

Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek.  
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 digitised at Gothenburg University Library.  
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.





# POLHEM

## TIDSKRIFT FÖR TEKNIKHISTORIA

6. Häfte.

November 1904.

### TIDSSKRIFT FÖR VIND- ELEKTRISITET



UDGIVET AF POUL LA COUR

GYLDENDALSKE BOGHANDEL · NORDISK FORLAG

1996/4

Årgång 14

# **POLHEM**

**Tidskrift för teknikhistoria**

Utgiven av Svenska Nationalkommittén för teknikhistoria (SNT),  
Chalmers Tekniska Högskola, Biblioteket, 412 96 GÖTEBORG

med stöd av Humanistisk-samhällsvetenskapliga forskningsrådet  
och Statens kulturråd

ISSN 0281-2142

## **Redaktör och ansvarig utgivare**

Jan Hult

## **Redaktionskommitté**

Boel Berner

Henrik Björck

Svante Lindqvist

Bo Sundin

## **Tryck**

Vasastadens Bokbinderi AB, 421 52 VÄSTRA FRÖLUNDA

Omslag: Svensk Typografi Gudmund Nyström AB, 178 32 EKERÖ

## **Prenumeration**

1996: 195 kr (4 häften)

Beställes genom inbetalning på postgirokonto nr 441 65 94 - 2

## **Lösnummer**

1996: 50 kr/st

Beställes som ovan

Finns även som taltidning



## Innehåll

	Jan Hult: Om alternativ energi, ideologi och terapi	321
Uppsatser:	Jytte Thorndal: Danske elproducerende vindmøller 1892-1962	322
	Rolf Sonnemann: The Concept of the History of the Forces of Production in the Historiography of the German Democratic Republic	392
	Staffan Nilsson: Forskare, en läkare och några industrimän	408
Recensioner:	Arne Söderblom: <i>Förändringsförloppet i ett storföretag: En studie om strategiskt handlande, strategifaser och företagsmyter</i>	423
	Göran Hallin: <i>Struggle over Strategy: States, Localities, and Economic Restructuring in Sunderland and Uddevalla</i>	
	Gunnar Hedin: <i>Svenska varv världsledande</i> (rec. av Lars Olsson)	
	Annika Alzén: <i>Fabriken som kulturarv. Frågan om industri-landskapets bevarande i Norrköping 1950-1985</i> (rec. av Jan Hult)	430
ICOHTEC:	Excerpts from the New ICOHTEC Newsletter	433
Notiser:	Nyutkommen litteratur m.m.	435
	Författare i detta häfte	437
	Årsregister 1996	438
Omslagsbild:	Illustration i <i>Som vinden blåser</i> , utgiven av Elmuseet, Danmarks museum for elektricitetens fysik, teknologi og kulturhistorie, Bjerringbro, Danmark (till uppsats sid 322 av Jytte Thorndahl)	



## Om alternativ energi, ideologi och terapi

Den 26 juli 1957 är en märkesdag i dansk teknikhistoria. Då invigdes ett vindkraftverk i Gedser nära sydspetsen på Falster, som skulle komma att leverera 2.242.000 kWh elenergi under de kommande tio åren. Under några av dessa år gav kraftverket även ett ekonomiskt överskott, men i genomsnitt var det hela en olönsam affär. Oljepriserna var då, före den första oljekrisen, så låga att ångkraftsel kostade mindre än hälften av vindkraftsel. Därtill kom att en sjökabel mellan Sverige och Jylland hade lagts ut 1965, varigenom billig vattenkraftsel kunde importeras från Sverige. Gedserkraftverket togs ur kontinuerlig drift 1967. Fem år senare hade energikriserna vänt upp och ner på prisrelationerna. Men då var idégivaren och konstruktören Johannes Juul redan borta.

Jytte Thorndahl, museumsinspektör vid Danmarks museum för elektricitetens fysik, teknologi og kulturhistorie i Tange vid Bjerringbro på Jylland, skriver i detta nummer av *Polhem* om vindkraftutvecklingen i Danmark. Johannes Juul och hans kraftverk i Gedser står i fokus; delar av detta verk finns nu på elmuseet, dit de fördes 1991.

En välkänd tidig dansk vindkraftsforskare var Poul la Cour (1846-1908). Han byggde bland annat en vindtunnel, där olika typer av rotorers kund provas och jämföras. Under första världskriget, var över 120 vindkraftverk av hans konstruktion i drift i Danmark. La Cours idéer fördes sedan vidare av flera, av vilka Johannes Juul var den mest drivande. Det ekonomiska bakslaget med Gedserverket kunde inte hindra att Danmark snart tog nya tag och i dag intar en ledande position på området.

Rolf Sonnemann var tidigare verksam som professor inom området produktivkrafternas historia vid Technische Universität Dresden. Han blev bekant också för teknikhistoriker utanför DDR främst genom de två böckerna *Geschichte der Technik* (tillsammans med B.Brentjes och S.Richter, 1978, rec. i *Polhem* 1984 sid 146-149) och *Geschichte der Technikwissenschaften* (tillsammans med G.Buchheim, 1990, rec. i *Polhem* 1992 sid 94-96). Efter Tysklands återförening var Rolf Sonnemanns ställning ohållbar. Som historiematerialist kunde han inte behålla sin befattning vid tekniska högskolan i Dresden. Han flyttade till Bayern, men fann dålig acceptans inom det västtyska akademiska systemet

I detta nummer av *Polhem* ger Rolf Sonnemann en återblick på utvecklingen av den teknikhistoriska forskningen i DDR. Artikeln har tidigare publicerats i *Dresdener Beiträge zur Geschichte der Technikwissenschaften*, Heft 24 (1996). Den återges här med tillstånd av redaktören professor Thomas Hänseroth. Översättningen till engelska är utförd av Bernhard Vowles.

Staffan Nilsson har tidigare publicerat uppsatser i *Polhem*, som behandlar medicinsktekniska ämnen: om den första röntgenapparaten på länslasarettet i Falun (1991, sid 387-399) och om arbetsskador vid tändstickstillverkningen i Haganäsfabriken vid Ösjön i Dalarna (1994, sid 359-376). Den senare artikeln uppmärksammades i *Göteborgs-Posten* den 22 december 1996. Staffan Nilsson återkommer här med en studie över ett samarbete mellan några ingenjörer och industrimän och en läkare som resulterade i tidig användning av radium och strålbehandling vid Falu lasarett.

*Jan Hult*



**JYTTE THORND AHL**

## **Danske elproducerende vindmøller 1892-1962 Fra Poul la Cours idealmølle til Johannes Juuls Gedsermølle.**

### **En mølle bringes på museum**

En efterårsdag i november 1993 mødtes en række personer fra vindmøllefirmaet Wincon, Ulstrup og Prøvestationen for vindmøller, Risø med en stor kran på en mark lidt udenfor Gedser. Den store mølle, der siden 1957 havde været et kendt vartegn for folk, der nærmede sig Gedser - nordfra ad landevejen og sydfra med færger fra Warnemünde - skulle afmonteres og hejses ned for at ende sine dage på Elmuseet ved Bjerringbro.

En fredningssag havde forinden været rejst med en positiv indstilling fra fredningsmyndighederne. Men Sydfalster kommune og ejeren ville gerne have en ny mølle til at producere el på det gamle betontårn. Så ned skulle møllehat og vinger.

I 35 år havde møllen stået på sit betontårn i 25 meters højde, og den lod sig ikke uden videre flytte fra sin vante plads. Tanken var at få møllehatten løs og fire den delvis ned, afmontere vingerne en efter en, og derefter sænke møllehatten. Boltene blev skruet løse, enkelte måtte skæres over. Et løft blev forsøgt, men hatten nægtede at lette.

Hvad havde man gjort før, hvordan var den kommet derop i sin tid, og hvordan havde man fået den ned, da den i slutningen af 1970'erne var blevet gjort køreklar til de sidste testforsøg? Folk, der tidligere havde været med, blev kontaktet, hovederne blev lagt i blød til næste dag. Det lokale dagblad, der i sin tid havde beskrevet opsætningen, kom med løsningen. Møllens kædeskærm, kæder og kædehjul blev afmonteret. Rotoren skulle hel ned med vinger og stag. Og den var tung. Alle hev i tovene, 2 biler blev sat til, men intet hjalp. Først da man lånte 2 donkrafte til 10 tons fra sukkerfabrikken i Nykøbing, og lod dem trække med, kom rotoren ned. Sidst blev møllehatten løftet ned - den viste sig at veje omkring 12 tons.

Hatten var 4,3 meter høj og skulle nu transporteres til Risø. Efter en del problemer lykkedes det at skaffe en lav kabelvogn, og guidet af blinkende biler for og bag nåede møllehatten Risøs Prøvestation en tidlig morgentime. På



Prøvestationen for Vindmøller ville man gerne studere den gamle møllehat nærmere, før den kom på museum.

Et smedehold fra elselskabet SEAS sørgede samme vinter for at afmontere vingerne, så disse, da vejene blev mere farbare, kunne bringes til Elmuseet ved Bjerringbro.

Da vinteren var gået, skulle møllehatten igen på rejse. Et smedehold fra Københavns Belysningsvæsen indledte med at afmontere krøjekransen for at gøre møllehatten så lav, at den på en nedbygget kabelvogn kunne fragtes over vandet til Jylland.

Den 1. juni 1994 blev møllehatten fragtet til Jylland via Odden-Ebeltoft. Man havde forsøgt via Storebælt, men diverse ledninger ved tilkørselsrampen til færgen her skulle afmonteres, hvis vognen med møllehatten skulle kunne køre ombord. Københavns Belysningsvæsen sørgede for transporten ad den rute, som politiet havde afstukket. I Ebeltoft blev de mødt af ELSAMs Linieafdeling, der sørgede for kortege med blinklys resten af vejen til Bjerringbro. Hertil ankom man ved aftenstid, og så var der bare at vente på, at det blev midnat.

Vejen ind til Elmuseet var lav og trang. Jernbanebroen ned til museet var for lav til at lade møllehatten passere. Hatten måtte løftes over broen for at komme ind på området. Da sidste tog havde passeret broen ved midnatstid, var der 5 timer til at få møllehatten løftet over. DSB gav signal til, at banen var fri, og hatten blev langsomt og forsigtigt løftet op på banen. Her stod den i projektørlyset mod nattehimlen, mens Jyllands eneste specielt lave kran kørte under broen for siden at løfte hatten på den vogn, der sørgede for at møllehatten pænt og besindigt kørte de sidste 500 meter ind til museets område.

## **Men hvorfor skulle Gedsermøllen på museum ?**

Da Gedser Forsøgsmølle, som er dens rigtige navn, blev rejst i 1957 efter flere års arbejde og undersøgelser med to mindre møller, var der næppe nogen, der var klar over, at denne forsøgsmølle med sine 3 stall-regulerede vinger, bremseklap i vingespidsene og en asynkron generator ville blive banebrydende for det moderne danske og udenlandske vindmøllekoncept.

Samtidens udenlandske forskere, der arbejdede med vindmøller, var begejstrede for den, og Gedsermøllens far, afdelingsingeniør Johannes Juul, kæmpede for at hans mølletype med brug af nyere materialer ville skyde op mange steder rundt om i det danske landskab. Men den danske elforsyning og staten kunne dengang ikke umiddelbart tilslutte sig tanken om, at vindmøllerne



skulle bidrage til elforsyningen i Danmark; de mente det ville blive for dyrt og urentabelt.

Men møllen kom op at stå, producerede el og var, da energikrisen satte ind i 1970'erne, den eneste vindmølle i verden, der i en lang årrække havde produceret vekselstrøm til elnettet. Gedsermøllen havde altså været en succes, til trods for at den næsten blev afskrevet på forhånd allerede i 1962; udkonkurreret på papiret af de muligheder, som den nye energikilde, kernekraften, indebar for fremtidens energiforsyning.

I denne artikel vil jeg forsøge at vise, hvordan Gedsermøllen er resultatet af flere årtiers akkumuleret viden. Teoretisk viden omkring vindforhold, især aerodynamikken, har betydning for den danske udvikling af mølledesign. I hovedsagen er de større skridt indenfor vindmølleteknologien taget gennem mere praktiske eksperimenter med vingeprofiler og erfaringsbaserede konstruktioner af forsøgsmøller, der forbedres og siden opskalleres. Det danske eksempel viser også, hvordan viden om vindmøller i perioder glemmes og skal mere eller mindre genopdages.

Mulighederne for at håndværkere og fabrikker kan producere og siden sælge deres afprøvede og stabile vindmøller, betyder naturligvis meget for vindmøllernes udbredelse. Og markedet for vindmøller til elproduktion hænger sammen med elforsyningens struktur. Samfundsmæssige og politiske forhold som f. eks. rationering af el, brændsel m.m. spiller også en væsentlig rolle for valg af vindmøller til elproduktion.

Jeg vil gennemgå nogle udvalgte elproducerende vindmøller i Danmark. Vindmøllerne er udvalgt efter den betydning de både konstruktionsmæssigt og praktisk har haft for udviklingen af elproducerende vindmøller i Danmark. Hvor det skønnes relevant, vil jeg inddrage erfaringer fra udenlandske vindmøller. De samfundsmæssige og kulturelle forhold, der er relevante for forskellige vindmøllernes udbredelse, bliver inddraget undervejs. Herunder vil også enkeltpersoners betydning blive fremdraget. Gedsermøllens historie og dens særlige karakteristika vil herefter blive gennemgået.

## **Vindens trækraft til vand og kværne**

### **Kort rids af vindmølleteknologien op til 1890.**

Vindmøller som trækraft til bl.a. at hæve vand og kværne korn har været anvendt i både Kina og Nærorienten gennem de sidste 2000 år. Først omkring 1100-tallet er vindmøllerne kommet til Europa og har bredt sig via Frankrig til de



øvrige lande. De første møller var stubmøller, der har navn efter stubben - en krydsfod af solidt tømmer, hvorom hele møllen kan drejes op mod vinden. Fra 1700-tallet fortrængte den hollandske mølle langsomt stubmøllen. På den hollandske mølle kunne man nøjes med at dreje selve møllehatten med vingerne. Den hollandske mølle var udviklet for at løse problemet med at sikre en af løsningerne på problemet med bl.a. at sikre en mere effektiv afvanding af kanalerne i Hollands mange lavtliggende områder.

Det europæiske landbrugs udvikling og effektivisering stillede i løbet af 1800-tallets krav om bedre og større trækraft, og hermed fulgte mange tekniske forbedringer af vindmøllerne - de blev selvkrøjende\*, vingerne kunne reguleres m.m.

I Danmark havde konstruktionen af vindmøller gennem århundreder været baseret på en håndværksmæssig tradition. Fra 1833-1862 var der i Danmark en egentlig uddannelse af møllebyggere. (1) 1800-tallets møllebyggere forsøgte at gøre deres møller stærkere og bedre. De stillede til sig selv var bl.a. at konstruere en mølle, der kunne udnytte selv ret svag vind, samt at regulere møllens omdrejning, så den ikke "løb løbsk" i kraftig vind. De store vindmøller, hvor der blevet malet korn for en hel egn, var pålagt en afgift til kongen, siden til staten, men i 1878 blev det vedtaget, at møller, som kun benyttedes til eget forbrug, var fritaget for afgift. Det betød et øget antal af vindmøller i Danmark. I 1907 var der registreret 4617 vindmøller i Danmark. (2)

Sideløbende med 1700-tallets europæiske landmænds og mølleres ønsker om bedre og mere effektive vindmøller, startede de første forsøg på at beregne en vindmøllens ydelse - set i forhold til vindens hastighed og størrelsen af vingearbejdet. Omkring 1750 beskæftigede matematikeren Leonhard Euler sig med vindmøllens kræfter, og han formulerede den såkaldte stødteori: vindens stød mod vingefladerne kan udregnes ved at måle forskellen mellem det opståede tryk på vingens forside og bagside. De første rationelle forsøg med vindmøller foretog den engelske ingeniør John Smeaton i årene herefter. Han afprøvede forskellige vingeformer på en firvinget modelmølle og var i stand til at foretage forskellige beregninger af forholdet mellem vingefang, vindhastighed og ydelse. Hans resultater blev offentliggjort i årene 1759-63. (3)

Nogle af John Smeaton's konklusioner: (her angivet efter W.Golding, "The Generation of Electricity by Windpower", 1976, s.14)

a) "Beyond a certain degree the more the area is crowded with sail less effect is produced in proportion to the surface... So that when the whole cylinder

\* Krøjning: Når en mølle krøjer, betyder det, at den drejes på plads, så vinden kommer vinkelret ind på vingerne.



of wind is intercepted, it does not then produce the greatest effect for want of proper interstices to escape"

b) "The velocity of windmill sails, whether unloaded, or loaded, so as to produce a maximum, is nearly as the velocity of the wind, their shape and position beeing the same."

c) "The effects of the same sails at a maximum are nearly, but somewhat less than, as the cubes of the velocity of the wind."

d) "In sails of a similar figure and position, the number of turns in a given time will be reciprocally as the radius or length of the sail."

I 1800-tallet fremkom en række nye beregninger om vindmøllers ydeevne, og de første formler blev. Vindmøllerne blev forbedret med f. eks. klapvinger, og nye typer vindmøller blev introduceret; blandt andet vindrosen på verdensudstillingen i Philadelphia i 1876.

Vindroserne, som ikke vil blive gennemgået i denne artikel, udnyttede vinden bedre end de traditionelle hollandske møller. Vindroserne udnyttede i gennemsnit 17% af vinden og havde den fordel, at de gik i gang ved meget lave vindhastigheder. Dermed var ét af de traditionelle møllebyggeres vigtigste ønsker opfyldt. Vindrosen var velegnet til f.eks. at trække pumper, der sørgede for afvanding af våde enge, og den kunne også trække kværm, hakkelsmaskine, tærskværk m.m. Danske maskinfabriker og danske smede byggede i starten af dette århundrede en del vindroser baseret på amerikanske patenter. Vindroserne blev dog kun i meget begrænset omfang anvendt til elproduktion. Desværre kan vi ikke sige noget om, hvordan antallet af henholdsvis klapsejlere, vindroser og traditionelle hollandske møller har været fordelt. I 1996 er flest hollandske møller restaureret og bevaret i Danmark, mens der kun er bevaret få klapsejlere og vindroser.

## Vindmøller til elektricitet, 1890.

Omkring 1890 blev et nyt spørgsmål stillet til vindmølleteknologien: Hvordan skal en vindmølle beregnet til elektricitetsproduktion se ud? I Danmark var de første offentlige elværker, der producerede jævnstrøm, blevet indviet i 1891. Samme år blev den første danske vindmølle, der trak en dynamo, indviet på Askov Højskole i Jylland. Fysikeren og opfinderen Poul la Cour havde fået økonomisk støtte af den danske stat til at gennemføre en række forsøg med vindmøller til elektricitetsproduktion.(4)



Fra 1896 gennemførte han en lang række eksperimenter med forskellige vingetyper i en nykonstrueret vindtunnel på Askov Højskole. Den opgave han stillede var ny og anderledes: "Hvorledes skal vingerne på en mølle udformes, for at møllen kan producere mest mulig elektricitet?" Med det spørgsmål adskilte La Cour sig fra datidens traditionelle møllebyggere, som var mere optaget af, hvordan man kunne udvikle vinger, der udnyttede svage vinde, og som nærmest betragtede stærk vind som en hindring. (5)

La Cours arbejde skabte en betydelig forbedring af de eksisterende møllevinger: Hans vinger var smallere og anderledes stillet i forhold til vinden end andre af datidens møllevinger, og han introducerede den amerikanske møllevinge, klap-vingen, hvor vingens træ-klapper kunne åbnes eller lukkes automatisk og manuelt. Hans idealmølle udnyttede en betydeligt større del af vindens kraft end tidligere møller. De traditionelle hollandske møller udnyttede ca. 8% af vindens kraft, mens La Cours møller udnyttede 23%. (6)

La Cours eksperimenter fik afgørende betydning for at ny teoretisk og praktisk viden om vindmøllers udformning blev introduceret i Danmark.

I 1890'erne var den mere traditionelle stødteori om vindens effekt på en møllevinge fremherskende, og blev benyttet på Polyteknisk Lærestanstalt under emnet Maskinlære. (7) Den teoretiske ingeniørviden var følgelig baseret på stødteorien som den var udviklet siden Newton - med bidrag af Daniel Bernoulli og Leonhard Euler. Man kendte sugningsteorien - ikke blot påvirkning af en vinges forside var væsentligt for en møllevinges arbejde også suget på bagsiden, men ingen havde dog i væsentlig grad draget nogle praktiske konsekvenser af denne viden. I praksis benyttede datidens møllebyggere udelukkende den lange tradition af håndværksmæssig kunnen til udformning af vindmøller.

Samtidig med La Cours undersøgelser på Askov foretog driftsbestyrer J.D. Irminger en række forsøg omkring vindpåvirkninger på vingernes bagside i en af de store skorstene på østre Gasværk, og han var på den vis med til at introducere kendskabet til aerodynamikken i Danmark. (8) Forsøgene blev fulgt af ingeniør H.C. Vogt, der i 1890'erne havde kæmpet energisk for at reformere den gamle stødteori og introducere en ny aerodynamik i Danmark. Irminger og Vogt havde begge en teoretisk tilgangsvinkel til deres forsøg. La Cour var i den forbindelse den mere praktiske, eksperimenterende konstruktør.

Vogt besøgte Askov flere gange og fulgte forsøgene med stor interesse. Han foreslog allerede tidligt, at også La Cour skulle afprøve propelvinger, gerne 2 stk. (9), men det blev den 4-vingede klapsejler, der sejrede - den kunne produceres forholdsvis billigt, og så var den driftssikker. Jævnstrømsdynamoer sørgede for



elproduktionen, og en række af la Cours opfindelser som bl.a. relæet, la Cour-nøglen\*, og kratostaten\*\*gjorde forsyningen så sikker som mulig.

En nevø til la Cour havde tidligt foreslået onklen, at man også i Askov skulle afprøve en asynkron generator med henblik på at producere vekselstrøm, men det blev ikke la Cour, der kom til at gennemføre dette eksperiment.(10)

La Cour gennemførte sine mest epokegørende eksperimenter efter 1896. I 1897 fremlagde han sine første resultater og kaldte selv sit arbejde et opgør med de klassiske forfattere og deres vindteori. Han afprøvede sine forsøg efter den klassiske formel :

Arbejdet= konstant (det samlede vingearal) (vindhastigheden i tredje potens),

og la Cours forsøg viste klart, at jo færre vinger desto større effektivitet. Men la Cour gik ikke så langt, som til at afprøve en tovinget model. Hans stoppede ved fire vinger. (11) *"Et blik på den største arbejdsydelse med 16 ,8 ,6 og 4 lige store vinger viser, at det aldeles ikke går an at bruge en formel, hvori fladefanget, (d.v.s. vingearalet) indgår som faktor."*

La Cour gik videre med sine eksperimenter og afprøvede forskelligt udformede pladers påvirkning i sin vindtunnel. Forsøgene viste, at trykket på en plade var proportionalt med pladens areal og med vindhastigheden i anden potens. Samtidig viste forsøgene, at den buede og knækkede plade var den plane stærkt overlegen. Dette var også hvad møllebyggere gennem århundreders håndværksmæssig erfaring var nået frem til. Nu havde la Cour bevist det gennem sine eksperimenter, og faktisk kunne man ud fra hans resultater beregne, hvordan fremtidens møllevinger skulle se ud på en hurtigløber. Vingehastighed og vingens

\* **La Cour nøgle:** Et relæ, der automatisk bryder forbindelsen mellem en mølles dynamo og et akkumulatorbatteri. Løjer vinden så meget af, at opladningen af batteriet ophører, begynder strømmen at løbe den modsatte vej, og dynamoen vil i stedet blive drejet rundt som en elmotor og elektriciteten gå til spilde. En spole i la Cour nøglen støder en vippearms fra sig, hvis strømmen går den forkerte vej, og forbindelsen til batteriet bliver afbrudt.

\*\* **Kratostat:** Reguleringsystem til en vindmølles omdrejningstal. Ved hjælp af lodder, tandhjul og trisser opfandt la Cour i 1891/92 et automatisk reguleringsystem, der kunne sikre en jævn hastighed ved forskellige kraftmaskiner, som f. eks. vindmøller. Han indsatte bl.a. et vippeforlag ved vindmøller, der skulle trække en dynamo. Forlaget sikrede at trækraften til dynamoen blev konstant. Hvis det blæste meget kraftigt ville kratostaten nedsætte omdrejningstallet, så det passede til dynamoen.



smig skulle afpasses nøje - hurtigløbere måtte nødvendigvis udstyres med meget små smig på den yderste halvdel.

La Cours forsøg i Askov betød en landvinding indenfor aerodynamikken, og han bør i følge H. C. Hansen placeres blandt de første, måske den første, der lavede nøjagtige målinger i vindtunneler. Effekten af hans arbejder kunne ses direkte på undervisningen af kommende ingeniører. I Borchs Lærebog i maskinlære fra 1905 er afsnittet fra 1898 helt omskrevet og udelukkende baseret på la Cours resultater. Ved en forelæsning i 1920, *"Det moderne Grundlag for Konstruktionen af Vindmotorer"*, udtalte Professor Erik Schou: *"La Cour var, som tidligere sagt, en Banebryder, og han var paa dette Område forud for sin Tid. Saaledes kan nævnes, at la Cours Beregningsmaade af Vingernes Virkning nu anvendes ved Beregning af Luftsruer (d.v.s. propellen) men under Navn af Drzewieckis Teori"*. (12) Også internationalt betød la Cours resultater, at hans beregninger i en længere årrække var dominerende på området, især i Tyskland.

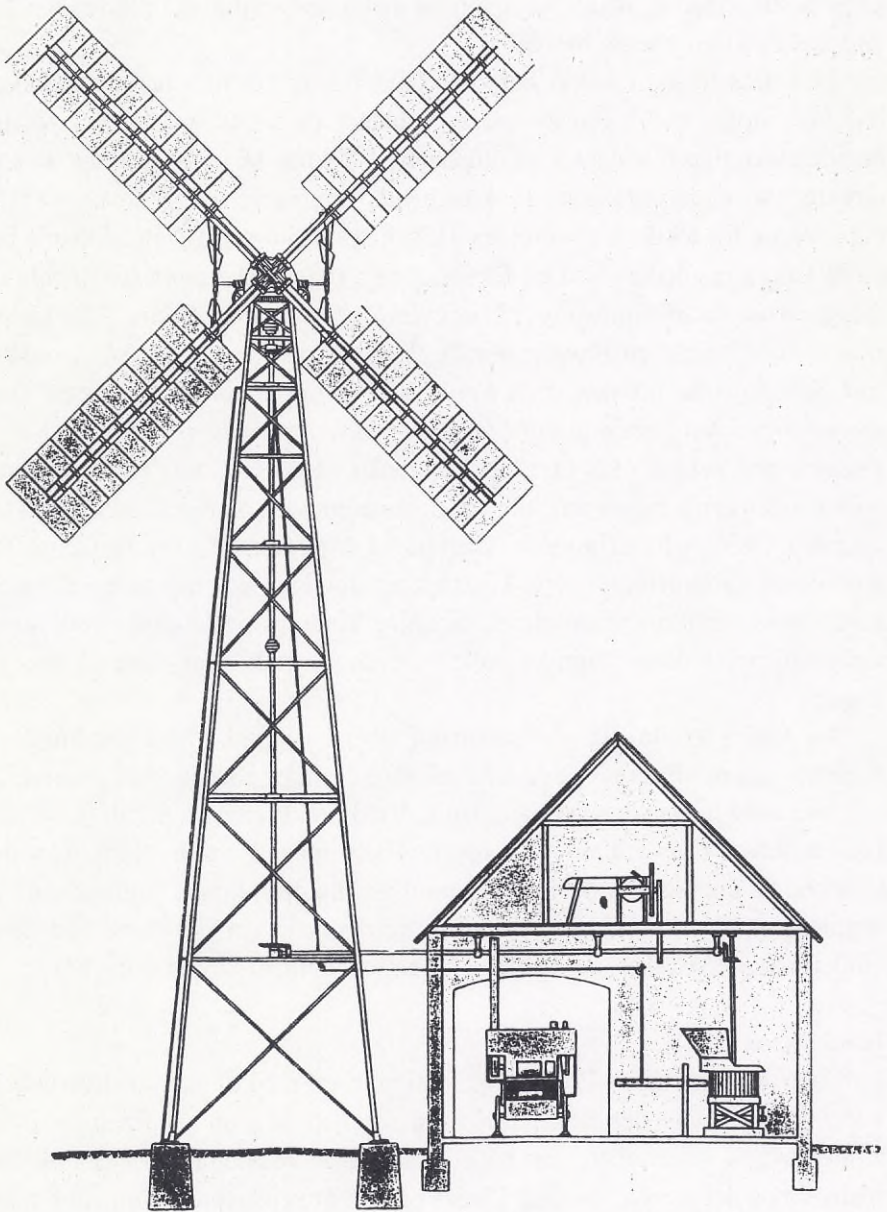
Endnu i 1924, i P. Schrøders "Lærebog i Maskinlære", var la Cours forsøg, teoretiske formuleringer og konstruktionsforslag de bærende elementer i lærebogens afsnit om vindmotorer. Ingeniør Vindings og Jensens nyere forsøg og forbedringer af deres "Agricomølle" var dog omtalt, men ikke gennemgået, i bogen.

La Cours mølle gik sin sejrsgang over Danmark. Små vindmøller med dynamo, der producerede jævnstrøm til gårdelværker eller landsbyelværker, skød op, især med hjælp fra selskabet Dansk Vind Elektricitets Selskab (DVES), som la Cour havde taget initiativ til at oprette. Især under 1. verdenskrig, hvor der var knaphed på brændsel til dampkedler og dieselmotorer, kunne vindmøllerne yde et supplement til elforsyningen. Under 1. verdenskrig var der mere end 250 små vindelektricitetsværker, der sørgede for en forsyning af jævnstrøm. (13)

### **Konklusion:**

La Cour døde allerede i 1907. Hans forskning var med til at forbedre vindmøllers ydeevne og havde det meget praktiske resultat, at man ud fra hans prototype kunne bygge vindmøller, der både hvad angår økonomi og mekanik lod sig realisere på det danske marked. I mere end 50 år producerede firmaet Lykkegård på Fyn vindmøller efter la Cours prototype. I Jylland var det især vindmotorfabrikken i Hurup, der producerede la Cour'ske klapsejlere, og på Sjælland tog Fr. Dahlgaards Vindmotorfabrik i Holbæk sig af klapsejlerproduktionen. (14)

På baggrund af ovenstående korte gennemgang af la Cours arbejde med vindmølleforsøg kan man konkludere, at la Cour var konstruktøren bag en



*Fig. I. Lykkegård Vindmølle set forfra. 1928.*

*Konstruktion.*



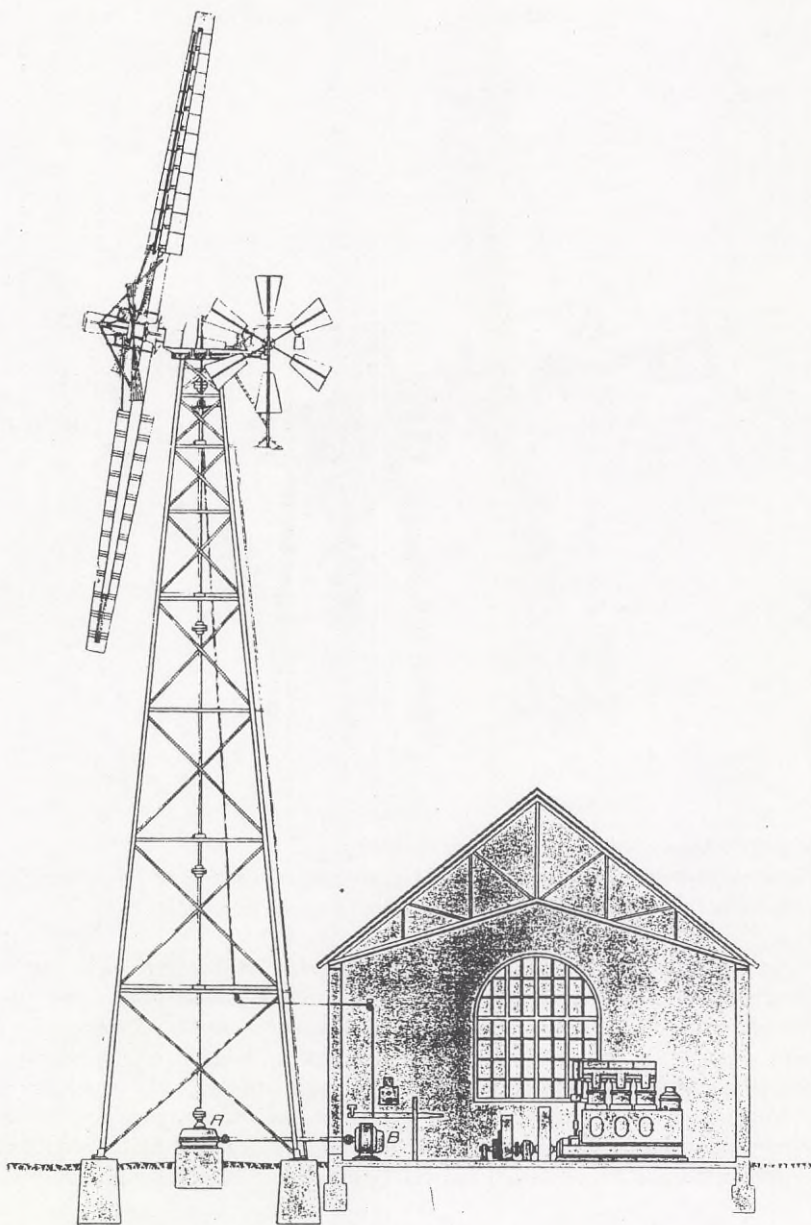
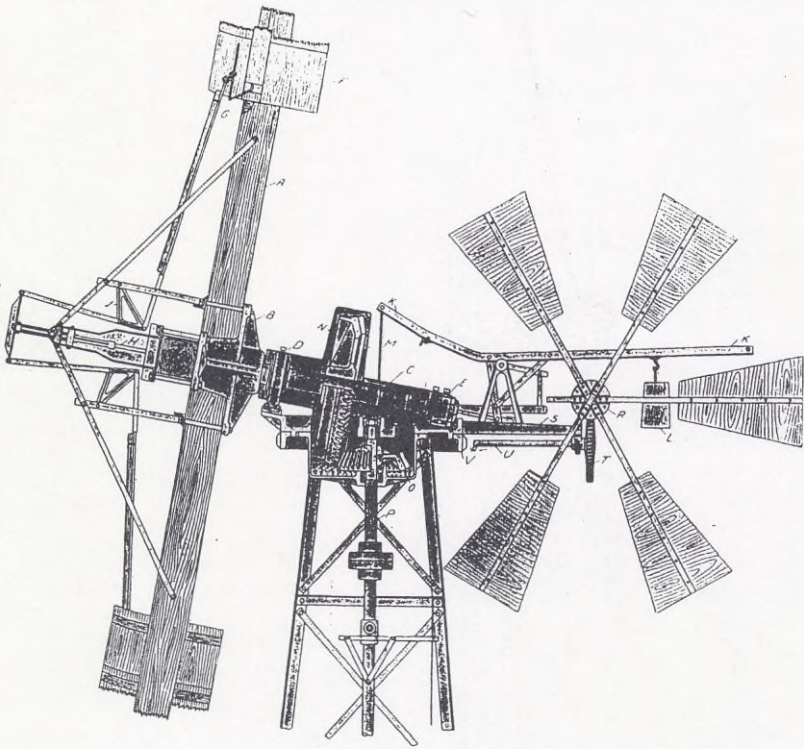


Fig. II. Lykkegård Vindmølle set fra siden.

Møllerne blev fremstillet efter Poul la Cours forslag til en "Ideal mølle". Møllen er selvregulerende, hvilket betyder, at omdrejningshastigheden automatisk bliver indrettet efter den dynamo (eller maskine) som møllen trækker. Desuden er den selvkrøgende og holdes op i vinden af krøjeværket (R) på fig. III, som består af to små vindfang.





**Fig III. Skitse af Lykkegårdmøllens vindfang.**

Selve vingerne er udført i tommer og vingehjelkerne (A) holdes på plads af et støbejernskryds (B), monteret på hovedakslen (C), som løber i bag- og forkuglelejer.

Vingernes klapper (F) er alle forbundet gennem stålstænger (G), som løber langs med vingehjelken. De fire stålstænger mødes i vindfangets centrum, hvor de forbindes med styrestangen (H), gennem et system af vægtstænger - hvor styrestangen er forbundet til vægtstangen (K). Kontravægten (L) holder klapperne lukkede. Når presset fra vinden øges, vil klapperne åbnes gradvist, og ved en forøget vindhastighed, som er til fare for den maskine, møllen driver, vil klapperne åbnes så meget, at møllens hastighed forbliver den samme. Hvis klapperne åbnes helt, vil møllen afsejle (det vil sige standse). Møllen kan standses helt ved at trykke en stang ved mølletårnets fod ned, og tilsvarende startes den ved at løfte stangen.

