



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



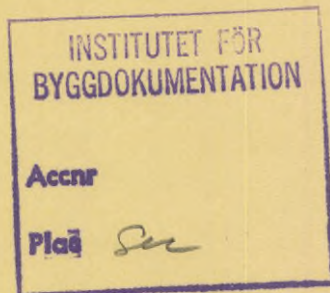
Rapport

R121:1984

**Utvärdering och funktions-
studier av icke nätanslutet vind-
kraftverk med värmelager
i Färlöv**

Bengt Simmingsköld

*K
AHL*



Byggforskningsrådet

R121:1984

UTVÄRDERING OCH FUNKTIONSSTUDIER AV ICKE
NÄTANSLUTEN VINDKRAFTVERK MED VÄRMELAGER
I FÄRLÖV

Bengt Simmingsköld

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 791689-7
från Statens råd för byggnadsforskning till Ideella för-
eningen Teravind, Kristianstad.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt
anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit
ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R121:1984

ISBN 91-540-4236-4
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm
Liber Tryck Stockholm 1984

INNEHÅLL

1	INLEDNING	3
2	SAMMANFATTNING	4
3	BESKRIVNING AV SYSTEMET FÖR HUSUPPVÄRMNING	6
3.1	Beskrivning av vindkraftverket	6
3.2	Beskrivning av värmesystemet	10
3.3	Beskrivning av belastningsanpassningen ..	10
4	RESULTAT	12
4.1	Mätmetoder, mätresultat 25 kW-aggregatet.	12
4.2	Driftserfarenheter värmesystemet	14
5	PÅVERKAN PÅ MILJÖN	20
5.1	Ljud	20
5.2	Ljus	21
5.3	Tele	21
5.4	Isbildning	21
5.5	Fågelliv	21
6.1	UPPSKATTNING AV EKONOMIN KRING EN 25 kW VINDKRAFTANLÄGGNING	23
BILAGA 1	Driftsrapport	
BILAGA 2	Närmare om delarna i värmesystemet	
BILAGA 3	Exempel på registrering från skrivande instrument, vind - effektsamband	
BILAGA 4	Exempel på avprickning av värden från skrivande instrument	
BILAGA 5	Teravind, historik - målsättning	

LITTERATUR



25 Kw-Aggregatet i Färlöv

1 INLEDNING

När den ideella föreningen Teravind bildades sommaren 1977 fanns det i Sverige inte ett enda vindkraftverk med någorlunda godtagbar funktion och verkningsgrad. Påståendet gäller åtminstone vindkraftverk med en märkeffekt större än 7 kW. Hösten 1978 tog Teravind i drift sitt första vindkraftverk, märkeffekt 10 kW. Hösten 1979 tog Teravind i drift sitt andra vindkraftverk, märkeffekt 25 kW. Teravind sökte i samband med detta ett experimentbyggnadslån från BFR. Lånet avsåg byggandet av ett värmelager inkl el-patroner och värmeväxlare. Dessa enheter skulle ingå i ett system för husuppvärmning där Teravinds 25 kW-vindkraftverk ingick. Experimentbyggnadslånet från BFR beviljades liksom ett anslag för utvärdering av systemet för husuppvärmning.

Rapporten visar bl a svårigheter vid drift (inkl ombyggnader/re-
noveringar) av vindkraftverk. Rapporten visar också att Teravinds
25 kW-aggregat förbättrats successivt under tiden hösten 1979 -
våren 1983. Värmesystemet har i stort fungerat som beräknat.



Från invigningen av Teravinds 25 kW-aggregat i Färlöv hösten 1979.

2 SAMMANFATTNING

Uppdragets titel kan anses sammanfatta det uppdrag som ideella föreningen Teravind erhållit. Vindkraftverket som ingick i systemet för husuppvärmning var placerat på en 23 m hög mast. Aggregatet har en märkeffekt på 25 kW vid 10 m/s vindstyrka. Varvtalet är då 88 varv/minut. Aggregatet har tre st 6 meter långa jämbreda helikopterrotorblad. En centrifugalregulator sköter bladvinkelregleringen. Både metoden med överstegring och flöjling av rotorbladen har använts för effektbegränsning vid hårda vindstyrkor. Aggregatets inriktning i vinden har skötts med en 6-bladig sidorotor placerad längst bak på maskinhuset. Aggregatet har visat sig lättstartat utan någon särskild startvinkel. Växellådan är av kuggväxeltyp och växlar upp varvtalet 17 gånger. Generatoren är en 25 kW släppringad synkrongenerator med synkrona varvtalet 1500 varv/minut.

Värmesystemet kan sägas bestå av två huvuddelar. En del består av en ordinär oljepanna försedd med tre elpatroner på sammanlagt 15 kW. Elpatronerna är inkopplade till vindkraftverket via en regleranordning för belastningsanpassning. Den andra delen av värmesystemet består av ett värmelager (ca 7 m³ vattentank) försedd med fem elpatroner på sammanlagt ca 30 kW. I värmelagret finns två värmeväxlare, en för varmvattnet till villans radiatorer, en för villans varmvattenbehov (förbrukningsvatten). En avancerad reglerutrustning styr energitillförseln och energiförbrukningen. Villans värmebehov tillgodoses i första hand direkt av vindkraftverket via elpatronerna i pannan, i andra hand av den lagrade vindenergin i värmelagret och i sista hand av oljan i oljepannan.

En vindmätare, energimätare och ett tidtagarur ingick i mätutrustningen för vindeffektsamband vid driften av 25 kW-aggregatet i ursprungsversionen med smala 5 meters helikopterrotorblad. Mätningarna visade låg verkningsgrad. Vid mätningarna på aggregatet med 6 metersblad ingick en vindmätare, en effektmätare och ett skrivande instrument i mätutrustningen. Efter några ombyggnader och flera justeringar av aggregatet och belastningsanpassningen uppmättes vindeffektsamband enligt diagram 4 nedan. Det innebär en verkningsgrad som inte ligger långt efter de danska kommersiella vindkraftverken i motsvarande storlek. Till hjälp vid uppmätningarna av vind-effekt-sambandet hade under sommaren 1983 en mätutrustning lånats av CTH. Den bestod av vindmätare och effektmätare kopplade till en mät dator.

Ljudproblem från vindkraftverket har i stort sett endast förekommit då fel uppkommit i någon del av vindkraftverket. Närmare än ca 100 meter från närmaste fastighet bör man dock inte placera vindkraftverk av denna storlek. Ljusproblem har vid några tillfällen uppkommit då skuggor från vindkraftverkets rotor träffat fönster i närliggande fastigheter. Några klagomål på telestörningar har förekommit. De har upphört efter injustering av TV-antennar, i ett fall efter montering av antennförstärkare. Aggregatet har inte inneburit några problem för fågellivet.

Värmesystemet i villan fungerade i stort som beräknat. Effektiviteten i värmeväxlarna kunde varit högre, isoleringen av vattenvärmelagret tjockare.

En grov kalkyl över ekonomin kring en komplett Teravindanläggning

(15 års ekonomisk livslängd, 6,5 % nettoränta) visar att anläggningen blir privatekonomiskt olönsam om ingen hänsyn toges till inflation. Vid en inflation högre än 6 % per år blir anläggningen lönsam i jämförelse med uppvärmning med olja.

3 BESKRIVNING AV SYSTEMET FÖR HUSUPPVÄRMNING

3.1 Beskrivning av vindkraftverket

Vindkraftverket är en läplacerad trebladig turbin med rotordiametern 13 meter (tidigare 11 meter) och med märkeffekten 25 kW vid 10 m/s vindstyrka. Varvtalet är då 88 varv/minut, vilket ger ett löptal (spetshastighetsförhållande) på 6. Tornhöjden är 23 meter.

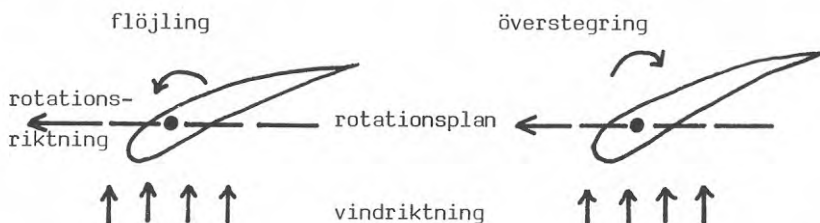
Rotorblad

Vid driften av 25 kW-aggregatet har helikopterrotorblad använts trots medvetande om att bladen inte har bästa utformning för vindkraft. Detta av främst ekonomiska skäl, billiga begagnade helikopterblad har kunnat införskaffas. Bladen har bara varit i drift i ca 1000 timmar och har väldokumenterat god hållfasthet. Bladen är jämbreda (520 mm) hela vägen, torderingen (vridningen) är linjär, 15 grader mellan bladrot och bladspets, profilformen är nästan symmetrisk (vilket i detta fall är tur eftersom bladen vid vindkraftdrift måste anblåsas från "fel" håll). Bladen har ett ytterskal av aluminium och är fyllda med komprimerad aluminiumfolie. Vid en eventuell serietillverkning av vindkraftverk bör t ex glasfiberblad med bättre aerodynamisk utformning användas.

Nav och reglering

Navet är av stel konstruktion och saknar konvinkel. Bladvinkelregleringen sköts med tre stycken centrifugalvikter på hävstänger. Centrifugalregulatorn är av typen traditionell ångmaskinregulator, där vikterna påverkar en platta som rör sig utefter primäraxeln. I denna platta sitter länkarmarna till bladen infästa och synkroniserade. Hela mekanismen är inkapslad och löper i oljebad.

Bladvinkelregleringen har byggts för att klara effektbegränsningen (begränsa varvtalet) vid hårda vindstyrkor. Två metoder för bladvinkelreglering kan användas, överstegring och flöjling, se figur.



Från början användes överstegringsmetoden, därefter flöjlingsmetoden genom att länkarmarna ändrades, se vidare driftsrapporten. Flöjlingen av bladen kom aldrig att lyckas särskilt bra. Förklaringen till detta ligger främst i att bladaxeln placerats för långt bak i bladet (34 % från framkanten). Den resulterande lyftkraften får då sin angreppspunkt framför bladaxeln (ca 25 % från framkanten) och ger upphov till ett vridande moment som vill vrida bladen till överstegring, dvs tvärtemot den önskade riktningen. Detta moment ökar snabbt med vindstyrkan och varvtalet och saboterar centrifuga-

galregleringens tänkta funktion. Bladaxeln bör om möjligt ligga mitt för lyftkraftens angreppslinje i bladet för att minimera inverkan av oönskade vridande moment.

