 febmaj m75m 3 coscomp
```

```
marb4 Maglarp 4579 2208 sommar m75m 3 coscomp
```

```
marb4 Nasudden 2296 744 mars m75m 3 coscomp
```

```
marb4 Nasudden 4504 720 juni m75m 3 coscomp
```

```
marb4 Nasudden 1600 2904 febmaj m75m 3 coscomp
```

```
marb4 Nasudden 4504 2208 sommar m75m 3 coscomp
```

```
end
```

```
macro marb4 place nrsta nrofd period altitude maxorder text
```

```
mttlarb4 place nrsta nrofd period altitude maxorder text
```

```
turn time h
```

```
switch log on
```

```
cut file1 < place nrsta nrofd
```

```
switch log off
```

```
list (lp) (ds) file1 1 1
```

```
IF text NE coscomp GOTO Ltrend
```

```
mwcomp "used to compute a component of the wind
```

```
LABEL Ltrend
```

```
trend file2 < file1(7) 0
```

```
mspec place nrsta nrofd period altitude text file2
```

```
mml place nrsta nrofd period altitude maxorder text file2
```

```
specmod place nrsta nrofd period altitude maxorder file2
```

```
delet file1 file2
```

```
end
```

```
macro mttlarb4 place nrsta nrofd period altitude maxorder text
```

```
write (lp) '.pg'
```

```
write (lp) '.title VINDSIM 'place' 'nrsta' 'nrofd' ' ARMA-modeller'
```

```
write (lp) '.subtitle 'period' 80 'altitude' 'text'
```

```
end
```

```
macro mwcomp
```

```
move filecos(1 2 3) < file1(1 3 7)
```

```
let s1.=6.2831853/360.0
```

```
sclop filecos(4) < filecos(2)*s1.
```

```
sclop filecos(5) < filecos(4) cos
```

```
vecop filecos(6) < filecos(3)*filecos(5)
```

```
list (lp) (ds) filecos 1 3
```

```
move file1(7) < filecos(6)
```

```
delet filecos
```

```
end
```

```

macro mspec place nrsta nrofd period altitude text data

let var.n=0.0
let nol=100
acof fcorr < data nol n
plot fcorr
mrubrik place nrsta nrofd period altitude text
mark a 6 13
mark "var.n =
mark: var.n
mark " nol =
mark: nol
hcopy
kill
let s1=6.2/nrofd
let Wmin.=s1/3600

let nol=nrofd/20
aspec fspec < data nol
bode fspec
mrubrik place nrsta nrofd period altitude text
mark a 6 13
mark " nol =
mark: nol
hcopy

let nol=nrofd/5
aspec fspec < data nol
bode fspec
mrubrik place nrsta nrofd period altitude text
mark a 6 13
mark " nol =
mark: nol
hcopy

delet fcorr fspec

end

macro mml place nrsta nrofd period altitude maxorder text data

write (lp) 'place: 'place ' nrsta =' nrsta ' nrofd =' nrofd
write (lp) 'period: 'period '1980 text: ' text
write (lp) ' '

let print.=1
for order=1 to maxorder
let sect = v + order
ml (sc) model(sect) < data order
save stdev
x
list (lp) (t) model(sect)

IF order LT 3.5 GOTO L1

```

```
GOTO L2
```

```
label L1
resid res < model(sect) data r
kill
let var.n=0.0
acof rescorr < res 100 n
plot rescorr
mrubrik place nrsta nrofd period altitude text
mark a 6 13
mark:var.n
hcopy
kill
```

```
label L2
next order
```

```
delet (t) model (d) res
delet rescorr
end
```

I appendix 2 finns resultaten då data från mars månad i Maglarp används.

4. UPPRITNING AV EFFEKTHISTOGRAM

För att rita upp ett effekthistogram skärs först data ut med hjälp av macron mhistoef. Macron mdepend körs sedan i Simnon. Programmet blir stort eftersom Simnon inte kan behandla matriser och vektorer. I rapporten finns exempel på effekthistogram.

```
macro mhistoef nrstam nrstan nrofd
cut mag < maglarp nrstam nrofd
move data(1 2) < mag(1 7)
cut nas < nasudden nrstan nrofd
move data(3 4) < nas(1 7)
delet mag nas
end
```

```
macro mdepend data nr
let n.ifile=4
let fname.ifile=data
syst depend ifile condep
simu 0 nr
suspend
```

```
par f0:qm0
par f1:qm1
par f2:qm2
```

```
par f3:qm3
par f4:qm4
par f5:qm5
par f6:qm6
par f7:qm7
par f8:qm8
par f9:qm9
par f10:qm10
par f11:qm11
```

```
plot x
axes v 0 0.35 h 0 12
simu 0 12
suspend
hcopy "maglarp nasudden effekt 0%, 0-10%, 10-20%"
plot
simu 0 nr
suspend
```

```
par f0:qn0
par f1:qn1
par f2:qn2
par f3:qn3
par f4:qn4
par f5:qn5
par f6:qn6
par f7:qn7
par f8:qn8
par f9:qn9
par f10:qn10
par f11:qn11
```

```
axes
plot x
simu 0 12
suspend
hcopy
plot
simu 0 nr
```

```
par f0:qs0
par f1:qs1
par f2:qs2
par f3:qs3
par f4:qs4
par f5:qs5
par f6:qs6
par f7:qs7
par f8:qs8
par f9:qs9
par f10:qs10
par f11:qs11
```

```
axes
plot x
```



```
simu 0 12
```

```
end
```

```
connecting system condep
```

```
timem[depend] = c1[ifile]
vm[depend]    = c2[ifile]
timen[depend] = c3[ifile]
vn[depend]    = c4[ifile]
```

```
end
```

```
discrete system depend
```

```
input timem vm timen vn
```

```
state e xm1 xm2 xm3 xm4 xnl xn2 xn3 xn4 xmn1 xmn2 xmn3 xmn4
```

```
state pm0 pm1 pm2 pm3 pm4 pm5 pm6 pm7 pm8 pm9 pm10 pm11
```

```
state pn0 pn1 pn2 pn3 pn4 pn5 pn6 pn7 pn8 pn9 pn10 pn11
```

```
state ps0 ps1 ps2 ps3 ps4 ps5 ps6 ps7 ps8 ps9 ps10 ps11
```

```
state x
```

```
new ne nxm1 nxm2 nxm3 nxm4 nxn1 nxn2 nxn3 nxn4
```

```
new nxmn1 nxmn2 nxmn3 nxmn4
```

```
new npm0 npm1 npm2 npm3 npm4 npm5 npm6 npm7 npm8 npm9 npm10 npm11
```

```
new npn0 npn1 npn2 npn3 npn4 npn5 npn6 npn7 npn8 npn9 npn10 npn11
```

```
new nps0 nps1 nps2 nps3 nps4 nps5 nps6 nps7 nps8 nps9 nps10 nps11
```

```
new nx
```

```
time t
```

```
tsamp ts
```

```
ne = if not ABS(timem-timen)<0.5 then e+1 else e
```

```
nxm1 = if          vm<v1 then xm1+1 else xm1
nxm2 = if not vm<v1 and vm<v2 then xm2+1 else xm2
nxm3 = if not vm<v2 and vm<v3 then xm3+1 else xm3
nxm4 = if not vm<v3          then xm4+1 else xm4
```