#### **Udveksling til dynamo.**

Hovedakslen (C) bærer hathjulet (N), som griber ind i drevet (O), der sidder på enden af den lodrette aksel (P), som overfører vindkraften til tandhjulene ved foden af tårnet. Kraften fra den lodrette aksel overføres gennem en tandhjuls-kasse til dynamoen (se fig. II fra punkt A til B). Dynamoen vil sørge for opladning af et batteri, som strømmen almindeligvis vil passere, før den kommer ud til forbrugerne.

(Fra katalog: Lykkegård 1928)



vindmølle, der var betydelig mere effektiv end tidligere møller. Møllevingerne kunne efter hans tegningsforslag formes i træ, så det var praktisk muligt for datidens møllebyggerne at inddrage den nye viden i deres daglige produktion af møller. Samtidig kunne la Cours møller trække driftssikre elværker (når der altså var vind nok), takket være la Cours øvrige opfindelser som kratostaten og la Cour nøglen.

Det første offentlige elværk i Danmark var startet i 1891, og man havde fra starten valgt en jævnstrømsteknologi, der kom til at betyde, at elforsyningen var decentral og i første række kun nåede ud til borgere i større bysamfund. Dette skyldtes, at jævnstrømmen ikke kun føres ud i et ledningsnet over ca. 3 km. længde, da spændingen blev formindsket betydeligt undervejs. Mulighederne for at også mindre samfund og enkelte gårde kunne få eget elværk blev betydeligt forbedret med la Cours mølle til elproduktion. I årene efter 1904 blev en lang række små vindmøller til elektricitetsproduktion taget i brug i Danmark. Siden kom dieselmotoren på markedet, og flere steder kunne man finde mindre elværker, der kombinerede dieselmotor og vindmølle til elproduktionen.

## **Aerodynamikken kommer til: propelvinger 1914-1926**

Behovet for forbedringer af flyvemaskinerne fik stor betydning for den videre udvikling af aerodynamikken. I forbindelse med 1. verdenskrig blev der satset mange penge på at forbedre flyvemaskinernes egenskaber i flere lande, og der blev udført en lang række forsøg og eksperimenter omkring luftstrømmes bevægelser.

Spørgsmålet for møllebyggerne var stadig, hvordan man konstruerede en driftssikker mølle, der udnyttede vinden bedst. I den forbindelse kunne den aerodynamiske viden i stigende grad bruges. Selv la Cour havde været klar over, at den "ideelle mølle" endnu ikke var fundet. Han havde blot fundet den mest effektive blandt de afprøvede. Senere møller kunne godt vise sig at være endnu bedre.

Indenfor den danske elforsyning havde man i 1907 startet det første elværk, der var baseret på vekselstrøm. Det var Skovshoved Elektricitetsværk nord for København, der kunne forsyne omegnen af København og en del af Nordsjælland med strøm via kabler med højspændt vekselstrøm på 10.000 volt. Selskabet bag elværket havde oprindeligt sørget for elforsyningen til sporvogne, men ændrede i 1911 navn til Nordsjællands Elektricitets og Sporvejs Aktieselskab, forkortet NESÅ. (15)



Tabel 1 OVERSIGTSKEMA OVER UDVIKLINGEN I ELPRODUCERENDE VINDMØLLER I DANMARK

	1891-1908	1914-1926	1940-45	1947-1962
Videnskabelig viden	Støtterori, Euler, Smeaton, Irminger, la Cour	Aerodynamik, la Cour, Poly.Tekn (studiegruppe)	Aerodynamik Betz, Bilau	Aerodynamik Betz og Bilau (Göttingen), Internationalt samarbejde.
Konstruktion Teknologisk viden	La Cour - forsøg i Askov (patenter)	Vinding & Jensen. (patent) Vogt (Orlogsværft)	Claudi Wesh og Zeuthen (F.L.Smidth) (nye patenter?)	Johannes Juul Vester Egeskov (patent) Bogø-Mølle Gedsermølle Samarbejde med udland
Elforsyningsstruktur	1891 alle muligheder -jævnstrøm, decentral	jævnstrøm/ (NESA vekslestøm) decentral/centralisme	jævnstrøm - centralisme på vej	vekslestøm - centralisme
Politisk/økonomisk støtte	statsstøtte til la Cour	1. verdenskrig brændselskrise (privat selskab) Statsstøtte til Vogt.	2. verdenskrig (privat selskab)	SEAS (privat selskab) DEF med Statsstøtte
Fabrikanter	Trad. møllebygger Lykkegård Dahlgård m. fl.	Lykkegård Dahlgård Agricco m. fl.	F. L. Smith Lykkegård mange mindre fabrikanter	SEAS (Juul) DEF (Juul, vindkraftudvalget)
Mølle typer % angiver gennemsnit for vindudnyttelse	Stubmølle Hollandsk mølle Klapsejler Vindrose	* Klapsejler 23 % Hollandsk m. 6 % Vindrose 17 % Propelmølle 43 %	Klapsejler Hollandsk mølle Vindrose Propelmølle 30-40% **	Klapsejler 23 % Vindrose 17 % Propelmøller 50-60% ***

\* Tallene stammer fra Statens Redskabsprøve 1921-24. Vinding 1926 og Tylvad 1925.

\*\* Tallene for F.L.Smidthmøllerne er set ud fra produktionstal i 1945 sammenlignet med Lykkegårdmøllen.

Se i øvrigt tabel 2.

\*\*\* Juuls angivelser i Vindkraftudvalgets betænkning.

Tabel 2 TYPER AF DANSKE VINDMØLLER TIL ELPRODUKTION  
1900-1960

Mølleprojekt	Rotor	Vindhastighed m/s	Effekt	Rotorform	Regulering	vingespids hastighed.	grad af vindud- nyttelse	krøje- mekanisme
Klapsejlere* 1915-45 la Cour-system andre	7-18 m	6-11,4	5-30 kW jævnstrøm	4 trævinger m. klapper	klapper åbnes/luk- kes m. stålsænger	2,5	23 %	krøje- vinger
Propelmølle Agrico 1918-25 (NESA) Jensen & Vinding **	5-12,5 m	4-10	5-40 kW dynamo (asynkron generator)	4-6 stål- propeller (træskelet m. stag (aerod.))	afsejling fjeder- regulering	3	43 %	krøjevinger
Propelmølle F. L. Smidth *** 1940-45	17,5 m 24 m	6-24	50 kW 70 kW jævnstrøm	2 - 3 træpropelle (aerod)	vinge- flapper	9	30-40 %	krøjevinger
Propelmølle**** SEAS (Juul) Vester Egeborg 1950	7,65 m	5-15	vekselstrøm 12 kW	metal/træ 2 vinger (3 typer) aluminiums palder /træskelet med stag	stalling drejelig vingespids	6,5	40-50 %	krøjerling m elmotor
Bogømmøllen 1952	13 m	5-15	45 kW	3 vinger med stag	drejelig vingespids	5,4	50-60 %	krøjerling elmotor
Gedsermøllen 1957	25 m	5-15	200 kW	3 vinger med stag	drejelig vingespids	5,4	40-50 %	krøjerling elmotor

\* Oplysninger fra Lykkegård Brochure (ca. 1928), H. C. Hansen 1985.

\*\* Oplysninger om Agrico-møllen fra Agrico Brochure, 1922 og Schrøder 1924 p.564

\*\*\* Oplysninger fra Mørch 1941

\*\*\*\* Oplysninger fra Juul 1954 s.62-63, samt Vindkraftudvalgets betænkning. Bogømmøllen kunne i 1952 producere 4 a 5 gange så store energimængder som da den producerede jævnstrøm til et mindre jævnstrømsnet.



Den nye udfordring, der herefter kunne stilles til møllebyggere og maskinfabrikanter, der fabrikerede vindmøller til eldrift, var: Hvordan fremstille en vindmølle, der kunne trække en generator, der producerede vekselstrøm? Og hvordan kan man sende vekselstrøm direkte på elnettet? Naturligvis kunne man vælge at producere jævnstrøm, som man tidligere havde gjort, og så efterfølgende ændre strømmen til vekselstrøm. Men et af problemerne med møller beregnet til at trække en jævnstrømsdynamo var, at man helt kunne udnytte vindens fulde kraft. Dynamoerne var ikke beregnet til at arbejde med varierende omløbstal og kunne ikke holde en konstant spænding. Strømmen blev derfor opbevaret i opladelige batterier, hvor et relæ sørgede for, at strømmen ikke gik baglæns fra batteri til møllevinger, idet der blev afbrudt, når batteriet var opladet. Den efterfølgende energi fra vindmøllen kunne således ikke udnyttes, når batteriet var ladet op. Havde man derimod en generator, hvorfra man kunne sende vekselstrøm direkte ud til ledningsnettet, ville man opnå en meget højere udnyttelsesgrad af vinden.

1. verdenskrig betød alvorlige rationeringer af de fossile brændstoffer i Danmark. Elværkerne var afhængige af dette brændsel og måtte se sig om efter alternative muligheder for brændsel - bl.a. tørv og brunkul. Vindmøllerne fik igen en renæssance og en ny udvikling af vingeprofiler dukkede op: propelmøllen udformet og patenteret af ingeniørerne Johannes Jensen og Poul Vinding. (16)

Vingerne på den nye vindmølle var designet efter kendskabet til, hvorledes propeller opførte sig i vind, og som noget nyt kunne propellerne også bringes til at trække en generator, der kunne producere vekselstrøm direkte til elnettet. Jensen og Vinding udviklede deres vindmølle med henblik på, at samme design skulle kunne benyttes flere steder, ved : 1) Kraftanlæg til at trække arbejdsredskaber på landbrug (tærskværk, halmpresse, hakkelsesmaskine, kværn, rundsav, pumpe m.m.) 2) Udtørningsanlæg til at trække en vandsnegl, der løfter vand op, og 3) Elektricitetsværk til at trække dynamo til jævnstrøm eller generator til vekselstrøm. (17)

I 1919 præsenterede Poul Vinding i to artikler kaldet "Vindmøllen" i tidsskriftet Ingeniøren sine beregninger angående vingers bevægelse som følge af vindpåvirkninger. Dette var udgangspunktet for en helt ny mølletype: Vingerne var opbygget som en flyvinge med en aerodynamisk profil omkring et stålrør, hvorpå der var anbragt tværribber af træ - hver med en forskellig udformning og stilling omkring stålrøret (se fig. V ). Hele vingeskelettet var dækket af stålplader. Vingespidshastigheden kunne komme op på 3 gange vindhastighedens. Vindmøllerne blev fremstillet i 6 størrelser spændende fra en vingediameter på 8,5 til 16,5 m, og vingeaftallet varierende mellem 4 og 6. Den største mølle



kunne ved en vindhastighed på 10 m/s yde 76,7 HK. I en brochure om "Agricco-møllen" fra 1922 nævnes det, at kraften pr. arealenhed af vingefanget er ca. 2 ½ gange så stor som kraften af de hidtidige vindmotorer. (18)

Vingerne var fastgjort med to nav til akslen og afstivet med barduner, der forbandt hver vingespids med hinanden og hver vingespids med akslens yderste ende (se fig. VII ). Møllen var både selvkrøgende og selvsvikkende. Små krøjevinger sørgede for automatisk at dreje møllen op mod vinden, så møllen var klar til produktion. Det selvsvikkende bestod i, at alle vinger kunne drejes og indstilles, så de f.eks. lod vinden passere forbi i et kraftigt stormvejr. Dermed kunne det undgås, at møllen løb løbsk.

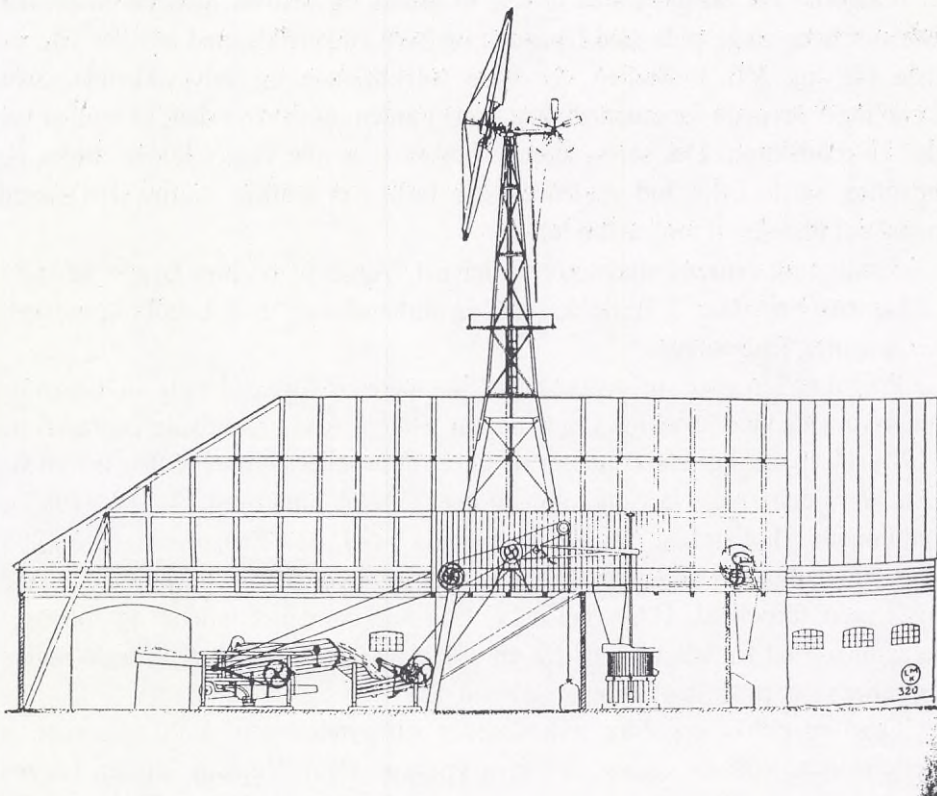
Vinding og Jensens vindmotor fik navnet "Agricco" og blev bygget af Hans L. Larsens Fabrikker i Frederikssund og forhandlet af A/S Landbrugsmaskin-Kompagniet, København.

Propelmøllen viste sig at være betydeligt mere effektiv end både vindrosen og den 4-vingede vindmotor i la Cours design. Statens Redskabsudvalg gennemførte i 1921-24 en række undersøgelser af indsendte møller. Propelmøllen udnyttede 43% af vindenergien, la Cour-vindmotoren 23% og vindrosen 17,5 %. (19) De traditionelle hollandske møller udnyttede ved undersøgelsen 6% (20). Sammenligningen er noget vanskelig, da målingerne er sket i naturlig vind, og må tages med forbehold. H.C. Hansen (1985) har omregnet tallene og foretaget beregningen ud fra la Cours tal for en effekt på 0,6 watt ved den ideale mølle. Også her viser propelmøllen sig overlegen. (21)

Også en række engelske undersøgelser i begyndelsen af 1920'erne viste at propelmøllen var de andre møller overlegen: Poul Vinding citerer i egen oversættelse fra "A Report on the use of windmills for the generating of electricity". INSTITUTE OF AGRICULTURAL ENGINEERING. University of Oxford. Bulletin No. 1. Oxford 1926. : *"..naar beretningen taler anerkendende om Ventimotor, Aerodynamo og Agricco som Pionerer for Strømlinieprincippet, da maa det slaas fast, at det er her fra Danmark dette nye Grundlag er blevet erkendt og foreslaaet anvendt, og saavel Arbejdet i Praksis som Patenter havde været i Orden et par Aar før man i Tyskland begyndte paa at faa øje paa disse Ting."*

Med hensyn til aerodynamisk design af møllevinger ser det således ud til, at Danmark også på internationalt plan har været langt fremme både teknisk og videnskabsmæssigt omkring 1920. Med hensyn til brugen af asynkrone generatorer til vekselstrømsproduktion ved vindmotorer startede man i Danmark allerede i 1918. Ingeniør R. Johs. Jensen arbejdede sammen med Vinding på at fremstille en trefaset vekselstrømsgenerator, som uanset møllens varierende omdrejningstal





**Fig. IV. "Agricomøllen" 1922**

Agricomøllerne blev fremstillet af Hans Larsens Fabrikker i Frederikssund efter R. Johs. Jensens og Poul Vindings patent. Møllen var selvkrøgende og selvsvikkende. To små krøjevinger sørgede for krøjningen. Selvreguleringen indebar, at vingerne kunne skifte stilling, så møllen ikke løb løbsk i kraftig vind.

Fra den lodrette aksel overførtes kraften til landbrugsmaskine eller til dynamo/generator. Jævnstrømsdynamo og vekselstrømsgenerator var specielt byggede, så begge holdt en konstant spænding selv om omdrejningstallet varierede, og vekselstrømsgeneratoren holdt periodetallet konstant. Allerede i 1924 formulerede Johs. Jensen, at det var vigtigt, at møllens karakteristik, vindforhold og den asynkrone generator passede til hinanden (Jensen 1924 s.587). (Fig IV: gengivet efter Schrøder 1924: "Lærebog i Maskinlære, III", s.544).



ville give konstant spænding og periodetal (Arnfred 1919). Én af Jensens & Vindings "Agricco"-møller blev opstillet i Nordsjælland. Den var forsynet med en 40 kW asynkron generator, som kunne levere strøm til NESAs 10.000 Volt net. (22) Andre elproducerende "Agricco-møller" blev også opstillet, bl.a. i Nyborg. Men størsteparten var beregnet for landbrug og vandpumpning.

Fra udlandet opfordrede man danskerne til at benytte en asynkron generator i forbindelse med vindmøller. Det gælder f. eks. ingeniør E. Adler, Berlin, som i øvrigt anerkendte at *"I Danmark er Udnyttelsen af Vindkraften til Fremstilling af Elektricitet betydelig videre fremskreden end i andre Lande, hvilket forklares ved Landets særlige meteorologiske Forhold, de Krav, der stilles fra det højt udviklede danske Landbrug, og den Fremme, Sagen har faaet ved de fremragende Arbejder af afdøde Professor la Cour"*. (Adler 1920 s. 595). En asynkron generator var i princippet helt ideel til vindmølle drift. Man skulle blot have en automatisk afbryder, der ved et kritisk lavt omdrejningstal sikrede, at generatoren blev slået fra nettet, og ligeledes blev koblet til nettet igen, når møllevingerne bragte generatoren op på et passende højt omdrejningstal.

Samtidig foreslog Adler, at vindmøllen konstrueredes så vingehjulet blev forsynet med en bremse. Ingeniørerne Jensen og Vinding indsendte samme år en patentansøgning vedrørende "Anordning ved Vindelekticitetsværker". I 1924 beskriver de deres reguleringsordninger til asynkrone generatorer, der drives af møllevinger. Johannes Jensen gjorde således klart i 1924, at det var vigtigt, at møllens karakteristisk, de faktuelle vindforhold og den asynkrone generator passede til hinanden. (23) Når man benyttede en asynkron generator ville strømmen til nettet først blive sluttet, når møllen nåede op på en bestemt hastighed, som svarede til periodetallet på elnettet. Idet generatoren afgav energi til nettet, ville omdrejningstallet blive tvunget ned, og møllen bremsede, så den holdt en omtrent konstant omdrejning. Vindings og Jensens danske patent på vindmotorer blev siden også benyttet i udlandet, bl.a. i Holland af firmaet "Werkspoor" (Hollands B&W), der fra 1925 byggede vindmotorer i stor stil. (24)

Professor Erik Schou holdt i 1920 ved Det første Nordiske Elektroteknikermøde i København en forelæsning: "Det moderne Grundlag for Konstruktion af Vindmotorer." (1922) Han konkluderede bl.a. at det store og nye materiale om luftens bevægelse, der er fremkommet fra forskningsinstitutionerne vil kunne blive nyttigt for konstruktionen af vindmotorer. Endnu skal der dog høstes mangfoldige erfaringer - og *"Arbejdet vilde kunne støttes væsentligt, hvis man her i Landet raadede over et veludrustet aerodynamisk Laboratorium, og man maa haabe, at et saadant kan blive oprettet i en ikke for fjern Fremtid."*



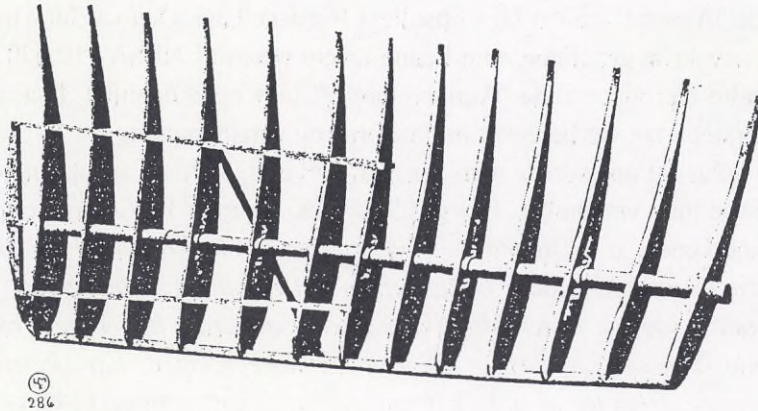


Fig. V. Vingeophbygning: Hver enkelt vinge har som stamme et stålrør, hvortil der er fastgjort tværribber af træ. Tværribberne varierer i form og stilling fra rod til spids. Vingens skelet er dækket af stålplader. Læg mærke til ligheden med en moderne møllevinge.

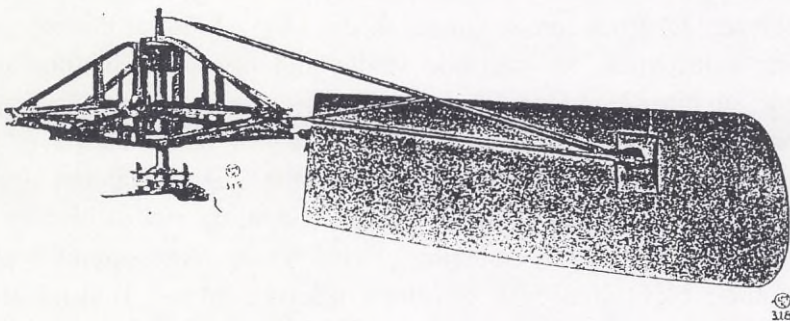


Fig. VI. Stålpladebeklædt vinge fæstnet på stålrammen omkring møllens hovedaksel. Hver vinge er afstivet med en stålstang til spidsen af hovedakslen. Hver vinge kan reguleres og reguleringen sker samtidig, så hver vinge drejer om sin stamme på samme tid. Hver vingestamme er hul, og heri går en aksel, der hviler i kuglelejer i både vingspids og rod. Selve drejningen sker nede fra jorden ved at flytte et håndtag. Gennem et tandstangssystem drives samtlige vinger rundt til en ny position. På den måde kan møllen også afsejles og påsejles.

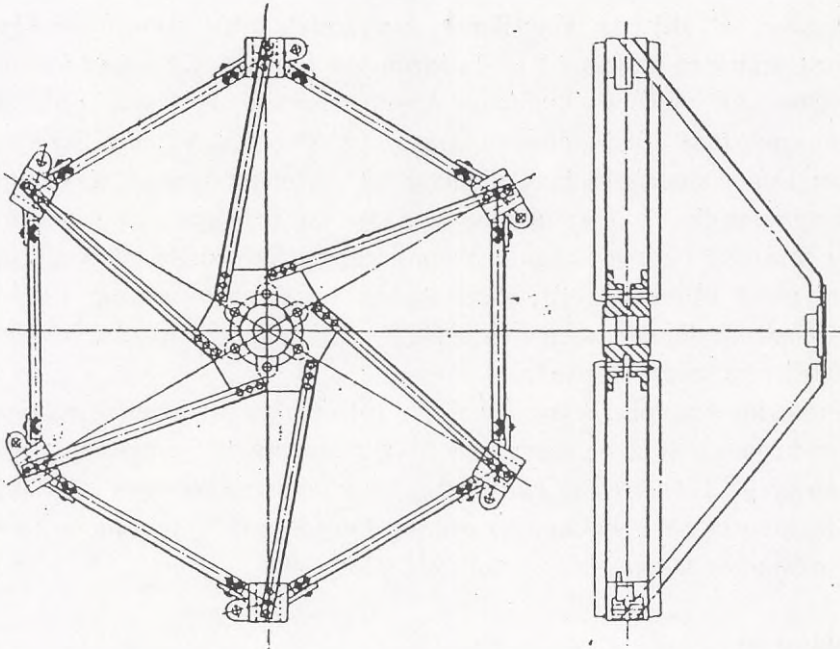


Fig. VII. Skitse af den stjerneformede ståramme, hvortil vingerne er fastgjort. Ved hjælp af to nav er rammen fastgjort til vindfangets aksel. Rammen set forfra og fra siden.

Fig. V, VI, VII: Opbygning og regulering af propelvingerne på "Agricomølle". Er gengivet efter P. Schröder, 1924: "Lærebog i Maskinlære, III, s. 541"



*Dette vilde være en værdig Fortsættelse af la Cours Arbejde for Udnyttelsen af den danske Blæst" (Schou 1922 s. 90)*

Omkring 1920 var der i Danmark så stor interesse for sagen omkring nye vindmøller, at der på Polyteknisk Lærestanstalt blev dannet et egentligt studieselskab med professor P.O. Pedersen som formand. De øvrige medlemmer var: Professor Aubeck, Professor Absalon Larsen, Professor Erik Schou, overingeniør Johs. Jensen, direktør Hans L. Larsen og Dr. Vinding. Selskabet fik navnet: Dansk Studieselskab til Vindkraftens Udnyttelse og modtog blandt andet økonomisk støtte til forskningsarbejde. (25) Man debatterer ivrigt en årrække nogle praktiske og mange teoretiske problemer i forbindelse vindkraft, hvilket blandt andet kan ses af en række artikler i Ingeniøren mellem 1919-1926. Tilsyneladende dør interessen efter nogle år - den kan i hvert tilfælde ikke følges i tidsskrifter fra senere i perioden.

Professor Absalon Larsen undersøgte betydningen af vingespids hastigheden for produktionen af en og nåede frem til, at "*Den virkelige praktiske Løsning af den elektriske Udnyttelse af Vindkraften synes da at maatte ligge i Anvendelsen af Vindmotorer ved konstant eller omtrent konstant omdrejningstal og synkron eller asynkron Maskiner.*" (Larsen 1924 s.584).

### **Konklusion:**

Der var i Danmark omkring 1920 et forum for teknologisk viden om vindmøllerne, hvor man også inddrog den nye viden om aerodynamikken i udformning af vingernes profil. Man kan undre sig over, at ideen ikke blev ført videre, muligheden var der. Men Danmark stod i den periode ikke i akut mangel på fossile brændstoffer, jævnstrømsværkerne var stadig dominerende, og med nyetablerede vandkraftværker flere steder i Jylland havde man fået suppleret damp- og dieselkraften væsentligt.

I Tyskland (26) tog man først efter 1. verdenskrig for alvor fat på aerodynamikken og dens anvendelse i vindmølleteknologien. I 1919 kom lederen af den tyske forsøgsanstalt i Göttingen, Albert Betz, med sit bud på den aerodynamiske teori omkring vindmøller. Ud fra la Cours udgangspunkt kunne han udforme "den abstrakte mølle", og i et senere værk fra 1926 er dansk mølleforskning stadig nævnt. De danske undersøgelser i årene forinden var med til at bane vejen for forsøgene i Tyskland - hvor man i løbet af 1930'erne fremkom med forslag til kæmpemæssige vindmøller på tårne, der rakte op over 200 m højde. Betz's resultater blev siden ivrigt studeret af danske ingeniører, der beskæftigede sig med vindmotorer, men både la Cours samt Jensens og Vindings resultater har også sat sig spor.



I 1920'erne var der 3 grundtyper af nyere vindmøller beregnet for elproduktion i det danske landskab: (27)

1) Vindmotorer: solide og velafprøvede møller bygget efter la Cours 4-vingede idealmølle, som bl.a. blev fremstillet af firmaet Lykkegaard på Fyn, Vindmotorfabrikken i Hurup, Fr. Dahlgaards Vindmotorfabrik i Holbæk. Hertil kom møller bygget af andre møllebyggere (f. eks. Herning Maskinfabrik; Jeppesen & Sønner, Næstved; Heides Maskinfabrik, Mors) med 4 - 6 vinger men alle med klapvinger af træ (til jævnstrøm).

2) Vindroser: møller bygget af danske møllebyggere efter amerikansk patent med et vingehjul bestående af mange blade. (f. eks. M. Jørgensen, Fjerritslev J. og Fr. Dahlgaard i Holbæk, Hans Larsen's Maskinfabrik i Frederiksund, Schrøder & Jørgensens Eftf., København)

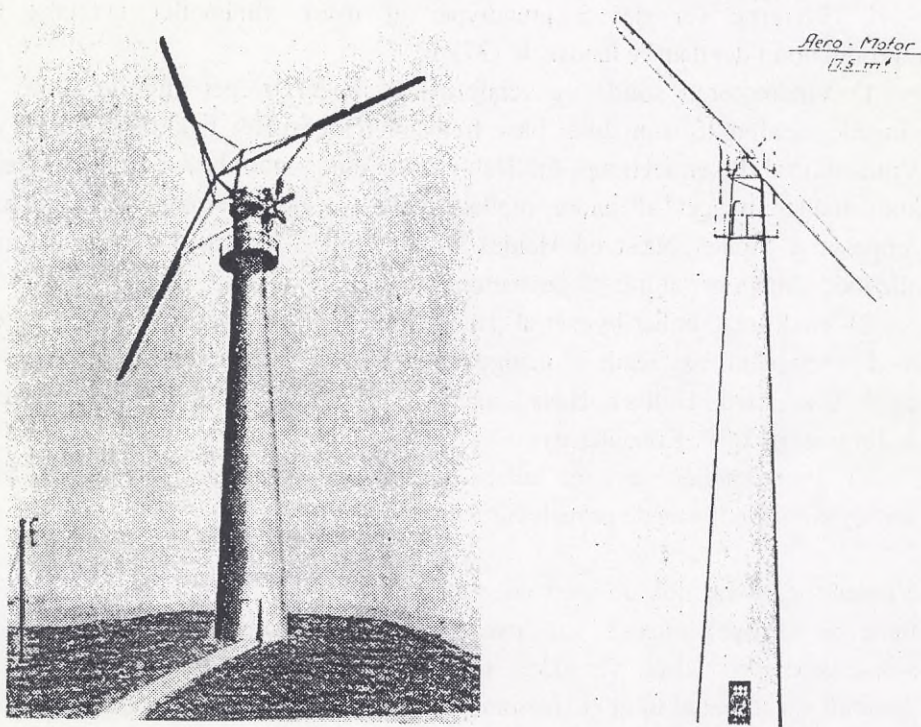
3) Propelmøller: bygget efter Jensen & Vindings patent med 4-6 aerodynamisk udformede propelvinger - stabiliseret med stag.

Vindmotorene var nok de mest udbredte - de var stabile og afprøvede gennem flere år. Propelmøllerne var nye og ikke så kendte, og behovet for vekselstrømsproduktion var ikke stort på landet, hvor elforsyningen i de år generelt var indrettet til et jævnstrømsnet. Langt fra alle typer af vindmøller, som er nævnt, var beregnet til elproduktion. De fleste vindmøller på den tid havde helt andre formål: nemlig kraft til landbrugets arbejdsredskaber eller kraft til udtørningsanlæggenes pumper. Vindmøllerne var med andre ord ikke blot konstrueret med elproduktion for øje. For at man overhovedet skulle kunne opretholde en møllproduktion på de forskellige fabrikker, skulle samme mølletype kunne sælges til forskellige formål.

## **2. verdenskrig og F.L.S. Aeromotoren. (1940-45)**

Brændselssituationen under 2. verdenskrig betød, at der igen kom gang i vindmøllerne i Danmark. Klapsejlermodellen var stadig anvendelig og var kendt i både ind- og udland. Men en ny aerodynamisk mølle gjorde sig nu gældende. Sammen med firmaet Kramme og Zeuthen udviklede firmaet F.L. Smidth i 1940 en vindmølle kaldet "F.L.S. Aeromotor". Bag møllerne stod ingeniør Claudi Westh fra F.L. Smidth og ingeniør Zeuthen fra Skandinavisk Aero Industri (28). For første gang fik Danmark en vindmølle, der udelukkende var beregnet på elproduktion. Møllerne blev solgt til elværker, der ønskede en alternativ måde at producere elektricitet på under 2. verdenskrig. Det drejede sig alene om





**Fig. VIII og IX. F.L. Smidth møllen, 1941**

F.L.S.-Aeromotorerne er hurtiggående propelmøller udviklet af F.L. Smidth og Co. A/S i 1940 beregnet til elektricitetsproduktion på elværker og ved større industrier. Vingene er udformet i træ og de største møller (fig. VIII) er forsynet med 3 vinger (24 m vingefang), mens de lidt mindre (17,5 m vingefang) har to vinger (fig. IX). Omdrejningstallet er godt 90 omdrejninger pr. minut.

#### **Regulering**

Møllen er selvkrojøende, idet to små krøjevinger (se fig. VIII) sørger for at dreje møllehatten op mod vinden. Vingene er fast monteret og ikke-drejelige, og afsejlingen sker ved, at nogle skinner, anbragt bag på vingerne, slår ud, når hastigheden bliver for stor. På den måde ødelægges vingebledets profil og møllen bremses.

#### **Kobling mellem propel og dynamo**

I modsætning til både Lykkegårdmøllen og Agricco-møllen sidder dynamoen på F.L.S.-Aeromotoren oppe i selve møllen og drives af propellen gennem et gear. Fra dynamoen føres strømmen i kabler til tårnets fod og videre til f.eks. et akkumulatorbatteri på et jævnstrømsværk. (Fra Mørch, 1941 og Vester, 1941)



produktion af jævnstrøm, selv om man på F.L. Smidths egen cementfabrik "Danmark" lod jævnstrømmen omforme til vekselstrøm.

Vingerne på F.L.S. Aeromotorerne var af træ og udformet efter de seneste års kendskab til aerodynamisk teori. De lange slanke møllevinger var udformede som en propel, og de var fast forbundet med navet og forsynede med en særlig afsejlingsanordning (bremse) på bagsiden af vingerne. Afsejlingen skete ved hjælp af skinner bag på vingerne, som slog ud, når hastigheden blev for stor. Vingebladernes profil blev derved ødelagt og møllevingerne gik ned i fart. De største møller havde 3 vinger og et vingefang på 24 m, mens de lidt mindre med et vingefang på 17,5 m havde 2 vinger. Omdrejningstallet var på godt 90 omdrejninger per minut. En dynamo til jævnstrøm sad i tårnets top. Vingerne var overdimensioneret i forhold til dynamoen, og på den måde kunne man udnytte selv relativt lave vindstyrker.

På Cementfabrikken "Danmark" ved Aalborg blev der i 1940 rejst en 2-vinget forsøgsmølle med et vingefang på 17,5 m. Møllen producerede vekselstrøm til fabrikkens elnet, ved at propellen gennem et gear trak en dynamo og herfra blev strømmen ført til en omformer. En endnu større 3-vinget mølle med et vingefang på 24 m blev i 1941 opført i Frederikshavn. Kort efter blev endnu en af samme størrelse sat i drift i Gedser. Som noget nyt blev alle F.L. Smidth-møllerne anbragt på betontårne. Heraf står der endnu i 1996 nogle tårne rundt om i landet. Tidligere vindmøller var som regel anbragt på et gittertårn af metal. Betontårnet var naturligt i en periode, hvor man havde vanskeligt ved at skaffe metal og for en cementindustri var det en naturlig løsning, hvis man gerne ville vide mere om tryk- og vrdepåvirkninger og svingninger fra møllevinger m.m.

I maj 1945 var der rejst ca. 20 F.L. Smidth-møller rundt om i landet (29). I samme periode snurrede 67 Lykkegårdvindmotorer (30), mens andre klapsejlere og vindroser af forskellige fabrikater har været i brug til elproduktion i perioden 1891-1940. (31)

Der stod 3-vingede F.L. Smidth Aeromotorer med vingefang på 24 meter ved Bogense, Skagen, Frederikshavn og Gedser, og ved krigens slutning havde møllerne ved Gedser og Frederikshavn vist de største produktionstal. I 1944 havde årsproduktionen i Gedser været 130.400 kWh, i Frederikshavn II 129.200 kWh, i Skagen 116.610 kWh, og i Bogense 102.595 kWh. De 4 store aeromotorer havde produceret dobbelt så meget som de mindre møller med 17,5 m vingefang af samme fabrikat. Vindmøllerne, der var placeret ved havet, havde helt klart en bedre produktion end dem, der var placeret inde i landet. Lykkegårdmøllerne med et vingefang på 18 m havde omtrent samme



elproduktion som Aeromotorene med 17,5 m i vingefang. (32) Fra 1940 til 1947 blev der samlet produceret godt 18 millioner kWh "ud af luften". (33)

I samme periode dukkede en række små nye vindmøller op fabrikeret af mindre firmaer og maskinfabriker. Se tabel 4. (35) Derudover fandtes enkelte små hjemmefabrikerede vindmøller opsat af private personer for at afhjælpe en manglende elforsyning fra et elværk, som ikke kunne udvide sit forsyningsnet under krigen.