Bladinfästningen var från början gjord med ett enkelt vändkranslager som senare kompletterades med ett extra stödlager.

Inriktning i vinden

Inställning i vindriktningen sköts med en 6-bladig sidorotor placerad längst bak på maskinhuset. Kraften från rotorn överförs via snäckväxel och dubbla kilremmar till vändkranslagringen i masttoppen. Det går även att vrida verket ur vind från marken genom att starta en elektrisk motor som är kopplad till sidorotorn. Från början prövades att ordna vindinriktningen med fritt svängande maskinhus (läturbin). Det visade sig dock snart att det inte gick att få stabil inriktning på detta sätt, varför sidorotorn konstruerades.

Startvinkel

Vindkraftverket är lättstartat trots liten bladvinkel. Det tycks alltså inte behövas någon speciell "startvinkel". Förklaringen är troligtvis att det uppstår ett sug kring framkanten på bladet p g a en lokal vindhastighetsökning (ger lägre tryck).

Kraftöverföring

Primäraxeln är lagrad i sfäriska kullager. Växellådan, av fabrikat Eurodrive, är av kuggväxeltyp och växlar upp varvtalet 17 gånger. En stor och en liten skivbroms finns. Den stora är placerad på primäraxeln nära navet och den lilla mellan växellåda och generator. Bromsarna manövreras med reglage nere vid marken.

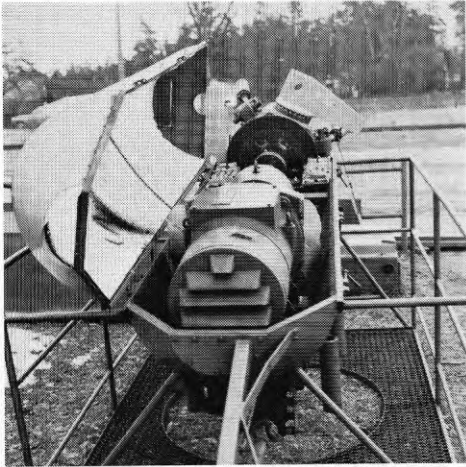
Generator, effektreglering

Generatoren är en släpringad synkrongenerator, fabrikat Markon, med synkrona varvtalet 1500 varv/minut. Magnetiseringen sköts här automatiskt, så man slipper bekymra sig om den saken (om man däremot vill använda sig av den billigare och vanligare asynkronmaskinen är just magnetiseringen ett stort problem). För att bättre kunna utnyttja energin i svaga vindar väljer man ofta att på något sätt effektreglera generatoren. Nödvändigheten av en effektreglering bestäms bl a av bladens dragkraft och vald generatorstorlek. Det gäller att anpassa generatorns karaktäristik till vindkraftverkets emottagna effekt inom ett lämpligt effektområde. Man kan t ex reglera magnetiseringsgraden (exempelvis med tyristorkoppling) eller reglera den yttre belastningen, värmepatronerna. I Teravinds fall valdes den senare metoden.

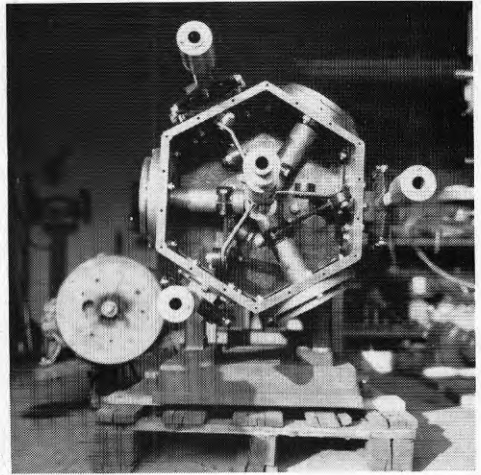
Generatoren tål att överbelastas ganska kraftigt under korta perioder. Vid några tillfällen har effekter upp till 50 kW avlästs vilket är två gånger märkeffekten. Dock bör naturligtvis överbelastning undvikas.



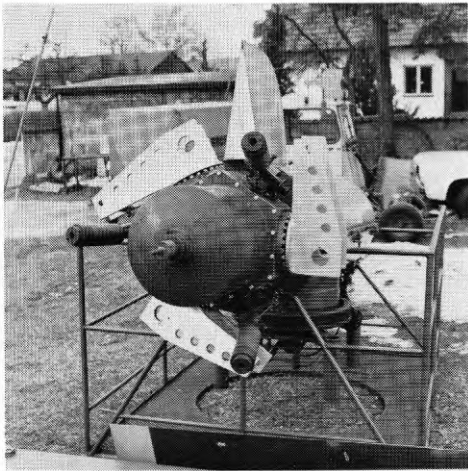
25 kW-aggregatet i Färlöv



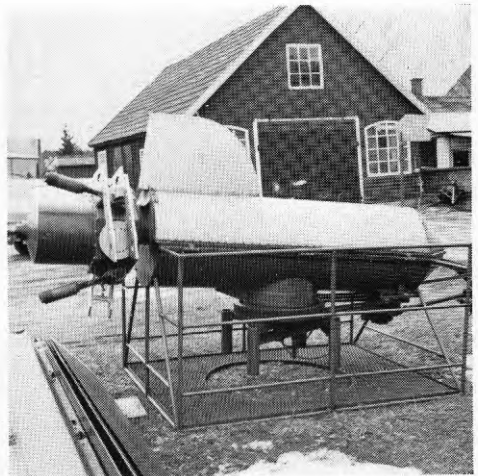
generator, växellåda
skivbroms, bladfäste



centrifugalvikter,
länkarmar i navet



centrifugalvikter,
bladfästen



aggregatet exkl
rotorblad, sidorotor

3.2 Beskrivning av värmesystemet

Värmesystemet i villan är till för att klara dess energibehov vad gäller uppvärmning och varmvatten (förbrukningsvatten). Värmesystemet är uppbyggt så att det tar tillvara så mycket energi som möjligt från vindkraftverket.

Värmesystemet kan sägas bestå av två huvuddelar. En del består av en ordinär oljepanna försedd med tre elpatroner på sammanlagt ca 15 kW. Elpatronerna är inkopplade till vindkraftverket via en regleranordning för belastningsanpassning. Den andra delen av värmesystemet består av ett värmelager (ca 7 m³ vattentank) försett med fem elpatroner på sammanlagt ca 30 kW. I värmelagret finns två värmeväxlare, en för varmvattnet till villans radiatorer, en för villans varmvattenbehov (förbrukningsvatten). En avancerad reglerutrustning styr energitillförseln och energiförbrukningen. För en mer detaljerad beskrivning av delarna i värmesystemet, se bilaga.

Allt förbrukningsvatten passerar en värmeväxlare i vattentanken. På så sätt utnyttjas värmelagret ända ner till ca 5°C vilket är temperaturen på det ingående vattnet. Det förvärmade vattnet värms vid behov upp ytterligare i oljepannan.

Funktionen av värmesystemet är beroende på vindkraftverkets avgivna effekt, villans effektbehov, temperaturen i oljepannan och i vattentanken vid den aktuella tidpunkten. För att förklara funktionen kan man dela in den i två huvudfall. Det ena (A) när vindkraftverkets effekt väl räcker till för villans effektbehov, det andra (B) när vindkraftverkets effekt inte räcker till för effektbehovet.

- A. När det blåser så att vindkraftverket ger tillräcklig effekt är elpatronerna i oljepannan inkopplade tills önskad temperatur uppnåtts. När detta skett kopplas de ifrån och i stället kommer elpatronerna i värmelagret att kopplas in. Reglerutrustningen ser till att värmen till radiatorerna tas i första hand från värmelagret via värmeväxlaren, i andra hand från pannan. Temperaturen i värmelagret avgör detta. Om värmelagret är varmare än stigartemperaturen till radiatorsystemet är det inkopplat.
- B. När vindkraftverket inte ger tillräcklig effekt tas värmeenergin till radiatorerna i första hand från värmelagret. När temperaturen i värmelagret inte räcker och effekten från vindkraftverket inte räcker för att hålla tillräcklig temperatur i pannan går oljebrännaren igång. En reglerutrustning ser till att detta sker automatiskt.

3.3 Beskrivning av belastningsanpassningen

En elektronisk reglerutrustning kopplar in de olika elpatronerna i pannan respektive tanken till vindkraftverket. En elpatron ligger som grundlast, resten är uppdelade på fyra steg och kopplas successivt in och ut med spänningskännande reläer. För att bli slippta det oljud som högspänningsreläer ger ifrån sig används 12 Voltsreläer plus transformator. Rattar på utrustningen gör det möjligt att utifrån ändra spänningsnivåerna för inkoppling och urkoppling av de olika elpatronerna. Efter driftserfarenheter har

den inställning som medfört högst verkningsgrad ställts in.

Eftersom pannan endast kan ta emot ca 15 kW och vindkraftverket kan ge upp till 30 kW är två av tankens elpatroner, ca 12 kW, ständigt inkopplade till vindkraftverket via belastningsanpassningsutrustningen.

4 RESULTAT

4.1 Mätmetoder, mätresultat 25 kW-aggregatet

Under den tid som 5 metersbladen användes vid driften bestod mätutrustningen av;

- a) En vindmätare. Givaren till vindmätaren satt på en mast 17 meter över marken och befann sig ca 36 meter från vindkraftverket. Ett visarinstrument visade vindstyrkan i anslutning till övriga instrument.
- b) Volt och Amperemeter.
- c) Energimätare (kWh) av den typ som finns i de flesta fastigheter.

Mätmetod; Tiden för 10 varv på energimätarens roterande skiva togs. 10 varv motsvarar en energileverans på 0,1 kWh från vindkraftverket. Denna energi dividerat med uppmätt tid ger medeleffekten under mätperioden. En medelvindstyrka uppskattades samtidigt genom avläsning på vindmätaren. Ett flertal sådana mätperioder om 10 varv ($\approx 0,1$ kWh) ligger till grund för vind-effektukurvan för vindkraftaggregatet med 5 metersbladen, se diagram 1.

Genom avläsning av Volt och Ampere-värden erhöles också medeleffekten under 10 varvsperioderna. Mätmetoden är i sig inte särskilt noggrann, men upprepade mätningar kan med medelvärdesberäkningar ge en hygglig uppskattning av vind-effektsambandet.

Då vindkraftverket försetts med 6 metersbladen hade vi ett skrivande instrument inkopplat. Vindmätaren och en effektmätningensanordning var inkopplade till skrivaren.