```
nxn1 = if          vn<v1 then xn1+1 else xn1
nxn2 = if not vn<v1 and vn<v2 then xn2+1 else xn2
nxn3 = if not vn<v2 and vn<v3 then xn3+1 else xn3
nxn4 = if not vn<v3          then xn4+1 else xn4
```

```
bm1 = if          vm<v1 then 1 else 0
bm2 = if not vm<v1 and vm<v2 then 1 else 0
bm3 = if not vm<v2 and vm<v3 then 1 else 0
bm4 = if not vm<v3          then 1 else 0
```

```
bn1 = if          vn<v1 then 1 else 0
bn2 = if not vn<v1 and vn<v2 then 1 else 0
bn3 = if not vn<v2 and vn<v3 then 1 else 0
bn4 = if not vn<v3          then 1 else 0
```

```
nxmn1 = if bm1 and bn1          then xmn1+1 else xmn1
```

```

nxmn2 = if bm2 and bn2      then xmn2+1 else xmn2
nxmn3 = if bm3 and bn3      then xmn3+1 else xmn3
nxmn4 = if bm4 and bn4      then xmn4+1 else xmn4

```

```

k = 1.0/(v2*v2*v2-v1*v1*v1)
l = -k*v1*v1*v1

```

```

s1 = if bm2 then k*vm*vm*vm+1 else 0
s2 = if bm3 then l else 0
pm = s1 + s2

```

```

s3 = if bn2 then k*vn*vn*vn+1 else 0
s4 = if bn3 then l else 0
pn = s3 + s4

```

```

ps = 0.5*(pm+pn)

```

```

npm0 = if not pm > 0          then pm0+1 else pm0
npm1 = if pm > 0.0 and not pm > 0.1 then pm1+1 else pm1
npm2 = if pm > 0.1 and not pm > 0.2 then pm2+1 else pm2
npm3 = if pm > 0.2 and not pm > 0.3 then pm3+1 else pm3
npm4 = if pm > 0.3 and not pm > 0.4 then pm4+1 else pm4
npm5 = if pm > 0.4 and not pm > 0.5 then pm5+1 else pm5
npm6 = if pm > 0.5 and not pm > 0.6 then pm6+1 else pm6
npm7 = if pm > 0.6 and not pm > 0.7 then pm7+1 else pm7
npm8 = if pm > 0.7 and not pm > 0.8 then pm8+1 else pm8
npm9 = if pm > 0.8 and not pm > 0.9 then pm9+1 else pm9
npm10 = if pm > 0.9 and not pm > 1.0 then pm10+1 else pm10
npm11 = if pm > 1.0          then pm11+1 else pm11
pmsum = pm0+pm1+pm2+pm3+pm4+pm5+pm6+pm7+pm8+pm9+pm10+pm11

```

```

npn0 = if not pn > 0          then pn0+1 else pn0
npn1 = if pn > 0.0 and not pn > 0.1 then pn1+1 else pn1
npn2 = if pn > 0.1 and not pn > 0.2 then pn2+1 else pn2
npn3 = if pn > 0.2 and not pn > 0.3 then pn3+1 else pn3
npn4 = if pn > 0.3 and not pn > 0.4 then pn4+1 else pn4
npn5 = if pn > 0.4 and not pn > 0.5 then pn5+1 else pn5
npn6 = if pn > 0.5 and not pn > 0.6 then pn6+1 else pn6
npn7 = if pn > 0.6 and not pn > 0.7 then pn7+1 else pn7
npn8 = if pn > 0.7 and not pn > 0.8 then pn8+1 else pn8
npn9 = if pn > 0.8 and not pn > 0.9 then pn9+1 else pn9
npn10 = if pn > 0.9 and not pn > 1.0 then pn10+1 else pn10
npn11 = if pn > 1.0          then pn11+1 else pn11
pnsum = pn0+pn1+pn2+pn3+pn4+pn5+pn6+pn7+pn8+pn9+pn10+pn11

```

```

nps0 = if not ps > 0          then ps0+1 else ps0
nps1 = if ps > 0.0 and not ps > 0.1 then ps1+1 else ps1
nps2 = if ps > 0.1 and not ps > 0.2 then ps2+1 else ps2
nps3 = if ps > 0.2 and not ps > 0.3 then ps3+1 else ps3
nps4 = if ps > 0.3 and not ps > 0.4 then ps4+1 else ps4
nps5 = if ps > 0.4 and not ps > 0.5 then ps5+1 else ps5
nps6 = if ps > 0.5 and not ps > 0.6 then ps6+1 else ps6
nps7 = if ps > 0.6 and not ps > 0.7 then ps7+1 else ps7
nps8 = if ps > 0.7 and not ps > 0.8 then ps8+1 else ps8
nps9 = if ps > 0.8 and not ps > 0.9 then ps9+1 else ps9

```

```

nps10= if      ps>0.9 and not ps>1.0 then ps10+1 else ps10
nps11= if      ps>1.0                    then ps11+1 else ps11
pssum=ps0+ps1+ps2+ps3+ps4+ps5+ps6+ps7+ps8+ps9+ps10+ps11

qm0 = if t > 12 then pm0/t else 0
qm1 = if t > 12 then pm1/t else 0
qm2 = if t > 12 then pm2/t else 0
qm3 = if t > 12 then pm3/t else 0
qm4 = if t > 12 then pm4/t else 0
qm5 = if t > 12 then pm5/t else 0
qm6 = if t > 12 then pm6/t else 0
qm7 = if t > 12 then pm7/t else 0
qm8 = if t > 12 then pm8/t else 0
qm9 = if t > 12 then pm9/t else 0
qm10 = if t > 12 then pm10/t else 0
qm11 = if t > 12 then pm11/t else 0
qmmean1=(qm2+2*qm3+3*qm4+4*qm5+5*qm6+6*qm7)
qmmean = (qmmean1+7*qm8+8*qm9+9*qm10+10*qm11)/10

qn0 = if t > 12 then pn0/t else 0
qn1 = if t > 12 then pn1/t else 0
qn2 = if t > 12 then pn2/t else 0
qn3 = if t > 12 then pn3/t else 0
qn4 = if t > 12 then pn4/t else 0
qn5 = if t > 12 then pn5/t else 0
qn6 = if t > 12 then pn6/t else 0
qn7 = if t > 12 then pn7/t else 0
qn8 = if t > 12 then pn8/t else 0
qn9 = if t > 12 then pn9/t else 0
qn10 = if t > 12 then pn10/t else 0
qn11 = if t > 12 then pn11/t else 0
qnmean1=(qn2+2*qn3+3*qn4+4*qn5+5*qn6+6*qn7)
qnmean = (qnmean1+7*qn8+8*qn9+9*qn10+10*qn11)/10

qs0 = if t > 12 then ps0/t else 0
qs1 = if t > 12 then ps1/t else 0
qs2 = if t > 12 then ps2/t else 0
qs3 = if t > 12 then ps3/t else 0
qs4 = if t > 12 then ps4/t else 0
qs5 = if t > 12 then ps5/t else 0
qs6 = if t > 12 then ps6/t else 0
qs7 = if t > 12 then ps7/t else 0
qs8 = if t > 12 then ps8/t else 0
qs9 = if t > 12 then ps9/t else 0
qs10 = if t > 12 then ps10/t else 0
qs11 = if t > 12 then ps11/t else 0
qsmean1=(qs2+2*qs3+3*qs4+4*qs5+5*qs6+6*qs7)
qsmean = (qsmean1+7*qs8+8*qs9+9*qs10+10*qs11)/10

r0 = if ABS(t-0) < 0.1 then f0 else 0
r1 = if ABS(t-1) < 0.1 then f1 else r0
r2 = if ABS(t-2) < 0.1 then f2 else r1
r3 = if ABS(t-3) < 0.1 then f3 else r2
r4 = if ABS(t-4) < 0.1 then f4 else r3
r5 = if ABS(t-5) < 0.1 then f5 else r4

```