Tabel 3. Mindre vindmøllefabrikanter i Danmark (1940-45). (34) +(35)

Fabrikant	Møllenavn	Vingetype	Dynamo
I.C. Getler	Miniature vindmølle	4-bladet	
Niels Jensen, Holbæk	Propelmølle	propelmølle	Bildynamo (omviklet Ford T)
Brøndum møller, København	"Aerodyn" (propelmølle)	propelmølle	
Lampespecialist Pedersen, København	"King"	2-bladet propelmølle	bildynamo (omviklet)
Viggo Jensen	"Richmond"	2-bladet propelmølle	500 W 1600 W
Dansk Vindmotorfabrik, København	"Swing"	2-bladet propelmølle	Bosch-dynamo 200 W

### Hvad sker der i udlandet:

I mellemkrigsårene (36) udtænkte man i Tyskland nogle meget ambitiøse projekter med vindmøller, der skulle drive generatorer på flere tusinde kW. De blev ikke til noget. Men mange mindre møller på 10 eller 20 kW så dagens lys i denne periode. I Rusland byggede man dog i 1931 en stor forsøgsmølle til 100 kW i Balaclava på Krim og ligeledes en række mindre møller. Under 2. verdenskrig arbejdede man i USA på at udforme større projekter med store vindmøller, og en kæmpe-mølle "Grandpa's Knob" på 1250 kW blev fra 1941-45 afprøvet i Rutland, Vermont. Resultatet af arbejdet fra 1937-1945 blev beskrevet af P.C. Putnam i 1948.

"Grandpa's Knob" var meget avanceret og udtænkt af en gruppe velrenomerede forskere og ingeniører. Møllen var en to-bladet propelmølle på 53



m diameter med en synkron vekselstrømsgenerator, vingerne var pitch-regulerede, hvilket betød, at de blev drejet i hele deres længde, og vingespids hastighed var meget høj. Vingerne var fremstillet af stållegeringer, og møllen vejede i alt 320 tons. Møllen blev prøvekørt adskillige gange, og den viste sig at være en fiasko, pitchreguleringen virkede ikke, hovedlejerne brød sammen, og vingerne begyndte at vise revner efter 10 måneders drift. Møllen blev bygget om, og i marts 1945 blev møllen sat i drift for at køre ca. 3 uger i blid forårsvind - så brækkede den ene vinge af og landede ca. 250 meter væk. Møllen havde sammenlagt gennem 5 år kørt 1243 timer. Der var ellers ikke sparet på hverken ekspertise og materialer. Trods vanskelighederne betragtede deltagerne eksperimentet som vellykket. Møller af samme type skulle efterfølgende kunne produceres til de amerikanske el-selskaber. Men der skulle gå mange år, før man startede med at fremstille store vindmøller i USA.

Udviklingsstrategien bag "Granpa's Knob" er blevet analyseret som et klassisk eksempel på en top-down strategi. (Karnøe 1991). Der eksisterede i USA ikke noget fællesskab med en vindmølle teknologisk viden, så man måtte starte arbejdet med at opbygge en sådan gruppe. Ca. 10 personer blev samlet: ingeniører, meteorologer og videnskabsmænd med speciale i aerodynamik. Der blev tale om en tegneboardskonstruktion. Hvor meget få dele af møllen blev afprøvet i mindre størrelsesforhold.

Det danske firma Atlas havde udarbejdet et vindkraftprojekt i krigens første år. Her havde man ligesom ved det store USA-projekt projekteret drejelige vingeblade, såkaldt pitchregulering. Projektet blev dog aldrig ført ud i livet. (37) Tilsyneladende var F.L. Smidth's forsøg med vindmøller de største nytiltag i Danmark indenfor vindmølle teknologien under 2. verdenskrig, hvor ca. 20 møller blev bygget og opsat efter en række testforsøg.

### **Konklusion:**

Det nye ved F.L. Smidth's vindmøller var, at man udelukkende havde satset på at fremstille møller til elproduktion. Man havde valgt en nyere propeltype end den Jensen og Vinding havde afprøvet, men F.L. Smidthmøllerne betød ikke noget skridt fremad, hvad angik vindmøller til vekselstrømsproduktion. Man holdt stadig fast ved jævnstrømsproduktionen og en lagring af strømmen i opladelige batterier, hvilket som tidligere nævnt betød, at man ikke udnyttede vinden fuldt ud. Under 2. verdenskrig havde Danmark stadig en delvis decentral elforsyning, der mange steder var baseret på mindre jævnstrømselværker, der sendte elektriciteten ud til en begrænset lokalitet. Havde man indenfor elforsyningen brug for at omforme jævnstrømmen til vekselstrøm, var det heller ikke noget



teknisk problem. Firmaet F. L. Smidth forstod sammen med firmaet Kramme og Zeuthen at udnytte brændsels- og energikrisen under 2. verdenskrig til at markedsføre vindmøller, som kunne hjælpe elproducenterne gennem krisen.

## **Johs. Juul og hans møller: 1957-1962**

### **En opfinder på skole hos Danmarks Edison. (38)**

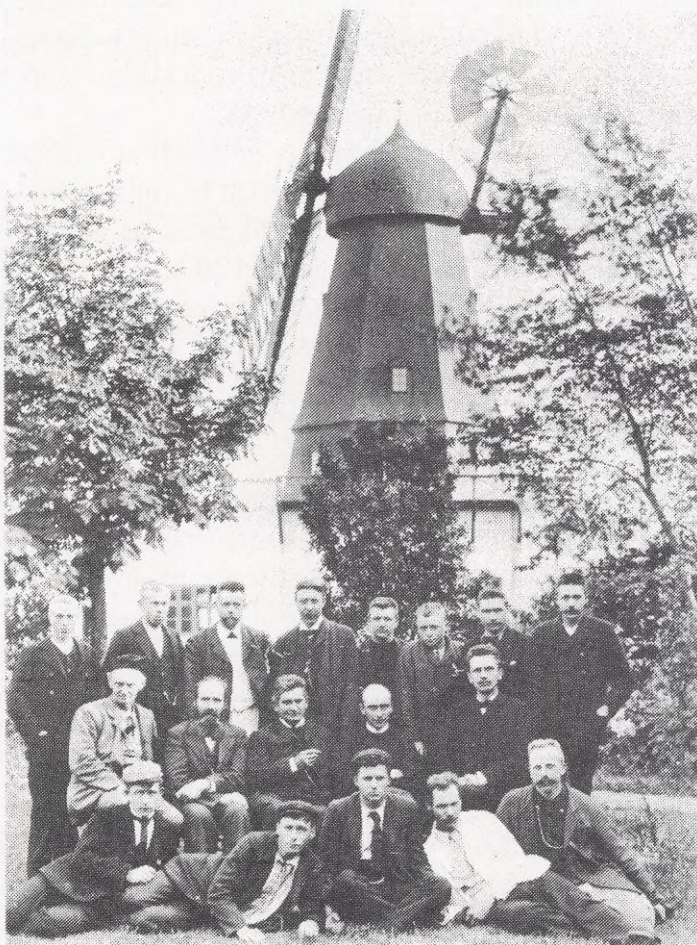
Danmarks vindmøllemeister nr. 2, Johannes Juul, blev født d. 27.10. 1887 på en gård i Ormslev ved Århus. Hans far var landmand, og som 13-årig kom han til at bo hos faderens bror, der også var landmand og ikke selv havde nogen børn. Juuls familie havde været landmænd gennem flere generationer på slægtsgården, Hesselballegård. I Juuls barndom var familien stærkt præget af Grundtvigianismen, og deltog også i de frikirker og friskoler, som tilhængere rejste rundt om i landet.

Allerede som dreng Johannes var interesseret i elektricitet, læste selv meget og forsøgte at overtale forældrene til, at han kunne læse videre på f. eks. Katedralskolen i Århus og siden får en uddannelse som elektroingeniør. Både onkelen og forældrene var stærkt imod denne idé, sandsynligvis på grund af deres stærke engagement i det frie skolesystem. I stedet for at komme på Latinskolen i Århus blev den unge mand i 1904 sendt til Folkehøjskolen i Askov. Som yngste elev på La Cours kursus for Landlige Elektrikere fik han en mere praktisk tilgang til elektrikerfaget.

På Askov Folkehøjskole fik Johannes Juul sin første erfaring med vindmøller og elektricitet. Der var tale om et kursus af såvel teoretisk som praktisk karakter, hvor man modtog undervisning i elektricitet, beregning og tegning samt udførte en række praktiske opgaver med at installere små landelværker i Danmark. I årene 1905-06 var Juul med ved en række installationsarbejder på danske elektricitetsværker, fabriksanlæg og private hjem. Han rejste over det meste af Danmark og var i perioden fra 1910-13 ansat i Tyskland. Op til 1. verdenskrig var han hos installatør Meldgård i Nykøbing Falster. I 1914 tog han elektroinstallatøreksamen i København og det efterfølgende år højspændingsprøven i Helsingør.

Han havde nu ret til at drive installatørvirksomhed og slog sig ned i Køge som selvstændig installatør fra 1915-1926. I den periode startede han egen fabrik for højspændingsmateriel og leverede en del materiel til egnens oplandselskaber. Han udtog også nogle patenter f. eks. patentnr.: 34383 "Anordning ved termiske Afbrydere". Patentet blev udstedt i marts 1925.





*Fig.X. Deltagerne i la Cours kursus for landlige elektrikere på Askov Højskole i 1904. Poul la Cour sidder med alpehue i miderste række yderst til venstre. Yderst til venstre står møllebyggeren Knud Knudsen, der var uddannet hos Niels Hansen i Ferritslev, hvor Lykkegårdmøllen siden blev fremstillet. Øverste række, som nr. 3 fra højre, står den unge Johannes Juul, som efter 2. verdenskrig introducerede den moderne vindmølle i Danmark. Foto: Elmuseet.*



Elselskabet SEAS fik øje på den opfindsomme og driftige installatør og tilbød ham en stilling. Fra 1. januar 1926 blev han ansat som installationsmester ved SEAS. Familien Juul flyttede nu til Haslev. En af Juuls betingelser for at lade sig ansætte ved SEAS var, at han skulle have lov til at foretage uafhængig forskning indenfor de rammer, som SEAS kunne tilbyde ham. En klausul som i følge en af Juuls sønner altid blev akcepteret og støttet af SEAS.

I begyndelsen af 1930'erne arbejdede han mest med at forbedre elektriske kogeapparater. Det resulterede i 1936 i et specielt lavvoltskomfur-kogeapparat som firmaet LK satte i produktion, og som Juul fik patent på. Det blev en succes hos mange husmødre og blev produceret gennem 20 år. Patentet blev solgt til firmaer i Frankrig, Storbritannien og Tjekkoslaviet men komfurerne blev aldrig sat i fabrikation i udlandet på grund af 2. verdenskrig. I 1940 blev han medlem af Dansk Ingeniørsammenslutning, sandsynligvis for sit arbejde med lavvoltskogeapparaterne.

Under krigen arbejdede Juul med nye metoder til fremstilling af tørv i forbindelse med de betydelige mængder af tørv, som nødvendigvis måtte anvendes på SEASs kraftværk, Masnedøværket. Han travede mange moser tynde i sine forsøg på at skaffe tørv - og kom til at tænke på, hvad man skulle gøre næste gang nu da moserne efterhånden var tømte. Vindkraften var en mulighed, der måtte udforskes.

I 1947 tog Juul som 60-årig fat på det arbejde, som skulle gøre ham verdenskendt i vindmøllekredse de næste 10 år.

### **Johannes Juul og forsøgsmøllerne: Ideen udtænkes**

Som andre, der på det tidspunkt beskæftigede sig med moderne vindmøller, var også J. Juul helt klar over, at skulle vindmøllerne gøre sig gældende i fremtiden, måtte der være tale om vekselstrømsproducerende vindmøller. Juul tog fat, hvor Vinding og Jensen havde sluppet i 1920'erne. Han foreslog i 1947, at man koblede en asynkrongenerator til en moderne mølle, således at frekvenstallet (50 Hz) var nået allerede ved en vind på 6 m/s. (39) Desuden formlerede Juul det krav, at ved en vindhastighed på 6 m/s skulle vingespidserne have en hastighed på 39 m/s, altså 6,5 gange vindhastighed.

Dette krav giver kobling mellem vingediameter, generatorstørrelse og omdrejningshastighed som gør at møllen bliver selvregulerende, og betyder - hvor mærkeligt det end lyder - det egentlige gennembrud for Juuls måde at tænke på en vindmølle på. Kravet gør at møllens komponenter ikke kan dimensioneres uafhængigt af hinanden.



Udgangspunktet for vingernes udformning var tyskernes forskning og erfaringer med bygning af flyvemaskine. Som Juul selv udtrykte det i den første artikel, hvor han argumenterede for vindkraftværker, så har de erfaringer, man har gjort ved bygning af flyvemaskinen, betydet at man nu; "er i Stand til at lave den ideelle Møllevinge i strømlinet Form og i Overensstemmelse med Aerodynamikkens Love." Desuden stillede Juul det spørgsmål, om fremskridtene indenfor vindkraften efterhånden ikke var blevet så store, at det nu kunne betale sig at bygge vindelektricitetsværker til at supplere de dyre kul, som også efter krigen var vanskelige at skaffe i rigelige mængder.

På baggrund af de vindmøller med en levetid på 30 år (reelt for Lykkegårdmøllerne, men ikke Aeromotorerne), der var bygget under krigen, anslog Juul en pris på vindmølleenergi på 2,36 øre pr kWh. Det kunne sagtens konkurrere med dampkraft, hvor prisen gennemsnitlig de sidste 30 år havde været 6,0 øre pr kWh.

Arbejdet med udviklingen af en moderne mølletype kom til at foregå hos det firma, hvor Juul var ansat, nemlig Sydøstsjællands Elektricitets Aktieselskab, forkortet SEAS. I foråret 1947 fik Juul af ledelsen på SEAS tilladelse til at starte sine forsøg på et af værkstederne hos SEAS i Haslev på Sydsjælland. I det hele taget var SEAS's direktør, Svend Møller Buhl, en stor støtte for Juul.

Juul fik tilladelse til at opstille forskellige måletårne i det sydsjællandske landskab, fordi det var nødvendigt at foretage omfattende målinger af vindstyrke i forskellige højder. Vindstyrkemålinger var helt klart en forudsætning for, at man kunne komme videre med en udnyttelse af vindkraften, og de målinger, der fandtes, var ikke tilstrækkelige. Næste problem var at skaffe vindmålere - de kunne ikke fås i handelen eller kunne kun skaffes med meget lang leveringstid. Juul valgte sin egen løsning. Han byggede dem selv af små vekselstrøms-generatorer med roterende permanent magnet - som dem der brugtes til cykellygter. Når den blev forsynet med en lille vindmølle på ca. 30 cm kunne man fra generatoren få et udslag til et voltmeter, der svarede til vindstyrken. Juuls vindmålere skulle nu justeres, og vindtunnelen på Polyteknisk Lærestanstalt viste sig at være for lille. I stedet blev den lille mølle med generatoren anbragt på en to meter høj stang foran køleren på en bil - og på en jævn asfalteret vej gennem en skovstrækning kunne vindmålerne på skift justeres. (40)

Vindmålerne blev anbragt med 5 meters mellemrum på forskellige 25 m høje tårne. Også Storstrømsbroen blev taget i anvendelse - her kunne man komme helt op i 60 m højde på toppen af brobuerne. (41) Måletårnene fungerede også som afprøvningssteder for forskellige vingeprofiler. I følge en medarbejder hos SEAS kørte han og Juul rundt og opsatte små modelvinger på tårne, træer og hegn. Det



kunne være en halvfarlig affære fordi vingerne nogle gange blev blæst løse og fløj rundt i landskabet.

Mere kontrollerede forsøg med forskellige vingeprofiler kunne Juul foretage i en vindtunnel, som blev opbygget i krydsfiner i en barak i Haslev i sommeren 1948. Det viste sig nemlig, at der, da Juul startede sine undersøgelser, ikke fandtes tilgængelige undersøgelser af moderne vindmotorer i vindtunneler. En propel på 2 m i diameter frembragte via en 90 hk slæberingsmotor en vind på omkring 7 m i sekundet. Sommeren 1948 blev brugt til at afprøve forskellige vingeformer, og de bedste blev afprøvet igen med forskellige smig og vingespidsformer. Det viste sig, at selv meget små afvigelser var af stor betydning, og at den ideelle form betød meget for en god udnyttelse. Undersøgelserne viste også, at fremmedlegemer anbragt på vingen nedsatte udnyttelsen. Dvs. at bremsere og afsejlingsanordninger så vidt muligt måtte ligge inden i vingen, og at luftbremsen måtte være en integreret del af vingen. Alle disse konklusioner beredte Juul om i 1949, hvor han også præsenterede den ideelle vingeform. Juuls arbejdsmetoder lignede til forveksling de forsøg, som la Cour foretog på Askov Højskole, blot med den forskel, at den moderne aerodynamik nu var anerkendt videnskab, så Juul ikke skulle gøre op med ældre stødteorier.

Fra en række tegninger og skitser fra denne periode (42) fremgår det, at Juul havde foretaget en lang række beregninger af forskellige vindmøllers størrelser, placeret på gittertårne. Nogle tårne havde plads til 6 sæt møllevinger, andre havde plads til to sæt, ét enkelt havde plads til 23 vingesæt. Fælles for tegningerne er, at de fleste er tegninger af 3-vingede møller, nogle indbyrdes forbundet med metalstivere eller stag, og de fleste forsynet med en drejelig bremseklap i vingespidserne. Det er sandsynligt, sammenholdt med en artikel i Elektroteknikeren fra 1949, at det er i perioden mellem 1948-1950, at Juul lægger sig fast på den vingeform, som man nogle år efter ser anvendt til Gedsermøllens vinger.

Juul har også i 1949 fået teoretisk klarhed over, hvordan den asynkron motor kan fungere som generator for en vindmølle, og hvordan møllen automatisk kan gå i gang og stoppe: Vindmøllen starter automatisk ved en bestemt vindhastighed og kan også stoppes automatisk ved for store vindstyrker. Ligeledes kan man med en simpel, elektrisk styret, luftventil bremse vingerne mekanisk. En lille vindmåler er indrettet til at gå i gang ved svag vind, f. eks. 5 m i sekundet, og den slutter en kontakt til en omskifter, som sikrer, at møllevingerne er klar. Generatoren går nu i gang som motor, og den sætter vingerne igang. Når vingespidshastigheden er kommet op på ca. 5 gange vindhastigheden, begynder



møllen at afgive energi gennem generatoren til nettet. La Cours klapsejler kunne tåle at gå med en vingespids hastighed på 2,5 gange vindhastigheden, mens Aeromotorene fra F.L. Smidth kunne have en vingespids hastighed på indtil 7 gange vindhastigheden.

Alt var nu på tegnebordet klart til, at SEAS kunne sætte sin første mølle i produktion. I løbet af 1949 blev møllen konstrueret og bygget på SEASs værksted.

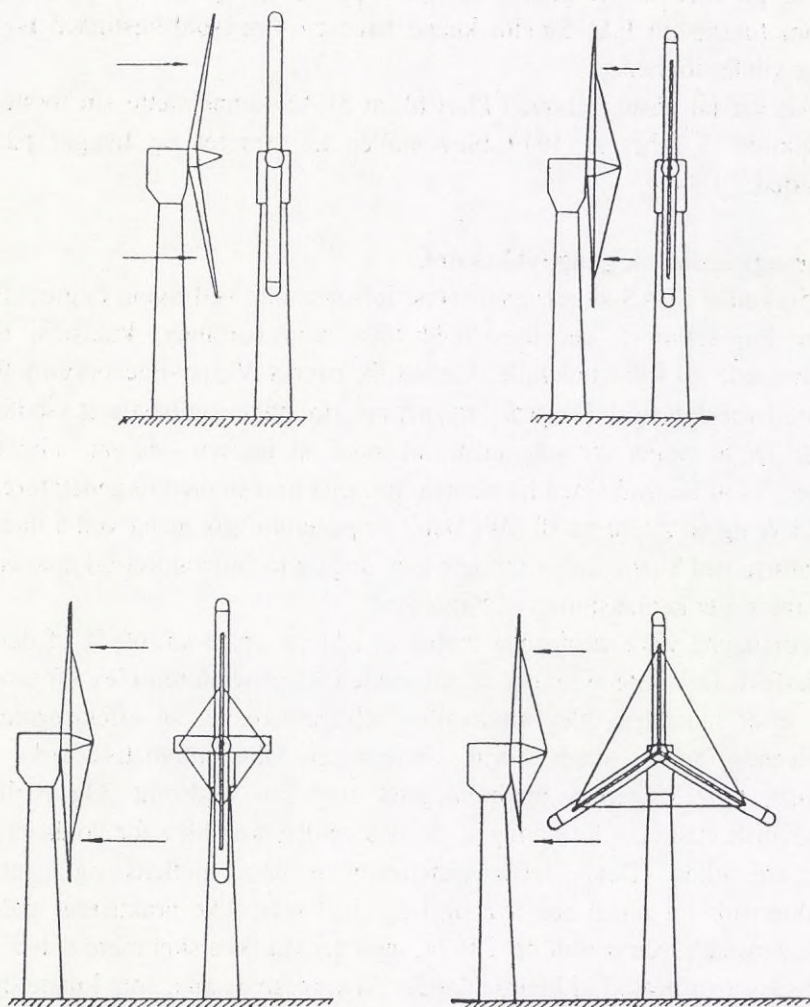
### **1. forsøgsmølle - 3. gang lykkes det.**

I 1950 kunne SEAS så rejse sin første forsøgsmølle ved Svinø-bugten. På en 12 meter høj stålmast, der blev holdt fast med barduner, knejsede den lille nyudviklede 10 kW-vindmølle. Møllen fik navnet Vester-Egesborg-møllen efter stedet, hvor den stod. Den var forsynet med to vinger og havde et vindfang på 8 meter. De to vinger var valgt ud fra økonomiske hensyn - de var billigere end 3 vinger. Til at begynde med havde man forsynet møllen med to generatorer en lille på 3 kW og en større på 10 kW. Den lille generator gik igang ved 5 m/s vind og den større ved 8 m/s. Siden skiftede man dog de to generatorer ud med en 15 kW generator, der kunne starte ved 5 m/s vind.

Forsøgene viste, at det var muligt at udnytte op til ca. 60 % af den mulige vindeffekt. Det viste sig også, at når møllen og generatoren blev afpasset meget nøje efter hinanden, blev vindmøllen selvregulerende; så effektregulering var unødvendig selv i stærk storm. Generatoren ville automatisk virke som en bremse, hvis vingernes omdrejningstal steg for voldsomt. Og møllen ville automatisk stille (se forklaring s. ), hvis vindstyrken blev for voldsom under f. eks. en orkan. Denne nøje afstemning mellem møllens og generatorens karakteristisk var noget helt nyt, og i flg. Juul selv, ikke praktiseret andet steds. Johs. Jensen havde omtalt det i 1924, men der var ikke sket mere siden. Møllens bremsesystem bestod af bremseklapper på vingespidsene, som kunne drejes ud, så de stod på tværs af vingens profil. Når møllen var i gang, var de en del af vingens overflade. Til at aktivere bremseklapperne på Vester Egesborg-møllen havde Juul valgt et system af trækstænger, der var indbygget i vingerne. Trækstængerne var så forbundet til en stang i møllens hovedaksel. Denne stang kunne aktiveres af en lille servomotor, som ved hjælp af trykluft også kunne trække bremseklapperne ind.

Efter knap 1/2 års drift og forsøg måtte møllevingerne på Vester Egesborg-møllen dog udskiftes. De havde ikke kunnet holde til en vindstyrke på 25 m/s. De nye vinger blev stabiliseret med et bardunsystem, således at trykket på vingerne blev optaget af barduner fæstnet til vingernes midte. Siden kom to små





**Fig. XI - XIV. Udviklingen i Juuls rotordesign 1950-52**

Juuls første vingesæt til Vester-Egesborgmøllen (fig. XI) er bygget med henblik på, at centrifugalkraften skulle modsvare vindtrykket. Men vindtrykket var større end beregnet, og vingerne blev bygget om og forstærket med barduner til at afstive vingerne (fig. XII). I april 1951 stoppede møllen, da der viste sig en revne i den ene vinges bærebjælke. I maj 1951 blev vingerne forsynet med sidebarduner, der støttede sig til 2 små afstivningsvinger (fig. XIII). Bogomøllen fik endelig i 1952 den trevingede rotor med stag, som siden blev forbilledet for Gedsermøllens rotor (fig. XIV).



støttevinger til, og Juul var klar over, at en trevinget mølle vil være mere stabil. De to vinger blev som sagt valgt af økonomiske årsager. Vingekonstruktionen blev nu betydeligt mere stabil, og med det enkle system af bremseklapper på vingspidserne kombineret med designet af selve møllevingernes profil havde Juul fået løst problemet med at kunne regulere hastigheden. (43)

Vingereguleringen havde vist sig at være et svagt punkt ved datidens møller i England og USA, da man havde ment, at det var nødvendigt at dreje hele vingen i forhold til vindhastigheden (pitch-regulering). På de danske F.L. Smidth møller havde man anvendt en bremseklap bag på vingen også kaldet en afsejlingsordning. Juuls løsning med drejelige bremseklapper i vingspidserne var enkel, billigere og mere stabil. Juul fik vingerne patenteret i sit navn efter aftale med SEAS (44). I 1952 fik han patent på sin reguleringsordning til sikring af for stort omdrejningstal (Patent 74199, Dansk Patenttidende 1952 s. CVIII).

### **Bogø-møllen: det 3-vingede design realiseres (45)**

I 1951 overtog SEAS en F.L. Smidth jævnstrømsmølle på Bogø. Den var blevet opført i 1942 som et supplement til øens jævnstrøms-værk, der blev drevet med en dieselmotor. SEAS valgte nu efter Juuls forslag, at lade møllen ombygge til en 35 kW vekselstrømsmølle. I forvejen havde selskabet ført vekselstrøm ud til øen for at forsyne den med elektricitet, produceret på Sjælland. Nu kunne møllen meget passende bygges om til at producere vekselstrøm til SEASs net. Erfaringerne fra møllen ved Vester- Egesborg blev brugt til ombygningen af Bogø-møllen. Møllen fik sine to hovedvinger af træ skiftet ud med et vingesæt bestående af 3 ens vingeblade, som blev indbyrdes forbundet med afstivningsbarduner. Vingerne blev opbygget omkring en stålbjælke, og man valgte den samme vingeprofil som Vester-Egesborg-møllen havde (Juuls idealvinge). En asynkron generator til 45 kW blev indkøbt fra Thomas B. Thrige, og i august 1952 begyndte møllen at snurre.

Nu viste det sig, at møllen efter ombygningen kunne yde 65kW og ikke de beregnede 45 kW. Den væsentligste årsag var, at møllen nu havde 3 vinger og ikke blot to. Desværre var gearet ikke beregnet til så stor effekt, og møllen gik i stå, fordi de installerede termiske relæer stoppede motoren på grund af overbelastning. Det blev nødvendigt at indsætte en effektregulering, der nedsatte den maksimale ydelse til 45kW. (46)

Møllen kunne herefter udnytte 53% af den målte vindenergi. Faktisk viste det sig, at møllen kunne præstere ca. 3 gange større årlig energimængde end gennemsnittet af de ældre vindkraftanlæg. (47)



SEAS havde afholdt alle udgifter vedrørende vindmålinger og vindtunnel-forsøg fra 1947-50 samt finansieret bygningen og driften af Vester-Egesborg-møllen og Bogø-møllen. De direkte udgifter hertil var 86.245 kr. og hertil skal så lægges den tid SEASs personale havde været beskæftiget med forsøg og konstruktioner. (48) Til gengæld kunne SEAS regne med en elproduktion på gennemsnitlig 145.000 kW om året i perioden fra 1953-56. Bogø-møllen viste sig uhyre driftssikker, den kørte frem til 1962 med en årlig gennemsnitsproduktion på godt 80.000 kWh. (49) Kendskab til resultaterne fra både Vester Egesborg og Bogø møllen blev meget hurtigt spredt både i Danmark og udlandet. Juuls første artikel "Vindkraftens Anvendelse til rationel Elektricitetsfremstilling" fra 1947 blev kendt i både England og Tyskland, selv om den kun blev publiceret på dansk (i Elektroteknikerens). Den engelske vindmølleekspert William Golding fra det engelske statslige vindmølleudvalg, The British Electrical and Allied Industries Research Associations (ERA), henviser flere gange til Juuls arbejder hos SEAS (50). Og Juul deltog i internationale konferencer om vindkraft allerede i 1950, hvor han fortalte om sine forsøg hos SEAS. (51)

### **Staten blander sig: 1950-57.**

Da Juul i 1947 havde foreslået vindkraften som en mulighed for at supplere de dyre fossile brændstoffer, der blev brugt til elforsyningen i Danmark, var ikke alle lige begejstrede. Formanden for Danske Elværkers Forening (DEF), A.R. Angelo, var skeptisk overfor Juuls forslag og udregninger omkring vindkraft. Han regnede ikke med, at kulprisen ville stige - tværtimod - så der ville intet være at spare på vindkraftens udnyttelse, snarere det modsatte. (52) Vindkraften havde i følge Angelo haft sin berettigelse under og efter krigen, hvor den havde kunnet udnyttes til elektricitetsproduktion ved en række mindre jævnstrømsværker. Til storproduktion egnede vindkraften sig ikke. Enkeltpersoner med erfaring fra krigens vindmotorer støttede dog Juul, bl.a. Claudi Westh fra F.L. Smidth og Co..(53)

I april 1950 blev Johannes Juul imidlertid indbudt til et OEEC møde om vindkraft i Paris. Nervøse med udsigten til at verdens fossile brændstoffer ville slippe op inden århundredskiftet havde flere lande indledt forsøg med brug af alternative energikilder til elproduktion bl.a. vindmøller. Der var nu indkaldt til møde om disse projekter i Paris. Juul deltog som delegeret fra Danmark, og han fortalte om sine måleundersøgelser og prøveforsøg med møllen ved Vester-Egesborg. I lande som Frankrig, Holland og England havde man allerede nedsat statslige komiteer, der arbejdede med at undersøge mulighederne for vindkraft.



Vindmøllespecialisten W. Golding fra den engelske ellsammenslutning gav på mødet udtryk for undren over, at de danske undersøgelser blev foretaget af et privat selskab og ikke af den danske stat. Da man efterfølgende vedtog en resolution om, at hvert land i OEEC skulle udpege en central organisation til specielt at tage sig af vindkraften (54), gik Danmark også mere officielt ind, og man udpegede et vindkraftudvalg. I november deltog Juul på W. Goldings opfordring i et vindkraftmøde i London som Danmarks repræsentant, og hans udgifter blev betalt af Udenrigsministeriet. Både fabrikant Lykkegård hvis firma havde fabrikeret la Cours idealmøller siden århundredskiftet og Børge Vester fra F.L. Smidth ville også gerne have deltaget, men ministeriet ville kun yde støtte til Juul og hans kone. (55)

### **Vindkraftudvalget under Danske Elværkers Forening (DEF)**

På opfordring af Ministeriet for Offentlige Arbejder besluttede Danske Elværkers Forening (DEF) på et bestyrelsesmøde d. 14. september 1950 at nedsætte et vindkraftudvalg. Direktør S.M. Buhl fra SEAS, direktør Wilfred Hanning fra Frederikshavn, fabrikant Hans Lykkegård og ingeniør Børge Vester, F.L. Smidth & Co. blev opfordret til at deltage i et sådant udvalg. Den 14. december 1950 afholdtes vindkraftudvalgets første møde, hvor Juul fortalte om møderne i London. (56)

Vindkraftudvalget bestod dels af personer, der havde erfaring med møllebyggeri, og dels af personer, der repræsenterede elværkerne: Fabrikant H. Lykkegård havde i en menneskealder bygget vindmøller til elproduktion; først til gårdeleværker og siden også til jævnstrøms-værker. Ingeniør Børge Vester fra F. L. Smidth og Co. havde under 2. verdenskrig deltaget i opførelsen af flere moderne møller. Direktør Wilfred Hanning, der kom fra Frederikshavn kommunale værker, havde under krigen fået opsat to store F.L. Smidth Aeromotorer ved havnen. Selvskrevet i udvalget var ingeniør Juul, SEAS, og hans støtte, direktøren for SEAS, S.M. Buhl; det var jo SEAS, der indtil videre havde finansieret vindmølleforsøgene.

Hermed fik man formaliseret et fællesskab, der havde teknologisk viden og praktisk erfaring indenfor vindmøllekonstruktion og -drift. Siden blev vindkraftudvalget også udvidet med personer fra Danmarks Tekniske Højskole.

Vindkraftudvalget (57) diskuterede på deres første møder vindmøllers fremtid som supplement til elforsyningen. I 1952 foreslog Buhl - støttet af Juul at der blev bygget en forsøgsmølle på 100kW. De øvrige medlemmer ville gerne have flere forsøg og foreslog ombygning af eksisterende møller f.eks. to jævnstrømsmøller i Frederikshavn, som begge var ude af drift efter havari. Finansiering kunne man



ikke blive helt enig om, da udvalget ikke rådede over penge. Efterfølgende indstillede udvalget til DEF, at man ombyggede Bogø-møllen, og man hidkaldte eksperter til at se på projekteringer og beregninger med henblik på en større mølle.

Vindkraftudvalget besluttede i 1952, at man gerne ville videreføre forsøgene med Vester Egesborg-møllen og siden Bogø-møllen, der var ved at blive genopbygget. Samtidig havde man planer om, at en endnu større forsøgsmølle på 100 - 200 kW skulle bygges. I maj 1952 sendte udvalget en ansøgning til staten om økonomisk støtte til disse projekter på 300.000 kr.

Man havde dog ikke økonomiske muligheder for straks i 1952 at sætte gang i så stort et projekt. SEAS fortsatte ufortrødent og før egen regning sit arbejde med ombygning af Bogø-møllen, der gik i gang i august 1952. Og arbejdet i vindkraftudvalget gik heller ikke i stå, man nedsatte i 1953 et underudvalg, som skulle projektere en stor ny forsøgsmølle. Udvalget kom til at bestå af professor A. Mehl-dahl, DTH, professor B.J. Rambøll, DTH, ingeniør B. Vester fra F.L. Smidth & Co og Juul. P. Poulsen-Hansen, der var ansat i Danske Elværkers Forening, var sekretær for vindkraftudvalget såvel som for underudvalget.

### **Et tvilling-vindkraftværk og andre mellemløsninger**

Ud fra Juuls egne tegninger, hvoraf en del ligger i SEASs arkiv, fremgår det, at Juul i 1952 har arbejdet med planer om en 150 kW-vindmølle. Han kalder også projektet "Tvilling Vindkraftværk" Der var tale om et stativ af stålmaster, der bar to rotorser anbragt i samme højde. Dvs. to sæt møllevinger, der hver kunne sørge for 75 kW. Juuls egne tegninger og omhyggelige beregninger til stativet viser, at det især er for tårnkonstruktionen, der er foretaget beregninger for tryk og træk. Ud fra axialtrykpåvirkninger målt på Vester Egesborgmøllen og oplysninger fra Bogø-møllen når Juul frem til et påvirkningstal på 65 kg pr m<sup>2</sup> vingefang. Der var tale om en meget enkel "opskalering", hvor man i og for sig blot dublerede Bogø-møllen ved at sætte to ens sæt vinger på ét tårn. Projektet blev forelagt vindkraftudvalget på et møde i november 1953.

Ideen blev aldrig realiseret. Med to rotorser på samme stativ kunne man forvente ukendte vridninger. Juul har skrevet på en af tegningerne: *"Da Vindens Styrke kan variere fra Sted til Sted og saaledes ogsaa fra den ene Side af et Vingefang til den anden Side af dette vil Stativet blive paavirket til Vridning, og denne Paavirkning har skiftende Retning !"* (58)

I løbet af 1954 tilbød ingeniør Svend Jensen at stille en FLS-vindmølle ved Neksø til rådighed for projektet, udvalget ville dog ikke være med til det. Og et vindkraftprojekt fra firmaet Atlas, projekteret i begyndelsen af 1940'erne, ville



man heller ikke gå ind på, bl.a. fordi man her skulle anvende drejelige vingeblade, en konstruktion, der flere steder havde vist sig uholdbar, bl.a. i USA.