Kontinuerligt registrerades levererad effekt i förhållande till vindstyrkan, ex på registrering från skrivaren, se bilaga B3a och B3b.

Vanligaste skrivarhastighet var 3 cm/minut vid mätningarna. Ett flertal diagram har upprättats över mätperioder på 20 minuter. Vid varje centimeterlinje på skrivarappret har i tiden samhörande värden på vind-effekt markerats. Varje minut har på så sätt gett 3 talpar, på 20 minuter 60 mätvärden (talpar). Dessa talpar har markerats i diagrammen, ex se diagram B4a och B4b i bilagan. För varje 20-minutersintervall har medelvärdet på vindstyrkan och effekten beräknats. Varje mätpunkt i diagram 2 kommer från medelvärdesberäkningen av ett speciellt 20-minutersintervall. De 57 punkterna i diagrammet motsvarar således en sammanlagd mättid på 57×20 minuter = 1140 minuter = 19 timmar. Sammanfattning, se diagram 3. Eftersom givaren till vindmätaren befann sig 36 meter från vindkraftaggregatet mättes egentligen inte den vind som för stunden träffade aggregatet. Detta betyder dock inte så mycket vid den använda mätmetoden, medelvärdesberäkningarna för 20 minutersintervallen neutraliserar detta "mätfel". I genomsnitt blåser det lika mycket vid aggregatet som 36 meter därifrån (bortsett från skillnaden i vindstyrka p g a skillnad i höjd över marken mellan aggregatets axel och vindmätargivaren, se nedan).

Efter allt manuellt arbete med mätvärdena från det skrivande instrumentet var det inte utan att en mätdator var efterlängtd. Kurvorna från skrivaren gav dock en hel del värdefull information om snabba förändringar i levererad effekt i vindbyar, om belastningsanpassningens inverkan m m. Skrivarens maxhastighet, 60 cm/s användes då snabba förlopp skulle registreras för en mer ingående analys t ex vid inställning av bladvinkel och belastningsanpassning.

Vind-effektsambandet visade en mycket hög verkningsgrad, se diagram 2. Det faktum att vindmätargivaren satt 6 meter lägre än axeln på vindkraftaggregatet antogs ha "förskönat" mätvärdena från skrivaren. Medelvindstyrkan ökar med höjden över marken. För att bli a få fram storleken på de mätfel som uppkommit på grund av skillnaden i vindstyrka 23 respektive 17 meter över marken lånades under sommaren 1983 en mätutrustning från Chalmers Tekniska Högskola. Mätutrustningen bestod av

- a) En vindmätare med givaren placerad på en mast 23 meter över marken, ca 34 meter från vindkraftaggregatet.
- b) Ett effektmätningssinstrument.
- c) En mätdator.

Mätdatorn registrerade samhörande värden från vind och effektmätarna. Medelvärdet på vindstyrkan respektive effekten beräknades för 12 sekundersintervall. I datorns minne lagrades dessa värden på så sätt att alla effektvärden för vindstyrkor i intervallet 0,0 - 0,5 m/s lagrades för sig, effektvärdena i intervallen 0,5 - 1,0 m/s, 1,0 - 1,5 m/s o s v för sig. Från datorn kunde man sedan få fram medeleffekten vid respektive vindintervall. Vind-effektsambandet i diagram 3 visar en sammanfattning av mätresultaten från olika mätperioder med olika medianvind. Sammanlagt ligger resultaten från ca 100 timmars drift bakom diagrammet.

En jämförelse mellan diagram 2 och 3 kan ge en uppfattning om skillnaden i vindstyrka 23 respektive 17 meter över marken. Medelvindstyrkan visade sig vara ca 0,7 m/s högre på 23 meters höjd än på 17 meters höjd vid mätplatsen i Färlöv.

Kurvorna över verkningsgraden i diagram 1, 2 och 3 visar levererad elektrisk effekt dividerad med effekten i vinden (som en följd av rörelseenergin hos luften) vid respektive vindstyrka. Effekten i en viss vind $P(v)$ beror på luftens densitet ρ , på arean A som rotorn sveper över och på vindhastigheten v enligt följande;
 $P(v) = 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$.

$$P(v) \text{ med } 5 \text{ metersbladen} = 0,5 \cdot 1,293 \cdot (5,3 \cdot 5,3 \cdot \pi) \cdot v^3 = 57,02 \cdot v^3.$$

$$P(v) \text{ med } 6 \text{ metersbladen} = 0,5 \cdot 1,293 \cdot (6,41 \cdot 6,41 \cdot \pi) \cdot v^3 = 83,2 \cdot v^3.$$

Tabellen visar $p(v)$ för vindstyrkorna 1 - 15 m/s för aggregatet med 5 resp 6 meter långa blad ($p_5(v)$ resp $p_6(v)$). I tabellen visas också uppmätta värden på levererad elektrisk effekt vid resp vindstyrka ($P_{5EL}(v)$ resp $P_{6EL}(v)$). Mätvärdena från CTH-utrustningen är de som visas i tabellen över $P_{6EL}(v)$. Även verkningsgraden vid driften med 5 resp 6 metersblad η_5 resp η_6 visas i tabellen

$$\eta_5 = P_{5EL}(v)/P_5(v) \quad ; \quad \eta_6 = P_{6EL}(v)/P_6(v).$$

Ibland anges verkningsgraden som förhållandet mellan levererad effekt och det teoretiska maxvärdet för levererad effekt. Enligt strömningsteorin är detta maxvärde $p(v)_{TEORMAX} = 0,592 \cdot p(v)$. I tabellen har medtagits också denna verkningsgrad (för driften med 6 metersblad) här benämnd $\eta_{6TEOR} = p(v)_{6EL} / p(v)_{6TEORMAX}$; η_{6TEOR} kan också avläsas i diagram 4.

Tabell 1. Vindstyrkor i m/s, effekter i kW.

v	$p_5(v)$	$p_{5EL}(v)$	η_5	$p_6(v)$	$p_{6EL}(v)$	η_6	η_{6TEOR}
1	0,03	0	0	0,11	0	0	0
2	0,27	0	0	0,88	0	0	0
3	1,55	0	0	2,98	0,7	0,20	0,34
4	3,67	0	0	5,31	1,5	0,28	0,47
5	7,16	0,4	0,06	10,39	3,0	0,28	0,47
6	12,38	1,1	0,09	17,77	4,8	0,27	0,46
7	19,66	2,3	0,12	28,52	7,2	0,25	0,42
8	29,34	4,1	0,14	42,56	9,9	0,23	0,39
9	41,78	6,1	0,15	60,61	12,8	0,21	0,35
10	57,31	9,0	0,15	83,14	16,0	0,19	0,32
11	76,28	10,7	0,14	110,65	19,5	0,18	0,30
12	99,04	13,0	0,13	143,68	23,4	0,16	0,27
13	125,92	14,7	0,12	182,66
14	157,27	13,2	0,08	228,16
15	193,43	9,6	0,05	280,62

Med 6 metersbladen bör vindkraftverket ge ca 50 000 kWh under ett år på en plats med medianvinden 5,5 m/s. Detta förutsätter en tillgänglighet på 100 %, dvs att verket alltid är i drift då vindstyrkan räcker för energiproduktion. Det uppskattade årsvärdet på energiproduktionen baseras dels på våra mätningar, dels på beräkningar i rapporten NE 1978:4 "Små vindkraftaggregat" speciellt fig 2.1 - 4.

4.2 Driftserfarenheter värmesystemet

Tank-panna-anläggningen har varit i drift sammanlagt i ca ett år. Den har i stort uppfyllt de driftskrav vi ställt upp. Driften har dock visat vissa svagheter i systemet;

- Isoleringen av tanken är för tunn, värmeutstrålningen har varit för hög. Isoleringstjockleken bör minst vara dubbelt så tjock.
- Tanken är i största laget i förhållande till den energi som vindkraftverket levererar på en plats som den i Färlöv. Tankens storlek kunde ha varit hälften så stor eller byggts i två från varandra isolerade sektioner så att en sektion snabbare kunde få upp temperaturen vid effektöverskott från vindkraftverket.
- Värmepatronerna var placerade för långt ner i tanken vilket gjorde att vattnet kring värmeväxlaren ofta fick för låg temperatur.

Eftersom vindkraftverket inte under några längre perioder varit i drift hela dygnet har inte t ex kurvor över tanktemperaturen som

funktion av tiden vid olika driftssituationer upptagits. Vattnet i tanken ger ifrån sig 550 kWh då dess temperatur sjunker 70°C. Detta motsvarar knappt sex dygn (137 timmar) vid en avgiven effekt på 4 kW. Befintlig mätutrustning kan inte ge besked om hur stor del av denna effekt som utgöres av värmeförluster.