```
r6 = if ABS(t-6) < 0.1 then f6 else r5
r7 = if ABS(t-7) < 0.1 then f7 else r6
r8 = if ABS(t-8) < 0.1 then f8 else r7
r9 = if ABS(t-9) < 0.1 then f9 else r8
r10 = if ABS(t-10) < 0.1 then f10 else r9
r11 = if ABS(t-11) < 0.1 then f11 else r10
nx = r11
```

```
ts = t + dt
```

```
v1:50
v2:140
v3:220
dt:1
```

```
f0:0.0
f1:0.0
f2:0.0
f3:0.0
f4:0.0
f5:0.0
f6:0.0
f7:0.0
f8:0.0
f9:0.0
f10:0.0
f11:0.0
```

```
end
```

5. REFERENSER

Elmqvist Hilding (1975): Simnon - An Interactive Simulation Program for Nonlinear Systems - User's Manual. Institutionen för Reglerteknik, Lunds Tekniska Högskola.

Wieslander Johan, Elmqvist Hilding (1978): INTRAC - A Communication Module for Interactive Programs - Language Manual. Institutionen för Reglerteknik, Lunds Tekniska Högskola.

Wieslander Johan (1980): Idpac Commands - User's Guide. Institutionen för Reglerteknik, Lunds Tekniska Högskola. CODEN: LUTFD2/(TFRT-3157)/1-108/(1980)

VINDSIM Plottning av data
Mars 80 Näsudden

1

```
>switch trace on
>82.05.07 - 15:56:00
>switch date off
>mplcut 2296 744 nas80mar
  >macro mplcut nrsta nrofd filen
  >turn time h
  >let nplx.=384
  >cut nas80mar<nasudden 2296 744
  >switch date on
  >82.05.07 - 15:56:12
  >plot(nm)nas80mar(2)(hp)dw/nas80mar(5)(hp)dk "Altitude 120
  >82.05.07 - 15:56:36
    >switch date off
    >hcopy
    >page
  >hcopy
  >let print.=1
  >list(lp)(ds)nas80mar(1 -8)1 1
1.   30101.0      300.000      300.000      300.000

1.   121.000      115.000      111.000      108.000

  >list(lp)(ds)nas80mar(1 -8)744 1
744.  40100.0      297.000      292.000      281.000

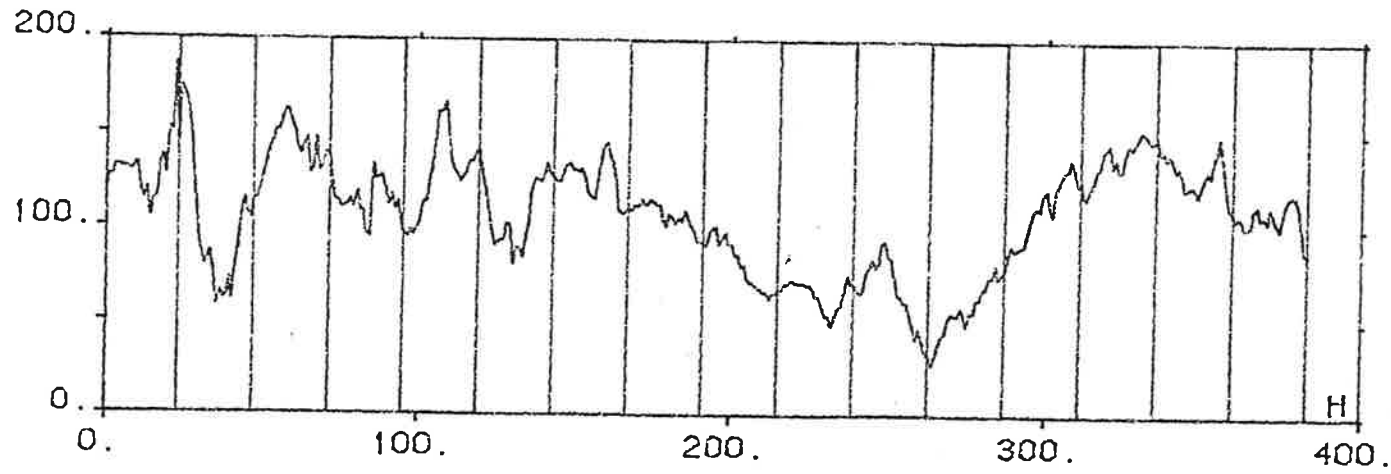
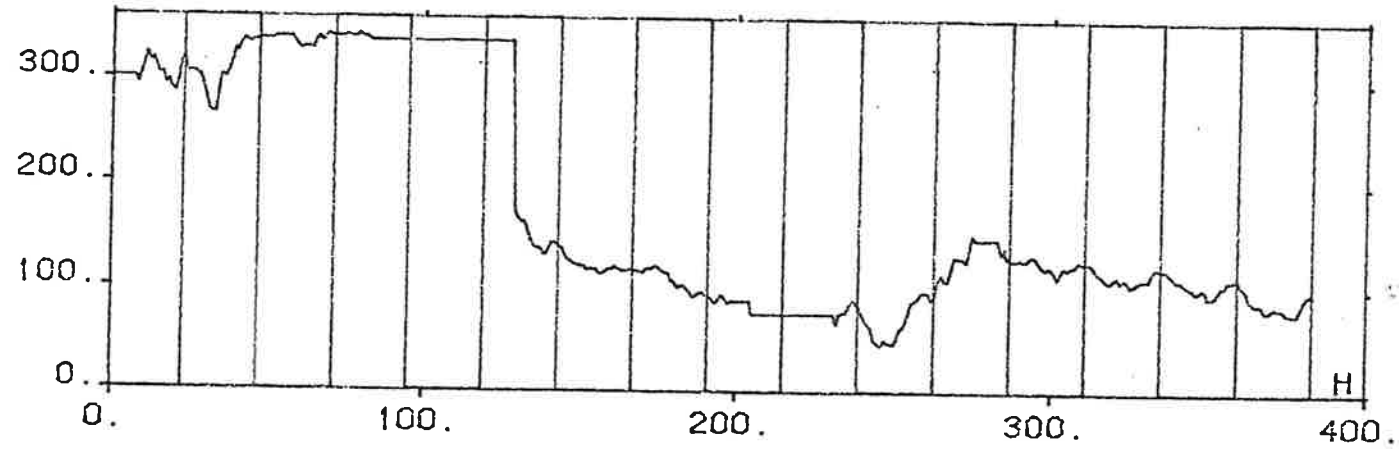
744.  74.0000      74.0000      75.0000      76.0000