DEF modtog i samme periode henvendelser fra forskellige opfindere rundt omkring i Danmark. Det drejede sig om personer med forskellige faglig baggrund som gartner, maskinmester, fabrikant, møller m.v., som tilbød sig med ideer og vejledning. De afvistes generelt af vindkraftudvalgets medlemmer med bemærkninger som: "*Men det gode er ikke nyt, og det nye er ikke godt*". (59)

### **Pengene kommer til vindkraftudvalget**

I juni 1952 vedtog Folketinget at en del af de midler, der var til rådighed fra "Marshall-midlerne" (pengebeløb hensat af den danske stat svarende til værdien af modtagne gaver fra USA efter krigen) skulle benyttes til teknisk-videnskabelig forskning. Der gik dog ca. 2 år før vindkraftudvalget fra Ministeriet for Offentlige Arbejder d. 10. maj 1954 fik officiel besked om, at der var bevilget 300.000 kr til det videre arbejde med vindkraftundersøgelserne. (60)

De 300.000 kr kom til udbetaling i 1956, men beløbet var ikke tilstrækkeligt til at betale for de planlagte aktiviteter. I efteråret 1956 ansøgte vindkraftudvalgets formand, direktør S.M. Buhl, DEF om yderligere tilskud på 225.000 kr på grund af 3 målestationer, geotekniske målinger og særlige Strain Gauge-målinger, man havde måttet udføre. DEFs formand Robert Henriksen videresendte ansøgningen til Ministeriet for Offentlige Arbejder med sin anbefaling. I Ministeriet ville man vide mere om projektet. Ansøgningen suppleredes i både februar og marts 1957 med beskrivelser af projektet. Først skrev vindkraftudvalgets sekretær P. Poulsen-Hansen på DEFs vegne, og siden skrev formanden, Robert Henriksen, et langt brev, hvor han gjorde rede for det væsentlige i, at pengene blev bevilget til at færdiggøre projektet. At vindmølleprojektet ikke længere havde så stor aktualitet, vidnede især de sidste afsnit i redegørelsen til ministeriet om. Vindkraften som en mulighed i fremtidig elproduktion lå på daværende tidspunkt i skyggen af de muligheder, atomkraften bød på. Robert Henriksen skrev bl.a.:

*"Resultaterne fra SEAS' forsøgsmøller synes at pege imod, at elektricitet, produceret på vindkraftanlæg af forsøgsmøllens størrelse (200 kW), vil komme til at koste omtrent det samme som den nuværende brændselsudgift til elektricitet, produceret på et moderne dampkraftanlæg, og det vil selvsagt være overordentlig værdifuldt at få denne opfattelse enten bekræftet eller afkræftet, således at der bliver skabt klarhed over dette problem, hvis betydning under fremtidige forhold det i dag er vanskeligt at skønne over. Imidlertid vil det næppe være muligt at samle elværkerne om løsningen af denne opgave, idet*



*forskning vedrørende atomkraftens udnyttelse til elproduktion nu er så fremskreden, at værkernes interesse er koncentreret om denne." (61)*

Inden for elforsyningen var mange naturligt grebet af de muligheder, en fredelig udnyttelse af atomkraften ville kunne byde på. Datidens aviser og fagblade viste da også en betydelig større interesse for kernekraft end for vindkraft.

### **Delkonklusion:**

Man kan allerede nu ane, at vindkraften ikke vil få mange chancer de kommende år indenfor elforsyningen. I 1947, da ingeniør Juul fra SEAS bragte vindkraften på bane, blev den af elforsyningens formelle organ, udtrykt ved formanden for DEF, betragtet som et historisk levn fra jævnstrømmens tid. Et vindkraftudvalg blev også kun nedsat fordi OEEC, hvori Danmark deltog i flere arbejdsgrupper efter krigen, vedtog, at hvert land skulle nedsætte en vindkraftgruppe. Ministeriet for offentlige Arbejder henstillede så til Danske Elværkers Forening om at nedsætte et udvalg. Det var altså ikke et initiativ, der kom fra DEF.

Efter krigen havde den danske elforsyning dog også meget at se til med udbygning af de store landsdelsværker, som i fremtiden skulle forsyne landet med elektricitet baseret på vekselstrøm. Det var svært at låne penge til udbygningerne af kreditforeninger og banker, og først da man i 1952 kunne låne af statens Marshall-midler, kom der gang i elværkernes planer. (62) Vindkraftplaner stod ikke øverst på elværkernes arbejdsplaner. Det var en meget lille gruppe, der i Danmark beskæftigede sig med vindmøller. - Alligevel fik DEF skaffet først 300.000 kr og siden 225.000 fra den danske stat til vindmølleforsøg. Til sammenligning havde staten i 1955 bevilget 150 millioner kr til det nye forskningscenter for atomkraft på Risø. (63)

### **Gedsermøllen konstrueres (64)**

I løbet af 1954-55 blev der tegnet, regnet og målt med henblik på modelmøllen, som vindkraftudvalget havde besluttet at lade opstille ved Gedser, dog først efter debat om hvorvidt en placering ved Jyllands Vestkyst ville være bedre. Man valgte Gedser, fordi personalet ved SEAS havde erfaring i at tilse og vedligeholde vindmøller. Personalet ved Vestkraft i Esbjerg havde ikke samme erfaring. 27. april 1954 vedtog vindkraftudvalget, at SEAS på baggrund af den på Bogø- og Vester Egesborgmøllen benyttede vingeproduktion, skulle gå i gang med at beregne og konstruere vingerne til en kommende forsøgsmølle. Ingeniør Rambøll fra Danmarks Tekniske Højskole skulle udarbejde en skitse til tårnforslag.



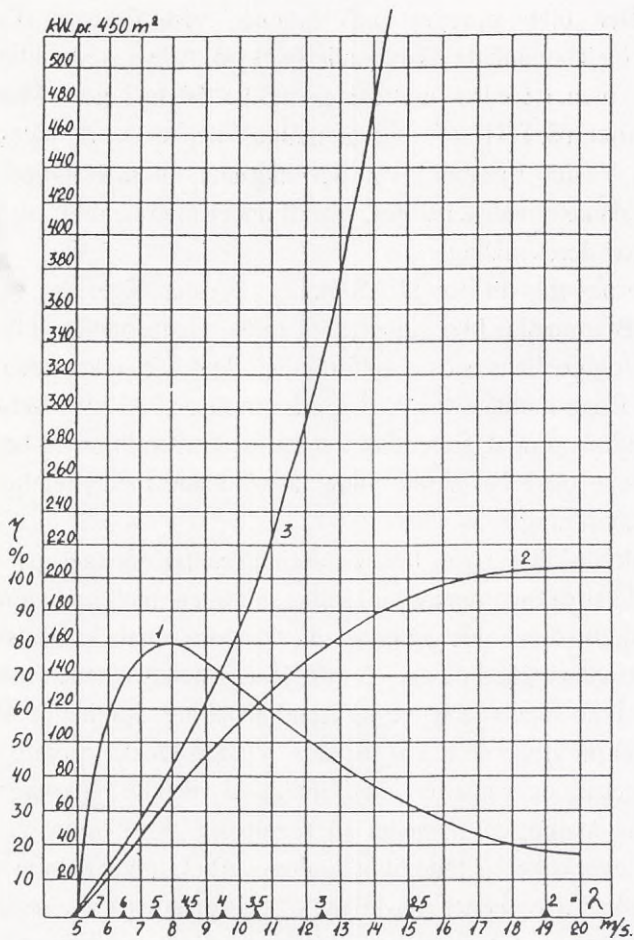


Fig. XV. Effektkurve og virkningsgrad for Gedsermøllen. (Fra Vindkraftudvalgets Betænkning, 1962)

Kurve 1. Gedsermøllens virkningsgrad.

Kurve 2. Gedsermøllens effekt.

Kurve 3. Vindenergi beregnet efter formlen:  $D^2 \cdot V^3 \cdot 0,000285$ . Med  $D = 24$  m



Da man i udlandet var i gang med at foretage målinger af vindhastigheder i forskellige højder over jorden, besluttede udvalget at foretage lignede målinger i Danmark. Der blev oprettet målestationer ved Gedser, Tune (vest for København) og Thorsminde på Jyllands vestkyst. Alle 3 steder blev vinden målt i 25 m højde, men i Gedser målte man også i 50 m højde. Martin Jensen fra Vindlaboratoriet på DTH tog sig af målingerne, så snart målestationerne var opført. Ved Vester Egesborg var der indrettet en målestation med franske, engelske og danske måleapparater, blandt andet med henblik på sammenligning af apparater og deres målinger.

Erfaringerne fra de to SEAS-møller (Vester Egesborg-møllen og den ombyggede Bogø-mølle) blev udnyttet til fulde. Gedsermøllen blev en forstørret udgave af Bogø-møllens sidste udformning. Det var ikke uden problemer at forstørre fra Bogø-møllens 45kW til Gedsermøllens 200 kW. Man lagde sig fast på den trebladede propel, som den mest stabile konstruktion og besluttede sig for at vingebledene også her skulle være fastsiddende med drejelige vingespidsen som bremseanordning.

Vindmøllen skulle have fast omdrejningsantal forstået på den måde, at ydelsen skulle stige med omdrejningstallet, indtil en maksimal værdi blev opnået, og derefter skulle den holde sig konstant. Den maksimale ydelse skulle være 200 kW ved en vindhastighed på ca. 15 m/s. Hvis vindhastigheden oversteg dette tal ville ydelsen ikke stige yderligere på grund afstalling. Stalling opstår, når vindens indfaldsvinkel på vingerne bliver for stor. Vinden får da sværere ved at komme væk fra vingerne, og vingernes omdrejningstal vil ikke blive større. Juul havde også benyttet stallingsfæ-nomenet til regulering af effekten på de to SEAS-møller. En meget enkel metode til at hindre overbelastning i storm, og i forhold til de udenlandske forsøg noget ganske nyt og enestående på vindmølleområdet.

Stall-reguleringen\* er en af Juuls geniale reguleringsordninger.

\* Stall-regulering: Stalling er et fænomen, der kendes fra flyvning, hvor en flyvemaskine kan miste sin opdrift, hvis luften ved høj hastighed kommer "for skråt" ind mod vingen (der sker en pludselig ændring af vindhastigheden). For vindmøller betyder det, at vindens indfaldsvinkel på vingerne ændres ved høje vindhastigheder, og der dannes hvirvelvinde på vingernes bagside. Luften får sværere ved at passere, og vindens kraft på vingerne ændres, så vingerne ikke kan overføre så meget effekt. Vinger, generator og vindhastighed skal afpasses meget nøje for at en vindmølle kan udnytte stalling som omdrejningsregulering. Juul brugte som den første i Danmark stall-reguleringen på sine vindmøller. Møllebyggerne i 1996 benytter også stalling til effektregulering, og møllevinger skal helst konstrueres, så man kan styre stallingen bedst muligt, dvs. så stallingen f. eks. starter inderst på vingefladerne og herfra breder sig ud til den øvrige vingeflade.



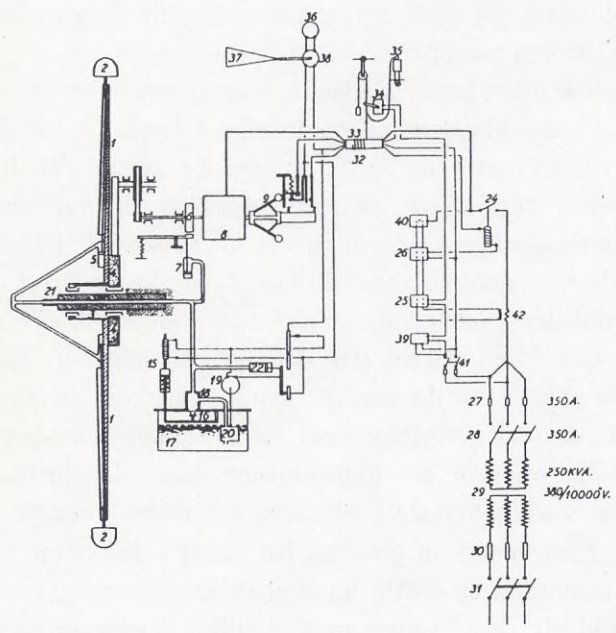
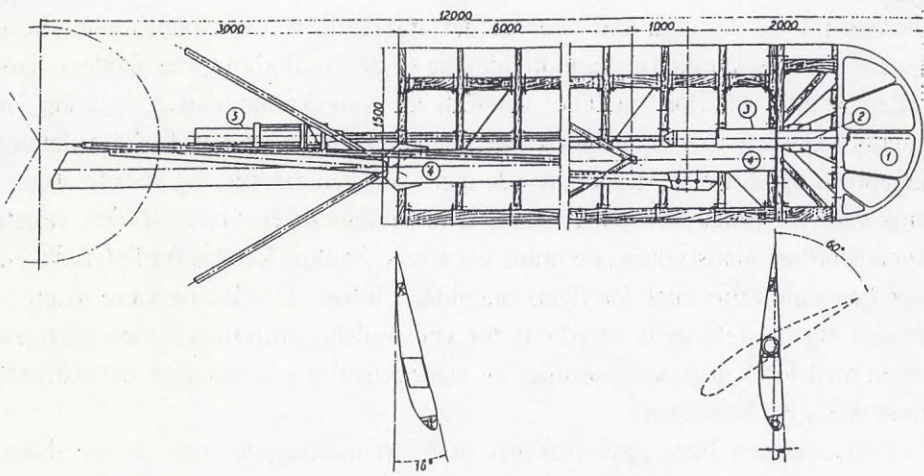
Allerede i 1947 var Juul klar over, at det afgørende ved en stabil mølle var at tilpasse møllens karakteristika indbyrdes og til de vindforhold, der fandtes, hvor møllen skulle stå. De stedlige vindforhold, vingekarakteristika, gearing og generator skulle passe til hinanden. Det kunne ikke nytte, at man f. eks. valgte en vingeprofil og størrelse, der kunne yde mere end generatoren, og som først gik i gang ved en vindstyrke på 10 m/s, hvis vindmålinger viste, at den største gennemsnitlige vindstyrke i et område var 6 m/s. Stalling kendes fra flyteknikken, hvor den kan være fatal for flyets stabilitet i luften. Det kunne være svært at beregne sig til stallingens betydning for vindmøllekonstruktioner, men gentagne forsøg med forskellige vingeprofiler og iagttagelser af påvirkninger fra skiftende vinde ville give løsningen.

Gedsermøllen blev også forsynet med bremseklapper som de to SEAS-møller. Bremseklapperne udgjorde 12% af vingerne og var normalt en integreret del af selve vingen. Ved hjælp af runde stænger midt i vingen, et kulisseyr og en hydraulisk motor kunne bremseklapperne bevæges 60° ud fra vingeplanet. Bremseklapperne var igen én af de ting, der havde været afprøvet på SEAS's forgående forsøgsmøller, og et princip Juul allerede i 1947 havde lagt sig fast på, og stadig holdt fast ved trods det, at der ved andre forsøgsmøller rundt om i verden brugtes andre principper.

Møllevingerne måtte nødvendigvis blive håndværksarbejde, og arbejdet blev udført af SEAS-medarbejdere på værkstedet i Haslev efter Juuls tegninger. Vingerne blev opbygget omkring en bærebjælke af stål. Til bjælken blev så fastsvejset lasker af fladjern, hvorpå tværribber af træ blev skruet fast. Træprofiler formede vingens forkant og støttede bagkanten. På vingens træskelet blev der til sidst med galvaniserede, fladhovedede træskruer skruet en række 1 mm tykke letmetalplader (aluminium). Forsiden af vingen fik et smig på 3( ved vingspidsen og 16( ved vingens start. Det var det smig, som Juul i 1948 i sine vindforsøg for SEAS havde fundet, gjorde vingerne selvstartende ved en vindhastighed på 5 m/s. Hvorfor man valgte at lade vingerne beklæde med aluminiumsplader og ikke det nyfremkomne materiale glasfiber, vides ikke. Muligvis anså vindkraftudvalget glasfiber for endnu ikke at være afprøvet tilstrækkeligt. Men vi ved, at glasfiber har været i debatteret, fordi Juul på et møde i 1955 medbragte en styrthjelm af glasfiber og berettede om, at et engelsk firma ville beklæde deres vinger med glasfiber. Vindkraftudvalgets teknikere besluttede at lade Gedsermøllens bremseklapper beklæde med glasfiber i stedet for aluminium, men det blev aldrig virkelighed. (65)

Ved vinge- og tårnkonstruktion blev der også taget hensyn til trykberegninger. Ved de gentagne beregninger viste det sig umuligt at bygge stålvinger, som hang







**Fig. XVI. Gedsermøllens vingekonstruktion. (Fra Vindkraftudvalgets Betænkning, 1962)**  
Vingen er opbygget som en trækonstruktion omkring en stålbjælke beklædt med fastskruede aluminiumsplader. Vingeprofilen har et smig på 3°. Dette smig havde Juul allerede fastlagt ved Vester-Egesborgmøllen. Den yderste del af vingespiden kan ved hjælp af hydraulik drejes 60° og fungerer som vingebræmse.

**Fig. XVII. Principskema for Gedsermøllen. (Fra Vindkraftudvalgets Betænkning, 1962)**

### **Regulering og afsejling**

Ved start af møllen slutes højspændingsafbryderen (31), lavspændingsafbryderen (28) og afbryderen for manøvreledningerne (41). Elektromagneten (15) vil da lukke ventilen (16), og elektromotoren (19) og oliepumpen (20) vil gå i gang og sætte tryk på det hydrauliske system. Derved vil servomotoren (5) trække bremseklapperne (2) på vingerne (1) ind i arbejdsstilling, så bremseklapperne udgør en integreret del af vingerne. Endvidere vil servomotoren (7) frigøre den mekanisk bræmse (6) på akslen til generatoren (8). Såfremt vindhastigheden er på 5-6 m/sek., vil møllen gå i gang, og når den ottepolde generator er kommet op på 750 omdr/min., vil centrifugalrelæet (9) slutte kontakten (24) og forbinde nettet til generatoren, som afgiver energi til dette, når vindhastigheden er over 5 m/sek. Falder vindhastigheden under denne værdi, vil generatoren tage energi fra nettet, og returstrømsrelæet (26) vil da afbryde strømmen til indkoblingsmagneten i kontakten (24), og denne vil afbryde generatoren fra nettet, indtil der igen kommer vind over 5-6 m/sek.

Møllen standses ved at afbryde lavspændingsafbryderen (28) eller manøvreledningens afbryder (41). Spændingen til kontakten (24) vil da blive afbrudt, og generatorens forbindelse med nettet vil også blive afbrudt. Ligeledes vil spændingen til holdemagneten (15) blive afbrudt. Ventilen (16) vil derved åbne for olien i servomotorerne (5 og 7) og sætte både bremseklapperne på vingerne og den mekaniske bræmse (6) i funktion, hvorved møllen standses.

Er belastningen større, end hvad møllen kan yde, vil den automatisk gå ned i omdrejningstal og generatorspænding og til sidst gå i stå. Normalt kan generatoren ikke belastes selv i den kraftigste orkan, fordi møllens effekt begrænses automatisk af vingernes "stalling" i kraftig vind.

### **Krøjning**

Til at holde vingerne i den rette stilling i forhold til vindens retning tjener vindflojen (37), der er i forbindelse med omskifteren (38). Denne kan krydse to faseledninger til krøjemotoren (36), således at den ændrer omdrejningsretning, når vinden skifter retning. Når vinden går vinkelret ind i vingefanget, holdes møllen fast i denne stilling ved hjælp af et snekkedrev i krøjemotorens gearkasse.



frit i møllenavet uden afstivning. Det havde også vist sig svært ved Bogø-møllen. Gedsermøllens vinger blev derfor afstivet med barduner for at optage aksialtrykket, som ved en vindhastighed på 30 m/s ville udgøre 15 t. (66)

### **Maskinkabine**

Gedsermøllens maskinkabine blev bygget af Århus Maskinfabrik efter udvalgets anvisninger. Højlund Rasmussen havde foretaget beregningerne til kabinekonstruktionen, men projektet blev tydeligvis styret af Juul (67). Desuden leverede maskinfabrikken krøjering, transmissionsaksler, propelaksel, kædeskærme, drejespil til krøjeringen samt andre mekaniske dele. Møllens krøjeværk blev styret af en vindfløj på toppen af kabinen, og ledningerne til generator og andre instrumenter hang frit i tårnet på en måde som tillod, at kabinen kunne at dreje 10 omdrejninger i hver retning. Krøjeringens gearing viste sig siden som et af møllekonstruktionens svage led, og det var årsagen til at møllen stoppede i maj 1967. (68) Møllens asynkrone generator blev leveret af Thomas B. Thrige i Odense.

### **Gear**

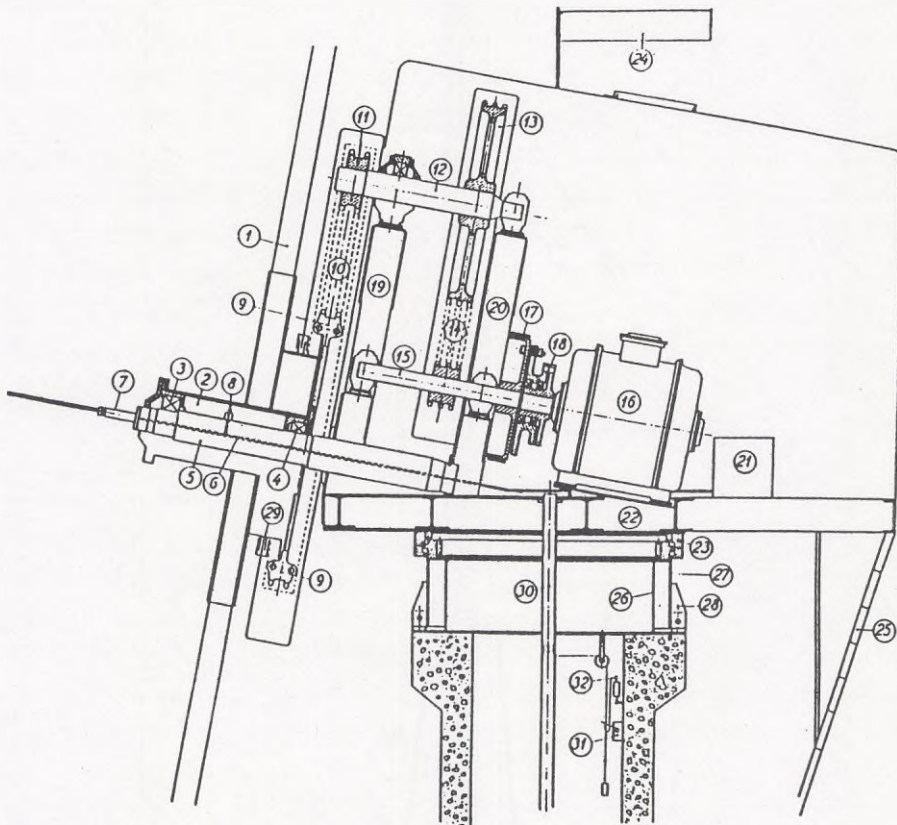
Møllens gear bestod af et to-delt kædehjul med 2 rullekæder. Oprindeligt ville man gerne have haft et tandhjulsgearet, for det havde man god erfaring med fra Bogø-møllen. Men tandhjulsgearet viste sig at blive for dyrt. Juul undersøgte på en af sine møderejser til England nogle forskellige gearingsmuligheder. Tandhjulsgearet på Bogø-møllen havde F.L. Smidth konstrueret ud fra de gear, man brugte ved de store ovne i produktionen. Man kendte den gearing fra Vester Egesborgmøllen. Juul bestilte kæder og kædehjul hos det engelske firma E.T. Grew. Gearingen kom til at volde nogle problemer, bl.a. fordi kæderne blev smurt i oliebad, som blev spredt til maskinhus og omliggende marker, hvilket siden betød årlige erstatninger til landmænd for beskadigede afgrøder. I koldt vejr opstod der også det problem, at olien blev afkølet i en periode med lidt vind. Afkølingen betød, at møllen havde svært ved at gå igang. (69)

I forbindelse med møllens mekaniske udstyr var der således taget store hensyn til økonomien. Sandsynligvis fordi der var tale om en forsøgsmølle, hvor man kun i ringe grad tog hensyn til komponenternes evne til at tåle slid. Det blev da også gearet, der satte et stop for produktionen i 1967.

### **Tårnet**

Møllehat og vinger kom til at hvile på et 25 meter højt tårn i formspændt beton med tre støtteribber, omtrent som det tårn Bogø-møllen var udstyret med.





**Fig. XVIII. Konstruktion af Gedsermøllens hat. (Fra Vindkraftudvalgets Betænkning, 1962)**

1) vinger 2) nav 3-4) hovedlejer 5) dorn 6) hydraulikforbindelse til vinger 7) drejeunion 8) sikkerhedsventil 9-11) langsgående geartrin 12) mellemaksel 13-14) hurtigtgående geartrin 15) hurtigtgående aksel 16) generator 17) håndbremse 18) elastisk kobling og brudkobling 19-20) lejebukke 21) hydraulikstation 22) bundramme 23) krøjeleje 24) vindfløj 25) stige til hat 26-28) målecylindre og lasker 29) tætning 30) gummirør til kabler 31-32) vipperelæ.



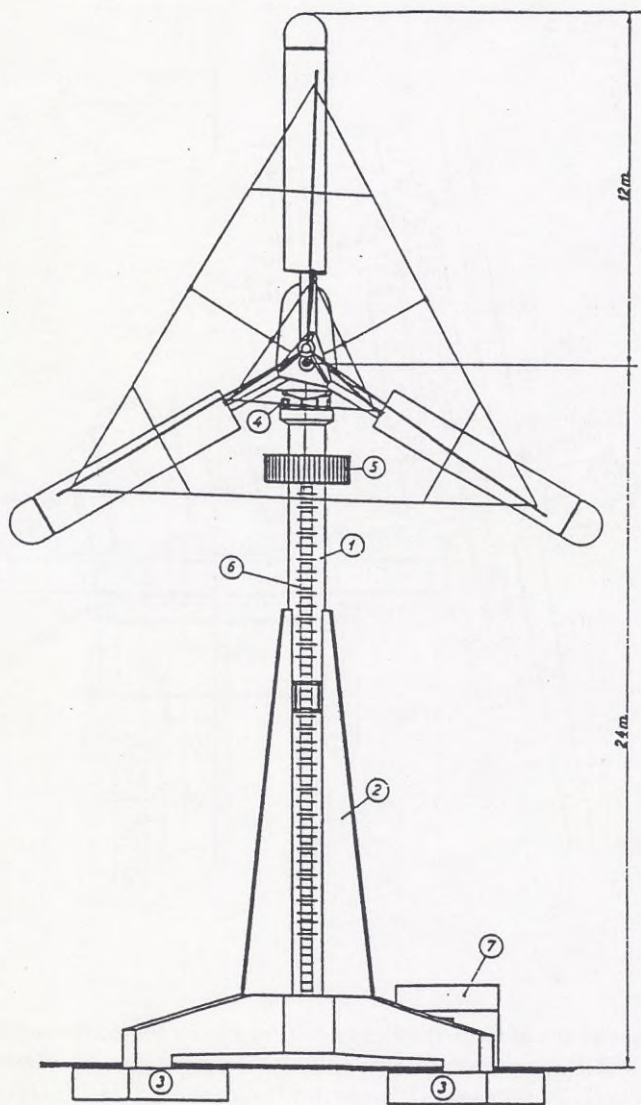


Fig. XIX. Skitse af Gedsermøllen, 24 m højt tårn og vingefang på 24 m.

Læg mærke til stag og barduner, der styrker vindfanget. Man kunne komme op i møllen ad både en udvendig og indvendig trappe. (Fra Vindkraftudvalgets Betænkning, 1962)



Professor Rambøll udarbejdede i løbet af 1954 forskellige skitseforslag til tårnet. På et møde i vindkraftudvalget den 18. oktober 1955 vedtog man ét af hans forslag og begyndte at indhente tilbud fra forskellige firmaer. (70) Ved konstruktionen af tårnet assisterede civilingeniør B. Højlund Rasmussen. Både fra en udvendig og indvendig stige kunne man komme til en betjeningsplatform. Herfra førte en stige op til kabinen.

### **Sikkerhedssystem**

Gedsermøllen var forsynet med to bremsesystemer: bremseklapper på vingerne og en mekanisk bremse. Et sindrigt system af relæer sikrede, at møllen kunne bremses ved for højt omdrejningstal og i andre situationer, hvor der var behov for det. Når tårnet blev udsat for voldsomme rystelser, sikrede en faldvægt, at et vipperelæ slog fra og sørgede for at møllen stoppede. De forskellige sikkerhedsapparater fastlåste sig selv, således at møllen først kunne sættes igang efter en manuel betjening. Hele sikkerheds- og relækonstruktionerne var Juuls arbejde.

Gedsermøllens konstruktion må i øvrigt siges at være et resultat af kompromisser indgået af vindkraftudvalgets medlemmer med stærk hensyntagen til økonomien i projektet. Der var tale om en egentlig forsøgs mølle, og ikke den første mølle i en serieproduktion, hvor en seriefremstilling siden ville kunne gøre delene billigere. Der var også hensynet til de mange målinger, der skulle kunne foretages. Dilemmaet blev opridset på et af de mange møder i udvalget. Ville man have..."en mølle konstrueret praktisk taget i sin endelige form, og hvor man måler, så godt det kan lade sig gøre, eller en mølle, hvor man tilstræber fuldkomne målemuligheder, men hvor møllen på grund af særlige anordninger vil afvige noget fra prototypeformen". (71)

### **Erfaringer fra udlandet**

I modsætning til de tidligere nævnte forsøg med vindmøller - la Cours, Jensens og Vindings samt F.L. Smidths - havde man nu hyppig kontakt med udenlandske forskere, der arbejdede med vindmøller. Vindkraftudvalget hentede til sit arbejde oplysninger fra bl.a. engelske vindprojekter og fik gennem Juuls rapporteringer indblik i projekter med højere og større vindmøller samt mølletårne med flere propeller. Juul var formidler mellem udlandet og Danmark på vindmølleområdet. Han deltog ivrigt i samtlige møder, der blev afholdt i OEEC-regi. Og fra hans rapporter hørte udvalget blandt andet om de uheldige erfaringer, man havde fra de meget store vindmølleprojekter i USA og Tyskland.



Amerikanerne fremførte selv på et af de første internationale møder: *"at man skulle lade alle fantasiprojekter ude af betragtning, både dem fra Amerika og fra Tyskland, og foreløbig holde sig til en type på omkring 100 kW, der havde vist god funktion i praksis. Efterhånden som yderligere erfaringer indhøstedes kunne der gås frem "Step by Step".* (72) I det hele taget var hele kredsen omkring OEECs vindkraftgruppe indstillet på en udvikling af fremtidens større møller skulle foregå "step by step".

Juul havde lejlighed til at følge projekter i England, Tyskland, Holland og Frankrig på rimeligt nært hold. Nogle projekter så han selv på sine mange rejser, andre fik han skriftligt materiale om. Og de fleste projekter blev forelagt og debatteret under OEECs møder. I Europa var man flere steder igang med at projektere og konstruere mindre møller. I USA havde man i følge Juuls rapporter fæstnet sig ved, at mølleanlæg på 100 kW til vekselstrøm var de mest økonomiske at fremstille, og samtidig ville de give færrest tekniske og mekaniske vanskeligheder.

Juul førte en omfattende korrespondance med vindmølleeksperter som bl.a. E.W. Golding i England, og Ulrich Hütter i Tyskland, og han besvarede ofte henvendelser fra udlandet, hvor man havde hørt om mølleprojekterne i Danmark. Gennem en årrække havde han også kontakt med en svensk ingeniør, Ernst Einar Forsmann, fra Västerås, som i sin fritid projekterede en moderne vindmølle til en asynkron generator. Ernst Forsmann udtog i 1951 dansk patent på sin "Vinge til vindmotor" (nr. 74970) (73). En del af hans beskrivelser ligger blandt Juuls papirer i SEAS's arkiv.

Juuls arbejde var enestående. Det vidner bl.a. en af rapporterne fra et møde i England i marts-april 1955 om (74). Specielt var man i udlandet meget interesseret i at høre nærmere om erfaringer med brugen af asynkrone generatorer, som Juuls havde benyttet ved Vester Egesborg og Bogø møllerne. Det specielle ved Juuls møller var at vingeformning og asynkrone generator var afpasset hinanden, så ingen anden effektregulering var nødvendig: *"Dette princip havde i forbindelse med den anvendte ind- og udkobling af generatoren havde ikke været i anvendelse andre steder."* (75)

Ligeledes syntes Juuls vingekoncept også at adskille sig fra de øvrige projekter i Europa. Ved projekterne i England, Tyskland, Amerika og Frankrig blev vingerne pitch-reguleret således, at de skulle drejes i hele deres længde i navene på hoveakslen. Vingerne kunne således ikke afstives og måtte standses ved vindstyrker på 16-18 m/s. I 1955 kunne Golding konstatere, at flere møllevinger tidligere havde været konstrueret ud fra erfaringer med helikoptervinger, og hidtil havde man haft dårlige erfaringer med de byggede



anlæg med det resultat, at ingen af de byggede forsøgsanlæg havde været i vedvarende drift. I E.W. Goldings oversigter fra hans bog om vindmøller fra 1955 fremgår det, at kun på Juuls vindmøller og på en enkelt vindmølle i Rusland anvendtes vingespidsernes drejning som bremseanordning. (76) I 1954 kunne Golding ligeledes konstatere, at de to danske møller begge havde kørt mere end 12 måneder i træk med meget tilfredsstillende resultater. (77)

Til sammenligning hermed havde englænderne i 1950 påbegyndt et stort projekt med konstruktionen af en moderne vindmølle på Orkney-øerne. Møllen skulle være på 100 kW og var bestilt hos firmaet John Brown & Co. Erfaringerne viste, at så elementære ting som et brugbart værksted ikke fandtes, vejret gjorde ofte adgang umulig og transport af materiel besværlig. I det hele taget burde man ikke vælge øde og isolerede egne til afprøvning af vindmøller. (78) Vindmøllen på Orkney blev rejst i 1951-52 og testet i årene herefter. Den gav mange problemer med blandt andet vingernes fastgørelse og den vingeregulering (pitch-regulering), man havde valgt, og måtte ofte standses. Endnu i foråret 1955 var den under prøvekørsel. Møllen var en af de første større nye vindmøller, og de uheldige erfaringer med den har uden tvivl været taget til efterretning i Danmark.

Udlandet viste stor interesse for Danmarks nye store forsøgsmølle ved Gedser, da den stod færdig i 1957.

## **GEDSERMØLLEN i funktion - og i modvind: 1957- 1967**

### **Indvielsen (79)**

Den 26. juli 1957 kunne møllen indvies af daværende trafikminister Kai Lindberg. Formanden for Danske Elværkers Forening, Robert Henriksen, havde også ordet ved samme lejlighed. Netop i disse år havde atomenergien fået sit gennembrud til fredelige formål på atomkraftværker, der var på vej i andre dele af Europa. Atomkraftværket Calder Hall var netop startet i England. Robert Henriksen indledte:

*"Lad mig sige det straks. Det er ikke et Calder-Hall-anlæg, vi i dag skal indvie. Forsøgsanlægget her repræsenterer ikke en sensationel ny form for udnyttelse af en sensationel hidtil ukendt kraftkilde... Vindkraftanlæg kan derfor kun bruges som supplement til anden kraftkilde, der er uafhængig af vejr og vind... dvs. udgifterne til afskrivning, forrentning og drift af et vindkraftanlæg for at være konkurrencedygtigt ikke må være større end den besparelse i brændselsudgifter, som det kan medføre for det brændselskraftværk, hvormed det samarbejder.." (80)*



Robert Henriksen sluttede dog efter tak til SEAS, Juul og vindkraftudvalget af med at konstatere, at selv om tiden var løbet fra interessen for vindkraftens anvendelse, burde forsøgene gennemføres da, *"Ingen kan i dag med sikkerhed sige, hvad betydning vindkraftens anvendelse i de kommende tider kan få i den danske husholdning eller for dansk erhvervsliv, eventuelt i form af eksport af vindkraftanlæg."* (80)

Under den efterfølgende frokost i Nykøbing Falster blev der holdt forskellige taler, som blev gengivet af en yngre ingeniør, J. Kalsvig, i Elektroteknikerens. Det skinnede også igennem ved de mere uformelle taler, at vindkraften nærmest var opgivet, før den overhovedet var afprøvet, ja man kunne næsten på forhånd håbe på, at den ikke blev til noget. Minister Kai Lindberg fra Ministeriet for Offentlige Arbejder kunne ikke erindre, at elværkerne nogen sinde havde voldt staten noget besvær, ud over den sidste bevilling til vindkraftudvalget. Ministeren kunne godt forstå, at direktør Robert Henriksen ikke havde malet vindkraften i så stærke farver, som det var blevet gjort i fjernsynet aftenen før - gennem årene havde man nedlagt en række elværker, således at produktionen nu blev varetaget af ca. 10 kraftværker. Hvis nu vindkraften med fordel kunne udnyttes, skulle man jo begynde forfra igen.

En fremtidig vindmølleproduktion ville med andre ord ikke helt så let kunne passes ind i den rationaliserings- og centraliseringsstruktur for elforsyningen, som Elektricitetsudvalget af 1940 og siden også Produktions- og Raastofkommissionen havde lagt sig fast på (81)

### **Udlandet viser interesse**

Til indvielsen af møllen var også kommet gæster fra udlandet. Fra det engelske forsknings-institut "The Electric Research Association" i London deltog f.ø.v. E.W. Golding, der var sekretær i det engelske vindmølleudvalg.