DIAGRAM 1

Resultat från driften med 5 metersblad

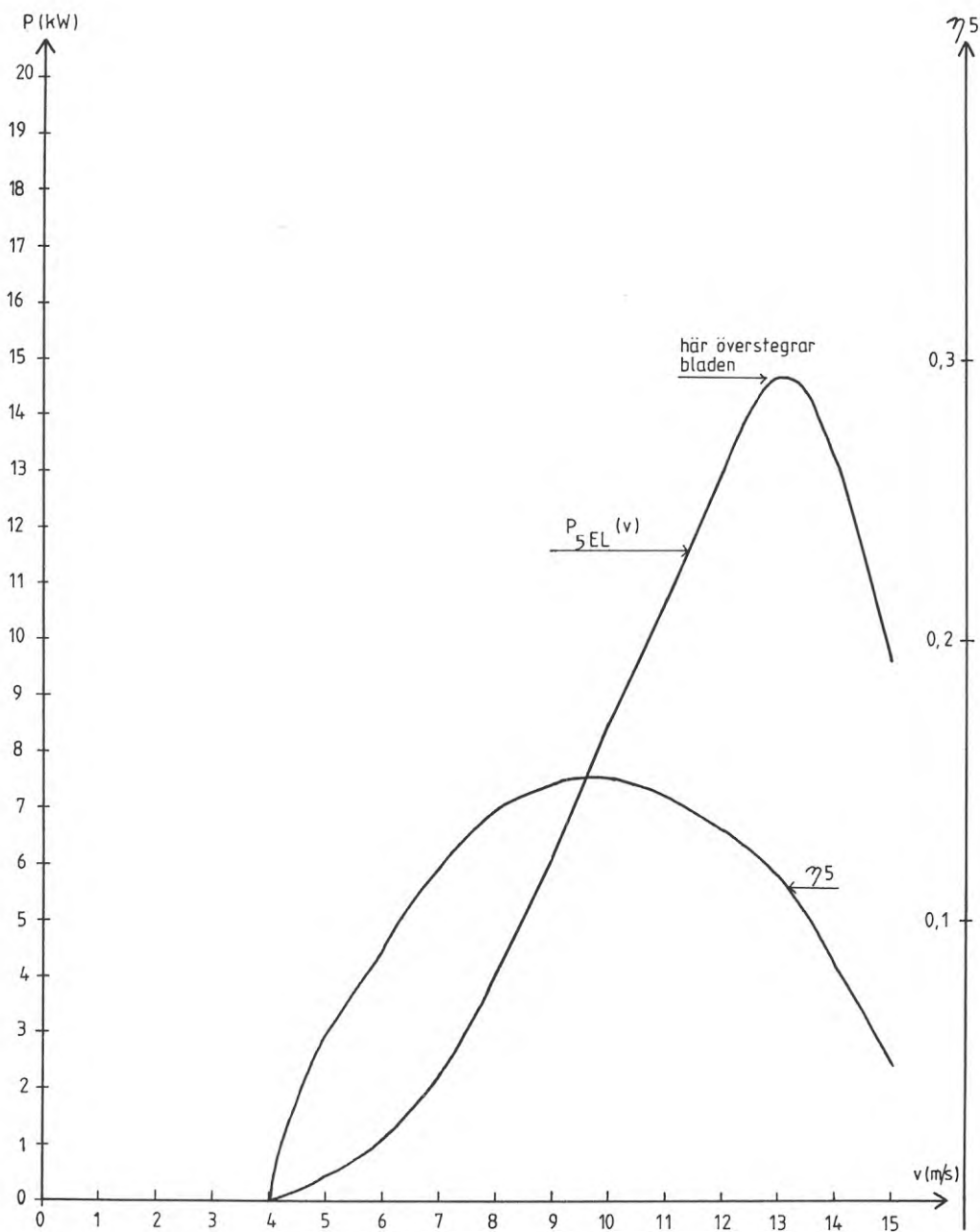


DIAGRAM 2

Resultat från driften med 6 metersblad.

Beräkningar ur data från skrivande instrument.

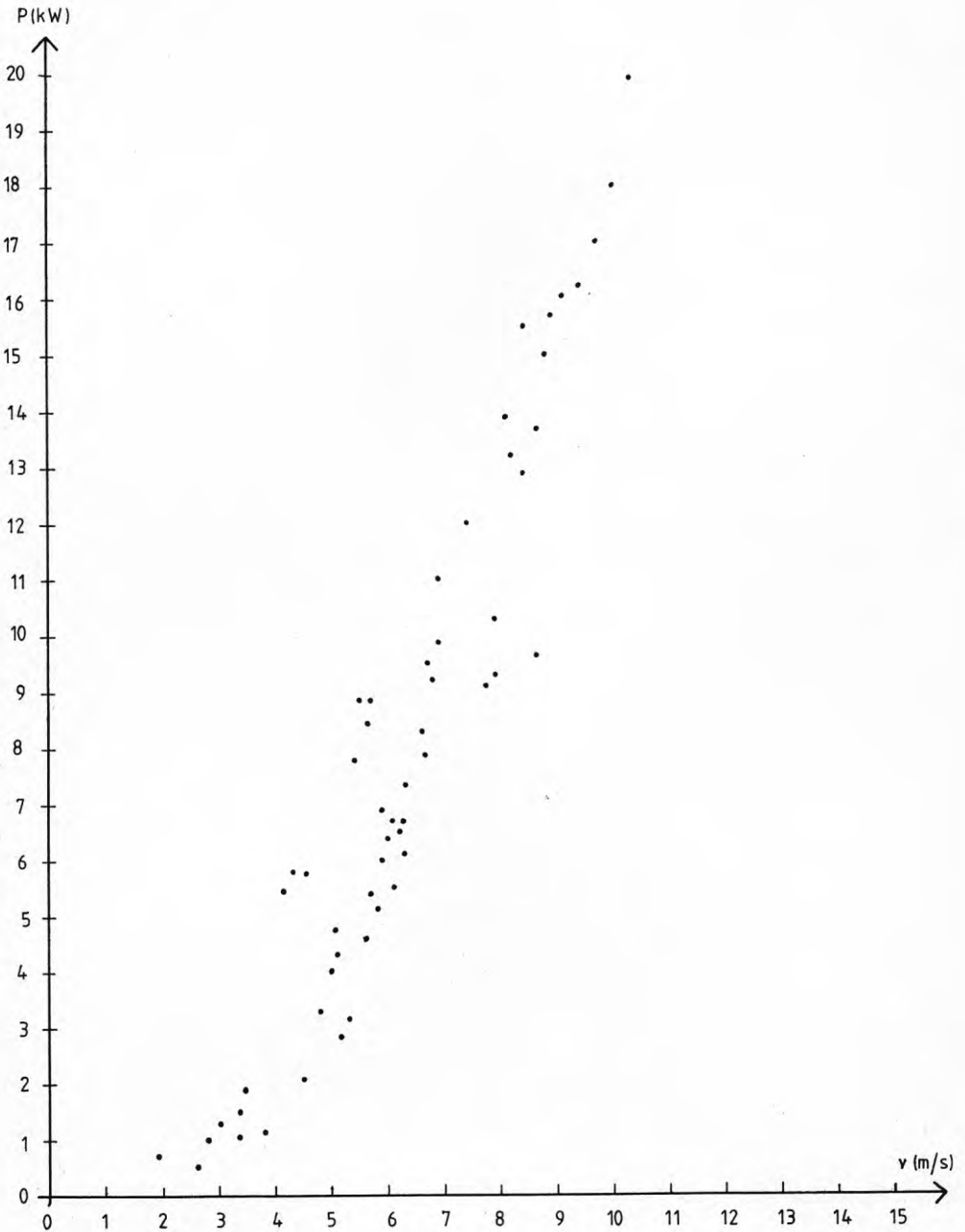


DIAGRAM 3

Resultat från driften med 6 metersblad.

Sammanfattning av mätpunkterna i diagram 2.

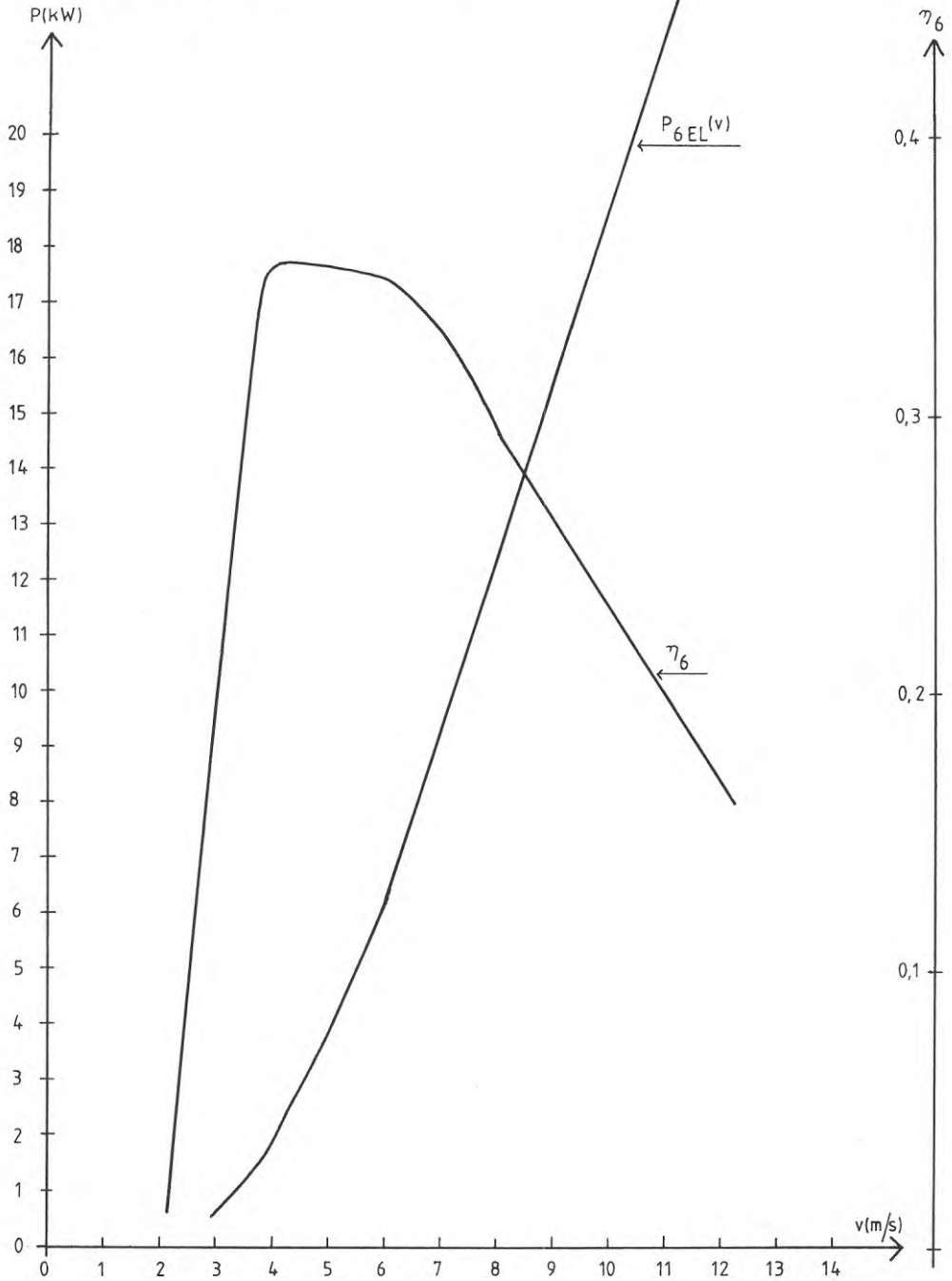
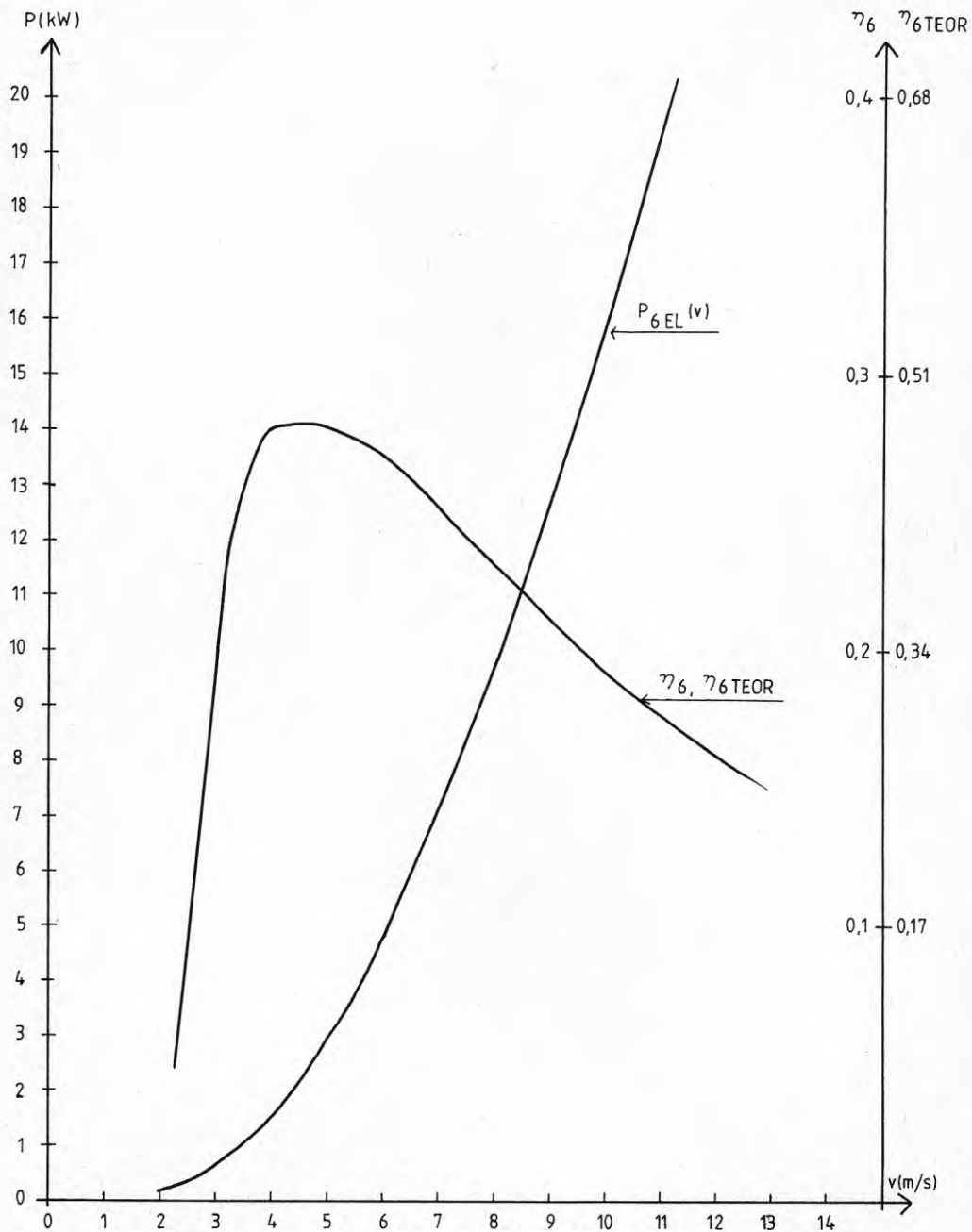