  >stat nas80mar(5)
SUM      = 67691.0
MEAN     = 90.9825
VARIANCE = 1119.36
ST.DEV.  = 33.4568
MINIMUM  = 8.00000      AT ROW 465
MAXIMUM  = 187.000     AT ROW 23
LENGTH   = 744

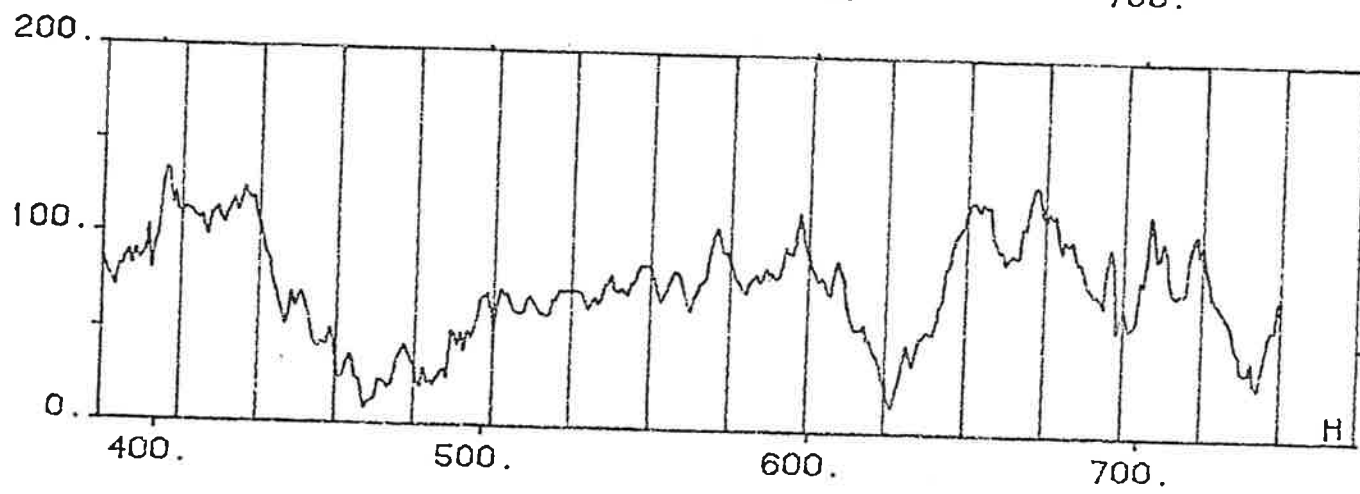
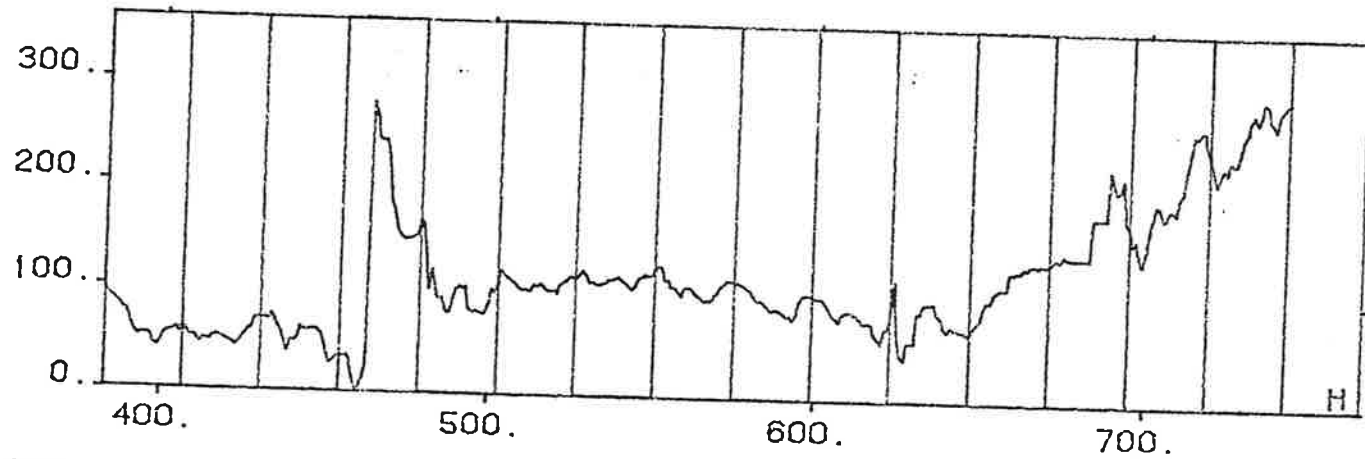
  >switch date on
  >82.05.07 - 15:57:18
  >plot(nm)nas80mar(3)(hp)dw/nas80mar(7)(hp)dk "Altitude 75 m
  >82.05.07 - 15:57:40
    >switch date off
    >hcopy
    >page
  >hcopy
  >stat nas80mar(7)
SUM      = 62503.0
MEAN     = 84.0094
VARIANCE = 1000.37
ST.DEV.  = 31.6286
MINIMUM  = 7.00000     AT ROW 465
MAXIMUM  = 187.000     AT ROW 23
LENGTH   = 744