Det engelske institut ERA havde fået lov til at opstille en større samling måleapparatur ved Gedsermøllen, så man nøje kunne følge den nye mølle under dens prøvekørsel. Englænderne havde bl.a. opsat et målearrangement, så de kunne måle mølleeffekten i forhold til vindhastigheden og tryk- og trækspændinger i forskellige dele af vingerne. I årene efter indvielsen modtog SEAS adskillige besøg fra udlandet. De kom for at kigge nærmere på Gedsermøllen. I alt besøgte 23 forskellige nationer møllen. Om end man fra dansk side officielt ikke gik stærkt ind for vindkraft, så gjorde møllen i de år Danmarks kendt internationalt indenfor vindkraftteknik.

Da Johannes Juul, som i øvrigt var gået på pension i 1957, i 1961 var specielt indbudt af FN til en stor konference i Rom om anvendelsen af nye energikilder



som sol, vand, vind og geotermisk varme i u-landene, blev han stærkt hyldet på mødet. Fra FNs side undrede man sig over den ringe interesse, Danmark i øvrigt viste for vindkraftsagen. (Juli 1961)

### **Gedsermøllen kører (82)**

Møllen kom igang i 1957, men måtte snart efter stoppes. Efter flere forsøg, mindre ændringer og forskellige målinger kom møllen igang for alvor i foråret 1958. Den kørte kontinuerligt indtil 1967, og producerede i de knap 10 år 2.242.000 kWh. Det bedste år var 1964, hvor årsproduktionen var 367.000 kWh.

Møllen blev drevet af SEAS, idet DEF havde truffet en aftale med SEAS om, at de drev møllen mod til gengæld at få strømmen. Medarbejdere måtte i perioder flere gange om ugen køre fra Sydsjælland til Gedser for at tilse møllen, så kørselsregnskabet var ikke helt lille. Møllen kunne, når alt gik godt, forsyne hele Sydfalster med el - "når den altså kørte", udtalte en medarbejder. Møllen kørte med dagligt opsyn af naboen, parcellist Jørgensen, som ikke havde nogen faglig baggrund for arbejdet. Siden overtog fru Jørgensen jobbet med at aflæse målere, stoppe møllen i tilfælde af tvivlsomme lyde og tilkalde hjælp, når møllen var stoppet. Den skulle betjenes manuelt af en sagkyndig for at starte igen.

Møllen fik af lokalbefolkningen kælenavnet "Oliemøllen". Udvekslingen mellem vinger og generator foregik i et mere eller mindre åbent kæde-træk, der skulle køre i olie. Det var svært at gøre kædekassen tæt. Olien sprøjtede bogstaveligt ned over markerne i nærheden, så der hvert år måtte udbetales flere landmænd erstatning for korn, roer, ærter og andre afgrøder i nærheden af møllen. Nyophængt vasketøj kunne også risikere oliestænk fra møllens top.

Nedenstående små udpluk fra regnskabet for 1961 viser lidt af dagligdagen omkring Gedsermøllen: (83)

*Fejl i september 1961: olie fra en utæthed i kædekassen var trængt ned i kablerne, som fører fra maskinkabinen til tårnets fod. Skaderne var så store, at adskillige af kablerne måtte skiftes ud. Der var desuden udgifter til rensning af arbejdstøj.*

*Brev 27. juli 1961. Skadeserstatning på 800,00 kr. udbetalt for skade på ærtemark og roemark til propr. Rasmussen, Vesterhave.*

*Brev 7. sept. 1961. Skadeserstatning 630,00 kr. udbetalt til parcellist Bent Jørgensen, Gedesby.*



### **Vindkraftudvalgets betænkning i 1962 . Gedsermøllen i stærk modvind (84)**

Efter 12 års arbejde kunne vindkraftudvalget i 1962 afslutte sit arbejde med en betænkning angående vindkraften. Man konkluderede blandt andet, at Gedsermøllen bortset fra nødvendige mindre ændringer havde vist sig meget driftsikker, og at selve møllekonstruktionen uden problemer havde kunnet klare de bøjnings- og vridningspåvirkninger, den havde været udsat for. Det havde også vist sig uden problemer at producere vekselstrøm direkte til et bestående net. Samtidig havde udvalget foretaget beregninger af kostpriserne på vindelektricitet set i forhold til dampkraffelektricitet. Udgifterne til vindkraften viste sig at være for høje: Vindkraffelektriciteten svarede til en brændselspris på ca. 17-19 kr. pr. Gcal (svarende til ca. 100 kr. pr tons kul), mens dampkraffelektriciteten kostede 8-9 kr. pr. Gcal. Følgelig så udvalget ingen grund til at arbejde mere med vindkraften. Den kunne måske vise sig at være en mulighed for dansk industri, i alle tilfælde var flere u-lande interesserede i vindkraftanlæg.

Det havde kostet den danske stat 525.000 kr at få etableret møllen, og at få foretaget de mange belastningsmålinger samt de mange vindmålinger på målestationerne rundt om i Danmark. Man fik en brugbar og driftsikker mølle, omend med småfejl, og mange værdifulde måleresultater. Danmark havde taget et stort og epokegørende skridt indenfor vindmølleteknologien. Men ligesom da pengene til møllen blev bevilget i 1954 og 1956, var man i 1960'erne stærkt optaget af at realisere kernekraften som energikilde i Danmark. Det var her den forskningsmæssige indsats samlede sig med etableringen af Atomforsøgsanlægget Risø, som blev indviet i 1958. Den danske elforsyning havde allerede i 1956 dannet sit eget selskab til atomenergiens industrielle udnyttelse.

Ingeniør Juul var stærkt uenig med de øvrige medlemmer af udvalget med hensyn til sammenligningen mellem omkostningerne ved vindkraft og dampkraft. Han mente, at der både var økonomiske, beskæftigelsesmæssige og eksportmæssige interesser i at fremstille vindmøller i Danmark. Desuden var Gedsermøllen overdimensioneret og resultatet af et kompromis mellem forskellige anskuelser. Virkningsgraden havde vist sig at være omkring 40%. Dette var beregnet ud fra den målte årlige vindenergi i forhold til den gennemsnitlige årlige elproduktion (85), mindre møller ville vise sig mere effektive. Faktisk var Gedsermøllens effektivitet på linie med Agricco-møllernes fra 1920. Det skyldtes bl.a. at Johannes Juul var en forsigtigt mand, så Gedsermøllens vinger var sikrede på alle måder og møllen var overdimensioneret. Allerede året før havde Juul gjort opmærksom på, at der var kommet et nyt amerikansk vingeprofil, som ville betyde, at Gedsermøllens effekt ville kunne



forbedres med 50% og energiproduktionen følgende med omkring 30%. Nyt materiale som plastfibre ville også kunne gøre fremtidens møller mere rentable.

Juul ville gerne have gjort rede for sin uenighed med vindkraftudvalget i et appendiks til den rapport, som vindkraftudvalget publicerede i 1962, men hans indvendinger udkom i en artikel i Elektroteknikeren samme år. (86)

Juul mente, at vindkraften ikke var taget op for at undersøge, om den kunne konkurrere med dampkraftanlæg. Hovedformålet havde været at lave vindkraftanlæg, der kunne producere vekselstrøm til elnettet i Danmark som reservekraft for udenlandsk brændsel. Og til det formål havde møllen vist sig egnet. Man havde netop fået løst de tekniske og praktiske problemer ved en vekselstrømsproducerende vindmølle.

I det hele taget havde brændselpriserne mellem 1946 og 1957 varieret med omkring 100% under indflydelse af internationale politiske forhold som f. eks. Korea-krigen, hvor prisen steg fra 60 kr. pr tons til 120 kr. pr tons kul (omregnet til pris pr. 6000 kcl.). Havde udvalget skullet udføre regnskabet i f. eks. 1958 ville sammenligningen have set anderledes ud. På det tidspunkt lå kulprisen på 100 kr. pr tons og var netop steget på grund af af Suez-krisen. Juuls konklusioner var, at der ved vindkraft var følgende fordele:

- 1) *Besparelser ved indkøb af udenlandsk brændsel.*
- 2) *Der opnås reservekraft for dampkraftværkerne, når vejret er blæsende og koldt, og elforbruget er stort på grund af rumopvarmning.*
- 3) *Bygning af vindkraftværker kan ligesom landvindingsarbejde tilpasses arbejdsmarkedet; navnlig i maskinbranchen.*
- 4) *Der kan opnås betydelige økonomiske fordele ved at lade danske vindkraftværker arbejde sammen med norsk og svensk vandkraft, fordi de to forskellige naturkræfter kan supplere hinanden ved deres tidsmæssige forekomst i årets løb.*
- 5) *Dansk industri vil sandsynligvis kunne opnå eksport af vindkraftværker og dele til sådanne til det øvrige Europa og til u-landene. (87)*

Der skulle gå godt 15 år, før det viste sig, at Juul havde ret. Desværre døde Johannes Juul i 1969, og han nåede aldrig at opleve, hvordan hans forskning med vindmøller kom til at bære frugt. Og det viste sig siden, at Juuls mølledesign faktisk skulle mere eller mindre genopdages.

Der blev sat stop for videre støtte til eksperimenter og prøveforsøg med vindmøllerne i 1962. På det tidspunkt var der i Danmark - som følge af de foregående 15 års eksperimenter - opnået en ny teknologisk viden som





*Fig. XX Juul var 70 år og pensioneret, da hans værk, Gedsermøllen begyndte at snurre i 1957. Han døde i 1969 og nåede aldrig selv at opleve det store opsving i vindmøllefabrikationen i Danmark.*

Foto: Elmuseet. <D>



umiddelbart ville kunne udnyttes af både el-forsyning og danske fabrikker. Det skete ikke umiddelbart - først 10 år senere blev ideerne taget op igen.

Gedsermøllen snurrede fortsat på trods af DEF-udvalgets nedadpegende tommelfinger. SEAS overtog møllen som ejendom og drev den videre. Men efterhånden steg udgifterne til dens vedligeholdelse. Den var, som tidligere nævnt, bygget som en forsøgs mølle, og man havde i nogle af de mekaniske dele valgt billige løsninger fremfor driftssikre. SEAS besluttede i 1967 at lade møllen stå efter et mindre mekanisk havari i gearkassen. Som ren forretning kunne møllen ikke længere give overskud, men den havde bevist, hvad den egentligt var bygget til, nemlig at det var både teknisk og økonomisk muligt at bygge en stor bygbar vindmølle, der kunne kobles til elnettet.

Tabel 4 .Gedsermøllens produktionstal 1961-1966

Årstal	Produkt/ kWh	Produkt/ kr	Udgifter/ kr	Overskud/ kr.	Underskud/ kr
1961	339.020	12.121	11.898	223	
1962	339.210	11.143	9.290	1.853	
1963	304.450	11.143	9.956		754
1964	367.140	10.962	6.527	4.435	
1965	165.140	6.151	17.686		11.535
1966	148.890	4.188	15.348		11.160
Total	1.663.850	53.767	70.705	6.511	23.449

Balance: Underskud på 16.938 kr.

Interessen for vindmøller var ikke stor i Danmark på det tidspunkt. Endnu havde ingen fabrikker startet en produktion af vindmøller. De fossile brændstoffer var billige, og Jylland/Fyn var i 1965 via et undersøisk kabel blevet forbundet til Sverige via Læsø, så man ligesom elforsyningen på Sjælland nu også i Jylland kunne købe rigelig og billig elektricitet fra svenske vandkraftværker.

### **Energikrisen i 1970'erne puster til Gedsermøllen. (88)**

Med energikrisens start i 1972 og de efterfølgende prisstigninger på kul og olie tog man igen tanken om vindmøllerne frem. Tømrer Christian Riisager ved Herning byggede en mindre vindmølle i sin baghave og kobled den ind på nettet i 1975. For Danske Elværkers Forenings Udredning udvalg (også kaldet DEFU) gik Mogens Johansson i gang med at udregne, hvad det ville koste at bygge et



antal vindmøller efter Gedsermølle-modellen. Tallene så ikke lovende ud. Det ville blive for dyrt i 1974. I årene efter steg brændselpriserne dog med omkring 10 % om året, og interessen for vindmøller var stigende både på græsrodsplan og i politiske kredse.

I 1976 blev DEFU og det amerikanske energiforskningselskab, ERDA, enige om at undersøge Gedsermøllen for at se, hvad der skulle til, for at møllen igen kunne køre. (89) Det ville give begge parter mulighed for at foretage nye målinger med betydeligt mere avanceret udstyr end det, man havde til rådighed i 1957. I september 1976 blev møllen undersøgt, og man konstaterede med forbløffelse, at der kun skulle mindre reparationer til, før møllen igen kunne køre. Udgifterne til at sætte møllen i stand blev fordelt ligeligt mellem de to parter. Især amerikanerne var interesserede i resultaterne fra den danske mølle. I USA var man ikke nået nær så langt med udformning af vinger, tårne og valg af generatortype. I udlandet talte man ligefrem om "det danske koncept" - som i egentligste forstand var Gedsermøllen. Gedsermøllen var på det tidspunkt den eneste store mølle i verden, der havde kørt uden væsentlige afbrydelser i 10 år. Møllen var med andre ord både enestående og "innovativ" rent teknisk, og den blev i løbet af 1970'erne udgangspunkt for både store og små danskproducerede møller.

Gedsermøllen kom igen til at snurre fra 1977 til 1979. Der blev foretaget en lang række målinger, som kunne hjælpe ved planlægningen af landets nye vindmøller. Vindmøllerne havde igen fået vind i sejlene. Græsrodsbevægelser som Organisationen til Oplysning om Atomkraft (OOA), Organisationen for Vedvarende Energi (OVE), NOAH m.fl. var stærke fortalere for vindmøllerne og lagde pres på politikerne. Partierne til venstre i Folketinget inklusive Det radikale Venstre havde flertal og ønskede at skabe et bedre grundlag for udbredelsen af vindkraften i Danmark. Og fremfor alt blev der igen kanaliseret penge til forskningsprojekter omkring vindkraft - denne gang var beløbet mangedoblet fra Gedsermøllens halve million, idet der var tale om 35 millioner kr. i en periode fra 1977 til 1980. Første del af projektet var målinger på den dengang 20 år gamle Gedsermølle.

Det nyoprettede Energiministerium gik sammen med elforsyningen ind i et nyt stort mølleprojekt. I 1977 havde man nemlig besluttet at opføre et par store møller ved Nibe Bredning, og Gedsermøllens resultater og udformning spillede her en stor rolle. "Nibe A"-møllen var i bund og grund en moderniseret udgave af Gedsermøllen.

Både små og store vindmøller i Danmark tager i dag udgangspunkt i konceptet fra Gedsermøllen. Christian Riisager (90) brugte konceptet direkte til



sin fremstilling af Riisager-møllen, som faktisk er en mini- udgave af kæmpen fra Gedser, bortset fra at han ikke havde bremseklapper på vingespidserne. Indtil 1980 var der opstillet ca. 70 Riisager-møller rundt om i landet. Andre vindmøllefabrikanter fulgte efter med "det danske koncept" : 3 vinger, asynkrongenerator og stall-regulering.

I slutningen af 1970'erne gik staten også på anden vis ind og støttede vindmølleforskningen. Det statslige forsøgsanlæg, Risø, som hidtil overvejende havde beskæftiget sig med A-kraft, fik en afdeling for afprøvning af vindmøller i 1978. Prøvestationen for vindmøller ved Risø har siden haft Gedsermøllen som logo, og Gedsermøllen var i en årrække det koncept for en vindmølle, som også Prøvestationen anbefalede. Da der i 1979 var optræk til at den danske vindmølleindustri ville forlade stall-reguleringen til fordel for tidligere anvendte principper som udkrøjning eller flap-regulering, gjorde ansatte ved Prøvestationen i Risø at gøre alt for at holde fast ved stall-reguleringen. (91)

I 1979 vedtog Folketinget, at møller, der var godkendt af Risø, kunne få statsstøtte med op til 30% af anskaffelsesprisen. Siden er det gået stærkt fremad med vindmølleproduktionen i Danmark. Der findes i 1995 over 3.700 nettilsluttede vindmøller. (92) Ejet af elværker, private eller vindmøllelaug. I 1994 var over halvdelen (53%) af alle verdens moderne møller dansk producerede efter "det danske koncept" som Gedsermøllen var udgangspunktet for. Materialerne er anderledes - i dag bruger man f. eks. glasfiber til møllevingerne, og vingerne er blevet smallere og har fået et lidt andet smig. Ingeniør Juuls forudsigelse fra 1962 om, at vindmøller kunne blive en vigtig dansk eksportvare, kom til at holde stik. Både i 1985 og i 1994 udgjorde dansk vindmølleeksport mere end 2 mia. kr.

### **Konklusion:**

La Cour havde som den første i 1890 stillet spørgsmålet om, hvordan en vindmølle be-regnet til elproduktion skulle se ud. En elproducerende vindmølle kunne jo skaffe elektricitet til landsbyer og gårde udenfor de større bysamfund. Hans forsøg og beregninger viste vejen frem, selv om hans ideelle-mølle ikke blev fremstillet. Det gjorde til gengæld en lang række møller, hvis vinger blev smallere og designet med den bøjning - det smig - som la Cour var nået frem til som det bedste. Vindmøllerne, der blev bygget efter la Cours koncept, var beregnet til brug som kraftkilde til såvel landbrugets arbejdsredskaber som elektricitetsproduktion, og møllerne kunne uden større problemer bygges og markedsføres af traditionelle møllebyggere og maskinfabrikanter. De vindmøller,



der sørgede for elektricitet til små jævnstrømsværker, passede godt ind i Danmarks hovedsagelige decentrale elforsyningsstruktur.

Under første verdenskrig stilles det næste spørgsmål indenfor vindmølle-teknologien: hvordan skal en moderne vindmølle, der kan kobles til et vekselstrømsnet, se ud. Spørgsmålet blev rejst på Sjælland, hvor man fra 1907 havde haft et vekselstrømsnet omkring Skovshoved nord for København. Ingeniørerne Jensen og Vinding fandt svaret, og deres "Agricco-mølle" blev sat i produktion. De inddrog den nyeste viden indenfor aerodynamikken i møllernes vingekonstruktion og lod vingerne fremstille som flyvinger. De nåede frem til en mølle, der mere effektivt end la Cour's møller udnyttede en given vindenergi, og som noget nyt koblede de en asynkron generator til og lod møllen producere direkte til elnettet. Men markedet for vindmøller i Danmark var endnu hovedsageligt baseret på behovet for trækraft til landbruget og til udtørningsområdernes vandsnegle. Kun få "Agricco-møller" blev solgt til elproduktion. Projektet gik i glemmebogen.

I forbindelse med 2. verdenskrig rejstes spørgsmålet om en stor vindmølle udelukkende beregnet til elproduktion. Der kom en række løsninger med små møller. Men det danske firma F.L. Smidth fandt sammen med firmaet Kramme og Zeuthen svaret i "Aeromotoren" eller F.L. Smidth-møllen. Man benyttede den viden, der kunne hentes fra aerodynamikken og fremstillede propelvinger. Vingeformningen var ny, og de største af "F.L.S.-Aeromotorerne", med 3 vinger og 24 m vingefang, kunne producere dobbelt så meget elektricitet som de mindre 2-vingede med 17,5 m vingefang. Til gengæld kunne de største af Lykkegårdmøllerne på 18 m vingefang (efter la Cours koncept) sagtens konkurrere med de Aeromotorer, der havde 17,5 m vingefang. F.L. Smidth møllerne blev en kort parentes i vindmølleteknologien, og de fungerede som supplement til krigsperiodens elforsyning på et tidspunkt, hvor jævnstrømsteknologien endnu var i brug mange steder i den danske elforsyning.

I 1947 kom den sydsjællandske ingeniør Juul og elselskabet SEAS på banen. Frygten for at verdens fossile brændstoffer ville være opbrugt omkring år 2000 satte på internationalt plan gang i en række forsøg med vindkraft. Denne gang var det et must, at vindkraften skulle kobles til et vekselstrømsnet. I Danmark var elforsyningen efter krigen startet på det store projekt, hvor vekselstrøm for alvor skulle erstatte jævnstrøms.

Juul fik samlet trådene fra mange års forsøg med el-producerende vindmøller og muliggjorde, at store vindmøller kunne producere direkte til vekselstrømsnettet: la Cours forsøg i Askov, den asynkrone generator som foreslået i 1920'erne, Jensen og Vindings aerodynamiske vingeprofil fra 1919, de



tyske aerodynamiske forsøg i Göttingen i 1920- og 30'erne, og F.L. Smidths vingeprofil fra 1940.

Gennem sine første testmålinger i vindtunnelen og erfaringen fra SEAS's forsøgsmøller nåede Juul frem til et holdbart design for en moderne vindmølle. Hans styrke lå i at finde frem til den særlige karakteristik af en vindmølle, der bestod i at møllevinger og generator skulle være nøje afstemt hinanden og spille sammen, så man fik den bedste effektregulering, nemlig stallreguleringen.

De tekniske muligheder og forudsætninger var til stede - og selv om Gedsermøllen led af nogle børnesygdomme, mest fordi der var sparet, kunne de teknisk set overkommes. Alle de praktiske erfaringer og konstruktioner fra de første målinger i vindtunnelen i Haslev til konstruktionen af Gedsermøllen havde været afgørende for hans resultatet. Johannes Juul var den praktiske ingeniør, der udførte eksperimenter og langsomt opskalerede sin lille model til den meget større Gedsermølle. I det danske vindkraftudvalg var samlet en lille skare af personer med kendskab til ældre vindmølle typer. De udgjorde et team, hvor Juul kunne debattere sine forslag og ideer til vinge- og rotorkonstruktion. I internationalt perspektiv ved vi, at Juul også her havde god og hyppig kontakt med flere folk, der beskæftigede sig seriøst med konstruktion og afprøvning af vindmøller. Han førte en omfattende korrespondance og rejste en del. De dyrekøbte udenlandske erfaringer har uden tvivl kunnet benyttes til at perspektivere og styrke Juuls argumentationer og møllekonstruktioner i vindkraftudvalget. De første forsøgsmøller, som SEAS lod Juul konstruere, viste sig særdeles driftssikre. Med Juuls mølledesign var der taget et afgørende og markant skridt indenfor vindmølle teknologien; ikke bare i Danmark.

Perspektiverne for en fremtidig udnyttelse af kernekraft til energifremstilling overskyggede dog det fremtidige potentiale for den vindmølle, der blev rejst i Gedser i 1957. Økonomisk og politisk set var hverken elforsyning eller fabrikanter klar til at satse på vindmøller i Danmark. Brunkul, kul og olie var billige i 1960'erne, og elektricitetsprisen var så langt nede, som den nogen sinde havde været. Maskinfabrikanter og andre, der kunne tænkes at starte en vindmølleproduktion, havde ikke overvejet at skifte produktion. Gedsermøllen blev stoppet, og der skulle en alvorlig energikrise til, før vindmølle teknologien igen fik vind i sejlene. □



## NOTER

- 1) Miljøministeriet 1993: *Møllebygninger i Danmark*. Miljøministeriet og Skov- og Naturstyrelsen, s. 103-4
- 2) H.C. Hansen 1985: *Poul la Cour*. Askov Højskoles Forlag, s. 220.
- 3) John Smeaton: *On the construction and effects of windmill sails*. Royal Society. London. 1759.
- 4) Baseret på H.C. Hansen, 1985 (se note 2) samt Poul la Cour 1900: *Forsøgsmøllen I-II*, og 1903: *Forsøgsmøllen*.
- 5) Se H.C. Hansen 1985, note 2, s. 221
- 6) Statens Redskabsprøve. 36. Beretning 1925, og H.C. Hansen 1985, note 2, s. 272.
- 7) Bach 1898, ref. fra H.C. Hansen 1985, note 2, s.222
- 8) Irminger, J.: Nogle forsøg over Trykpåvirkningen paa Plader og Legemer, paavirkede af Luftstrøminger. "*Ingeniøren*" 1894 s. 107-9.
- 9) Se bl.a. H.C. Hansen 1985, note 2, s.237
- 10) I.L. la Cour 1956: Vindenergiens udnyttelse. "*Elektroteknikerens*", s. 297
- 11) la Cour 1897: "*Ingeniøren*" 1897 6. marts.
- 12) Schou, Erik 1920: *Det moderne Grundlag for Konstruktionen af Vindmotorer. I "Første Nordiske Elektroteknikermøde i København, 1920"*, s. 81.
- 13) Arnfred, J.Th. 1919: Vindelekticitet i "*Elektroteknikerens*".
- 14) som 13, 257ff
- 15) Wistoft m. fl. 1991: "*Elektricitetens Aarhundrede Bind I*", København, 1991, s. 99 ff.
- 16) Beskrevet i bl.a. R. Jensen 1924: "Om nyere elektriske anlæg til vindelekticitetsværker" i "*Ingeniøren*", 1924 s.585-86; Jensen, Falck og Vinding 1918: "Om udnyttelsen af Vindkraften" i "*Ingeniøren*", 1918, s. 337; Vinding 1919 "Vindmøllen" i "*Ingeniøren*"; P. Schrøder 1924: "*Lærebog i Maskinlære III del, København, 1924 samt "Agricco" Patent-VindMotorer. System Jensen og Vinding (Brochure), 1922.*
- 17) Fra brochuren "*Agricco" Patent-Vind-Motorer. System Jensen og Vinding. 1922.*
- 18) Som 17) s. 5
- 19) K. Tylvad 1925: "Forsøg og Undersøgelser vedrørende Vindmotorers Ydeevne. "*Ingeniøren*", 1919 s.616-18, samt P. Vinding 1926: "Bogameldelse. Statens Redskabsprøve 36. Beretning." i "*Ingeniøren*", 1926, s. 392-94 og 498.
- 20) H.C. Hansen 1985: "*Poul la Cour*". Askov Skoles Forlag, 1985 s.272-3
- 21) som 20) s. 272
- 22) Arnfred 1919: "Vindelekticitet" i "*Elektroteknikerens*", og Jensen 1924: "Om nyere elektriske Anlæg til Vindelekticitetsværker" i "*Ingeniøren*" 1924 s. 585-86.
- 23) som 22) se Jensen 1924
- 24) Poul Vinding 1926, som note 19), s. 392
- 25) G.E. Hartz 1925: "Vor Ingeniørvidenskabelige Forskning" i "*Ingeniøren*", 1925, s.474
- 26) Matthias Heymann 1990: "Verfehlte Hoffnungen und verpasste Chancen: Die Geschichte der Windenergienutzung in Deutschland 1890-1990. "*Environmental History Newsletter*", no.2, 1990, s.3-4
- 27) "*Statens Redskabsprøve 36. Beretning*", *Arbejdsprøve med Vindmøller og med*



enkelte Vandløfingsredskaber i Aarene 1921-24. 1926.

- 28) Se bl.a. Børge Vester 1941: "FLS-Aeromotor" i *"Ingeniøren"* 1941, s. 6-7, og O. V. Mørch 1941: "Moderne Vindelekticitetsværker. Er Vindkraft af virkelig værdi for Danmarks Elekticitetsforsyning?" i *"Ingeniøren"*, nr. 40, 1941.
- 29) Peter Karnøe nævner i sin bog *"Dansk Vindmølleindustri - en overraskende international succes."*, Frederiksberg, 1991, at der skulle have været 60, men forskellige optællinger siger mellem 17 (*"Månedsmeddelelser"* 1945) og 22 (F. Hagensen 1992: *"3500 Elproducerende Vindmøller i Danmark"*, Eget forlag, 1992). Dette bekræftes af et udsagn fra ing. Vester i Vindkraftudvalget på et møde d. 14.12.1950. Han nævner her, at F.L. Smidth havde leveret ca. 10 stk 60kW vindmotorer og nogle storanlæg under krigen. (*"Lykkegårds Arkiv"*, møde 14.12.1950)
- 30) *"Månedsmeddelelser"*, 1944 og 1945, Bekræftes af Hagensen 1992 se note 29)
- 31) se 29) og 30)
- 32) Alle tal er hentet fra *"Maanedsmeddelelser"*, 1944 og 1945, hvor der hvert år under krigen var et særligt afsnit om Vindelekticitetsstatistik.
- 33) *"Maanedsmeddelelser"*, 1948 s. 12
- 34) *"Smedetidende"*, 1942, samt *"Statens Redskabsprøve 89. Beretning"*, 1942. Journalsager i Elmuseets arkiv.
- 35) Se *"Statens redskabsprøve. 89 Beretning"*, 1942.
- 36) William Golding 1955: *"The generation of Electricity by Windpower"*. London, 1955 og ny udgave 1976.
- 37) Notat vedrørende arbejdsudvalget i vindkraftudvalget d. 28. januar 1954. (*Lykkegård arkiv*, kopi på Elmuseet)
- 38) Afsnittet er baseret på skriftligt materiale fra Johannes Juuls søn, A.S.B. Juul. 1979 (Kopi på Elmuseet fra Jørgen Krogsgård, Risø)
- 39) Juul 1947: "Vindkraftens Anvendelse til rationel Elekticitetsfremstilling" i *"Elektroteknikeren"*, 1947, s. 147 - dette afsnit er i øvrigt baseret på denne artikel
- 40) Juul 1949: "Undersøgelse af muligheder for Vindkraftens Udnyttelse" i *"Elektroteknikeren"*, no 20., 1949, s.608
- 41) som note 40 s. 609
- 42) SEAS arkiv 001, "Skitser", 3 1947
- 43) Fra Juul, udateret s. 2, SEAS arkiv, 012.
- 44) *"Dansk Patenttidende"*, 1952
- 45) Juul 1951 "Beretning om resultater opnået med SEAS forsøgsmølle" i *"Elektroteknikeren"*, 1, 1951 s. 5-12, og Juul 1953-54: *"Angaaende Seas forsøg med Vindkraft"*. Maskinskrevet gennemslagskopi. Udateret, men før tilsagn om penge fra Marshall-midler. Fra SEAS arkiv. 1953-54.
- 46) Juul notat, sept. 1955, SEAS arkiv 012.
- 47) Vindkraftudvalgets beretning 1950-51, *Lykkegård arkiv*.
- 48) SEAS arkiv 012



49) Årlig produktion for Bogø møllen 1953-1960:

Tabel	produktion i	kWh per m2
1953	87.170	660
1954	90.967	690
1955	68.680	520
1956	91.133	690
1957	78.191	590
1958	78.502	590
1959	76.363	575
1960	72.659	550
643.665 kWh		

50) W. Golding 1954: "Electrical Energy from the Wind". *"The Institution of Electrical Engineers."* London, 1954 (paper) og Golding som note 36)

51) Referat af møde i organisationen for økonomisk samarbejde OEBC. C/WP 3. 1950. Nedkrevet af J. Juul og overdraget til vindkraftudvalgets medlemmer i 1950. *Lykkegård Arkiv.*

52) A.R. Angelo 1947: "Angaaende Vindkraft" i *"Elektroteknikerens"* nr. 9, 1947, s. 183 og Angelo 1948: "Angaaende Vindkraft" i *"Elektroteknikerens"*, nr. 14, 1948, s.501.

53) Claudi Westh 1947: "Angaaende Vindkraft" i *"Elektroteknikerens"*, 1947, s. 517.

54) Juul 1950a: "Internationalt møde om Vindkraftens Udnyttelse" i *"Elektroteknikerens"*, 1950.

55) Brevkopier til Børge Vester og Lykkegård. *DEF-Arkiv 37/50, 1950.*

56) Brevkopier 1950 til de pågældende personer. *DEF-arkiv 37/50, 1950*

57) Baseret på møder i vindkraftudvalget 1950-62. *Lykkegård Arkiv.* Samt "Beretninger fra Vindkraftudvalget" gengivet i *"Elektroteknikerens"* i årene 1951-62.

58) Tegning *SEAS arkiv:* læg 15 Mrk. "Vindkraftværk 150 kW, dateret Dec. 1952", samt *Lykkegård Arkiv:* Notat af 18. november 1953. Referat af vindkraftudvalgets møde d. 17.november 1953 i Vester Egesborg.

59) Citat fra referat af møde i vindkraftudvalget d. 15. januar 1952. *Lykkegård Arkiv.*

60) Sag 37/50. Vindkraftudvalget under DEF. *DEF Arkiv. Journal A. II-500-1-b (Traffikministeriet, brev A.482)*

61) *DEF Arkiv nr. 4.8.3.:* Brevkopi sendt 15.3.1957 til S.M. Buhl, SEAS

62) Birgitte Wistoft, Jytte Thorndahl, Flemming Petersen: *"Elektricitetens Aarhundrede. dansk Elforsynings Historie. Bind II. 1940-1991"*. København, 1992 s. 59 ff.

63) som note 62 s. 180

64) Afsnittet er baseret på referater af møder i vindkraftudvalget. *Lykkegård Arkiv.* Samt Vindkraftudvalgets Beretninger som bringes hvert år i *"Elektroteknikerens"*. Dertil kommer *"Vindkraftudvalgets Betænkning"*. København. Udgivet af Danske Elværkers Forening.