DIAGRAM 4

Resultat från driften med 6 metersblad.

CTH - mätningarna



5 PÅVERKAN PÅ MILJÖN

5.1 Ljud

25 kW-aggregatets placering i Färlöv valdes i första hand med tanke på närheten till verkstad och närheten till de personer som skulle sköta driften av aggregatet. Med den valda placeringen "mitt inne i Färlöv" tog vi då en medveten risk vad beträffar t ex eventuella ljudproblem. Aggregatet är vid stora delar av dygnet den enda hörbara ljudkällan. När det blåser hörs förutom aggregatet oftast bara vindljud från närliggande träd och fastigheter. Vi insåg från början att om vi skulle kunna använda aggregatet på den plats vi valt måste vi få det att gå närmast ljudlöst.

Under första året fram till 16/8-1980 gick aggregatet med 5 meter långa blad och maxvarvtalet 135 varv/minut. Detta varvtal visade sig vara i högsta laget, det vinande ljudet från bladspetsarna lät otäck dock utan att ha en särskilt hög ljudnivå (< 60 dB rakt under masten). Därtill hördes ett svagt klapp-klapp-ljud när rotorbladen passerade masten då rotorns varvtal låg i närheten av maxvarvtalet.

När vinden ökade så att rotorn överstegrade hördes ett ganska kraftigt vinande, brusande ljud från rotorn. Detta gjorde att vi sällan hade aggregatet i drift nattetid då vindstyrkan låg över ca 10 m/s. Då vi behövt köra rotorn i ännu högre hastighet, uppåt 150 -160 varv/minut för att få en mer acceptabel nivå på verkningsgraden med de smala rotorbladen beslöt vi att byta rotorblad. Ljudproblemen vid varvtal kring 150 - 160 varv/minut skulle inte ha accepterats av grannarna.

Utöver ljud från rotorn kan nämnas ett svagt gnisslande ljud från generatoren som hörs i närheten av aggregatet. Om man lyssnar noga kan man också höra ett svagt malande ljud från växellådan. Dessa två ljud uppfattas av örat bara i svag vind, vid högre vindstyrka drunknar dessa ljud i ljudet från rotorn och vindljud från träd och fastigheter. I mycket byig vind uppstod ibland vibrationer i aggregatet när aggregatet ryckte i de kilremmar som går mellan den rotor som håller aggregatet i vind och vändkranslagret. Vibrationerna kunde höras upp till 100 - 150 meter från verket.

Trots att aggregatet var i drift stora delar av dagtiden under ett år och under många nätter vid måttliga vindar ($< 7-8$ m/s) så klagade grannar till aggregatet i mycket liten omfattning på ljudet från aggregatet. Det berodde i viss mån på att de flesta tyckte det var spännande, intressant med det stora vindkraftverket i byn. Man oversåg med vissa ljud i en allmän entusiasm över "Alde vindkraftverk" (Optimus-Alde-verken i Färlöv, ett av Alde Rask uppbyggt företag sysselsätter ca 70 personer).

Med de stora 6 m långa, 0,52 m breda helikopterrotorbladen som vi använt från 28/2-81 har maxvarvtalet varit 88 varv/minut. Detta har medfört att det vinande ljudet från bladspetsarna minskat avsevärt och att problemen med klapp-klapp-ljudet när bladen passerar masten i stort sett försvunnit. När de stora bladen överstegrade vid höga vindstyrkor uppstod dock ett besvärande vinande, brusande ljud. Detta medförde att vi sällan hade aggregatet i drift vid vindstyrkor > 10 m/s.

Fr o m 8/7-81 använde vi oss av flöjlingsprincipen vid bladregle-

ringen. I och med detta så försvann naturligtvis ljudproblemen som uppstod vid överstegringen av bladen. (I stället uppkom andra problem, se driftsrapporten).

Ljudet från vindkraftverket kan vid normal drift med varvtal upp till 88 varv/minut i vår mening ses som fullt acceptabelt på ett avstånd av 100-150 meter från verket. Sitt eget verk kan man acceptera också på närmare avstånd än 100 meter. Detta förutsätter naturligtvis fullgoda kopplingar, fullgod växelåda m m.

5.2 Ljus

Bland de problem som kan uppstå vid drift av vindkraftverk ser man i litteraturen sällan något om de skuggproblem som kan uppstå. Problem uppstår vid de tidpunkter då solens läge är sådant att vindkraftverkets rotor kommer mellan solen och t ex vardagsrumsfönstret i ett hus. Rotorns skugga snurrar då på en vägg i rummet. Det går knappast att vistas i ett sådant rum under den tid skuggan roterar på väggen. Inte med mindre än att man drar ner rullgardinen. Sex fastigheter i Färlöv har mer eller mindre berörts av skuggproblem. Det är inte några längre perioder under ett år som problemen uppträder, men tillräckligt ofta under en del av året för att irritera närboende. Klagomål över dessa skuggproblem har gjort att vi vissa soliga dagar varit tvugna att stanna vindkraftverket under några perioder på dagen.

5.3 Tele

Personer från tre fastigheter i närheten av vindkraftverket har klagat på TV-störningar från verket. Vid kontroll visade sig att en TV-antenn hade helt fel inställning, störningarna försvann vid rätt inställning. En granne behövde koppla in en antennförstärkare för att få en acceptabel TV-bild, det hade han behövt även oberoende av vindkraftverket. Personerna i den tredje fastigheten hävdar att vindkraftverket stör sändningarna från en av de två sändare som man kan ta in i Färlöv.

5.4 Isbildning

Inga större problem med isbildning på rotorbladen har konstaterats. Vid några tillfällen vid underkylt regn har en isskorpa bildats på bladen. Issplitter har trillat ner då denna skorpa lossnat, dock inte några större isbitar vad vi märkt. Man kan tänka sig att t ex centrifugalregulatorn helt skulle kunna frysa fast vid underkylt regn, men detta har inte inträffat under driften med 25 kW-aggregatet i Färlöv. Vid ett par tillfällen har isbildning påverkat bladens profil så mycket att det behövts mycket högre startvind än normalt.

5.5 Fågelliv

25 kW-aggregatet har inte haft någon inverkan på fågellivet. Trots att aggregatet gått med 135 resp 88 varv/minut under olika perioder sedan 1979 fram till september 1983 har vi inte funnit att några fåglar dödats av rotorn. En gråsparv har flugit in i en av mastens staglinor, det är den enda inträffade "fågelolycka" vi kunnat konstatera. (Kajor har satt sig på stillastående rotorblad. De har någon

gång fått erfara att rotorbladen inte kan räknas som "fast mark under fötterna", rotorbladen har rört sig på grund av fåglarnas tyngd!)

Vi har observerat fåglar som passerat genom rotorarean vid låga varvtal. Vid högre varvtal flyger fåglarna vid sidan av rotorarean.

6.1 UPPSKATTNINGEN AV EKONOMIN KRING EN 25 kW VINDKRAFTANLÄGGNING

Vad kostar en kilowattimma värmeenergi från Teravinds 25 kW-anläggning? Detta är kanske den vanligaste frågan från de personer som kommit i kontakt med Teravindprojektet. Tyvärr är frågan mycket svår att besvara entydigt. Seriestorlek, hållfasthet (avskrivningstid), medianvind, räntenivå och inflationstakt är några variabler som avgör kWh-priset från vindkraftverk.