  >end
>suspend
```

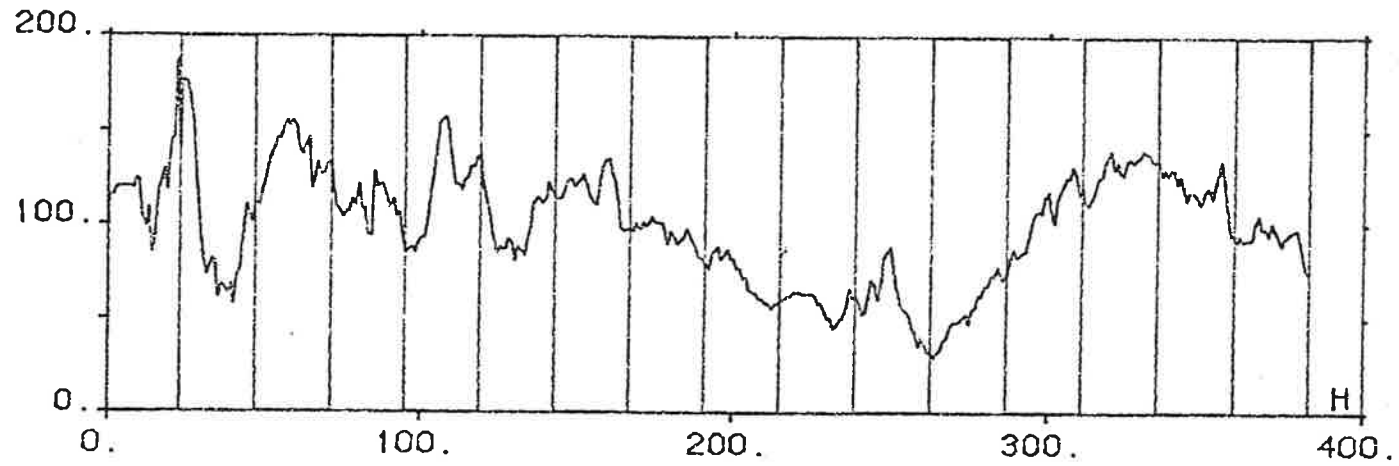
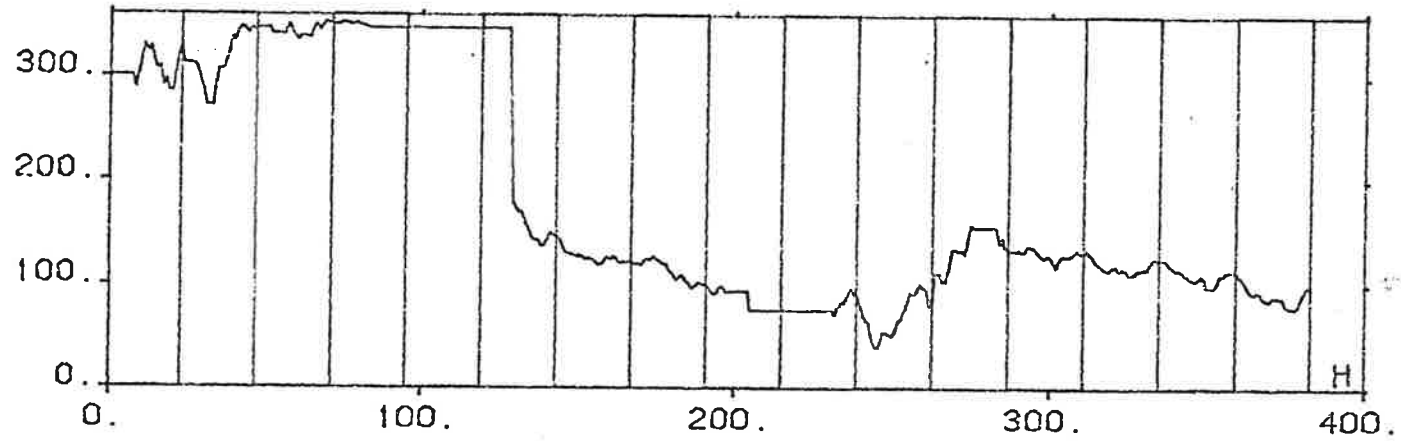
plot(nm)nas80mar(2)(hp)dw/nas80mar(5)(hp)dk "Altitude 120 m
82.05.07 - 15:56:22



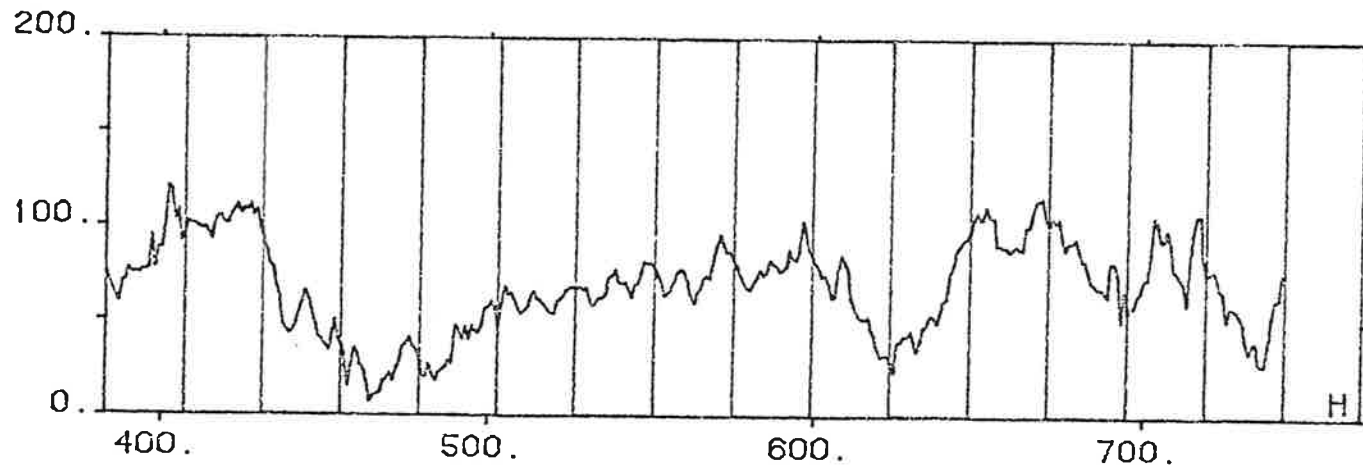
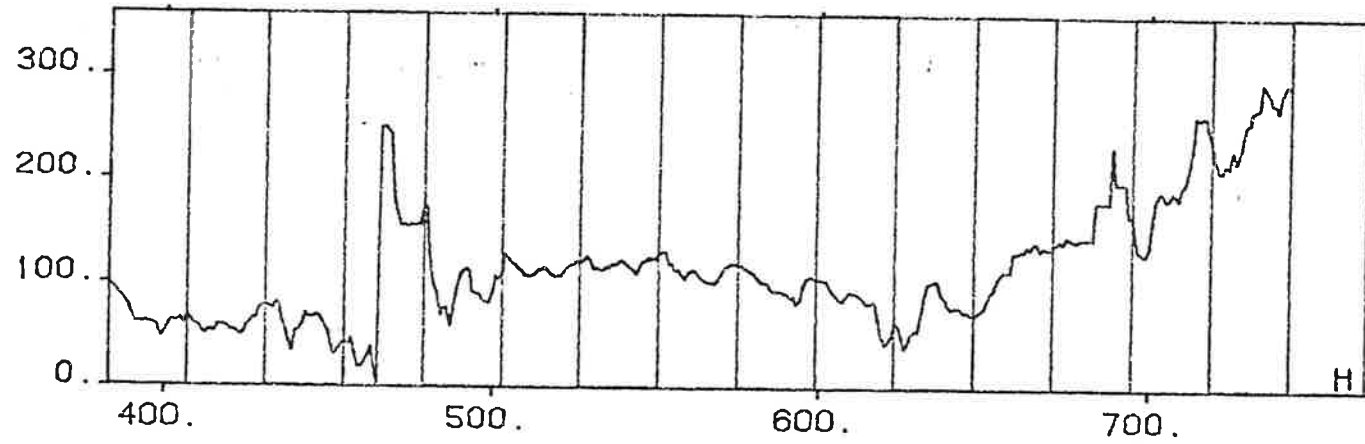
plot(nm)nas80mar(2)(hp)dw/nas80mar(5)(hp)dk "Altitude 120 m



plot(nm)nas80mar(3)(hp)dw/nas80mar(7)(hp)dk "Altitude 75 m
82.05.07 - 15:57:27



plot(nm)nas80mar(3)(hp)dw/nas80mar(7)(hp)dk "Altitude 75 m



VINDSIM Maglarp 2371 744 ARMA-modeller app. 2
mars 80 m75m totvind

```
>switch log on
>82.06.02 - 13:57:54
>cut file1(Maglarp 2371 744
>82.06.02 - 13:58:05
1. 30101.0      268.000      246.000      249.000
1. 154.000      150.000      139.000      129.000
1. 121.000      115.000      98.0000
```

place: Maglarp nrsta =2371 nrofd =744
period: mars1980 text: totvind

BEGIN v1