- 65) Referat af udvalgs møde i vindkraftudvalget 27. april 1955. *Lykkegård Arkiv*.
- 66) Danske Elværkers Forening: "*Vindkraftudvalgets Betænkning*". 1962 s.26.
- 67) *SEAS Arkiv*. Nr. 009 mærket "*Maskinkabinen*". Se korrespondance mellem SEAS og Århus Maskinfabrik. Fra arbejdsudvalgs møde i vindkraftudvalget d. 13. februar 1956 fremgår, at Højlund Rasmussen havde foretaget beregninger for kabinekonstruktionen.
- 68) *SEAS Arkiv*. 005. Notat fra måleraflæsning fra maj 1967.
- 69) Juul udateret papir, ca. 1962 s. 7.
- 70) Møder i vindkraftudvalget 8. april 1954, 27. april 1954, 18. oktober 1955, 23. februar 1956. *Lykkegård Arkiv*.
- 71) Referat fra møde i vindkraftudvalget på DTH d. 19. august 1955. *Lykkegård Arkiv*.
- 72) Fra Juuls "Referat af møde i organisationen for økonomisk samarbejde c/WP 3. Afholdt 7.-10. november 1950 i London. *Lykkegård Arkiv*.
- 73) "*Dansk Patenttidende*" nr. 58, 1952
- 74) Juul: "Rapport om rejse til England i dagene 30.3. til 6.4 1955 angående konference om vindkraft foranlediget af The Britain Eleltrical and Allied Industries' Research Association." Uddelt til vindkraftudvalget. *Lykkegård Arkiv*.
- 75) Se note 74) side 4.
- 76) Golding note 36) 1955, her 1976 s. 220-21.
- 77) Golding: Electrical Energy from the Wind. "*The Institution of Electric Engineers*". *Paper revised June 1954*. s. 7.
- 78) Bemærkninger fremsat af Mr. Memsforth på mødet i London d. 31. marts 1955. Juuls oversættelse og maskinskrift udeleveret til vindkraftudvalget. 1955. s. 1-6. *Lykkegård Arkiv*.
- 79) Se Kalsvig 1957: "Gedser-vindmøllen indviet" i "*Elektrotekniker*", 1957.
- 80) Begge citater som note 79, s. 301
- 81) Se henvisning note 62) s. 53-54.
- 82) Afsnittet er baseret på tal og opgørelser i *SEAS Arkiv 1957-1967* og samtaler med nu pensionerede medarbejdere, tidligere ansat på SEAS.
- 83) Fra *SEAS Arkiv mærket 004*. Regnsskab m. bilag for 1961.
- 84) "*Vindkraftudvalgets Betænkning*". DEF 1962.
- 85) Juul 1962: "Angående betænkningen fra DEFs vindkraftudvalg" i "*Elektrotekniker*", 1962, s. 327
- 86) som 85) s. 326-330.
- 87) som 85) s. 329.
- 88) Afsnittet er delvist baseret på Wistoft (red) 1992 note 62): s.211 ff. Karnøe 1991. Samtale med Poul Nielsen, DEFU, som har fulgt vindmølleforskningen i Danmark siden 1964. Desuden: Meriam Marshal: "*Update on the Gedser Windmill*". Unpubl. paper. Niels Bohr Institute, Copenhagen. 1978.
- 89) Lundsager m. fl: "*Interim Report on the Measurements on the Gedser Wind Mill*". Risø. 1978. (Fotokopieret rapport)
- 90) Samtale m. Christian Riisager.
- 91) Karnøe 1991: "*Dansk Vindmølleindustri - en overraskende international succes*." Samfundslitteratur. Frederiksberg. 1991, s. 202-3
- 92) "*VEinformation*", Febr.1995 s.4



## Litteraturliste: Vindhistorie og Gedsermøllen:

- Adler ,E.  
1920  
"Agricco"  
1922  
Udnyttelse af Vindkraften til Fremstilling af Elektricitet. Ingeniøren 1920 s. 595-98,  
"Agricco". Patent-Vind-Motorer. System Jensen og Vinding. Landbrugsmaskin-Kompagniet. København Ø. 1922 (Brochure)
- Angelo,A.R.  
1947  
Angaaende Vindkraft. Elektroteknikeren nr. 9, 1947. s.183.
- Angelo,A.R.  
1947  
Angaaende Vindkraft. Elektroteknikeren nr. 14 1948 s. 501.
- Arnfred,J. Th.  
1919  
Vindelektricitet. Elektroteknikeren, 1919 s. 55-66
- Betz, Albert  
1926  
Die Windenergie und ihre Ausnutzung durch Windmühlen. Göttingen 1926.
- Borch, S.C.  
1898  
Forelæsninger over Maskinlære, bd. I-II. 3 udgv. København. 1898.
- Danske Elværkers  
Forening, 1962  
Dansk Patent Tidende  
ETT (Tysk artikel)  
1940  
Vindkraftudvalgets Betænkning. DEF. København. 1962  
1951, 1952 . København 1953.
- Golding, E.W.  
1976 (1955)  
Om Vindkraft. Electra 1940, no. 6 s. 140-44.  
The Generation of Electricity by WindPower. London. 1976. (opr. 1955)
- Golding, E.W.  
1954  
Electrical Energy from the Wind. The Institution of Electrical Engineers. London. 1954 p. 1-11.
- Hagensen,Flemming  
1992  
3500 Elproducerende Vindmøller i Danmark. Eget Forlag 1992.
- Hakonsen,Axel  
1947  
Vindkraftens Anvendelse til rationel Elektricitets-fremstilling. Elektroteknikeren, 1947 s. 392-3.
- Hansen,H.C  
1985  
Poul la Cour, Askov Højskoles Forlag. 1985.
- Hansen,,P.F.  
1943  
Vindelektricitetsværker i Danmark. Elektriciteten nr. 1, 1943.
- Hartz, G.E.  
1925  
Vor Ingeniørvidenskabelige Forskning. Ingeniøren 1925 s.473-75.
- Heymann,Matthias  
1990  
Verfehlte Hoffnungen und verpasste Chancen: Die Geschichte der Windenergienutzung in Deutschland 1890-1990. Environmental History Newsletter, nu. 2, 1990.
- Jensen,H.  
1939  
Vindkraftens og dens Udnyttelse ved Landelektricitetsværkerne. Elektriciteten, Dec. 1939 s. 10-14.
- Jensen,Niels  
1942  
Propelmøllen. Dansk Smedetidende, 16.10.1942.
- Jensen,R. Johannes  
1924  
Om nyere elektriske anlæg til vindelektricitetsværker. Ingeniøren 1924 s. 585-86.
- Jensen, Falck og



- Vinding, 1918  
Johansen, I.F.  
1949  
Johansson, Mogens  
1977
- Juul, A.S.B.  
1979
- Juul, Johannes  
1935
- Juul, Johannes  
1939
- Juul, Johannes  
1947
- Juul, Johannes  
1948
- Juul, Johannes  
1949
- Juul, Johannes  
1950a
- Juul, Johannes  
1950b
- Juul, Johannes  
1950c
- Juul, Johannes  
1951
- Juul, Johannes  
1953-54
- Juul, Johannes  
1954a
- Juul, Johannes  
1954b
- Juul, Johannes  
1954c
- Juul, Johannes  
1955a
- Juul, Johannes  
1955b
- Juul, Johannes  
1956
- Juul, Johannes
- Om udnyttelse af Vindkraften. Ingeniøren 1918 s. 337.  
Om Vindkraftanlæg. Den Tekniske Forenings Tidsskrift  
49, årg. 5 1949 s. 81ff.  
Present Condition of the Gedser Wind Turbine and a  
Cost Estimate of Refurnishing the Turbine for Test  
Purposes. DEFU. Teknisk Rapport. 1977.  
A short summary of the lives of the late Johannes Juul,  
Engineer. (Fotokopi af original på Risø (Jørgen  
Krogsgaard), sendt til prof. Hütter i Tyskland ? ) 1979  
Nye elektriske Kogeapparater. Elektroteknikerens 1935 s.  
361-69.  
Elektricitetens Anvendelse i Danske Husholdninger.  
Electra ,11 Aarg., no 3, no.4, 1939  
Vindkraftens Anvendelse til rationel Elektricitets-  
fremstilling. Elektroteknikerens. 1947 s. 137,  
  
Angaaende Vindkraft. Elektroteknikerens, 1948 s. 573,,  
Undersøgelse af muligheder for vindkraftens Udnyttelse.  
Elektroteknikerens, no. 20, 1949 s. 607-714.  
International møde om vindkraftens udnyttelse.  
Beretning: Vindkraftværker i Danmark (Juul).  
Elektroteknikerens , årg ,46, maj 1950. s. 236-243.  
Referat af møde i organisation for økonomisk  
samarbejde. OEEC. London nov. 1950. Upubl.  
  
Elektroteknikerens nr. 1, 7. jan. ,1950 s.1-5  
Beretning om resultater opnået med SEAS forsøgsmølle.  
Elektroteknikerens . 1. 1951 s.5-12.  
Angående Seas forsøg med vindkraft. Maskinskrevet  
gennemslagskopi. Udateret, men før tilsagn om penge  
fra Marshall-midlerne. 1953-54. Upubl. SEAS arkiv.  
Rapport fra UNESCO-mødet i New Delhi. Seas  
Personaleavis ,no. 170, 16 årg. December 1954. (DEF-  
arkiv -, vindkraftudvalget)  
UNESCO-møde om vind- og solenergi i Delhi - oktober  
1954. Elektroteknikerens. 1955 s. 53.  
Beretning til UNESCO-mødet i Delhi i oktober 1954  
angående vindkraftens anvendelse til fremstilling af  
trefaset vekselstrøm i forbindelse med et bestående  
ledningsnet. ET 54.  
Bemærkninger til Mr Mensforth beretning på mødet i  
London d. 31. marts 1955 Om forsøgsmølle på Orkney  
Øerne. Upubl.  
Beretning om rejse til England foråret 1955, Haslev  
30.6.55. Upubl.  
Møde i Arizona USA om anvendelse af solenergi.  
Elektroteknikerens, 1956 s. 145-149.  
Angående betænkningen fra DEFs vindkraftudvalg.



- 1962  
Juil,Johannes  
1961
- Juil,Johannes  
n.date  
Kalsvig,Jørgen  
1957  
Karnøe,Peter  
1991  
Larsen,Absalon  
1924  
Lundsager, Per (ed)  
Christensen,C.J. &  
Frandsen, S.  
1978  
Lund,Jakob  
1957  
la Cour, Poul, 1900  
la Cour, Poul, 1903  
la Cour,I.L., 1956
- Lykkegård  
Maanedsmædelelser  
1944 og 1945  
Meldahl,A.  
1956
- Merriam, Marshal f.  
1978  
Miljøministeriet  
1994  
Mørch,O.V.  
1941
- Poulsen-Hansen,P.  
1961  
Schou, Erik  
1920
- Schrøder, P.  
1924  
SEAS Arkiv
- SEAS Arkiv
- Statens Redskabsprøve
- Elektroteknikeren. 1962 s. 326-330.  
The design of Wind Power Plants in Denmark. United Nations Conference on New Sources of Energy. 22 april 1961.  
Driftsefaringer med vindkraftanlæg til elproduktion i forbindelse med store vekselstrømsnet. Upubl. n. date, Gedser-vindmøllen indviet. Elektroteknikeren 1957. s. 301 og 336 (rettelse).  
Dansk Vindmølleindustri - en overraskende international succes. Samfundslitteratur. Frederiksberg. 1991., Betragtninger over en Vindmotors Arbejdsevne. Ingeniøren,1924 s. 579-585.
- Interrim Report on the Measurements on the Gedser Windmill. Risø 1978.  
Den store el- og atomudstilling. Elektroteknikeren. 1957 s.425.  
Forsøgsmøllen I-II. København 1900.  
Forsøgsmøllen III-IV. København 1903.  
Vindenergiens udnyttelse. Elektroteknikeren 1956 s. 297.  
Lykkegård. Vindmotorfabrikken. Brochure. Udgivet af Foreningen af Bestyrere på Landelektricitetsværker i Danmark. 1944 og 1945  
Nogle aerodynamiske og økonomiske synspunkter angående forvandling af vindenergi til elektrisk energi. Elektroteknikeren. 1956 s. 159-162  
Update on the Gedser Windmill. Unpubl. paper. Niels Bohr Institute. Copenhagen. 1978.  
Møllebygninger i Danmark. Redegørelse og status 1993. 1994. Miljøministeriet og Skov- og Naturstyrelsen.  
Moderne Vindelektricitetsværker. Er vindkraft af virkelig værdi for Danmarks Elektricitetsforsyning ? Ingeniøren ,nr.40, 1941  
FN-konference om nye energikilder. Elektroteknikeren 1961 s. 417.  
Det moderne Grundlag for Konstruktionen af Vindmotorer. I "Første Nordiske Elektroteknikermøde i København 1920", København. 1920.  
Lærebog i Maskinlære. III del. 2. udgv. København 1924.  
Gedsermøllen,Nr. 001.Vindkraft, Skitser, (Læg dateret 1947)  
Gedsermøllen,Lbnr. 002. Forslag til bygning af modelmølle. Tegninger og brev til DEFs Vindkraftudvalg. 1954-55  
Beretning 89. Prøve med mindre Propelmøller



- 1942 (Vindgeneratorer), 1942. (Knud Hansen)
- Statens Redskabsprøver 36. Beretning. Arbejdsprøve med Vindmøller og med  
1926 enkelte Vandløftningsredskaber i Aarene 1921-24.
- Tylvad, K. Forsøg og Undersøgelser vedrørende Vindmotorers  
1926 Ydeevne. Ingeniøren 1925, nr. 51 s. 613-618.
- Vester, Børge, 1941 FLS-Aeromotor. Ingeniøren, 11. jan. 1941, s. 6-7
- Vinding, Poul, 1919 Vindmøllen. Ingeniøren 1919, s. 410-11, 511-12.
- Vinding, Poul Boganmeldelse. Statens Redskabsprøve 36. Beretning.  
1926 Ingeniøren 1926 s. 392-94, 498 (bemærkning)
- Vindkraftudvalget Beretning fra vindkraftudvalget. Elektroteknikerens 1951  
1951 s. 379-81.
- Vindkraftudvalget Beretning fra vindkraftudvalget. Elektroteknikerens 1952  
1952 s. 268-69.
- Vindkraftudvalget Beretning fra vindkraftudvalget. Elektroteknikerens 1953  
1953 s. 276-77.
- Vindkraftudvalget Beretning fra Vindkraftudvalget. Elektroteknikerens  
1954 1954 s. 265.
- Vindkraftudvalget Beretning fra vindkraftudvalget. Elektroteknikerens  
1955 1955 s. 278.
- Vindkraftudvalget Beretning fra vindkraftudvalget, Elektroteknikerens 1956,  
1956 s. 229.
- Vindkraftudvalget Beretning fra vindkraftudvalgets. Elektroteknikerens 1957  
1957
- Vindkraftudvalget Beretning fra vindkraftudvalget. Elektroteknikerens 1958.  
1958 s. 224.
- Vindkraftudvalget Beretning fra vindkraftudvalget. Elektroteknikerens 1960.  
1960 s. 258-9
- Vindkraftudvalget Beretning fra vindkraftudvalget. Elektroteknikerens 1961  
1961 s. 288.
- Vindkraftudvalget Vindkraftudvalgets Betænkning. Danske Elværkers  
1962 Forening. København 1962.
- Vogt, H.C., 1895 Om sugningsteorien. Ingeniøren 1895 s. 43-44, 66
- Vogt, H.C., 1926 Forbedret møllekonstruktion. Ingeniøren 1926, s. 205-8
- Vogt, H.C. Om Udnyttelsen af Vindkraften. Ingeniøren 1918. s.  
1918 521
- Westh, H. Claudi Angaaende Vindkraft. Elektroteknikerens, 1947 s.  
1947 517.
- Wistoft, B. (red) Elektricitetens Aarhundrede. Dansk Elforsynings  
Petersen, F. & Hansen, Historie. Bind 1. 1891-40. DEF. København.  
Harriet. 1991.
- Wistoft, B. (red), Elektricitetens Aarhundrede. Dansk Elforsynings  
Thorndahl, Jytte & Historie. Bind II. 1940-1991. DEF. København.  
Petersen, Flemming,  
1992.
- Wøldike, P.R., 1895 Om Vind og Bølger. Ingeniøren 1895, s. 33-35

**Arkivmateriale:** 1) DEF's arkiv (Elmuseet), 2) Lykkegårds arkiv (kopier på Elmuseet 95/223), 3) Seas Arkiv: Arkiv for Gedsermøllen.



ROLF SONNEMANN

## The Concept of the History of the Forces of Production in the Historiography of the German Democratic Republic

"Did the forces of production revolt against DDR socialism?" asks Joachim Radkau immediately after the fall of the Berlin Wall and comes as a result of his "observations of a historian of technology on the collapse of the German Democratic Republic (DDR)",<sup>1</sup> to the conclusion "that the real history of the DDR is still to be revealed".

Although six years have passed since the appearance of that article, Radkau's résumé, is as valid now as it was then. Notwithstanding a torrent of pronouncements on the history of the DDR, ranging from scholarly studies deserving serious consideration to satires of dubious merit, there is no doubt that further analyses are required which both place hitherto unknown facts in historical contexts and also evaluate the totality of the DDR as it really was, objectively and without preconceptions, from the events of which it is made up.

This is not the place to examine Radkau's argument in detail, particularly as our task is not that of enquiring into the tensions between forces and relations of production in the social fabric of the DDR. What do demand our attention are simply Radkau's introductory observations as a historian of economics and technology. He says: "The forces of production as the main actor in the revolutionary drama: to the Marxist of the old school that is a cherished conception. Since Marx the forces of production have been seen as the dynamic element of history; again and again the socialist revolution of the future is conceived of as a rising of the forces of production against rigid relations of production. Here the concept 'forces of production' was as a rule a mere synonym for the more humble concept of 'technology'. Technology as the engine of social change: what a plausible and persuasive concept!"<sup>2</sup>

Whether it is meaningful to coin the poetic genre "drama" for revolutionary historical processes need not be considered here. What is to be understood by "Marxist of the old school" might require an explanation. However one assessment cannot go unchallenged: the alleged equation of technology and forces of production on the part of the "Marxists of the old school". In his introduction to *Studien zur Geschichte der Produktivkräfte*, edited by Karl Lärmer and one of the works which paved the way for the later three-volume



anthology *Produktivkräfte in Deutschland*, Jürgen Kuczynski, whom Radkau frequently quotes, expressly commented: "It was Wolfgang Jonas, the originator of this volume, who so energetically led the opposition in our republic to the tendency to take a technocratic view of the forces of production that the battle has almost been won."<sup>3</sup> In *Handbuch Wirtschaftsgeschichte*, published two years later by the Institute of Economic History of the German Academy of Sciences, the authors not only subscribe to this opinion, but turn the rebuke on its head and attribute the failing to "bourgeois" historians of technology: "Even if the development of the forces of production, particularly in the present period, is scarcely comprehensible without some basic knowledge of applied science and technology, it must not be reduced to technical and natural processes, as is done in technocratic-technicist social theories of bourgeois origin (e.g. in industrial social theory)."<sup>4</sup> Generalizations are not necessarily conclusive, and the reference to J. Kuczynski should not imply that his views are always to be accepted when such classifications as the forces of production are being discussed. But a glance into the contents of the aforementioned *Produktivkräfte in Deutschland* provides more precise information on which elements constitute the forces of production in the view of the authors and the nature of the interactive relationship between them. It remains a puzzle how Marxist social scientists can be accused of having used the concept of forces of production as "a mere synonym for the more humble concept of 'technology' " - where the application of the adjective "more humble" to technology is meant to suggest to the reader that the concept of "forces of production" is a grandiose term - when not only are the directly active productive forces subjected to a precise analysis, but it is also asked how, when and where particular centres of industrial and agricultural development emerged from them, what part science and mathematics played in the rise of new industries, how school and university education both reacted to the new conditions and also, as operators, set a new agenda. We know no publication which has to such an extent united scientists of very disparate disciplines in search of the agreed goal.

The conclusion should not be drawn from what has been said that *Produktivkräfte in Deutschland* is a logically consistent work which satisfies every scientific qualitative requirement. But it was the first bold attempt to trace the forces of production in the history of Germany as it has unfolded since the Industrial Revolution. It goes far beyond a history of technology. If it does not satisfy every requirement, this is first and foremost because the respective sub-disciplines of history of science, technology and economics have not attained the level in the DDR that scientific collaboration presupposes.



To return once again to Radkau's premise: many East German scientists will remember that not a few petty-minded holders of academic degrees would kowtow to any proposition as long as it could be found in some party document. It would also be dishonest not to admit that the simple equation of the forces of production and technology was the extent of some people's formal thinking and it should not in any way be disputed that Radkau's argument hits the nail on the head when, for example, he asks whether the DDR "became a victim of technical progress"<sup>5</sup>, and answers that "in a sense" that did indeed happen. However this is not the point here. There is a distinct difference between the interpretative patterns occurring in the history of the DDR, to the extent that they brought theories of the forces of production into play and bent the facts to fit them, and those serious efforts which were made to investigate the history of the forces of production in human history in general and in modern history in particular. If, here, historians of economics and science devoted themselves to the history of the forces of production since the start of the Industrial Revolution of the eighteenth and nineteenth centuries, they did so primarily because the questions thrown up by the scientific-technological revolution inexorably demanded answers, and these, it was assumed, would be much easier to find if one were thoroughly informed about the revolution that was seen as a kind of precursor of the current radical overthrow of the system of the forces of production. There are various reasons for the fact that economic historians undoubtedly produced pioneering work in the process. One is that official DDR historiography - fixated as it was on the history of the class struggle - was not immediately inclined to concern itself with data, facts and processes, which, in the opinion of many historians, were not events which possessed historical significance. Naturally this blinkered approach was not found in every historical department of the universities, colleges and academies, and a distinction must for example be made in this respect between medievalists and the modern and, even more, the late-modern historians, to whom the history of the labour movement was the ultimate transformation in world history. Even more, or - more correctly - even less: the working class was considered purely as a political player, although it emerged first and foremost as a historical force by producing on a new scale and organizing itself for this purpose in entirely new structures. What seemed obvious to the medievalist - namely to enquire into the economic and social contexts in which the people of the Middle Ages went about their business, how they were organized, what conditions they accepted, what religion and tradition meant to them, what instruments of production they employed in their dealings



with nature and how they asserted or denied themselves in economic, political and social action - that all meant little to political historians. It was, for example, the economic and social historians who, in the histories of particular factories and works, traced the truly productive forces in their spheres of action. If in the results of such studies there were quite a few cases in which only the main political events received attention, then that was due less to the incompetence of the historians than to the "guidelines" of the SED (Socialist Unity Party) district leaderships, who for their part lived in fear of giving offence higher up with portrayals which appeared insufficiently class-struggle-minded.<sup>6</sup>

What was the pattern followed by the history of the forces of production as a scientific discipline in the study of history as it was pursued in the DDR? On the occasion of the XIIIth International Congress of Historians in Moscow in 1970 the editors of *Zeitschrift für Geschichtswissenschaft* produced the special volume *Historische Forschungen in der DDR 1960-1970, Analysen und Berichte*. It was a direct successor of the volume of reports published ten years earlier by the same journal on the occasion of the XIth International Congress of Historians in Stockholm. Although the history of the forces of production was not accorded a place of its own, it is granted the importance in the 1970 report which it had assumed as a research discipline in the 1960s. In the 1970 report it may be read that: "The sixties brought a discernible turning of the Marxist-Leninist social sciences, particularly political economy, philosophy and economic history, towards systematic research into the history of and the laws governing the development of the social forces of production. The aim of this research was from the outset to extend the Marxist-Leninist theory of the laws of development of the social forces of production, to comprehend fully the dynamics of the economic category of 'social force of production' and thus to contribute to a mastery of the stratified politicoideological, economic and technical problems of the scientific-technological revolution in its identity as socialist revolution in the DDR."<sup>7</sup> The context is apparent: history of the forces of production gradually became an increasingly self-confident descriptive scientific discipline as it succeeded in fitting the factual circumstances of modern scientific and technical development into a larger historical framework. It received its external impulse from the technoscientific revolution. Automation of production, the advent of nuclear power in energy extraction, chemicalization, miniaturization, space exploration and "sputnik shock", electronic data processing etc. - in these new techniques and technologies lay the occasion for the emergence of a new discipline, which took a long time to find official acknowledgement as a sub-discipline of the subject of history.<sup>8</sup> Admittedly there were historians who hoped



for more precise explanations from analyses of material culture in a historical context, but they were in a minority. Not until the eighties did there appear within the historical community of the DDR a special committee for the history of science and technology, whose members saw themselves as historians of the forces of production.

If one is aware that little happened in the DDR which was not prepared or initiated directly or indirectly by corresponding decisions of the central committee of the SED, it is not surprising that the social disciplines do not appear particularly to have arisen from the internal necessities of the growth of knowledge so much as to have been waiting to receive the official stamp of approval for new research themes or strategies. Whether the establishment of new professorships or departments was being considered, or publishing companies were being instructed to accelerate or reduce their activities in this or that direction, or financial resources were being pleaded for or reduced - indications "from above" were always required. How then was it possible for certain sub-disciplines of the social sciences not only to develop vigorously within the DDR but even to obtain international recognition? Both economic history and, since the seventies, the rapidly expanding histories of science and technology and their representatives have, at least from time to time, asserted themselves with works of substance and played a respectable role in the scientific community.

The answer is not difficult. Even if science in the DDR needed the official stamp of approval - it was always preceded by the action of the scientist, who was urging that the development of a nascent science be encouraged by the making of appropriate decisions. Naturally all this occurred on the theoretical basis of Marxism. The writings of Marx and Engels were the theoretical foundations which bound the East German social scientist not especially because this was desired, but because the systematic study of the writings of Marx and Engels had led the new scientific generation to the perception that the world could not be interpreted other than with the instruments of historical materialism. It may be objected firstly that not every student had taken an oath of loyalty to Marxism and secondly that no account whatever has been taken of the fact that the state had in effect allowed no literature other than Marxist to be studied. That under such conditions no other theoretical structure could develop is inevitable. Such an objection is not easily waved aside. In point of fact the plurality of ideas which still existed immediately after 1945 was uprooted in the fifties. The official proclamation of Marxism as the only true doctrine certainly ran into opposition, but the triumph of Marxist teaching was made easier when it



was presented by scientists who enjoyed high respect as anti-fascists. As far as economic history and political economy are concerned, this was undoubtedly applicable to some of their leading representatives. Soon after their return from emigration, Jürgen Kuczynski in Berlin, Gerhard Bondi in Halle and Fritz Behrens in Leipzig attracted a number of scholars whose considerable charisma made them influential. Thus it came about that schools of thought emerged in the fifties which did not go unnoticed even in the west. Admittedly they were not free from dogma, and we are apt to wax sarcastic when we think of how the idolatry of Stalin was practised in word and writing. However it must not be denied that most of us incurred a moral guilt at that time. Nevertheless it is perhaps understandable that every effort was made to apply the theoretical system inherited from Marx to history. If it was stated earlier that the technoscientific revolution had given occasion for a more intensive interest in the history of the forces of production, this interest could only be sparked off because the history of the German people, and, by extension, history in general, was to be reappraised. In contrast to the history of political economy, which rested on the "theory of surplus value", neither Marx nor Engels had left any detailed study of the history of the forces of production. Economic historians were now urged to undertake one, in close collaboration with historians of science and technology.

The theoretical starting point was to be found in the preface to the Marxist work *Zur Kritik der Politischen Ökonomie*. Marx writes that a critical revision of the legal philosophy of Hegel has led him to the conclusion that legal relations, like politics, "are neither self-explanatory nor rooted in the so-called general development of the human spirit but rather products of the material relations of life", the totality of which Hegel has summarized under the term "bourgeois society", and that the "anatomy of bourgeois society is to be sought in the political economy". The general result of his investigations in political economy is finally: "In the social production of their life people enter into definite essential relations independent of their own will, relations of production which correspond to a definite stage in the development of their material forces of production. The sum of these relations of production forms the economic structure of society, the real basis on which a legal and political superstructure rises, and to which definite forms of social consciousness correspond. The method of production of material life determines the social, political and spiritual life process generally."<sup>9</sup>

As in the Marxist view labour is the first prerequisite of all human life, a history of the forces of production has to explore the history of the labour process. In the labour process man interposes the instruments of labour between



himself as main agent and as subject of his labour. Labour, instruments of labour and subject of labour are the basic elements of the labour process. With the instruments of labour man works on raw and modified nature and in the process makes use of the mechanical, physical laws of nature etc. The instruments of production, in Marx's terms "the system of bones and muscles of production" are a barometer of the level of the forces of production. They give information on how far man has come from his original state of nature. That they are "also indicators of the social relations in which labour is done"<sup>10</sup> has provoked heated discussion among analysts of Marxist theory. Finally it can hardly have escaped anyone that both in West Germany, the BRD, a country characterized by the dominance of the means of production by private property, and in the DDR, in which, at least formally, there was communal ownership of everything, instruments and subjects of labour alike, basically the same instruments of production have been used. The difficulty of arguing a Marxist view grew as it had to be confirmed that the newest triumphs of modern science and technology at any given time were being put to use less in the DDR than in the "backward" BRD, where, moreover, they were being introduced at a pace which in most cases could hardly be maintained in the DDR. Naturally there were exceptions here, too, but there was no doubt that the translation of new ideas into ready-to-use technology took much too long. There was indeed a good deal of discussion of this, and anyone who takes the trouble to peruse the minutes of the meetings of the central committee of the SED will find that complaints of excessive delay in development were repeated continuously, with very little real variation. This being so, it is not surprising that auxiliary constructions were sought in order to be able to demonstrate against all common sense that socialism<sup>11</sup> - despite all its "deficiencies and weaknesses" - to use a commonly employed collocation - represented a higher stage of social development. As, quoting Marx again, man is the most important force of production - a proposition with which we unreservedly concur - it was easy to assert that the socialist producer, freed from the chains of capitalism, ultimately offered the guarantee of the superiority of the socialist system.

As the technoscientific revolution<sup>12</sup> had, as already noted, provided the cue for an intensive preoccupation with the theory and history of the forces of production, science moved into the centre of the debate as a subject for study at the end of the fifties. It was accompanied by repeated efforts to define the new character of technical development. The *Geschichte der deutschen Arbeiterbewegung* published by the Institute for Marxism-Leninism goes into its seventh volume with no word on that renewal of science and technology which only a



little later is depicted more or less emphatically as a revolutionary transformation of the system of forces of production.<sup>13</sup> Selbmann/Ziller made a start with a small brochure which, as it appeared from Dietz Verlag Berlin, had if not an official at least a semi-official imprimatur.<sup>14</sup> It begins with the sentence: "Our country, as a part of the great camp of socialism, is faced with the task of not only attaining the highest level of technology in all branches of industry, economics and transport but also, in the shortest time ever, surpassing the highest level of technology attained in the world."<sup>15</sup> The attainability of this goal was argued on the grounds that the most important means of production were the property of the whole nation and that "economic and social development is freed in the camp of socialism from all obstacles resulting from the contradictions which dominate the capitalist method of production".<sup>16</sup> The world is on the threshold of a new epoch of technology, "at the beginning of a technical and industrial upheaval". The reader will be unable to avoid an indulgent smile on encountering such heroic illusions. However one must be mindful of the fact that it was not only the party and economic functionaries Selbmann and Ziller who were serious in this opinion.<sup>17</sup> Notwithstanding certain doubts, thousands of young Marxist-trained scientists, engineers and technicians at least believed in the possibility of demonstrating the superiority of socialism in a short period. Admittedly the verdicts of the experts were more and more qualified, the more detailed their knowledge of the progress already made in the countries of the west on the one hand and of the backwardness of the technical equipment in so many publicly owned industrial enterprises on the other. When on 28 and 29 May 1957 the Department of Industrial Economics of the Martin-Luther University of Halle-Wittenberg arranged a theoretical conference on the topical question of automation in the DDR, the highly worthy manager of VEB Buntmetallwerk Hettstedt, Franz Bandel, commented in spite of everything on "possibilities and limitations of automation in socialist industry". He was not sparing in his criticism of both delusions concerning the financial and material resources available and also unrealizable demands for the rapid introduction of automatic machinery, robots etc.<sup>18</sup> That this thoroughly honest engineer, who set himself high standards, was convinced that automation would serve the working man only in a socialist system is understandable. He had such faith in technical progress that he followed with great annoyance the discussion of the "revolution of the robots" which was taking place even in the unions of the west. In his commentary he says: "A feature of all these discussions is the mentality, which is pervaded with mysticism and all kinds of fantasies. Technology is seen as demonic witchcraft, which - once it slips out of man's hands - threatens to



annihilate nations. Automation and technology become a fetish which conjures up fear and terror. In this they symbolize the general crisis of the capitalist system and the inability effectively to meet the danger of mass unemployment and overproduction."<sup>19</sup> Technology - a curse or a blessing? It never occurred to Bandel to speculate on these lines. It is sad that people like Franz Bandel had to find, years later, how political foolishness, ignorance and narrow-mindedness ruined so much that had seemed to them to promise a technoeconomic solution to politicoeconomic problems. The attention paid to science in the philosophical discussion of the productive-force theory and the first systematic attempts to appraise the history of the forces of production reflected the degree to which industrial practice showed itself incapable of further development without the application of the latest findings in mathematics, science and technology. Leaving aside the discussions of the philosophers, which need not be considered here, we see that historians of science and economics argued over the question of whether the system of forces of production includes science, whether science acts directly or indirectly, and what peculiarities it has by comparison with the other forces of production. In his "Bericht über die Tätigkeit des Arbeitskreises 'Geschichte der Produktivkräfte'"<sup>20</sup>, Wolfgang Jonas says: "In the course of these discussions two topics have arisen which have each extended over several sessions. Stimulated by Gerhard Kosel's book *Produktivkraft Wissenschaft*, the study group discussed the very topical and important problems of the relationship between the forces of production and science, both in its historical development and in its present significance."<sup>21</sup> Jonas, like his mentor J. Kuczynski, was inclined to the view that science was not a force of production. In part I of *Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte*, first published in 1960, Jonas commented on this question in that he declared his position in the discussion of the role of the natural and technical sciences in production. He correctly noted that the discussion arose principally in response to the need to increase the effectiveness of the technical and natural sciences in the development of production, and in the development of the forces of production. In the course of the Industrial Revolution science began to play a qualitatively new role in relation to material production. Nowadays virtually all fields of material production required scientific research and its findings in order to be able to survive. However in the discussion of this and other questions of the relationship of science to production, views were expressed which could not be allowed to go unchallenged. Putting forward the thesis that science is an element of material production, one implies that science must also be a force of production. However that is not correct, according to Jonas, because: "Science is relatively independent with regard to the



material process of production. It has its own methods and laws of production - the actual methods and laws of scientific work, of the process of scientific cognition - which are not identical with the economic laws of material production. However science is only relatively independent, as there exists an extremely close dialectic interchange between science and material production. Science draws incessantly from the sum of experience of production and itself produces in the final analysis with the aim of applying scientific conclusions to material production. However this close, indissoluble and essential interaction does not entitle us to call science an element of material production."<sup>22</sup> We have quoted at such length in order to make clear how quickly a discussion on these lines can run into a blind alley. To the science of history, which set out to incorporate the development of the forces of production in its research programme, such discussions brought little. It was left instead with the task of monitoring how science really engaged with history.

The second main subject of discussion of the "Geschichte der Produktivkräfte" workshop led by Jonas was in the years before 1960 the "force driving the productive forces". This was reported by Karl Lärmer in the same volume of *Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte*. The purpose of his contribution was to be "to examine what leads man to develop the instruments and subjects of his labour and finally also to improve his capacity for labour, [and] in which particular factors the causes of the development of the means of production are to be sought".<sup>23</sup> First mentioning the concept of forces of production, Lärmer emphasizes that this is not a technical but an economic category. "Why however are people always concerned, indeed compelled, to develop the production process, the forces of production? The reason for this is to be sought in the contradiction between the state of social needs in the broadest sense and the level of development of the forces of production. The social needs always hurry ahead of the development of the forces of production, therefore this disparity is the primary and ever effective driving force in the development of the forces of production."<sup>24</sup> In contrast to the view represented by several social scientists, that at any time new relations of production give the main impetus to the forces of production, Lärmer considers that the relations of production can only have a limited accelerating or retarding effect on the development of the forces of production. A good many readers might be inclined, in view of the perpetual repetition of the dual concepts of forces of production - relations of production and the long-windedness they represent, to lay the article aside with a weary sigh. But anyone who recalls how again and again the new socialist relations of production were cited as the driving force - the 'sputnik shock' of 1957 serves as



a shining example, leading to the proposition that socialism alone was competent to show mankind the gateway to new worlds - will at once see clearly that economic historians were struggling against the scourge of dogma. This is not to say that an ideological rift opened between them and the philosophers, inasmuch as they had themselves put on ideological blinkers. And there were after all among the philosophers a fair number of objectively minded scientists, to whom the stereotype of the superiority of socialism appeared an unprofitable assertion. But the obligatory basic study of social science, the "study of Marxism-Leninism", which was often enough represented by half-educated dogmatists, had created a spiritual climate in the universities and colleges from which one was unable and/or unwilling to escape or which one mixed with seeds of hope so far as one was eagerly able to find them. This particularly applied at the technical universities and technical colleges, whose students knew better than others what achievements technoscientific progress had produced and in which countries they had mainly been applied. Ever more frequently one found oneself appealing to Marx, whose evaluation of the relationship between bourgeoisie and forces of production is quoted in the publication: "The bourgeoisie cannot exist without constantly revolutionizing the instruments of production, and thereby the relations of production, in other words all the relations of society. Only the bourgeoisie has shown what man's activity can bring about. It has accomplished wonders far surpassing the Egyptian pyramids, Roman aqueducts and Gothic cathedrals, it has conducted expeditions which have put in the shade folk migrations and crusades."<sup>25</sup>

On to a final aspect of the crucial points for discussion quoted by Lärmer as they were expressed in the workshop. Unlike the economists, several scientists regarded "force of production" as synonymous with "technology". (One recalls the opinion of Radkau, that in the DDR the term "force of production" was used in place of the "more humble" concept of technology.) Rejecting this, Lärmer concludes: "the laws of technology are only applicable to the instruments and subjects of labour and lead there to certain definite developments. They do not apply to the most important element of the forces of production, man. That means that they already have their limitations. But even the machines created on the basis of the laws of technology only become forces of production at that moment when man is compelled to include them in the production process because there is a social need for them. In other words, the laws of the forces of production are more comprehensive than the laws of technology, because the laws of the forces of production, as well as including conformity with technical laws, also cover a series of laws of social development."<sup>26</sup> There is of course a



good deal to be said to this. This must be done elsewhere. Basically, however, Lärmer is right: a history of technology encompasses a much smaller field of historical reality than a history of the forces of production. As a matter of passing interest it may be added here that an agrarian historian, well-known not only in the DDR, commented on the handing over of *Geschichte der Technik*, which appeared in 1978, to the editorial committee of *Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte* with the words: "What a handsome and attractive book you have written!" That may be taken to mean: Writing a history of technology may have its points, but it would be better to turn seriously to a history of the forces of production.

Jürgen Kuczynski was not very pleased either, when at the Technical University of Dresden we set about studying the history of engineering sciences rather than the history of the forces of production that he advocated. To say the least, this gave the impression to the teachers and students involved at the time, whose position was interchangeable as a result of the different courses of study, that only a history of the forces of production was capable of getting to the bottom of things.

To start talking of the historiography of technology in the DDR would be meaningful, especially as historians of technology and economics in various West German universities have recently addressed the question of the form taken by "history of technology in Germany since 1945"<sup>27</sup>, its approaches, the traditions it followed and the obstacles, real and/or imagined, the historian in Dresden, Berlin or Leipzig found in his way in attempting to link up with earlier research and to work on new themes. However the subject of this essay does not allow us such a digression, nor is our present knowledge sufficient to say anything definite. So much is certain: Such a book as *Produktivkräfte in Deutschland* would never have been written if the authors had not been able to refer to a number of publications on technohistorical subjects which appeared in the DDR between 1945 and 1980. Similar benefit has been derived from work in the field of the history of science, whose representatives have made notable contributions on the history of mathematics and of the natural sciences. Whatever the ideological premises of the authors, there is no doubt that they also enriched the international debate and had something valid to say.