Nedan följer en uppskattning av kostnaderna vid ett fall av värmeproduktion. Antaganden; Vindkraftanläggningen består av ett 25 kW-aggregat av Teravindtyp, dock med ca 5,5 meter långa plastfiberblad, mast (23 m) med fundament, reglerutrustning för belastningsanpassning, värmepatroner, ett vattenvärmelager på ca 5 m³ m m, dvs en komplett anläggning. Danska kommersiella anläggningar av motsvarande storlek (nätanslutna) kostar 1/3 1984 ca 250 000 skr inkl moms. Priset på en "Teravindanläggning" för uppvärmningsändamål har uppskattats till 200 000 Skr inkl moms om anläggningen är en i en serie på hundra.

1 m³ olja innehåller ca 10 000 kWh och med 70 % verkningsgrad kan den ge ca 7 000 kWh värme.

Kalkylen nedan bygger på ett driftsfall där vindkraftanläggningen används som energikälla till en byggnad som förbrukat 10 m³ olja per år då enbart olja använts som energikälla. Oljepannan i byggnaden finns kvar och används då vindenergiproduktionen inte räcker till. Byggnaden befinner sig på en plats med medianvinden 5,5 m/s på 20 meters höjd. Vid denna medianvind beräknas vindkraftverket kunna producera 50 000 kWh elenergi per år.

Av vindkraftanläggningens möjliga produktion av 50 000 kWh har 90 % beräknats kunna användas till värmeproduktion (10 % har beräknats komma då värmelagret redan har sin maximala temperatur). 45 000 kWh har alltså beräknats kunna användas för värmeproduktion. Med 90 % verkningsgrad i omvandlingen el - nyttig värmeenergi ger detta 40 500 kWh värmeenergi. Detta motsvarar 40 500/7 000 m³ olja = 5 786 m³ olja. Med ett oljepris på 2 670 kr/m³ (1/3-1984) betyder detta en oljebesparing på 15 448 kr/år. I tabellen nedan visas kostnader och intäkter från vindkraftanläggningen år från år och totalt på en 15 årsperiod. 200 000 kr har lånats till anläggningen med 13 % ränta och 15 års avskrivningstid. Amorteringen blir 13 333 kr/år, drift/underhåll har beräknats till i medeltal 3 167 kr/år. Låntagaren har 50 % marginalskatt, i tabellen har angivits räntan netto dvs efter 50 % skatteavdrag.

Tabell

År	Amortering drift underhåll	Ränta netto	Tot kostnad	Intäkt vid 0 % inflation	Intäkt vid 6 % inflation	Intäkt vid 10 % inflation
1	16 500	13 000	29 500	15 448	15 448	15 448
2	16 500	12 133	28 633	15 448	16 375	16 992
3	16 500	11 266	27 766	15 448	17 357	18 691
4	16 500	10 400	26 900	15 448	18 399	20 561
5	16 500	9 533	26 033	15 448	19 502	22 617
6	16 500	8 666	25 166	15 448	20 673	24 878
7	16 500	7 800	24 300	15 448	21 913	27 366
8	16 500	6 933	23 433	15 448	23 228	30 103
9	16 500	6 066	22 566	15 448	24 622	33 113
10	16 500	5 200	21 700	15 488	26 098	36 425
11	16 500	4 333	20 833	15 488	27 664	40 067
12	16 500	3 466	19 966	15 488	29 324	44 074
13	16 500	2 600	19 100	15 488	31 084	48 481
14	16 500	1 733	18 233	15 488	32 949	53 330
15	16 500	866	17 366	15 488	34 926	58 663
TOT	147 500	103 995	351 495	231 720	359 561	490 809
Års- me- del	16 500	6 933	23 433	15 488	23 970	32 720

Av tabellen framgår att anläggningen blir klart privatekonomiskt olönsam om man bortser från inflation och eventuella realförändringar i oljepriset. Med 6 % inflation blir anläggningen grovt sett jämförbar med driftsfallet enbart olja. Med 10 % inflation blir anläggningen lönsam.

Priset på den användbara värmen från vindkraftanläggningen blir $23\,433/40\,500$ kr/kWh = 0,58 kr/kWh i medeltal under 15 årsperioden. Det kan tyckas högt, men priset på den inbesparade oljan skulle varit i medeltal $32\,720/40\,500$ kr/kWh = 0,81 kr/kWh med hänsyn tagen till 10 % inflation. Priset på värme från olja var $2\,670/7\,000$ kr/kWh = 0,38 kr/kWh den 1/3 1984. Det bör poängteras att kalkylen bygger på flera osäkra antaganden.

(I resultatrapporten NE 1980:18 har man räknat med en ekonomisk livslängd på 25 år och en kalkylränta på 4 % när man räknat på stora vindkraftsanläggningar. Utan hänsyn till skatteeffekter skulle en kalkyl för en Teravindanläggning (200 000 kr) med samma antaganden (6,4 % annuitet) ge ett kWh-pris på 0,32 kr, dvs billigare än värmen från olja 1/3 1984 (0,38 kr kWh). En kostnad på 4 000 kr/år för drift/underhåll är då inräknad!)

BILAGA 1 Driftsrapport

Driften av Teravinds 25 kWh-aggregat under tiden 15/8-1979 - 17/9-1983

Sammanfattande beskrivning

15/8-79-16/8-80

Drift med aggregatet i ursprungsversionen. Centrifugalregulatorn var inställd för bladreglering enligt överstegringsmetoden. Aggregatet hade 5 meter långa, smala (0,31 m) helikopterrotorblad.

Sammanfattningsvis kan sägas om denna tid att verket gick bra, med detta menar vi att vi hade relativt få driftsstopp och att centrifugalregulatorn fungerade bra för överstegring av rotorbladen. Vi lyckades få centrifugalregulatorn att överstegra bladen inom ett intervall på ca 10 varv/minut på rotorn. Detta motsvarar ett intervall på drygt 100 varv/minut på generatortorn. Varvtalet för överstegringen av rotorbladen var en aning beroende på vindstyrkan.

Huvudproblem dock; låg verkningsgrad och ljudproblem vid det höga maxvarvtalet 135 varv/minut. Speciellt var ljudet från rotorbladen när bladen överstegrades besvärande, särskilt inom en radie på ca 100 meter från verket.

Vi provade två metoder för verkets inställning i vindriktningen. Dels lät vi verket fritt ställas in genom de krafter som vinden påverkar rotorn med, dels lät vi inställningen skötas med en 6-bladig sidorotor placerad längst bak på maskinhuset, se vidare aggregatbeskrivningen.

Vi var tvugna att använda sidorotorn för att verket tillfredsställande skulle gå rätt i vindriktningen. Utan sidorotorn inkopplad slog verket fram och tillbaka, speciellt vid byig turbulent vind. När verket kommit ur vind tog det dessutom för lång tid innan det ställde sig rätt i vinden igen. Vid jämn stark vind var skillnaden mindre. Då ställde verket in sig bra i vindriktningen även utan sidorotor.

Vindkraftverkets låga verkningsgrad medförde en alldeles för liten energiproduktion för att det skulle vara meningsfullt att mäta energibidraget till värmeförsörjningen av den villa som verket var inkopplat till. Vind-effektsamband, se avsnittet om mätresultat.

17/6-80-27/2-81

Driftsstopp i samband med byte till 6 meter långa, 0,52 m breda helikopterrotorblad. Längre leveranstid för bladen än som utlovats var en bidragande orsak till driftsstoppets längd. Konstruktörens sjukdom en tid under hösten 1980 bidrog också. Nya bladfästen fick tillverkas, växellådans utväxling fick ändras m m.

- 28/2-81-8/7-81 Drift med 6 meters rotorblad. Blådregering med överstegringsprincipen. Injusteringsproblem med centrifugalregulatorn. Ljudproblemen minskade (maxvarvtal 88 varv/minut), men vissa störningar då rotorbladen överstegrade. Verkningsgraden avsevärt förbättrad men inte fullt tillfredsställande.
- 8/7-81-20/9-81 Bladregulatorn ändrades för reglering med flöjlingsprincipen. Injusteringsproblem med främst bladregulatorn. Ytterligare förbättrad verkningsgrad, minskade ljudproblem.
- 20/9-81 Två rotorblad skadade i mycket hård vind då de slog mot masten. En trombliknande vindby var den direkta orsaken.
- 21/9-81-29/9-81 Bladbyte, verket lutades så att större marginaler på avståndet bladspets - mast åstadkoms, byte av rullager i bladinfästningarna m m.
- 30/9-81-5/10-81 Drift med två av de tre rotorbladen utbytta, balansproblem, bladen inte tillräckligt balanserade.
- 6/10-81-28/11-81 Driftstopp i samband med nedtagning av verket för noggrann balansering av rotorbladen, justering av kopplingar m m.
- 28/11-81-20/11-82 Drift med väl balanserade rotorblad och bytta bussningar i kopplingarna. Försiktig injustering av centrifugalregulatorn. Relativt tyst gång, men ett par närboende personer klagade ändå på ljud från verket nattetid. Vi bestämde oss därför att endast vid låga vindstyrkor ha aggregatet i drift nattetid. På sommaren kortare driftsstopp på grund av skuggproblem, se vidare avsnittet om ljud- och ljuseffekter.
- Centrifugalregulatorn var fortfarande den svaga punkten hos aggregatet, se vidare avsnittet om aggregatbeskrivning. Vi hade att välja mellan att ha en injustering av centrifugalregulatorn som säkert flöjlade bladen vid högt varvtal men som medförde låg verkningsgrad och en justering som medförde hög verkningsgrad men otillfredsställande flöjling av bladen i stark vind. Vi valde att i huvudsak prioritera hög verkningsgrad. Detta fick medföra att aggregatet bara fick vara i drift vid vindstyrkor under ca 13 meter/sekund. Vid starka vindar (10-14 meter/sekund) fick mätstationen vid verket vara bemannad, vid ännu högre vindstyrkor stängde vi av vindkraftverket.
- Skrivande instrument registrerade vindstyrkan och avgiven elektrisk effekt. Analyser av mätresultaten visade en godtagbart hög verkningsgrad om man går efter kurvor som visar vind-effektsamband under drift. Totalverkningsgraden

- däremot inte tillfredsställande på grund av olika typer av driftsstopp. Värmelagret kom i användning under några perioder.
- 21/11-82-3/4-83 Driftsstopp på grund av problem med en koppling. Byte till fast koppling.
- 4/4-83-13/6-83 Försiktig drift med försök att med olika vinkelinställningar på rotorbladen och med olika inställningar på belastningsanpassningen hitta den kombination som ger den högsta verkningsgraden.
- Den fasta kopplingen mellan generatorm och växel-lådan visade sig mindre lyckad. Visst oljud vid vissa varvtal.
- 14/6-83-29/8-83 Drift dagtid. Chalmers TH lånade ut en mät dator som registrerade effekten som funktion av vindstyrkan. En vindmätarutrustning inklusive 23 meter hög mätmast lånades av SMHI. Se vidare avsnittet om mätresultat.
- 30/8-83-- Driftsstopp. Verket renoveras, bl a skall blad-fästena ändras. Detta för att centrifugalregulatorn skall fungera bättre vid vindstyrkor över 12 meter/sekund. Efter renoveringen som beräknas bli klar vid årsskiftet 1983-84 skall verket vara i drift i Tomelilla. Den nya driftsplatsen har bättre vindförhållanden än i Färlöv och längre avstånd till kritiska grannar (ljud, ljus, tele m m).