```
"ml(sc)model(v1)<file2' 1
"82.06.02 - 13:58:35
"
```

DISCRETE MISO TRANSFER FUNCTION

SAMPLE INTERVAL 3600. S

LAMBDA 8.29501 +- 0.215038

LOSS FUNCTION 25596.3

AIC 5263.47

APOLYNOMIAL

1. - 0.9666740 λ -1

UNCERTAINTIES

9.81319E-30 λ -1

CPOLYNOMIAL

1. + 0.138040 λ -1

UNCERTAINTIES

3.62538E-20 λ -1

END

OCHI-SQUARE GOODNESS-OF-FIT TEST; LENGTH: 744

MEAN VALUE -5.961698E-02
STANDARD DEVIATION 8.30038

DEGREES OF FREEDOM 29
TEST QUANTITY 94.8279
CORRECTION FROM THE TAILS 40.1563

SKEWNESS 0.115550
KURTOSIS 2.99521

VINDSIM Maglarp 2371 744 ARMA-modeller app. 2
mars 80 m75m totvind

VARIANCE OF THE RESIDUALS:
68.8037

NUMBER OF CHANGES OF SIGN
OF THE RESIDUALS: 341

5 PERCENT TOLERANCE LIMITS:
344 398

TEST OF INDEPENDENCE OF THE
RESIDUALS

$E(\text{RES}(T) * \text{RES}(T + \text{TAU}))$
FOR: $0 < \text{TAU} < 11$

TEST QUANTITY: 8.55227
DEGREES OF FREEDOM: 10

TEST OF NORMALITY

TEST QUANTITY: 94.8279
DEGREES OF FREEDOM: 29

AUTO COVARIANCES (1.96*SIGMA LIMIT: 7.185709E-02)

1.00000 4.148201E-03 3.286951E-02 1.212459E-02 -2.76781E-02
-8.314987E-03 3.636453E-02 5.983227E-02 -2.266569E-02 3.99630E-02
-4.901120E-02

BEGIN v2

"m1(sc)model(v2) <file2 2
"82.06.02 - 13:59:18
"

DISCRETE MISO TRANSFER FUNCTION

SAMPLE INTERVAL 3600. S

LAMBDA 8.29006 +- 0.21491

LOSS FUNCTION 25565.7

AIC 5266.58

APOLYNOMIAL

1. - 1.684340 λ ⁻¹ + 0.6954570 λ ⁻²