Let us finally ask what place the history of the forces of production occupied in the historiography of the DDR and whether acquaintance with the subject was able to help produce other insights in the representatives of a dogmatic ideology who were sworn to a history of the class struggle. If one judges from the lists of lectures of the universities and colleges, one will come to a rather discouraging



conclusion. Not until the end of the seventies does the history of the forces of production enter the official lecture syllabus, and then only at a few seats of learning. However from our own knowledge we know that at, for example, the Martin-Luther University of Halle-Wittenberg economic history was already being read in the early sixties "with special attention to the history of the forces of production". Here the colleagues of Gerhard Bondi, under his leadership, had concerned themselves primarily with the influence of scientific-technological innovation on the second industrialization phase of the German economy. At a number of schools of education, for example Potsdam, a history of technique was studied, which at least tried to take into account aspects of the history of the forces of production. In the early seventies the school of education at Dresden admitted the history of the forces of production to the list of optional lectures and in some university departments professors and associate professors were given the opportunity of widening their historical knowledge with the aid of post-graduate courses in this discipline. Finally, in the mid-seventies, the history of the forces of production was allowed the place to which it was entitled at technical university in the training of future university lecturers in the new discipline of history of the engineering sciences.

Admittedly, one must not overestimate the significance of all this. Probably the presumptive history teacher or diploma student would, if the DDR had continued to exist, only have been able to acquire a scanty knowledge, if it had had to be obtained from a study of the history of the forces of production. There was surely a rise in the degree of attention of many historians to the emerging discipline and the demand for the corresponding publications promised well. As far as the professional associations are concerned, it has already been mentioned that the historians' association in the DDR decided in the mid-eighties to give the history of science and technology its own section. There the history of the forces of production would have found a place. However there was opposition to be overcome. This emanated principally from those "historians" who for the most part had not made any proper study of the discipline of history but who nevertheless considered themselves qualified to pronounce on history. They made themselves heard in the sections for Marxism-Leninism, which had to follow the "party duty" to produce "class-conscious" students.

For the science of history in the now united Germany it is to be hoped that it will now be possible to follow without reservation everything that appeared to hold promise in the science of history in the DDR. Undoubtedly this includes the insights into the history of material culture which have been developed from the history of the forces of production, as far as these have proved useful as an



explanatory pattern. Despite the separation from the international historical community which has been suffered by DDR scientists, the historians of science and technology in both German states had more than a little to unite them. We particularly hope that the coming generation of scientists will preserve this unity.

## NOTES

1 Joachim Radkau, "Revoltierten die Produktivkräfte gegen den real existierenden Sozialismus?" In: *1999 Zeitschrift für Sozialgeschichte des 20. och 21. Jahrhunderts* 5 (1990) 4, pp. 13-42.

2 Ibid, p. 13.

3 Jürgen Kuczynski, in *Studien zur Geschichte der Produktivkräfte. Deutschland zur Zeit der Industriellen Revolution*. Edited by Karl Lärmer. Akademie-Verlag Berlin 1979, p. 10.

4 *Handbuch Wirtschaftsgeschichte*. Published by the Institute of Economic History of the East German Academy of Sciences. Berlin 1981. Pp. 39-40.

5 Radkau, idem, p. 16.

6 The SED party leaderships were instructed to regard the writing of industrial history as their particular task and therefore to supervise it closely.

7 Karin Lehmann/Heinzpeter Thümmel et al, "Forschungen zur Wirtschaftsgeschichte," in: *ZfG Sonderband XVIII*. Jahrgang 1970. Berlin 1970, pp. 95-120. One does not rush to judgment on the findings when one reads these and other "evaluations" couched in such an abstruse German. It is admittedly a lot to ask of the reader, but the conclusion should not be drawn from this that, when the delivery is in somewhat stilted form, the research results can necessarily remain ignored. The general political phraseology also comprehended the language of science, at least where it gave reports their linguistic dress. "Reports" were to some extent political acts in the historical disciplines, and not only there. Anyone who had been commissioned to submit a report and wanted to be seen in print in a quasi-official publication had for better or worse to use a vocabulary which, as it was often expressed, had been "modified". However there were also "scientists" who took a positive pleasure in talking a high-flown gobbledygook. The closer the object of the research to political everyday life, the more complex the phraseology under which it was buried. Apart from the necessary individual differences in linguistic usage, the publications of the historians who were concerned with the history of the forces of production were generally presented in an exact language.



8 That the history of the forces of production was attached to economic history was due above all to the authority of Jürgen Kuczynski, in whose institute the new discipline found its place. It was also Kuczynski who always subsumed economic history in the science of economics.

9 Karl Marx, "Zur Kritik der Politischen Ökonomie." In *Marx/Engels Werke*, Dietz Verlag Berlin, Vol. 13, pp. 8-9.

10 *Marx/Engels Werke*, Vol. 23, Berlin 1962, p. 195.

11 To avoid any misunderstanding: From the admittedly less developed "actually existing socialism" of the DDR and the other countries of the socialist community of states as an unsuccessful attempt to implement a more just social order we do not draw the conclusion that another historical conquest of the inherent contradictions of capitalism is impossible.

12 Here it is of no interest whether we accept the characterization of modern changes in science and technology as a revolution. However it ought not to be disputed that hardly conceivable "leaps" in scientific knowledge and technical-technological development are/were involved.

13 *Geschichte der deutschen Arbeiterbewegung*. Band 7. Von 1949 bis 1955. Dietz Verlag Berlin 1966.

14 Fritz Selbmann was in 1955 the deputy chairman of the GDR ministerial council, Gerhart Ziller the secretary of the SED central economic committee.

15 Fritz Selbmann/Gerhart Ziller, *Die neue Epoche der technischen Entwicklung*. Dietz Verlag Berlin 1956, p. 5.

16 Ibid.

17 We gained a sense of the personal tragedy of Gerhart Ziller, a cultivated man when he took his own life in 1957. Fritz Selbmann was relieved of his duties years later.

18 Franz Bandel, "Möglichkeiten und Grenzen der Automatisierung in der sozialistische Industrie." In: *Aktuelle Fragen der Automatisierung in der Deutschen Demokratischen Republik*. Verlag Die Wirtschaft Berlin, 1957, pp. 31-44.

19 Ibid, p. 31.

20 Wolfgang Jonas. "Bericht über die Tätigkeit des Arbeitskreises 'Geschichte der Produktivkräfte' ". In *Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte 1960 Teil II*, Akademie-Verlag Berlin 1961, pp. 223-232.



21 Ibid, p. 226. Kosel's book was at that time I believe only in manuscript form and was only available to a small number of interested parties. Radkau notes with irritation, without naming the title of the book, that "Kösel" (the incorrect rendering is retained by Radkau later) presents himself here "as the prototype of the SED technicism criticized in my article". R. must excuse us if on the basis of the lack of the title and the repeated misspelling of the name we assume that he was not enamoured of the book. Nevertheless in the discussion of the "force of production 'science' " Kosel did not in the end play a decisive part.

22 Wolfgang Jonas, "Zur Diskussion über die Rolle der Naturwissenschaften und technischen Wissenschaften für die Produktion." In: *Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte 1960 Teil I*, Berlin 1961, pp. 165-169.

23 Karl Lärmer, "Triebkräfte der Produktivkräfte." In: *Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte 1960 Teil I*, Berlin 1961, pp. 170-186.

24 Karl Lärmer, *ibid*, p. 175.

25 Karl Marx/Friedrich Engels, *Manifest der Kommunistischen Partei*. In: *Marx/Engels Werke*, Bd. 4, Berlin 1959, p.465.

26 Karl Lärmer, *idem*, p. 185.

27 See, for example, Hans-Peter Müller, Ulrich Troitzsch (eds): "Technologie zwischen Fortschritt und Reaktion", *Beiträge zum Internationalen Johann-Beckmann-Symposium*, Göttingen 1989. In the preface Ulrich Troitzsch says: "What was particularly unmistakable was the concern to emphasize the importance of "science as a force of production" to the history of the process of industrialization in Germany and thus to legitimate the prevailing faith in technology in the party from the viewpoint of an allegedly irrefutable, objective historical necessity.... Beside trivial ideology there were many difficult balancing acts between the dictates of scientific honesty and the demands of party expectations." (p. XII). What Troitzsch says about the use of language by technologists in the DDR is quite simply wrong. In the DDR technique and technology were differentiated well enough, and quite simply so, because technique was taken to mean the sum of instruments and subjects of labour, while technology on the other hand was taken to mean the manner and method of application in production. A further contribution may be mentioned, to which we can only refer without having read it ourselves. Wolfhard Weber (Bochum) reports that he has commented on an "individual meeting" arranged by Robert Fox on "History of Technology in Germany since 1945". An expanded and revised form of this commentary is to appear in *ICON Journal of the International Committee for the History of Technology (ICOHTEC)*. It may be assumed that Weber has been particularly concerned with the mistakes and complexities of the history of technology faculty at the Dresden Technical College and University. It would be interesting if a discussion could develop from his observations, which ought to relate to other facts and tendencies in history of technology in the DDR which are unknown to Weber.

□



**STAFFAN NILSSON**

## **Forskare, en läkare och några industrimän**

**Hur radium och strålterapi nådde Sverige och länslasarettet i Falun**

### **Inledning**

Det berättas att Henry Becquerel under ett par dagar bar ett litet tillslutet glasrör med några milligram radiumsalt i sin västficka. Två veckor senare blossade en rodnad upp, ett brännsår precis där radiumpreparatet vilat mot bröstkorgen. Becquerel förstod sambandet mellan preparatet och såret. Han kände till ämnets starka, osynliga strålar. Tillsammans med andra forskare konstaterar han att preparatets strålar har en kraftig förmåga att döda celler. Man upptäckte snart att sjuka celler eller tumörer är betydligt mer känsliga för strålning än friska celler. Grunden till radiumbehandling av cancer och vissa hudsjukdomar var lagd.<sup>1</sup>

Vi skall i följande se hur utvecklingen av den medicinska tillämpningen av den nyupptäckta radioaktiva strålningen tog sin början strax efter sekelskiftet.

Den svenska introduktionen av strålterapi är intimt bunden till några få pionjärer som vi skall studera innan vi går till lokalplanet för att se hur de första radiumpreparaten nådde länslasarettet i Falun. Tidsmässigt rör vi oss strax efter sekelskiftet.

### **Vetenskap och beprövad erfarenhet.**

Läkarvetenskapens enorma expansion under sent 1800-talet hade sin grund i flera vetenskapliga rön. Ett exempel är studier kring mikroorganismer, som vid 1870-talet resulterade i aseptik och antiseptik och inte minst en ny syn på hygien. Ett samarbete börjar etableras mellan den "nya tidens" vetenskapsmän inom biologi, fysik och kemi, och en vetgirig läkarkår. På de

---

<sup>1</sup> Enligt Tor Stenbeck i "Becquerelstrålarna och radium" (1903) var det en man vid namn Freund som först meddelade att radium kan ha en fysiologisk inverkan på hud.



stora sjukhusen som börjat byggas samlas sjuka, att studera, jämföra, ge vård och bota. En nyfiken läkarkår tar form där man i en positivistisk anda inte är sen att tillämpa nya upptäckter. Läkaren blir en vetenskapsman och "beprövad erfarenhet" som tidigare väglett kåren minskar i betydelse. Framtidstron ökar enormt genom de goda resultaten. Det var i denna, stimulerande miljö som läkare tillsammans med fysiker och kemister utvecklade strålterapi med radium och röntgen, för elakartade sjukdomars utrotande.

## **Röntgen - radium. Strålning för terapi och diagnos.**

När röntgentekniken kom i bruk för klinisk diagnostik upptäcktes snart att strålarna kunde avdöda vissa celler. Sedan dess har tekniken också använts terapeutiskt. Ofta var det hudåkommor eller ytliga tumörer som bestrålades - i flera fall med gott resultat. Ett radioaktivt preparat antogs avge strålar av delvis samma natur som röntgenstrålar så därför var steget inte långt att försöka med radium. Den terapeutiska röntgentekniken fick utgöra modell för radiumterapi. Det allmänna kunskapsläget var sådant att man helt enkelt talade om "strålbehandling" oavsett strålkälla. Det skulle dröja ända fram mot 1910 innan man kliniskt kom att skilja på röntgen- och radiumterapi.

De franska läkarna Strebel och Daulos var troligen de första att bestråla vissa hudåkommor med radioaktivitet. Preparatet placerades på det sjuka stället under vissa tidsintervall och Daulos rekommenderade behandlingen mot hudcancer, skäggväxt och födelsemärken. Otvetydigt hade strålarna effekt, framförallt mot cancer - svårigheten låg i att hantera preparat rätt och bestämma dess styrka.<sup>2</sup>

Trots att man tidigt var medveten om röntgen- och radioaktiv strålnings skadliga inverkan på frisk vävnad så tillämpades ända fram till 1920 talet en "biologisk" doseringsenhet HED (Hud-Erytem-Dos) baserad på strålningens förmåga att framkalla hudrodnad.<sup>3</sup> Utrustningen "kalibrerades" helt enkelt genom test på doktors eller sköterskans hud. Många drabbades av svårläkta sår på händerna men dessa "röntgensår" betraktades mer som skavsår, eller blåsor efter hårt handarbete - en slitageskada som läker efter en tid.

---

<sup>2</sup> se Stenbeck 1903 och Larsson 1995

<sup>3</sup> Strålbehandling vid cancer 1996 s.57



## Radioaktiva preparat

En svårighet i den tidiga radiumterapien var att erhålla preparat med känd kvalitet för att rätt kunna avväga stråldosen mot den sjuka vävnaden. En läkare hade varken kunskap eller utrustning att mäta stråldos, och vävnadens reaktion hade också en latenstid på flera dagar. Radiumterapi ställde därför helt nya krav på läkaren. Då strålarnas tredelade natur (med alfa-, beta- och gammastrålning) blev känd lärde man sig att filtrera fram den typ av strålar som behövdes. Preparaten byggdes in i höljen av metall eller glas. Man tillverkade radiumtuber, -nålar och -plattor med ämnet omslutet av silver, platina, bly eller glas. Franska läkare vid Institute du Radium i Paris jämte den svenske läkaren Gösta Forssell utvecklade snabbt en strålterapi enligt flera olika metoder. De vanligaste var att en platta belagd med radiumsulfat lades på det sjuka området, eller att små glas- eller metallnålar, med några milligram radiumsulfat i spetsen, stacks in i den sjuka vävnaden. Man konstruerade också små ampuller som kunde föras in i kroppens hålrum med sond - den första fungerande terapin mot cancer i livmoder, näsa, munhåla och svalg.

Preparaten var extremt dyra. Dels var de svåra att framställa - processen tog lång tid - dels var efterfrågan stor bland världens fysiker, kemister och inte minst läkare. Kemiskt bestod preparaten av radiumbromid eller radiumsulfat, alltid mer eller mindre förorenat med barium och därför av starkt växlande kvalitet.

## Pionjärer i Sverige

I Sverige var det läkaren, "röntgenpionjären" doktor Tor Stenbeck (1864-1914) som tidigast engagerade sig i radium och strålfysik, van som han var vid röntgenteknik. Den dynamiske och märklige doktor Stenbeck hade bara några månader efter Röntgens upptäckt byggt upp ett helt eget röntgenlaboratorium i Stockholm. Han var väl insatt i fysikens senaste landvinningar och experimenterade bl.a. med att försöka bota TBC med de då nyligen upptäckta teslaströmmarna. Redan på 1890 talet hade han konstruerat en centrifug, för separering av beståndsdelar i blod och urin - enligt flera bedömare den första fungerande för medicinskt bruk. Rastlöst driven av en lidelsefull nyfikenhet engagerade sig Stenbeck i allt nytt och publicerade 1900 en lärobok med titeln "*Röntgenstrålarna i medicinens*



tjänst". Andra delen har rubriken "Röntgenstrålarnas användning som läkemedel" och där beskriver han för första gången strålterapi.<sup>4</sup>

År 1903 utger Stenbeck en liten märklig skrift om "Becquerelstrålarna och Radium". Han beskriver vad som är känt om radiums fysiska egenskaper och fysiologiska och terapeutiska verkningar. Han redogör för den då helt nya elektronläran - Rutherford's teorier - och skriver "...men då en viktsmängd radium sönderfaller, hafva alla de elektroner, hvilka blifvit fria, faktiskt öfvergått i - intet, d. v. s. ämnet har upphört att existera såsom kropp, såsom massa, och i stället helt och hållet förvandlats i energi."<sup>5</sup>

Men Stenbeck saknade den uthållighet som krävdes för att gå vidare med mer omfattande kliniska försök och tidskrävande utvärderingar av sina strålförsök. Enligt flera samtida källor var denne lyckligt gifte men rastlöse man något yvig och lynnig, kanske också svår att samarbeta med.<sup>6</sup>

Som assistent hade Stenbeck 1899 anställt en ung student vid namn Gösta Forsell (1876-1954). Mot ett honorar av 25 öre per behandling skötte han Stenbecks röntgenklinik under drygt ett år, våren 1899 till hösten 1900.<sup>7</sup>

Det blev med tiden Gösta Forsell som kom att fortsätta Tor Stenbecks pionjärgärning inom radiologi. Gösta Forsell bedrev forskning, utvecklade tekniken, skrev läroböcker och undervisade. Han var internationellt aktiv men mest känd blev han som skapare av Radiumhemmet i Stockholm.<sup>8</sup>

En tidig pionjär var också Tage Sjögren (1859-1939). Svårt skadad av strålning redan 1905 och efter att ha mist flera fingrar lämnade han den praktiska radiologin vid sent 1920 tal.<sup>9</sup>

## Radium i Sverige

Den första strålbehandlingen företogs av Tor Stenbeck och hans assistent Gösta Forsell - strålkällan var Stenbecks röntgenapparat i hans klinik på Mäster Samuelsgatan i Stockholm. Det gällde två patienter med hudcancer. En patient med cancer i näsan fick behandling i små doser om totalt 150 strålningstillfällen under tre månader; efter nio månader ansågs canceren läkt.<sup>10</sup> Båda patienterna demonstrerades vid Svenska läkaresällskapet

<sup>4</sup> Knutsson, F 1970 s. 219 ff

<sup>5</sup> Stenbeck T. 1903, s. 16

<sup>6</sup> Josephson C. D. 1914

<sup>7</sup> Åkerlund 1954, s. 638 o. Sveriges Läkarehistoria 1934

<sup>8</sup> Sveriges Läkarehistoria 1934

<sup>9</sup> Sjögren. T 1935, s. 73 ff

<sup>10</sup> Larsson L.G. o. Walstam R 1995 s. 91



sammanträde den 19 september 1899. En av patienterna förevisades 30 år senare - fortfarande frisk. Detta anses som den första, med strålterapi botade cancerpatienten i världen.<sup>11, 12</sup> Tage Sjögren förevisade vid samma tillfälle också en patient botad från hudcancer.<sup>13</sup>

Internationellt introducerades radioaktiv strålterapi omkring år 1900. I Sverige var man, enligt Tor Stenbeck, ungefär lika tidig med flera (oredovisade och förmodligen helt odokumenterade) försök. Det var barnläkaren vid Karolinska institutet, professor Karl Oskar Medin som behandlade hudåkommor (lupus) med ”radioactiv substans”.<sup>14</sup> Effekten uteblev då preparatet enligt Stenbeck var förorenat och ”svagt”. Några år in på 1900-talet gjordes förmodligen flera försök med radioaktiv strålbehandling i Sverige mot ytlig cancer, tuberkulos och andra sjukliga hudförändringar. Man var osäker hur preparaten skulle hanteras, de var dessutom både svaga och förorenade och få positiva effekter kunde i begynnelsen märkas.

Det blev den franske läkaren Claude Regaud och något senare Gösta Forsell som utarbetade medicinska modeller, instrument och standarder för strålterapi - men detta kunde ske först då det gick att framställa rena preparat med känd och för ändamålet filtrerad strålstyrka.<sup>15</sup>

Fransmännen Wickham och Degrais vid Institute du Radium i Paris lanserade 1909 en behandlingsmetod där radiums ”läkande inverkan på tumörer” beskrivs. På initiativ av och med stöd från professor Berg reste Forsell till Paris för att studera metoden. Väl hemma kunde Forsell med hjälp av donatorer köpa en mindre kvantitet radium för att påbörja behandling enligt den nya metoden vid Serafimerlasarettets röntgeninstitut - det som senare skulle bli Radiumhemmet.<sup>16</sup>

## Pionjär i Falun

Överläkaren i kirurgi vid Länslasarettet i Falun, Nils Valdemar Åkerblom (1866-1954), var intresserad av strålterapi och bör ha varit bekant med Tor Stenbeck. De var ungefär lika gamla. De hade en kort period, samtidigt varit amanuenser vid Serafimerlasarettet, och båda hade arbetat vid Karolinska

---

<sup>11</sup> Åkerlund 1954, s.663

<sup>12</sup> Vid den andra internationella radiologikongressen i Stockholm 1928

<sup>13</sup> Goerke 1992 s.95 f

<sup>14</sup> Stenbeck, T. 1903. s. 28.

<sup>15</sup> Kock W. N. Medicinhist. årsbok 1990. s. 136.

<sup>16</sup> Lindberg B. Sv. förening f. Obstetrik och Gynekologi. Nr 2 1994



Institutet i omgångar. Åkerblom visste också vilka Sjögren och Forsell var - det fanns få läkare med praktiska kunskaper i strålterapi vid seklets början och man höll täta kontakter och rådfrågade varandra.

Åkerblom anlände till Falun 1907 som lasarettsläkare och senare styresman för Länslasarettet. Han kom närmast från en tjänst som lasarettsläkare i Visby (1905-1907) och hade tidigare arbetat både i Vänersborg och Gävle (1900-1901) och i Finspång (1902-1905). Han hade en gedigen utbildning och 1896 erhöll han sin läkarlegitimation. Under sex månader 1902-03 var han som innehavare av *Riksstatens större stipendium för civila läkare* på studieresa i Danmark och Tyskland. Han besökte Köpenhamn och stora vetenskapscentra som Berlin, Breslau, Hamburg, Jena och Heidelberg. Från 1912 var han invald i Falu stadsfullmäktige fram till 1915 då han lämnade staden för att bli lasarettsläkare i Linköping.<sup>17</sup>

Kanske var det Tor Stenbeck, eller någon av de andra radiologi-pionjärerna som intresserat Nils Åkerblom för röntgen- och radiumterapi mot cancer. Kanske hade han fått upplysning om strålterapi under sin studieresa. En omfattande forskning pågick inom strålfysiken ute i Europa - inspirerad av framförallt Röntgens upptäckt. Åkerblom började i varje fall mycket tidigt att behandla sina cancerpatienter med ett (förmodligen lånat) radiumpreparat. Han påstår själv 1910 i en skrivelse till Landstinget att han "*är kanske den första i vårt land, som använt Radium terapeutiskt (sedan nära 8 år) ...*"<sup>18</sup> Stämmer detta uttalande, som inte på annat sätt går att verifiera, var Åkerblom en medicinsk pionjär och utövande radiumterapi redan 1902! Detta torde knappast vara riktigt. Stenbeck borde då ha känt till försöken och omnämnt honom i sin bok "*Becquerelstrålarna och radium*" (1903). Troligast är att Åkerblom "tar i" och de fall han syftar på är de som han redogör för vid den kirurgiska kongressen i Helsingfors 1908 under rubriken "*2 fall af djupgående hudkräfta i ansiktet, läkta efter radiumbehandling.*" Beskrivningarna är från augusti och december 1904 då Åkerblom var lasarettsläkare i Finspång, året efter sin studieresa. Redogörelsen ingår som ett inlägg i en större debatt om cancer. Vid kongressen finns flera "radiologer" samlade med professor John Berg och doktor Gösta Forssell i spetsen. Vid mötet berörs radiumterapi, visserligen i stark skugga av röntgenterapi, men Gösta Forssell konstaterar också med stöd av en nyligen publicerad artikel att "*radium-behandling med ofantligt starka (radium)*

<sup>17</sup> Sveriges Läkarehistoria red. Widstrand 1935. s 288

<sup>18</sup> KLL. Skrivelser och motioner, 1910. Nr 53 bilaga D. s. 221 f.



preparat framträdte som en kraftig konkurrent till R.(öntgen)<sup>19</sup>. Professor Berg påstår att "de tre hufvudvapen vi ...äga mot cancer, (är) kniven, "Röntgen", (och) radium." <sup>20</sup>

Åkerbloms första fall beskriver en 70-årig man som behandlas genom att en radiumkapsel (10 mg) "anbraktes i såret inom hudkanterna." Efter det att "de yttre tumörmassorna smultit bort" opereras en del angripet ben bort, och "radium-behandlingen" fortsätter i totalt omkring 850 timmar.(!) Patienten är fyra år senare helt frisk och fri från recidiv. Det andra fallet är en 75-årig kvinna med hudcancer i vänster kind, överläpp och näsa. Efter nära 300 timmars "bestrålning" är hon läkt, men uppvisar tre år senare ett litet recidiv som opereras bort. I båda fallen noteras det ovanligt lyckade kosmetiska resultatet. Ett kirurgiskt ingrepp skulle avsevärt ha vanställt de båda patienterna - om de överhuvudtaget var möjliga att operera. Behandlingen tog lång tid, men Åkerblom påstår, något märkligt, att i båda fallen har "det nyttjade preparatet genomsnittligt i endast omkring 6 timmar direkt bestrålat hvarje del af svulstomfånget." Dessutom är preparatet påstått han, trots beteckningen "reiner Radiumbromid" (Pris 12 mark/mgr.)" inte av det bästa slaget.<sup>21</sup> "Frågan om radiums brukbarhet för tumörbehandling är således i väsentligt en fråga om anskaffning i tillräcklig mängd af ett tillräckligt aktivt preparat."<sup>22</sup> Åkerblom hade alltså en hel del erfarenhet av radiumterapi, när han kom till lasarettet i Falun.

Han kom också till ett Länslasarettet som redan förvaltade en tradition inom den nya fysiken. Redan 1899 hade hans företrädare, lasarettsläkare Per Söderbaum beställt en röntgenapparat som levererades den 11 april år 1900 - enligt några källor som en av de första i landsorten.<sup>23</sup>

## En industriman i Falun

Väl installerad i Falun på våren 1907 får vi förmoda att Åkerblom upptas enligt gängse former och mönster i den borgerliga societeten och inte minst i stadens bergslagsaristokrati. Där möter han en nästan jämgammal man, vetgirig med djupa intressen för den nya fysiken, kemin och elektrotekniken. Mannen är Lars Yngström (1870 - 1944), vice disponent vid Stora Kopparbergs Bergslags Aktiebolag. Yngström är bergsingenjör, av gedigen

<sup>19</sup> Radiumthérapie av Wicham och Degrais (1908 ?). Allmänna Sv. Läkart. 1909, s. 718.

<sup>20</sup> Allmänna Sv. Läkart. 1909, s. 713. referat.

<sup>21</sup> Ett högvullitativt rent radiumpreparat kunde kosta ända upp till 400 mark per milligram

<sup>22</sup> Allmänna Sv. Läkart. 1909, s. 718-719. referat.

<sup>23</sup> Nilsson, S. N. Medicinhist. årsbok 1994. s. 128.



bergslagsaristokrati. Han är född och uppvuxen på Villingsbergs bruk, som hans far ägde. Efter Bergshögskolan i Stockholm (1893), praktik som förvaltare på sin fars bruk Vallåsen och några års utlandstudier, blev han 1897 kallad till Stora Kopparbergs Bergslag för att leda uppbyggandet av Kvarnsvedens pappersbruk. Där kom han samtidigt att syssla med kraftverksbyggen, elektriska ljusbågar och induktionsugnar vid Domnarvets järnverk.<sup>24</sup> Bergslagets disponent Erik Johan Ljungberg utsåg honom till vicedisponent; tänkbar "kronprins".<sup>25</sup>

Yngström hade stor arbetskapacitet och representerade den "nya tidens" ingenjörskonst, han var en filantrop, radikal till sinnet med djupa humanistiska och religiösa intressen. Tillsammans med ingenjör Sven Carlsson engagerade han sig i den begynnande idrottsrörelsen. Med kunskap, ledarförmåga och inte minst egna pengar, byggde de Faluns första hoppbacke för skidor. Yngströms bröllop 1909 firat i tre dagar, varav en under jord i en festsmyckad gruvsal, har gått till Faluhistorien.

Men hans karriär inom Bergslaget fick ett tynande slut 1910-1911. Vad som hände är inte helt känt - men Yngström "*misste sin gynnade position*" och strax därefter slutade han sin anställning på egen begäran. I botten ligger förmodligen strejker, arbetarförhandlingar och troligen beslut som inte föll disponenten Erik Johan Ljungberg i smaken.<sup>26</sup>

Men det märkliga i Lars Yngströms utbildningskarriär är att han en kort tid mellan åren 1896 och 1897 arbetade i Paris (med elektriska ugnar) vid professor Moissans (Nobelpris i kemi 1906) kemiska laboratorium - där befann han sig mitt i händelsernas centrum, just i början av den tid då allt hände inom strålfysiken!<sup>27</sup> Yngström - om någon - visste vad Åkerblom talade om då det gällde radioaktivitet. De bör ha diskuterat strålterapi vid flera tillfällen, Yngström var öppen och nyfiken och hade säkert en hel del kunskap att tillföra. Dessutom var han ledamot av Lasarettets direktion och kände därmed vårdens medicinska behov.

---

<sup>24</sup> S:t Örjans Gille. Göransson, K. F, Dödsruna 118, s. 360 f.

<sup>25</sup> Hildebrand, K-G . s. 573

<sup>26</sup> Hildebrand, K-G . s. 573

<sup>27</sup> Göransson, K. F, Dödsruna 118, s. 355 ff



## Radium i Falun

Att Yngström och Åkerblom verkligen resonerat i frågan framgår av ett kort, mycket formellt brev som Yngström skriver den 22 april 1910 till "Överläkaren vid Länslasarettet i Falun. Herr Med. Doktor Nils W. Åkerblom Falun.." Skrivelsen är stramt och neutralt formulerad och desutom bevitnad av bergslagens bokhållare Irma Fougstedt och (troligen sekreterare) fröken R(ut) Edgren. Den är förmodligen enbart avsedd att ligga som bilaga och grund för en framställan om extra bidrag från Landstinget till inköp ett fullvärdigt radiumpreparat. Yngström förklarar att de har haft "*munliga förhandlingar i ärendet*" och säger sig villig att svara för "*kostnaderna för anskaffandet af 10 milligram radiumpreparat med tillhörande tub afsedt för användning vid länslasarettet...*" Men han ger två viktiga förbehåll - att priset "*ungefärligt öfverenstämmer med nu gällande notering eller cirka 400 frcs per milligram med 10% rabatt för preparat, som skall användas för sjukhus...*" - och att Landstinget beslutar anslå samma summa för "*omedelbart anskaffande af en lika stor kvantitet radiumpreparat.*" Kostnaderna för 20 milligram beräknas uppgå till 5.400 kronor - en avsevärd summa vid den tiden. Lasarettet skulle alltså om begäran tillstyrks förfoga över 20 milligram radium - en ansevärd kvantitet vid den tiden.<sup>28</sup>

Det var inte alls främmande för Yngström att på detta sätt erbjuda ekonomiskt stöd för ändamål som fångat hans intresse. Hans bidrag var omfattande både till idrott och kultur.

Erbjudandet tas upp vid lasarettsdirektionens möte den 14 juli 1910 - man tackar Yngström, som deltar i mötet, men uppskjuter beslutet. Nästa gång direktionen samlas, den 29 augusti 1910, deltar inte Yngström i förhandlingarna. Dr Åkerblom hänvisar vid detta möte, i en bifogad inlägga, till sin egen erfarenhet av radium och Yngströms generösa erbjudan. Han beskriver de framgångar man på sistone gjort med strålbehandling av vissa elakartade ej opererbara cancersvulster. Radiumpreparatet "*kan anbringas på ställen där det ej går med Röntgenbestrålning (läggas in i kroppshälor eller in i de behandlade svulsterna).*" Han redogör för sin egna försök med som han påstår "*mindervärdiga preparat*" och meddelar att han "*djupt känner saknaden att ej ha ett tillräckligt verksamt preparat till förfogande.*"<sup>29</sup> Det kan alltså ha funnits några milligram "dåligt" radium på

---

<sup>28</sup> KLA. A1:44, 14/7 1910

<sup>29</sup> KLA. A1:44, 14/7 1910 och KLA. A1:44 29/8 1910



sjukhuset innan detta skrevs - kanske hade Åkerblom lånat ett preparat, som vi tidigare förmodat, ty 10 milligram kostade närmare en läkares årslön.<sup>30</sup>

Lasarettsdirektionen, med Åkerbloms inlaga (bilaga D) och Yngströms brev (bilaga D<sup>1</sup>), gör sin framställan till Konungens Befallningshufvud som sedan går till Landstinget - länslasarettet var under statlig tillsyn. I sin framställan till höstlandstinget 1910, som får nr 53, yrkar Konungens Befallningshufvud bifall till bland annat anslag för en ny elektrisk belysningsanläggning vid sjukhuset, anslag för inköp av en ny röntgenapparat och ett anslag om högst 2.700 kronor för inköp av 10 milligram radium, under tidigare nämnda förutsättningar. Naturligtvis anslår Landstinget pengarna enligt förslaget. Åkerblom låter också strax innan meddela att han fått ytterligare 200 kronor i bidrag, nu av intendenten Edvin Klinton vid Stora Kopparbergs Bergslags Aktiebolag - arbetskamrat till Yngström och senare också hans "efterträdare". Sjukhuset förfogar alltså totalt över 5.600 kronor att inköpa radium för. Som en kuriositet kan nämnas att nyinstallation av elektrisk belysning till bland annat operations- och röntgenrum, från Falu stads el-verk, kostade 2.500 kronor.<sup>31</sup>

Någon beställning eller offert på det radioaktiva ämnet har inte gått att återfinna men lasarettet låter JOHN ANDERSSONS ELEKTRO-TEKN.BYRÅ EFTR. på Klarabergsgatan 58 i Stockholm förmedla kontakt och handha köpet. Man har tidigare anlitat samma företag vid inköp av elektriska apparater, röntgenutrustningsdetaljer och annan medicinsk teknik.

I spetsen för den elektrotekniska byrån står sedan 1905 ingenjör Bror Jernh. Han har snabbt skaffat sig kunskaper och kontakter inom den "nya fysiken" och framstår som den mest kunniga och väl sorterade leverantören av röntgen och annan medicinteknisk utrustning. Bror Jernh kände väl de tyska tillverkarna av röntgen- mät- och annan strålutrustning - C. F. Müller i Hamburg och instrumentfirman Hirschmann & Co. i Berlin. Naturligtvis hade Bror Jernh också kontakt med *Banque du Radium* på Rue Vigon 13 i Paris som kunde leverera den eftertraktade strålkällan radium.<sup>32</sup>

---

<sup>30</sup> Åkerblom, N. V. 1909:37, s. 719

<sup>31</sup> KLL. 1910, Skrivelser och motioner nr. 53

<sup>32</sup> Sjögren T. 1935, s. 77, 78. KLA G13:76 Verf. 447, 495, 1911.



## De levererade preparaten

I början av juni 1911 anländer preparaten till Falun, de levereras direkt från *Banque du Radium*, i Paris på order av "*Monsieur Jarnh de Stockholm*".

Enligt specifikation på fakturan från *Banque du Radium* består leveransen av fem olika preparat, totalt 70 milligram radiumbromid av växlande kvalitet, från 10 milligram absolut rent radiumbromid i en försluten platinatub till några svagare preparat av växlade kvalitet limmade mot plattor. Preparatet i platinatuben kostade 4.000 francs, tuben kostade 100 francs. Två högaktiva preparat av "*aktivité 500,000 transformé en Sulfate*"- preparatens styrka mättes mot en likare av radiumsulfat - var bundna eller limmade mot en kvadratcentimeter stor "*plat type Forsell*" och bestod av 10 milligram radiumbromid vardera. De kostade 1000 francs stycket, plattorna kostade bara 25 francs vardera. En större platta, på två kvadratcentimeter "*type Forsell*" med 20 milligram radiumbromid av samma högaktiva typ kostade 2000 francs. Slutligen ett preparat med 20 milligram "*aktivité 100,000 transformé en Sulfate*" också det bundet vid en större "*plat type Forsell*".<sup>33</sup> Fakturan slutar på 8.625,25 francs inklusive porto och emballage för 15,25 francs. Men så ger man 10% rabatt enligt Yngströms påstående och villkor. Den aktuella kursen var 100 Francs för 72 kronor (med dåtidens köpvärde). Fakturan från Bror Jernhs elektriska byrå lyder på 5.609 kr och 80 öre. Det var 9 kr och 80 öre över anslagna medel och lasarettsläkare Åkerblom "tvingas" själv ur egen börs skjuta till det resterande beloppet. Ett radiumkonto upprättas i lasarettets räkenskaper.<sup>34</sup>

Länslasarettet i Falun hade nu en för tiden stor kvantitet radium till sitt förfogande, tack vare industrimannen Lars Yngström och lasarettsläkaren Nils Waldemar Åkerbloms initiativ. Men historien är inte slut med detta.

## Andra industrimän i Falun

Kring 1910-11 kom, som tidigare nämnts, Lars Yngström "på kant" med Bergslagets ledning.<sup>35</sup> Han försvann från arenan men lämnar ändå ett tydligt spår genom sitt tidigare agerande. Ty två år senare den 30 Mars 1912 fattar Stora Kopparbergs Bergslags Aktiebolags disponent Erik Johan Ljungberg pennan och skriver ett brev till "*Herr Doctor*".