BILAGA 2 Närmare om delarna i värmesystemet

Pannan

I värmesystemet ingår en oljepanna Norrahammar 200 som modifierats för att passa för ändamålet. Modifieringar;

- a. I pannans ena nedre långsida har monterats 3 st elpatroner á 5 250 W.
- b. Kallvatteningången kopplades om så att vattnet förvärms i värmelagret.
- c. En reglerutrustning (Billman 3:an) monterades för automatisk shuntreglering.
- d. En reglerutrustning för omkoppling mellan - tank ansluten till radiatorer - panna ansluten till radiatorer - monterades. I denna reglerutrustning ingår en extra framledningsgivare (termistor) som styr omkopplingen.
- e. En dubbeltermostat för reglering av elpatronerna i pannan monterades.
- f. Pannans shunt försattes ur funktion i öppet läge.

Tanken

Tanken är en svetsad plåttank med rektangulära sidoytor, som en ordinär oljetank för villor. Tankens volym är 6 750 liter. Mått; 1,5 m · 3 m · 1,5 m. Bottenplåten är 5 mm tjock, övriga plåtar 4 mm. Tanken är förstärkt i mitten. Den har en manlucka i toppen. I dess övre del finns en spillrörsledning monterad och i botten en kikboxkran för tömning.

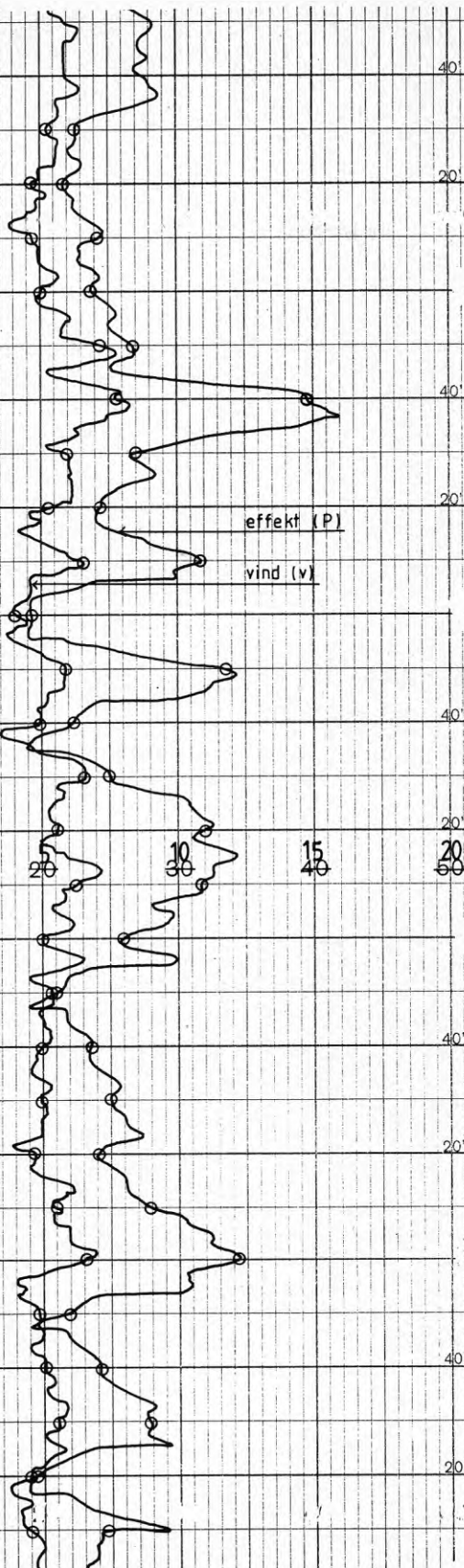
I tankens ena långsida sitter 5 st 6 kW elpatroner 15 cm från bottenplåten.

I tankens övre del finns två värmeväxlare monterade. De består vardera av en 12 m slinga av kopparrör med diametern 22 resp 28 mm. Slingorna går i ett sicksackmönster 150 mm under tanktaket. De har ett inbördes avstånd på 100 mm. De ligger ej närmare än 50 mm från tankens sidoytor. De båda slingorna passerar tanktaket genom uppsvarvade klämkopplingar och är obrutna.

Tanken är försedd med en givare (termistor) för registrering av tankens temperatur. Två termometrar för registrering av tankens topp respektive bottentemperatur finns monterade.

Tanken är isolerad enligt följande; Botten, framsida och ena kortsidan med 100 mm Frigolit (2 · 50 mm) limmat i överlapp mot tankplåten. Baksidan, andra kortsidan med 100 mm stenullsmatta och toppen med 400 mm stenullsmatta. Samtliga rör utanför tanken är isolerade med 15 mm tjocka förfabricerade skumplastskålar.

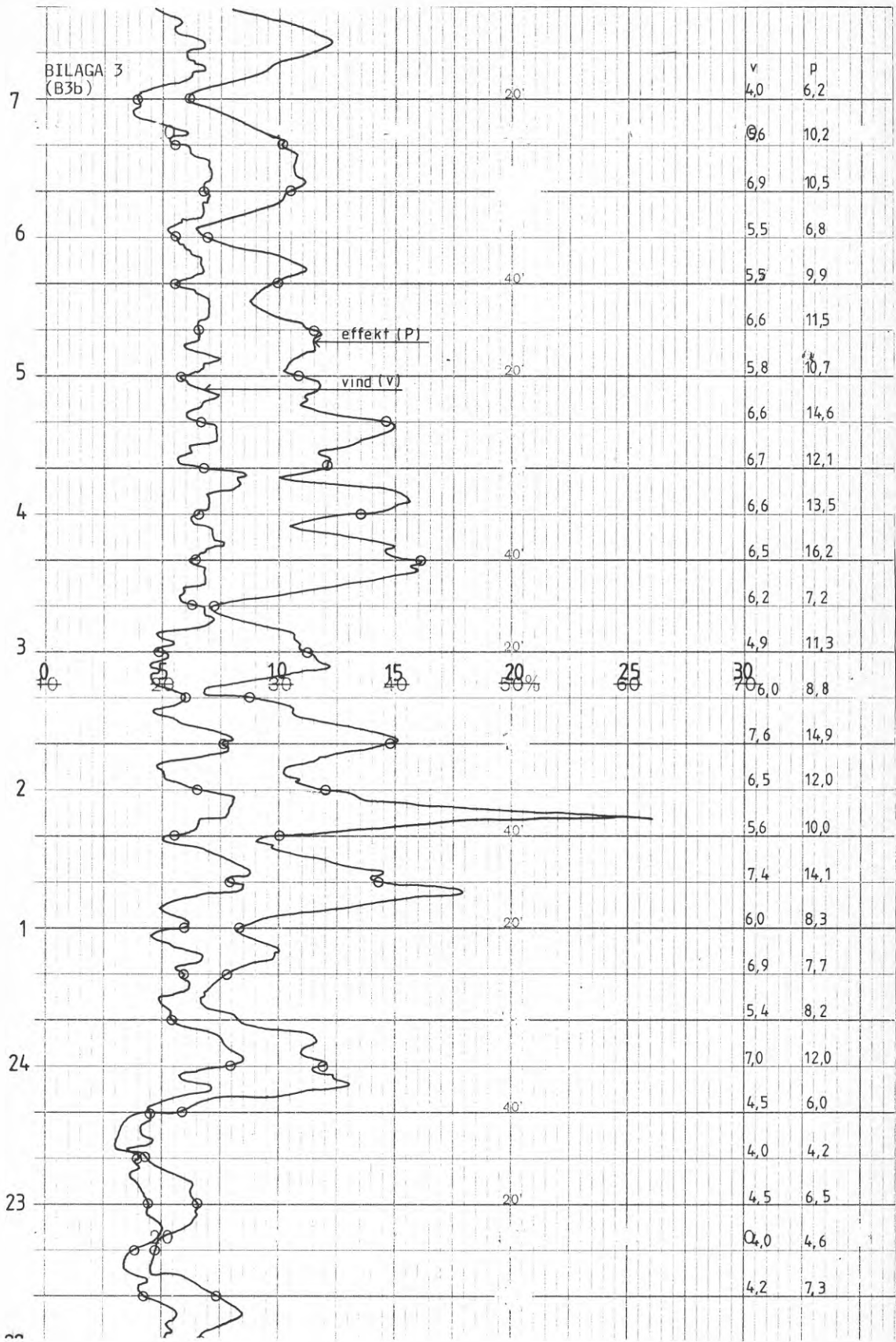
BILAGA 3
(B3a)



Height (m)	vind (v)	effekt (P)
21	5,3	6,4
20	4,7	5,9
19	7,8	14,8
18	4,1	4,6
17	5,0	6,2
16	5,0	8,0
15	5,0	6,8
14	6,6	12,1
13	5,1	7,1
12	4,5	4,6
11	7,1	8,4
10	5,9	12,0
9	6,5	10,9
8	5,2	7,1
7	6,1	8,5
6	7,1	8,4
5	5,0	6,9
4	7,8	14,8
3	4,8	7,0
2	5,0	6,2
1	5,6	11,0

$\bar{v} = 6,82 \text{ m/s}$
 $\bar{p} = 9,22 \text{ kW}$

BILAGA 3
(B3b)