UNCERTAINTIES

0.8105150 λ ⁻¹ + 0.781610 λ ⁻²

VINDSIM Maglarp 2371 744 ARMA-modeller app. 2
mars 80 m75m totvind

CPOLYNOMIAL

1. - 0.5767540 \wedge -1 - 7.40371E-20 \wedge -2

UNCERTAINTIES

0.8152020 \wedge -1 + 0.1450930 \wedge -2

END

OCHI-SQUARE GOODNESS-OF-FIT TEST, LENGTH: 744

MEAN VALUE -5.757403E-02

STANDARD DEVIATION 8.29543

DEGREES OF FREEDOM 29

TEST QUANTITY 107.535

CORRECTION FROM THE TAILS 46.0432

SKEWNESS 0.113506

KURTOSIS 3.05481

VARIANCE OF THE RESIDUALS:

68.7217

NUMBER OF CHANGES OF SIGN

OF THE RESIDUALS: 345

5 PERCENT TOLERANCE LIMITS:

344 398

TEST OF INDEPENDENCE OF THE
RESIDUALS

E(RES(T)*RES(T+TAU))

FOR: 0 < TAU < 11

TEST QUANTITY: 8.35231

DEGREES OF FREEDOM: 10

TEST OF NORMALITY

TEST QUANTITY: 107.535

DEGREES OF FREEDOM: 29

AUTO COVARIANCES (1.96*SIGMA LIMIT: 7.185709E-02)

1.00000 7.779245E-04 8.091905E-03 -1.374121E-03 -3.75434
-1.383805E-02 3.636705E-02 6.142421E-02 -1.920105E-02 4.35567
-4.686026E-02

VINDSIM Maglarp 2371 744 ARMA-modeller app. 2
mars 80 m75m totvind

BEGIN v3

"ml(sc)model(v3) <file2 3
"82.06.02 - 14:00:43
"

DISCRETE MISO TRANSFER FUNCTION

SAMPLE INTERVAL 3600. S

LAMBDA 8.28065 +- 0.214666

LOSS FUNCTION 25507.7

AIC 5268.9

APOLYNOMIAL

1. - 0.725718Q⁻¹ + 0.508257Q⁻² - 0.713064Q⁻³

CPOLYNOMIAL

1. + 0.382612Q⁻¹ + 0.809506Q⁻² + 0.125116Q⁻³

END

OCHI-SQUARE GOODNESS-OF-FIT TEST, LENGTH: 744

MEAN VALUE	-5.835369E-02
STANDARD DEVIATION	8.28601

DEGREES OF FREEDOM	29
TEST QUANTITY	102.198
CORRECTION FROM THE TAILS	46.0432

SKEWNESS	0.110517
KURTOSIS	3.06332

VARIANCE OF THE RESIDUALS:
68.5658

NUMBER OF CHANGES OF SIGN
OF THE RESIDUALS: 341

5 PERCENT TOLERANCE LIMITS:
344 398

TEST OF INDEPENDENCE OF THE
RESIDUALS

E(RES(T)*RES(T+TAU))
FOR: 0 < TAU < 11

VINDSIM Maglarp 2371 744 ARMA-modeller app. 2
mars 80 m75m totvind

TEST QUANTITY: 6.61986
DEGREES OF FREEDOM: 10

TEST OF NORMALITY

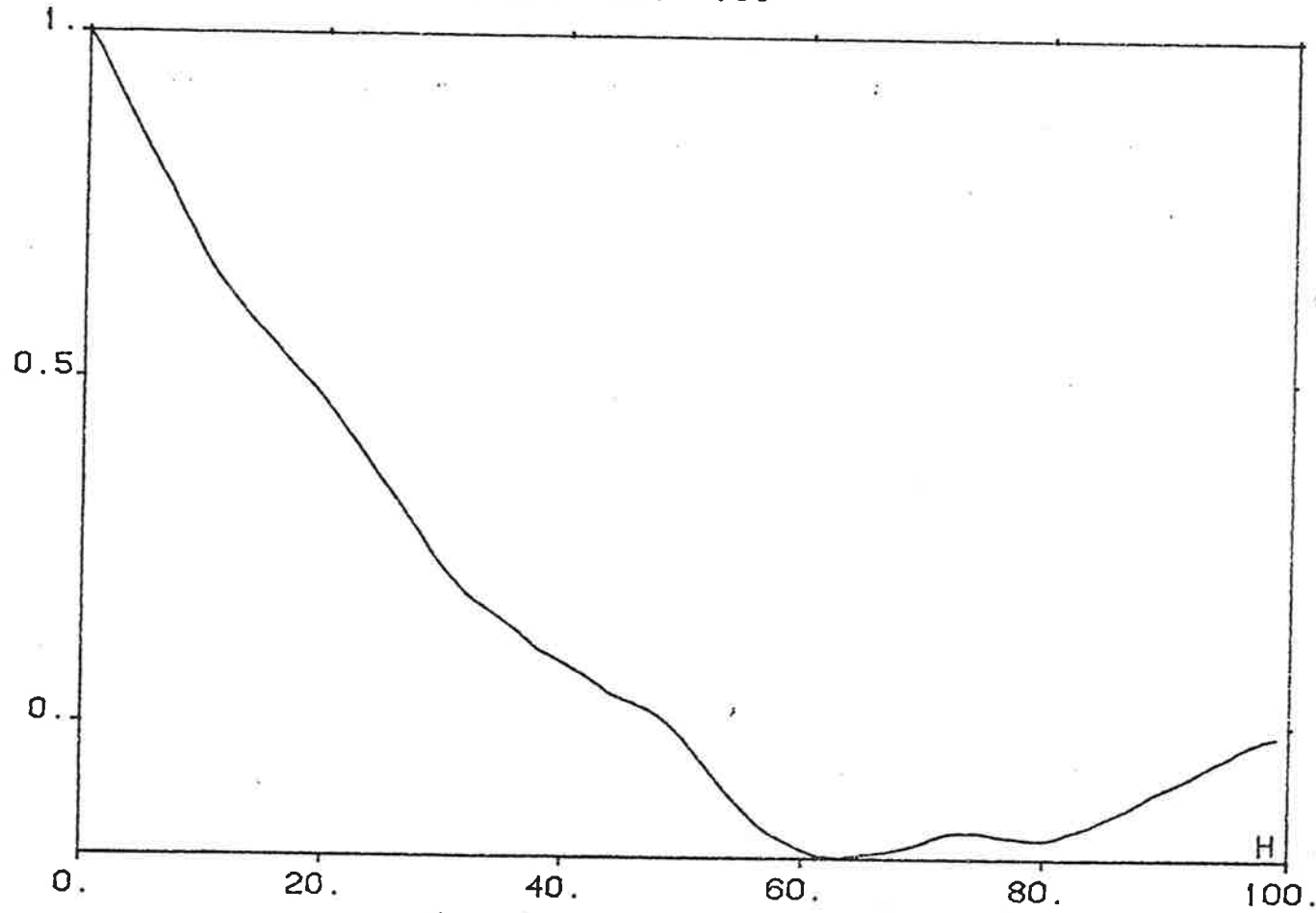
TEST QUANTITY: 102.198
DEGREES OF FREEDOM: 29

AUTO COVARIANCES (1.96*SIGMA LIMIT: 7.185709E-02)

1.00000	6.103257E-04	1.821151E-03	7.287231E-03	2.25008
-9.002554E-03	1.485525E-02	6.559453E-02	-5.184583E-03	3.25681
-5.607024E-02				

plot fcorr
82.05.06 - 14:24:28

maglarp 2371 744 mars75
var.n =1301. nol =100

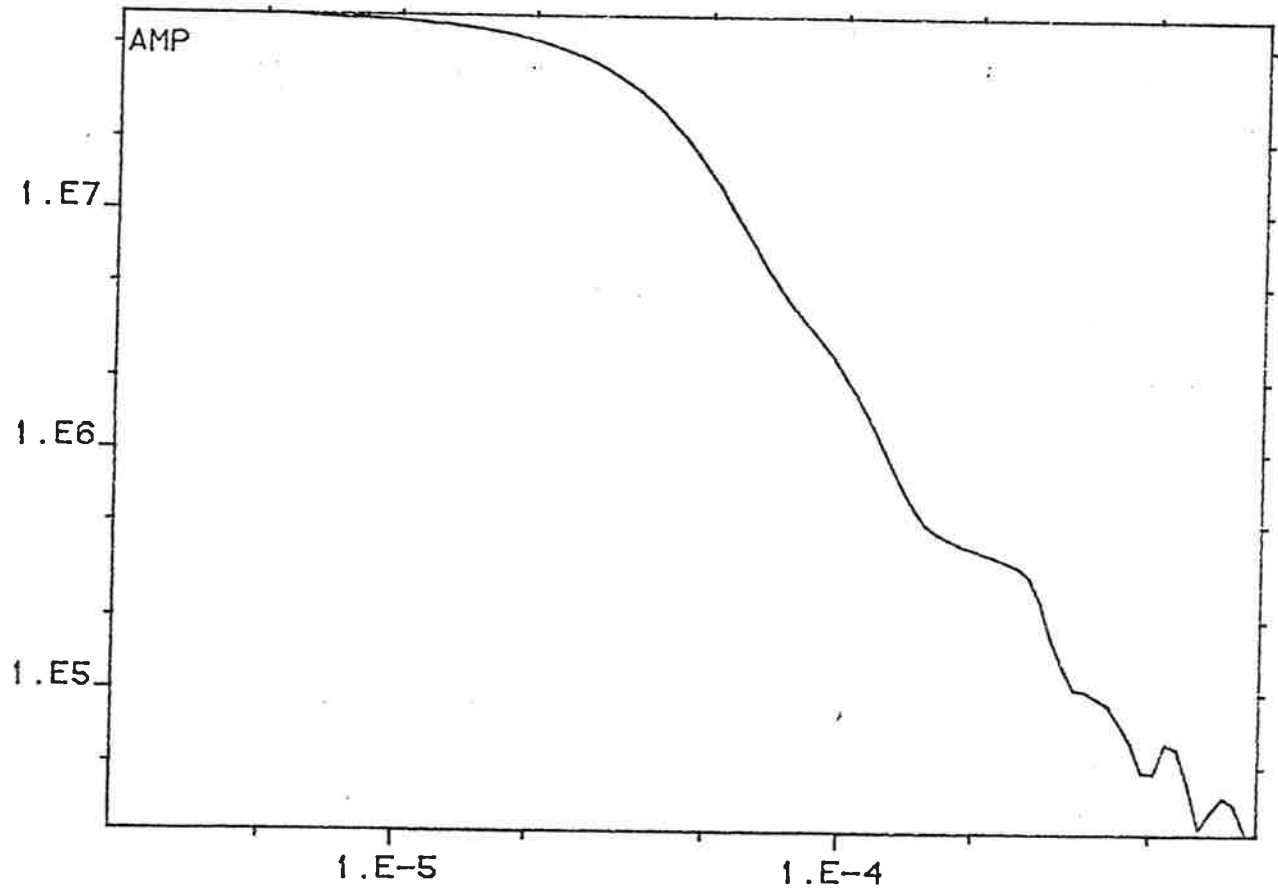


Korrelationsfunktionen for totala vinden

bode fspec
82.05.06 - 14:25:04

maglarp 2371 744 mars75

no1 =37

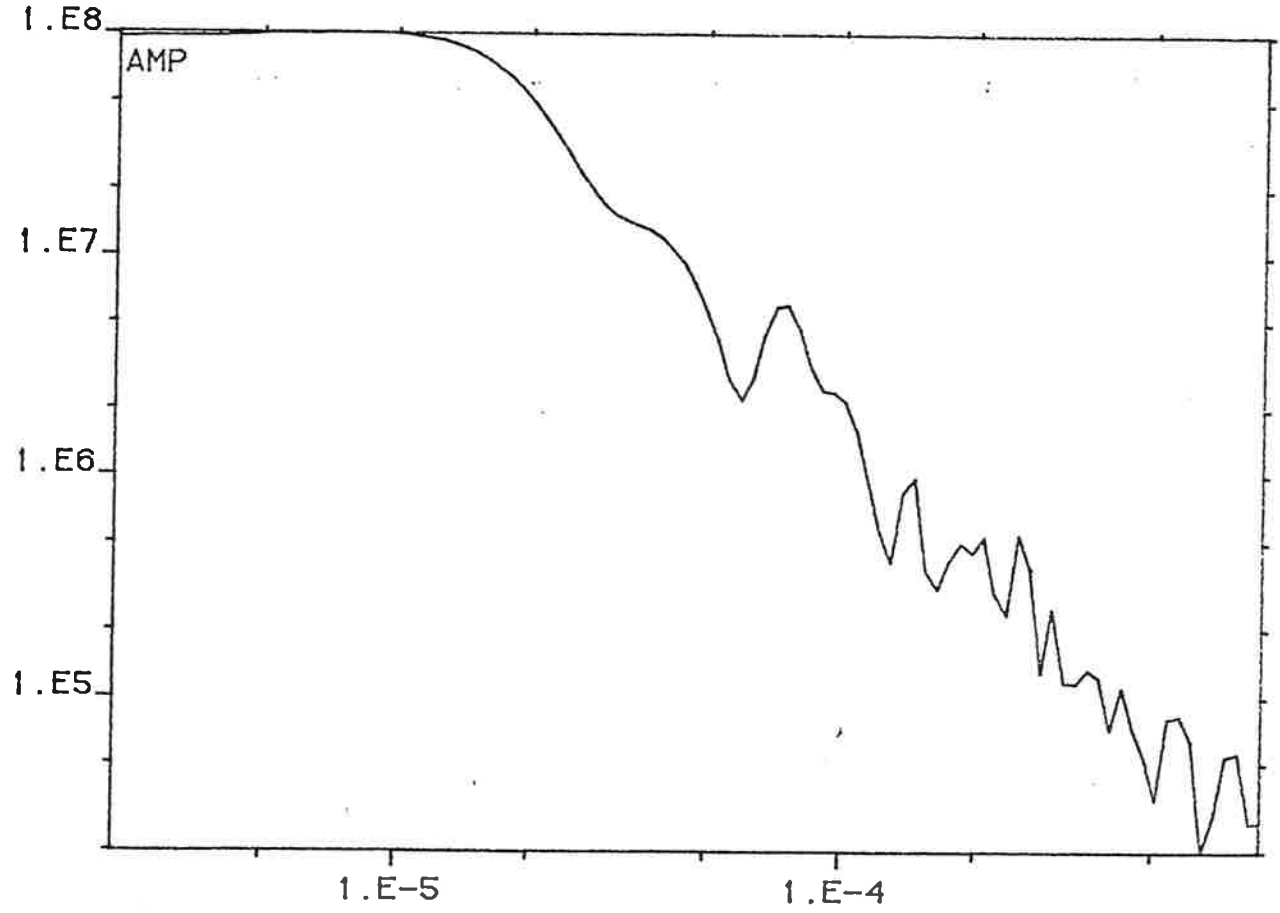


Spektrum för totala vinden

bode fspec
82.05.06 - 14:25:38

maglarp 2371 744 mars75

noi =148

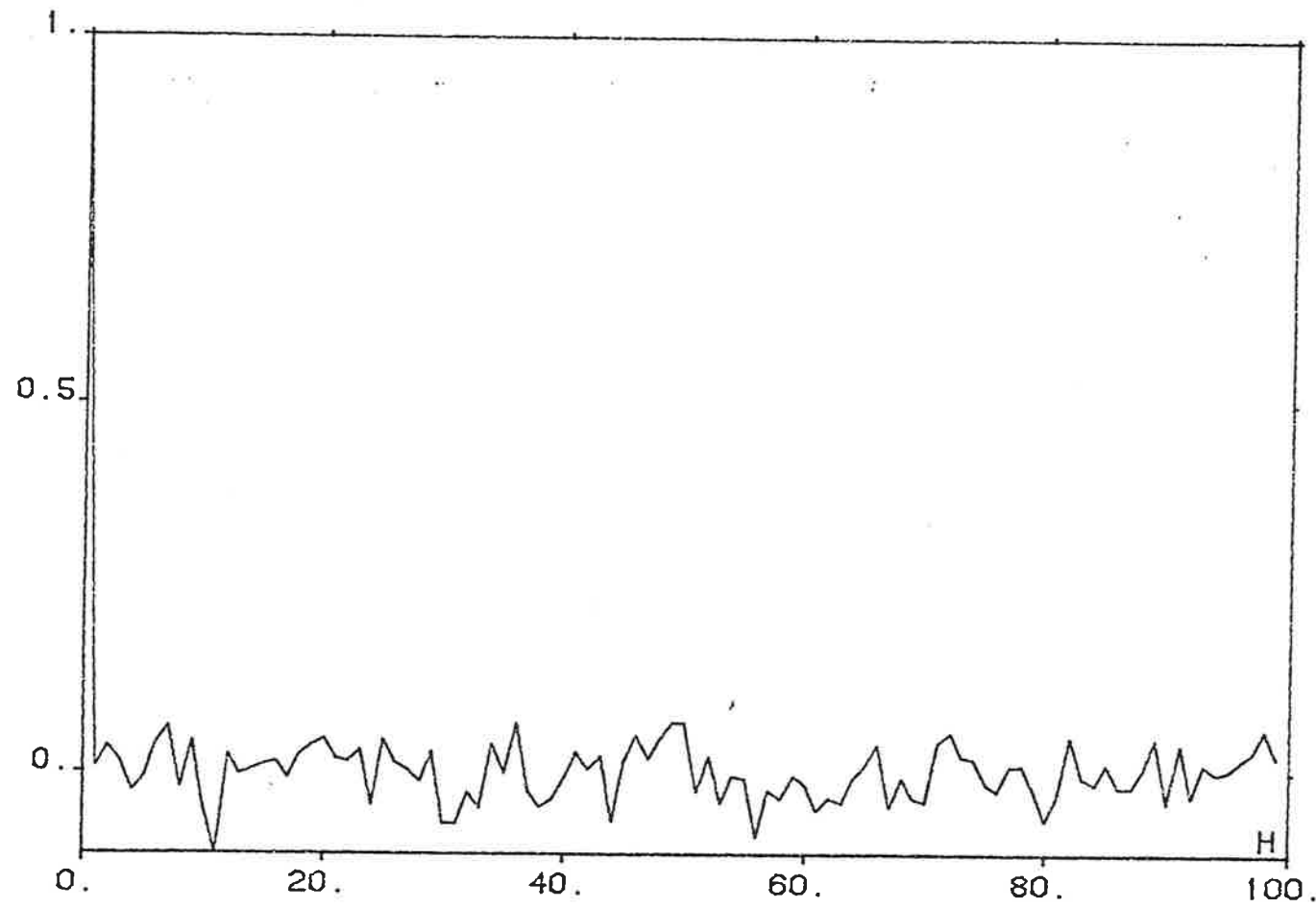


spektrum för totala vinden

plot rescorr
82.05.06 - 14:26:39

maglarp 2371 744 mars75

var.n =68.8



Korrelationsfunktionen for residualerna