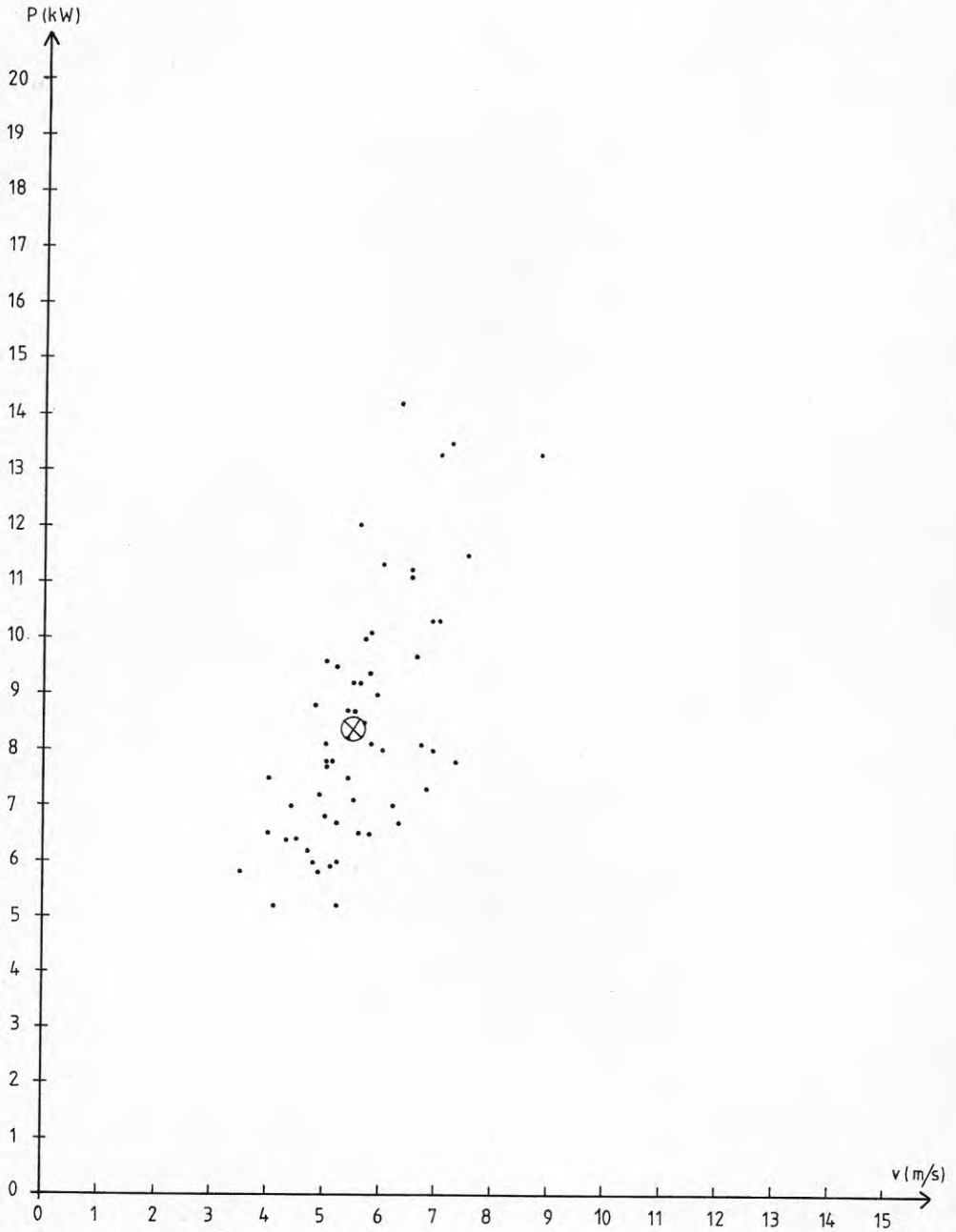


BILAGA 4

Exempel på avprickning av värden från skrivande instrument. Diagram B4a

$\bar{v}=5,6$
 $\bar{p}=8,4$

3 cm/min
3 pkter/min
20 min



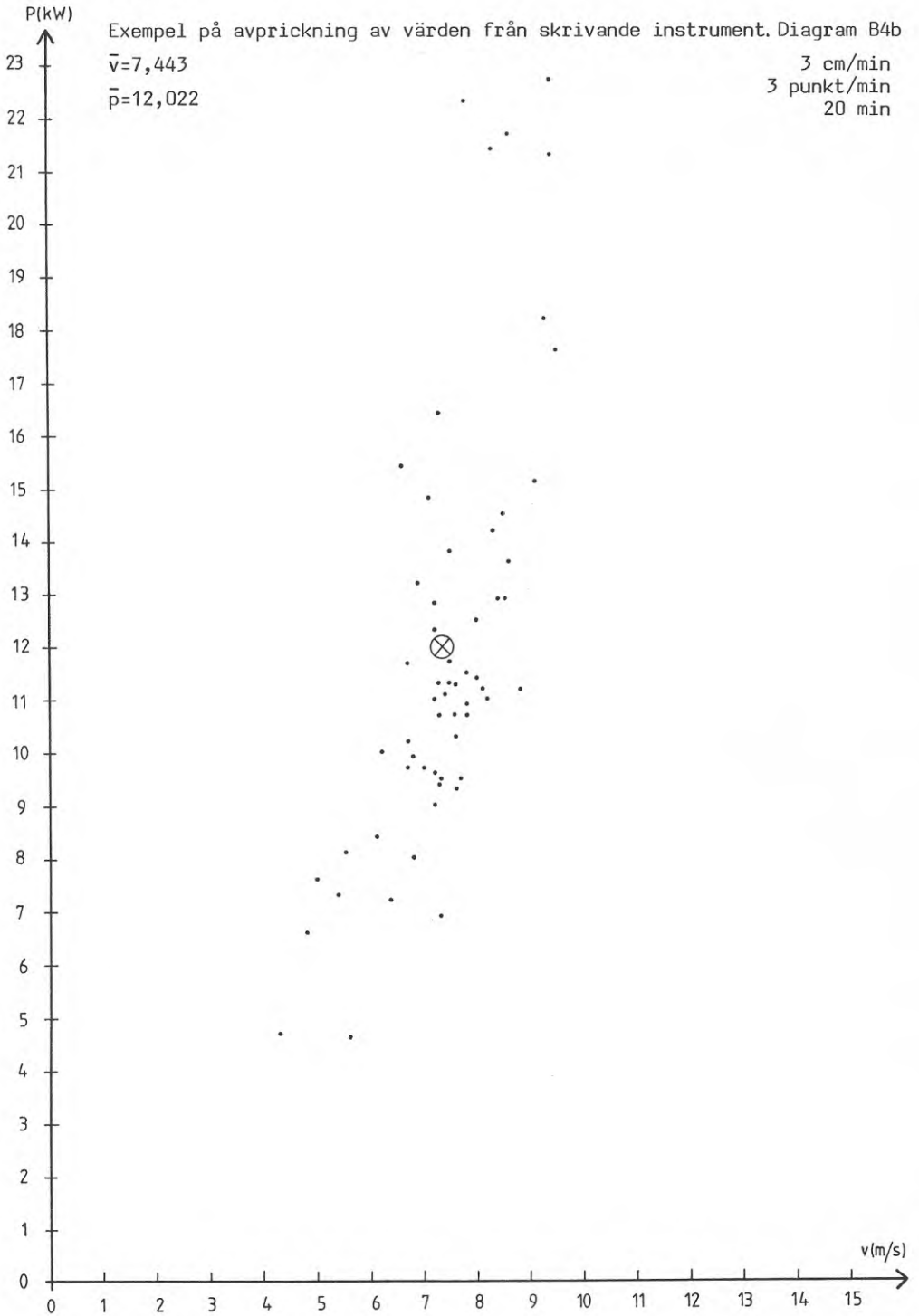
BILAGA 4

Exempel på avprickning av värden från skrivande instrument. Diagram B4b

$$\bar{v} = 7,443$$

$$\bar{p} = 12,022$$

3 cm/min
3 punkt/min
20 min



BILAGA 5 Teravind, historik - målsättning

Ideella föreningen Teravind är en andelsförening med drygt 300 andelsägare (1/9-83). Målet för Teravind är att ta fram kommersiellt lönsamma vindkraftverk i storleksordningen 10 - 100 kW.

Teravinds testplats för vindkraftverk ligger i Färlöv utanför Kristianstad. På en 23 meter hög mast testas vindkraftverk. Teravinds första 25 kW-aggregat har just färdigt testats (1/9-83), det kommer efter en mindre ombyggnad och justeringar att värma en villa i Tomelilla.

Teravinds verksamhet började 1977 som ett projektarbete vid Önnestads folkhögskola. De nu aktiva i Teravind är främst tekniker intresserade av vindkraft. Teravind har tagit hjälp av bl a Chalmers T H och Sydkraft. Vindkraftverken har konstruerats av Alde Rask, känd konstruktör av bl a "Aldepannan".

Teravind äger förutom 25 kW-aggregatet ett 10 kW-aggregat. Detta är för närvarande (hösten 1983) inte i drift, aggregatet skall renoveras och förses med plastblad. Alla resurser (knappa) under senaste året har satsats på drift inkl reparationer/justeringar och utvärderingar av 25 kW-aggregatet.

25 kW-aggregatet har bara varit inkopplat till en större villa. Mätplatsen i Färlöv har inte särskilt bra vindförhållanden, medianvinden ligger under 4,5 m/s på 23 meters höjd. Vinden är dessutom ofta mycket turbulent. På en plats med medianvinden 5,5 m/s bör aggregatet kunna klara uppvärmningen av drygt två ordinära villor.

Vindkraftsutveckling kostar pengar. Trots att andelsägarna bl a satsat drygt 900 andelar á 100 kr har Teravinds utveckling av vindkraftverk ofta bromsats av bristande ekonomiska resurser. För närvarande håller Teravind på med att ta fram ett syskonverk till 25 kW-aggregatet.



Justeringsarbete på Teravinds första vindkraftverk,
10 kW-aggregatet.

LITTERATUR

Vindkraftsboken Bengt Södergård

Vindenergi i Sverige Resultatrapport i juni 1977 NE 1977:2

Små vindkraftverk Teknik ekonomi marknad Projektresultat NE 1978:4

Vindenergi Resultat, utvecklingsläge och förutsättningar
NE 1980:18

.. lad 100 møller blomstre .. Tvindprojektet

Vi ar godt igang Elin Hansen

Resultatrapporter från Risö i Danmark

Naturlig energi (Dansk tidskrift om vindkraft)

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
791689-7 från Statens råd för byggnadsforskning
till Ideella föreningen Teravind, Kristianstad.**

R121: 1984

ISBN 91-540-4236-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6704121

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirkapris: 30 kr exkl moms