<sup>33</sup> KLA G13:76 Verf. 447, 495, 1911.

<sup>34</sup> KLA Huvudbok G1:42, 397-398, 1911. Kassabok G2A:42, 65, 68, 1911

<sup>35</sup> se Hildebrand, K-G . s. 573 f



Meddelandet har formen av ett litet korrespondenskort med en bild på disponentfamiljens storslagna villa Bergalid som huvud. *"Har jag erfarit att Ni Hr Doctor uttalat önskan att för Lasarettets nytta kunna förvärva en ökad kvantitet Radium har jag och mina kamrater i Bergslagens styrelse för ändamålet sammanskjutit fem tusen kronor som stå till disposition och till hjälp i edert wälsignelsebringande och kräfvande arbete. Med största högaktning, E J Ljungberg."*<sup>36</sup>

Kan det vara Yngströms tidigare handlande som gjort intryck på Ljungberg eller andra i Bergslagsstyrelsen, eller har Åkerblom själv tagit kontakt i avsikt att bli sponsrad? Inga rester av någon sådan kontakt finns och brevet formulering tyder på att läkaren och disponenten knappast var Du och Bror - Åkerblom nämns inte ens vid namn. Kanske har "doktor" endast, precis som Ljungberg skriver, *"uttalat önskan"* rent allmänt om mer radium till sjukhuset och Bergslagens ledning vill inte vara sämre än sin förre vicedisponent. Säkert förstår man i styrelsen de PR-vinster som Yngström gjort två år tidigare och man vill inte vara sämre.

Styrelsen består vid tillfället av fyra ledamöter, ordförande är disponent Ljungberg. Där återfinns också f.d intendent Edvin Klinton, som tidigare 1910 bidragit med 200 kronor till radiuminköp. Kanske försöker Klinton, som nu är på väg att överta ledningen i bolaget, axla Yngströms tidigare roll?

Vid Lasarettsdirektionens möte den 4 april 1912 berättar styresmannen doktor Åkerblom om den stora donationen. Lars Yngström finns inte kvar längre i lasarettsdirektionen, han avgick redan 1910 förmodligen i samband med att han lämnade Bergslaget. Man beslutar att *"uppdraga åt Herr Ordförande att till disponent Ljungberg och öfriga vederbörande frambära Direktionens stora tack."*<sup>37</sup>

Den sjunde juni anländer till lasarettet ett meddelande från Stora Kopparbergs Bergslags Aktiebolag. *"...enligt bilagda kvitto ha vi, i dag insatt på Länslasarettets räkning i Kopparbergsbanken kronor 4,000:- ... för inköp af radium till lasarettet. Resterande kr.1000:- öfversänder Disponent Ljungberg direkt till Eder."* Man begär i retur att få ett av doktor Åkerblom undertecknat kvitto. Ljungbergs pengar anländer separat, på samma sätt.<sup>38</sup>

<sup>36</sup> KLA, A1:46, 4 april 1912 § 49

<sup>37</sup> KLA, A1:46, 4 april 1912 § 49

<sup>38</sup> KLA, A1:46, 4 april 1912 § 49



Några dagar senare meddelar Tidning för Falu län och stad och Dalpilen, under rubriken "*Gåfva till Falu lasarett*" att "*Till inköp af radium har Falu läns lasarett af St. Kopparbergs bergslags aktiebolag mottagit ett belopp af 5.000 kr.*" men tillägger också att "*Förut har dir L Yngström för samma ändamål skänkt lasarettet 2.500 kronor.*"<sup>39</sup>

## Leverans nummer två

Fakturan för lasarettets andra radiumleverans är daterad den 5 juni 1912. Man inköper nu endast två preparat om 20 milligram vardera. Ett högaktivt 500.000 "*transformé en Sulfate*" till en kostnad av 2000 francs och ett lågaktivt 180.000 "*transformé en Sulfate*," som kostar 720 francs. Preparaten är monterade på var sin, två kvadratcentimeterstor platta, "*suiwant modèle*" och priset är 35 francs per platta. Leveransen förmedlas även denna gång av Bror Jernh. Allt tillsammans kostar inklusive porto, emballage och 10 % rabatt 2.524,10 francs eller 1.824 kronor och 40 öre. Resterande 3.175 kronor och 60 öre bokförs som inestående på radiumkontot.<sup>40</sup>

## Till sist

Man förbrukar alltså inte ens hälften av de av Bergslagens styrelse donerade medlen. Var lasarettet inte i behov av mera radium, eller hade Åkerbloms "*lovande*" resultat vid cancerbehandling kommit på skam?

Kanske hade man inte behov av, eller just då ville eller kunde förbruka de pengar man erhöll av Bergslagens styrelse. I lasarettensdirektionens protokoll finns inget som tyder på att man var särskilt överraskad (eller ens glad) över donationen, den noteras tacksamt som sista paragraf.

I Bergslagens styrelse vill man kanske inte vara sämre än sin "*avsatte*" vicedisponent Lars Yngström. Disponent Ljungbergs intresse för radium och vårdforskning torde vara ringa, hans stora insatser och donationer skedde i arbetarsocial riktning där utbildning och konkret hälsovård var mottagare. Ljungberg var enligt alla eftermälen en handfast praktiker förmodligen föga intresserad av sofistikerad medicinsk teknik. Kanske är det Edwin Klintin, siffermänniskan, som är den drivande i syfte att nå Yngströms publika och

<sup>39</sup> Tidning för Falu län och stad 10 april 1912, Dalpilen 9 april 1912

<sup>40</sup> KLA Verf. 1912 G13:78, 462 och Huvudbok G 1:43, 340



glansfulla humanism - nu när Klintin är på väg att överta ledningen för det stora bolaget. Kanske vill Klintin ge en bild av sig själv som tekniskt intresserad då han fått kritik för sin "moderna" ekonomiska hållning i ett bolag med handfast bergsmanstradition. Edvin Klintin efterträdde 1913 Erik Johan Ljungberg som disponent för Stora Kopparbergs Bergslags Aktiebolag - en plats som egentligen var ämnad Lars Yngström.

## Källor och litteratur

### Otryckta källor:

Kopparbergs länsarkiv KLA

Länslasarettet i Falun:

Direktionsprotokoll 1910. A: 44 - 14/7 1910, A:44 - 29/8 1910

1912. A1:46 4/4 1912

Huvudbok 1911. G1: 42, 1912. G1:43

Kassabok 1911. G2A: 42

Verifikationer 1911. G13:76 (497), 1912. G13:78 (461)

### Tryckta källor:

Kopparbergs läns landsting. KLL

Skrivelser och motioner inkomna till Kopparbergs läns landsting 1910

Årsberättelse för Länslasarettet i Falun för år 1910.

Tor Stenbeck. Becquerelstrålarna och radium. Kort översikt.

Stockholm 1903

Tidskrifter

Allmänna svenska läkartidningen 1909: 37. Referat från anförande av

N.V.Åkerblom. Nordisk kirurgikongress Helsingfors 1908

Teknisk tidskrift. (John Landin) 19 Dec. 1903, 26 Dec. 1903

Tidning för falu län och stad 10 april 1912

Dalpilen 9 april 1912

Matriklar

Bruzelius. Svensk läkarematrikel. Stockholm 1901

Svenska Läkaresällskapet 1808 - 1908, Porträtt och biografier.

Stockholm 1909.

S:t Örjans Gille, nekrolog No. 118, Lars Yngström. Samling 16.

Stockholm 1945.

Sveriges Läkarehistoria, 1-4, 5. Stockholm 1934, -35

Svenska läkare i ord och bild, red. A. Widstrand. Uppsala 1939.



## Litteratur:

- Berven, Elis: "Kräftsjukdomarna". *Medicinalväsendet i Sverige 1813-1962* (red. Wolfram Kock). Stockholm 1963.
- Eklund, Leif (red): *Ett sekel med röntgenstrålar*. Linköping 1995.
- Goerke, Heinz: "Röntgenologiens bidrag till medicinens framsteg". *Nordisk medicinhistorisk årsbok* 1992.
- Hildebrand, Karl-Gustaf: *Erik Johan Ljungberg och Stora Kopparberg*. Uppsala 1970.
- Johannisson, Karin: *Medicinens öga. Sjukdom, medicin och samhälle - historiska erfarenheter*. Värnamo 1990.
- Knutsson, Folke: "Kring Nobelpriset i fysik 1903. Upptäckten av radioaktiviteten". *Nordisk medicinhistorisk årsbok*.
- Knutsson, Folke: "Tor Stenbeck - svensk röntgenpionjär". *Nordisk medicinhistorisk årsbok* 1970.
- Kopparbergs läns landsting. En berättelse om dess verksamhet under 100 år*. Falun 1962.
- Kock, Wolfram: "Två svenska pionjärinsatser inom röntgenterapien". *Nordisk medicinhistorisk årsbok* 1990.
- Larson, Lars Gunnar och Walstam, Rune: *Radioterapi i Sverige. En historisk återblick. Ett sekel med röntgenstrålar*. Red. Leif Eklund. Linköping 1995.
- Lindberg, B.: Svenska Föreningen för Obstetrik och Gynekologi. Nr 2, 1994.
- Nilsson, Staffan: "Hur X-strålarna nådde Dalarna och länslasarettet i Falun. Om röntgenteknikens spridning till landsorten kring sekelskiftet". *Nordisk medicinhistorisk årsbok* 1994.
- Pontén, Johan: *100 år bland läkare, apotekare och patienter. Ur Gefleborgs-Dala Läkare och Apoteksförenings förhandlingar 1868-1968*. Örebro 1970.
- Qvarsell, Roger: *Vårdens idéhistoria*. Helsingborg 1991.
- Strålbehandling vid cancer*. Volym 1. SBU rapport 129/1. Stockholm 1996.
- Sjögren, Tage: *Ur minnet och dagboken*. Stockholm 1935.
- Åkerlund, Åke: "Gösta Forsell". *Levnadsteckningar över K. Svenska Vetenskapsakademiens ledamöter*, 143, Band 8, Stockholm 1954.



### Svensk varvsindustris uppgång och fall

Arne Söderbom, *Förändringsförloppet i ett storföretag: En studie om strategiskt handlande, strategifaser och företagsmyter*. BAS Förlag, Göteborg 1995. 287 sidor.

Göran Hallin, *Struggle over Strategy: States, Localities, and Economic Restructuring in Sunderland and Uddevalla*. Geografiska Regionstudier, Nr. 28. Kulturgeografiska institutionen vid Uppsala universitet 1995. 192 sidor.

Gunnar Hedin, *Svenska varv världsledande*. Tre Böcker Förlag, Göteborg 1995. 222 sidor.

Nyligen har några böcker utkommit som helt eller delvis berör 1970- och 1980-talens varvskris. Detta är intressant då tidigare studier av svensk varvsindustri framförallt behandlat 1900-talets första hälft. Om inte krisen totalt raderat ut svensk varvsindustri hade kanske vissa varvsföretag till sina 150års-jubiléer (Kockums 1990, Götaverken 1991, Lindholmen 1995) givit ut genomarbetade företagsmonografier likt företag i andra branscher, vilka firat sina 100 års jubiléer under senare tid, t.ex. LM Ericsson, Alfa-Laval och ASEA. Så blev det nu inte. Varvskrisen förde dock med sig att forskningsprojektet "Svensk varvsindustri under 100 år" genomfördes vid Göteborgs universitet. Dessa studier berör av naturliga skäl knappast alls varvskrisen då de genomfördes mitt under krisen. Måhända har nu tillräckligt lång tid förflutit för att studiet av varvskrisens förlopp skall vara fruktbarande.

I *Förändringsförloppet i ett storföretag*, som är en doktorsavhandling i företagsekonomi vid Handelshögskolan i Göteborg, analyserar Arne Söderbom Götaverkens Arendalsvarv från det att planerna började ta form i slutet av 1950-talet och fram till avvecklingen i slutet av 1980-talet. Syftet är att studera strategimönster, företagsmyter och överlevnad, något som Söderbom menar bäst göres genom att studera ett historiskt förlopp över en längre tidsperiod (i detta fall 30 år). I analogi med Kuhns tankar om paradigm och paradigmskifte







Situationen var således allvarlig och ännu värre ställt var det på den finansiella sidan. I princip måste varvet låna upp pengar till en hög ränta för att sedan erbjuda beställarna krediter med en lägre ränta. Prispressen från japanska varv gjorde också att lönsamheten försämrades. Företaget stod därför 1970 inför hot om konkurs. Lösningen blev att Salén-rederierna tog över aktiemajoriteten och tillförde nytt kapital. Tilltron till myten om fartygs-produktion på "löpande band" försvagades och den gamla företagsledningen fick avgå.

Nästa mytperiod i Söderboms framställning utgörs av åren 1971 till 1976 och har rubriken "Privatstatlig affärsutveckling". Med detta avses att trots att en privat ägare (Salén) innehade aktiemajoriteten i företaget så kom staten att få ett allt större inflytande. Den dominerande målsättningen var inte längre att varvet skulle vara lönsamt. Istället kom faktorer som hög sysselsättning och överlevnad i förgrunden. Efter några goda år i början av 1970-talet följde den första oljekrisen och västvärldens minskade behov av oljetransporter. Följden blev en överkapacitet inom varvsbranschen och protektionism och statliga stödåtgärder i många länder. Svenska varv som sedan decennier varit specialiserade på att tillverka oljetankers drabbades hårt och staten trädde in i syfte att rädda så många arbetstillfällen som möjligt. Varven kunde helt enkelt inte tillåtas gå i konkurs med åtföljande massuppsägningar. I fallet Arendal säger Söderbom: "Verksamheten på Götaverken hade för många politiker och för allmänheten antagit formen av en institution, som ett självklart orubbligt fenomen inom svensk verkstadsindustri – man såg på sig själv med stolthet, som en av världens ledande skeppsbyggarnationer".

Ett försök att övervintra vad man trodde var en konjunkturkris var att bygga fartyg på lager, dvs. utan att på förhand ha någon köpare. Detta förekom inom andra industrier och gynnades genom det statliga lagerstödet. Med tiden insåg dock ledningen m.fl. att denna kris skilde sig från tidigare kriser och var av strukturell art. Därmed är Söderbom framme vid nästa mytskifte.

Den 1 juli 1977 bildades helstatliga Svenska Varv bestående av samtliga svenska storvarv (och en del mindre) förutom Kockums. Detta senare varv tillfördes koncernen 1979. Produktionskapaciteten skulle skäras ned och alternativa produkter skapas. Söderbom koncentrerar sig på de interna skeendena inom Arendalsvarvet och tar således inte upp frågan hur krisen slog mot övriga svenska varv.

Från att ha varit specialiserat främst på att bygga långa serier av liknande tankfartyg måste Arendalsvarvet efter 1976 satsa på specialbyggen. Bl.a. kom under slutet av 1970-talet ett antal kylfartyg att byggas. Den mest genomgripande omorienteringen blev dock produktionen av offshoreplatt-



formar där de första kontrakten tecknades 1978. Företaget kunde sedan leva gott på denna produkt fram till mitten av 1980-talet då största kunden Consafe gick i konkurs. Därefter följde en försvagning av marknaden för offshoreutrustning. Företaget valde nu istället att försöka sälja sin kunskap varvid den egna produktionen upphörde. Varvets sista stora fartygsnybygge blev isbrytaren *Oden* som levererades 1988. Försöket att leva vidare som ett renodlat kunskapsföretag lyckades dock ej; det visade sig vara "omöjligt att tjäna pengar på 300 ingenjörer". År 1990 återstod således endast GVA Consultants med några tiotal anställda samt ett rederi som förvaltade innehavet av offshoreplattformar vilka övertagits vid Consafes konkurs.

I ett avslutande kapitel ställer Söderbom frågan huruvida Arendalsvarvet någonsin var lönsamt och han lutar åt att så inte var fallet, med undantag för några goda år i början av 1980-talet då produktionen av plattformar var i full gång. Hur kunde då ett olönsamt företag överleva så länge? Söderbom gör jämförelser med utländska studier av s.k. "permanent felande och överlevande organisationer" och konstaterar att "graden av dödlighet avtar med åldern". När det gäller Götaverkens överlevnad så menar han att ett antal faktorer spelade in, såsom målkonflikter mellan ägare och ledning, statlig inblandning, fackets starka ställning, institutionalisering och att varven kommit att betraktas som nationella symboler. Söderbom ställer också frågan varför varvsbranschen kom att omgärdas av stora statliga stödåtgärder medan textil-, konfektions- och skoindustri, som också befann sig i kris, inte gavs samma möjligheter. Han tycks inte ha något svar på frågan men spekulerar över huruvida det berodde på att varvsarbetarna bättre kunde förankra sitt budskap i maktens korridorer genom sina goda kontakter med höga företrädare för Metallindustriarbetareförbundet, socialdemokratiska etc. Måhända spelade det en viss roll att varvsarbetarna var män medan de anställda i textilindustrin framförallt var kvinnor. Slutomdömet är att avhandlingen är läsvärd och på ett spännande sätt skildrar Arendalsvarvets utveckling. Läsaren bör dock komma ihåg att Söderbom inte är historiker.

I *Struggle over Strategy* (doktorsavhandling utförd vid Kulturgeografiska Institutionen vid Uppsala Universitet) analyserar Göran Hallin hur myndigheter m.fl. agerade för att lösa de problem som uppstod då varven lades ned. Han jämför händelseutvecklingen i Uddevalla med motsvarande i Sunderland i nordöstra England och finner både likheter och skillnader.

Skeppsbyggartraditionerna i Sunderland sträcker sig många hundra år tillbaka i tiden. När järn blev det huvudsakliga byggnadsmaterialet för fartyg under 1800-talet växte stora varvsanläggningar fram. Skeppsbyggeriet i



regionen upplevde sin verkliga storhetstid i början på 1900-talet. Här fanns då förutom skeppsvarv också kolgruvor, stålverk och vapenindustri. Liksom i övriga Storbritannien följde sedan en tid av tillbakagång för varvsindustrin, en utveckling som accelererade på 1950- och 1960-talen. År 1978 återstod fem varv, vilka gav sysselsättning åt ca 7.000 personer. Under de följande tio åren skulle samtliga av dessa varv komma att läggas ned.

Uddevallavarvet anlades av skeppsredaren Gustaf Thordén 1946. Han hade i USA köpt ett komplett varv, vilket monterats ned och skeppats över Atlanten. Företaget expanderade kraftigt under 1950-talet och hamnade 1958 i en finansiell kris varvid Thordén förlorade kontrollen över det. År 1963 gick staten in som delägare (tillsammans med Eriksberg). Från det att statliga Svenska Varv bildades 1977 kom Uddevallavarvet att ingå i denna varvskoncern. Slutligen, i december 1984 tillkänna gav Svenska Varv sitt beslut om nedläggning av Uddevallavarvet. Detta innebar att 2.000 arbetstillfällen försvann.

Förhållandena på de bägge orterna uppvisar många likheter. Både Uddevallavarvet och varven i Sunderland var statsägda (den konservativa regeringen i Storbritannien hade visserligen på sitt program att privatisera statliga företag men ingen ville köpa varven). En annan likhet är att bilfabriker kom att ersätta varven på båda platserna; i Uddevalla etablerade sig Volvo och i Sunderland japanska Nissan. Det fanns också olikheter. I Sverige, till skillnad från England, fanns en stark samlad facklig organisation som kunde acceptera en nedläggning om man fick något i utbyte från staten. Den socialdemokratiska regeringen ville framstå som ansvarstagande och inte ösa in mera skattepengar i ett krisföretag, samtidigt som den ville undvika att stöta sig med Metall. För Uddevallavarvets anställda blev resultatet att de fick löfte om att individuella lösningar skulle ordnas för samtliga anställda. I England lyckades arbetarna aldrig mobilisera något samlat motstånd mot nedläggningarna och som Hallin uttrycker det, där fanns "a feeling that you can not fight the state".

En intressant fråga som Hallin för fram är huruvida höga företrädare för staten och näringslivet till varje pris ville förhindra att varvsrörelsen i Uddevalla, efter en nedläggning, skulle kunna återupplivas till följd av ett ökat politiskt tryck. Volvo skulle då få konkurrera om arbetskraften i regionen. Regeringen skulle ha spenderat stora summor på att locka dit en ny arbetsgivare samtidigt som man åter skulle få subventionera en olönsam varvsrörelse. Detta skulle kunna förklara varför t.ex. den stor bockkranen nödvändigtvis måste fällas. Hallin försöker dock ej besvara frågan om så skulle ha varit fallet utan nöjer sig med att framkasta misstanken.



Avhandlingens tyngdpunkt ligger visserligen på vad som hände i de två regionerna efter att varven lagts ned, men den bidrar också till att ge en ökad förståelse för varvskrisens förlopp.

En tredje nyutkommen bok som åtminstone delvis berör varvskrisen är *Svenska varv världsledande*, skriven av f.d. journalisten och reklammannen Gunnar Hedin. Här får läsaren följa varvsindustrins utveckling från tidigt 1800-tal fram till nutid. De olika varvsföretagens utveckling behandlas kronologiskt i var sitt kapitel. Dessutom finns några kapitel som ägnas åt speciella teman som handels- och varvsstaden Göteborg, Marinens förhållande till varven etc. Som avslutning återges kortfattat hur några varv i andra nordiska länder utvecklats under perioden och hur de överlevt varvskrisen.

Det är uppmuntrande att någon tagit sig an uppgiften att ge en samlad och heltäckande populärvetenskaplig beskrivning av den svenska varvsindustrins utveckling. De tjocka böcker med många noter och få bilder som blivit resultatet av forskningsprojekt vid universitet och högskolor kan säkert många gånger verka avskräckande för den intresserade allmänheten. I den rikligt illustrerade boken *Svenskt skeppsbyggeri* (med Gustaf Halldin som redaktör) från 1963 finns varvsindustrins utveckling fram till dess beskriven. Hedins bok är den första samlade beskrivning över branschen där också varvskrisen behandlas. Något som är positivt är också att Hedin inte bara behandlar storvarven utan också de mindre varven samt de företag som bygger fritidsbåtar. Boken är rikligt illustrerad. Tyvärr finns det även en hel del negativt att säga om den.

Redan titeln ger en indikation på vad som skall komma. Ständigt återkommer formuleringar som "den otroliga svenska varvshistorien", "otrolig men sann", "den fantastiska varvsepoken i Sverige", "enastående insatser", "världens största" och "världens modernaste". Må så vara att Sverige 1970 var världens näst största varvsnation mätt i producerat tonnage och att vissa varvsföretag vid någon tidpunkt kanske var "bäst i världen" på något. Att på var och varannan rad tvingas läsa hur fantastiskt duktiga vi svenskar var är dock påfrestande och ger en minst sagt tvivelaktig bild av historien. Kanske är författaren själv fången i de stämningar som enligt historikern Thommy Svensson var förhärskande i varvskretsar på 1960-talet. Svensson säger i *Från ackord till månadslön* (1983, s. 293) att: "Ord som [...] 'främst', 'världens blickar', 'största fartyg', 'tio-i-topp-listan' – är en god illustration till de ideal, som präglade åren 1955-70. Man tävlade om tonnaget [...] Utvecklingen mättes i dödviktssiffror och prestigeekampen mellan varven var hård". Att denna anda även genomsyrar Hedins framställning är beklagligt.



Något som också förtar tilltron är att det ofta förekommer felaktigheter och oklara formuleringar. Hur skall läsaren t.ex. tolka en bildtext som lyder: "Den här teckningen ur Ny Illustrerad Tidning visar John Ericssons Monitor under byggnad vid Motala Warf. Monitor var en pansarbåt som den 9 mars 1862 besegrade sydstaternas Merrimac vid Hampton Roads i amerikanska inbördeskriget". Byggdes *Monitor* i Sverige och färdades över Atlanten för att kunna vara med i kriget? Bilden föreställer ett fartyg av monitortyp (senare kallad 2:a kl. pansarbåt) vilket gavs namnet *John Ericsson* och byggdes för svenska flottan 1865. På en annan plats i boken talas det om Öresundsvarvets framgångar under perioden 1916-61 och läsaren delges bilden av hur "den ena framgången avlöste den andra" under denna period. Hur kan man skriva så med tanke på att varvet gick i konkurs 1923 och därefter förde en tynade tillvaro fram till mitten av 1930-talet? Detta förhållande framgår inte av texten. I början av boken talas det om hur ångmaskiner allt mer kom till användning som drivkällor på fartyg och hur järn började ersätta trä som byggnadsmaterial i skroven under 1800-talet. Hedin säger här: "Märkligt nog var det en utlänning, skotten Alexander Keiller som stod för den stora nyheten när han 1847 presenterade det första järnångfartyget byggt i Göteborg". Varför skulle detta vara så märkligt? Vid denna tid var Storbritannien det industriella föregångslandet varifrån svenska verkstadsföretag inhämtade mycket av sin tekniska kunskap. Tekniköverföringen kunde bl.a. ske genom att briter tog anställning eller startade egna företag i Sverige eller att svenska tekniker åkte på studieresor till Storbritannien. Det borde således inte alls vara förvånande om en "utlänning" hade introducerat viss ny teknik i Sverige.

Tyvärr kan listan på felaktigheter och oklarheter göras betydligt längre något som drar ned helhetsintrycket. Framställningen känns dessutom allt för materialorienterad. De perioder i de respektive företagens utveckling som utförligt behandlats i tidigare studier får här ett stort utrymme medan andra perioder kanske bara beskrivs med några rader. Det bär således emot att rekommendera boken till dem som önskar få en helhetsbild av svensk varvsindustris uppgång och fall.

*Lars Olsson*



## Fågel Fenix i Norrköping

Annika Alzén, *Fabriken som kulturarv. Frågan om industrilandskapets bevarande i Norrköping 1950-1985*. Symposion, Stockholm/Stehag 1996. 159 sidor.

Olyckorna kom tätt i början av 1700-talet. Pesten, som drabbade Norrköping 1710, ryckte bort halva befolkningen. Efter Karl XII:s död nio år senare härjade ryska den flottan på kusten och in i landet, där Norrköping belägrades och skövlades. Allt värdefullt i staden togs som byte, och sedan brände man ner hus och gårdar.

Den unge borgmästaren Jacob Ekbon lyckades året därpå utverka att riksdagen beviljade ett antal förmåner, bl.a. tio års skattefrihet, åt invånarna i staden. Härmed kunde Norrköping börja återuppbyggas. Snart fanns här ett boktryckeri, ett antal snusfabriker och tobaksspinnerier, flera sockerbruk, skeppsvarv och, framför allt, ett växande antal textilfabriker. Staden skulle i ett senare skede komma att svara för 80% av den svenska textilproduktionen. Norrköping - Sveriges Manchester - blev med tiden landets mest betydande fabriksstad och var fram till 1870 Sveriges tredje stad i folkmängd.

Hundra år senare var nästan all textilproduktion nedlagd. Ett unikt industrilandskap fanns kvar, stora övergivna byggnader i centrala Norrköping intill Motala ström som levererat vattenkraft till alla fabriker. Hur skulle detta hanteras? Var de gamla fabriksbyggnaderna värda att bevara? I sin doktorsavhandling vid Tema Teknik och social förändring, Linköpings universitet, har Annika Alzén studerat bevarandebeståndets framväxt under 1970-talet, speciellt med fokus på Norrköping. Ytterst handlar boken om att "undersöka hur industrisamhällets minnen kom att bli en del av det etablerade kulturarvet".

Norrköpings Bomullsväfveri hade 1857 flyttat in i en stor om- och tillbyggd klädesfabrik, som kom att bli en välkänd bild i stadslandskapet. På fabrikstaket fanns från 1930-talet en roterande neonskylt med en tupp. Tuppens lakanslärfvt var länge ett av Sveriges mest kända varumärkesnamn. Men 1960 flyttades tillverkningsenheten till annan plats och den gamla fabriken började förfalla. När den slutligen revs på hösten 1969, skedde detta utan några protester från stadsborna. Gamla industribyggnader sågs inte som någon del av det gemensamma kulturarvet. De invändningar som snart skulle leda till en omprövning av många gamla kulturbegrepp kom i stället från annat håll.



Marie Nisser, sedan 1992 professor i industriminnesforskning vid KTH, skrev 1969 om Norrköping i *Östergötlands läns museums årsbok*:

”Få städer i Europa - knappast ens de gamla textilstäderna i England - kan uppvisa ett så förtätat och storslaget industrilandskap från storindustrins grundningsskede”.

Göran Lindahl, professor vid Konsthögskolans arkitekturlinje i Stockholm, skrev i tidskriften *Arkitektur* 1/1970:

”...vad är det för ruinlandskap Norrköping har att vänta sig?  
Eller finns det några möjligheter till återanvändning av detta i många fall tekniskt gedigna husbestånd?”

Det dröjde inte länge förrän tankar på återanvändning av byggnader i det gamla industriområdet började föras fram också på olika håll i Norrköping. En kulturmiljökommitté tillsattes med uppgift att utreda frågan om bevarande och återanvändning. I januari 1976 beslöt kommunfullmäktige att kommitténs rapport *Miljöer och hus i Norrköpings innerstad* skulle läggas till grund för den framtida planeringen. Alzén menar att det mest anmärkningsvärda med rapporten var kommitténs helhetsgrepp. Man hade inte bara betonat vikten av att bevara vissa byggnader eller gator utan sett till hela den samlade industrimiljön. Själva industrilandskapet hade börjat ses som en omistlig del av det samlade kulturarvet.

Tidsmässigt sker en tydlig förskjutning av inställningen till bevarande och återanvändning, under den studerade perioden 1950-1985, som grovt och förenklat kan indelas i följande tre stadier

- 1) 1950-1965: Nedlagda industrier saknar allt bevarandeintresse.
- 2) 1965-1975: Enstaka, riktigt gamla, industribyggnader kan möjligen vara värda att spara.
- 3) 1975-1985: Tidstypiska, hela industrimiljöer har ett stort kulturellt och allmänt intresse.

Nära förknippat med diskussionen om fabriker som kulturarv var det växande intresset för dokumentation av själva industriarbetet, det som hade bedrivits i de gamla fabrikerna och i andra industrier i landet. Göran Palms *Ett år på LM* (1972) och *Bokslut från LM* (1974), Gunnar Silléns *Stiga vi mot ljuset* (1977)



(1972) och *Bokslut från LM* (1974), Gunnar Silléns *Stiga vi mot ljuset* (1977) och Sven Lindqvists *Gräv du står* (1978) fick stor uppmärksamhet. "Grävrörelsen" kom att bli något av en folkrörelse. Ett allmänt historieintresse började också växa fram på flera håll. Ett av flera utslag av detta är Svenska Nationalkommittén för teknikhistoria som bildades 1981. Det arbetarhistoriska intresset tog sig ett konkret uttryck i Norrköping genom tillkomsten av Arbetets museum., som nu finns i "Strykjärnet", Holmens bomullsspinneri på Laxholmen, av Carl Milles betecknat som Sveriges vackraste industribyggnad.

Alzén finner i sin avhandling att intresset för industrialismens materiella och andliga kvarlevor har utvecklats längs två skilda vägar. Den ena, inspirerad av det brittiska intresset för "Industrial Archeology", handlar främst om att söka bevara viktiga exempel på industriarkitektur och hela industrimiljöer. Den andra fokuserar på själva industriarbetet och har fått sitt starkaste uttryck i grävrörelsen. Förenklat kan man här tala om industrihistoria respektive arbetarhistoria. I Arbetets museum har de båda riktningarna förts samman till en syntes med stor tydlighet och slagkraft.

Kritik mot det nya museet hade under projekteringen framförts från två håll, ett professionellt och ett politiskt. Arbetarrörelsens arkiv i Stockholm ville hävda sitt eget revir som centralarkiv och vetenskapligt bibliotek. Sedan det klarlagts att museet i Norrköping inte var tänkt att bli ett *arbetarrörelsens* utan ett *arbetets* museum avtog tveksamheten från arkivet.

I en riksdagsmotion från moderata samlingspartiet yrkades avslag på en proposition 1983/84 om anslag till museet med motiveringen att finansieringen var en sak för arbetsmarknadens parter. Riksdagen följde kulturutskottets bifall till propositionen och beviljade ett anslag på 2,5 miljoner kronor.

Gunnar Sillén, som från början var en varm anhängare av idén om ett arbetets museum, blev senare allt mer kritisk mot projektet. Han varnade för att museiexperter skulle förvandla "bittra minnen från hårda arbetsliv till njutbara scener för skådelystna turister." Men sedan museet öppnats tystnade kritiken efter hand. Museichefen Erik Hofrén och hans medarbetare har förvalt och utvecklat sitt viktiga uppdrag på ett övertygande sätt. Arbetets museum, unikt bland museer genom att inte visa föremål utan bilder, gestaltar arbetets villkor i Sverige och andra länder, liksom i äldre tider och i nutid, på ett sätt som griper tag i varje besökare. Norrköping har fått något att visa som angår alla.

*Jan Hult*



Excerpts from New ICOHTEC Newsletter, No 18: December 1996

*Forthcoming Conferences, Symposia, Calls for Papers*

**Modernism and Technology 1900-1945**, Hagley Museum and Library, Wilmington, Delaware, USA, **7 March 1997**.

Please contact: Shepherd W. McKinley, Department of History, 401 Ewing Hall, University of Delaware, Newark, DE 19716-2547, USA.

Fax: +1(302)831-1538

E-mail: shepmck@brahms.udel.edu

**Carl Julius von Bach - Engineer and Scholar (1847-1931)**

University of Chemnitz-Zwickau and Stollberg, Saxony, Germany.

Please contact: Prof. Friedrich Naumann, TU Chemnitz-Zwickau, D-09107 Chemnitz, Germany.

Fax: int+371-531-4304

**Americanization and its Limits: Responses to US Technology and Management in Postwar Europe and Japan**, University of Wisconsin-Madison, USA, **14-16 March 1997**.

Please contact: Prof. Jonathan Zeitlin, Department of History, University of Wisconsin-Madison, 5213 Humanities Building, 455 North Park St., Madison, WI 53706, USA.

Fax: +1(608)263-5302

E-mail: jzeitlin@facstaff.wisc.edu

**Technical Gigantomania**, Brunswick, Germany, **30 May-1 June 1997**.

Annual meeting of the Gesellschaft für Technikgeschichte.

Please contact: Helmuth Albrecht, Institut für Wissenschafts- und Technikgeschichte, TU Bergakademie Freiberg, Nonnengasse 22, D-09596 Freiberg/Sachsen, Germany.

**International Business History Conference**, Centre for Business History in Scotland, University of Glasgow, UK, **4-7 July 1997**.

Please contact: Linda Craig, Centre for Business History, University of Glasgow, 4 University Gardens, Glasgow G12 8QQ, UK.

Fax: +44(141)330-4889

E-mail: lcr@arts.gla.ac.uk



**XXth International Congress of the History of Science, Liege, Belgium,  
20-26 July 1997.**

The general theme of the Congress is: *Science, Technology and Industry*.

Three ICOHTEC sponsored Symposia will be held:

- 1) "The Nature of Engineering" (cf. *Polhem* 1996/2, sid 208)
- 2) "Materials Research: Development and Early Applications"  
(please contact: H.-J. Braun, address below)
- 3) "Electronic Music and the History of Science and Technology"  
(please contact: H.-J. Braun, address below).

**The 1998 ICOHTEC Symposium will take place in Lisbon/Portugal  
Tentative dates: 17-21 August 1998.**

Prof.Dr. Hans-Joachim Braun  
Secretary-General ICOHTEC  
Universität der Bundeswehr Hamburg  
D-22039 HAMBURG, Germany

Tel: int+40 6541 2794  
Fax: int+40 6541 2762  
E-mail [hjbraun@unibw-hamburg.de](mailto:hjbraun@unibw-hamburg.de)

ICOHTEC Home Page: <http://www.history.rochester.edu/icohtec/>



## Notiser

### Nyutkommen litteratur

Bertil Agdur, **Homo Inventor. Innovationerna och vår historia.** Carlssons Bokförlag, Stockholm 1996. 141 sidor.

Bertil Andersson, **Göteborgs Historia, Näringsliv och samhällsutveckling: Från fästningsstad till handelsstad 1619-1820.** Nerenius & Santéus Förlag, Stockholm 1996. 431 sidor.

P. Gunnar Andersson, **Idé grundar industri. Om snilleblixtar och envetna skaparmödor.** Carlssons Bokförlag, Stockholm 1995. 295 sidor.

Elias Cornell, **Rummet i arkitekturen. Historia och nutid.** Norstedts Förlag, Stockholm 1996. 413 sidor.

Martin Fritz, **Göteborgs Historia, Näringsliv och samhällsutveckling: Från handelsstad till industristad 1820-1920.** Nerenius & Santéus Förlag, Stockholm 1996. 382 sidor.

Eva Jakobsson, **Industrialisering av älvar. Studier kring svensk vattenkraftsutbyggnad 1900-1918.** Diss. Historiska institutionen, Göteborgs universitet 1996. 302 sidor.

Peter James & Nick Thorpe, **Uppfinningar från antikens tandborstar till medeltidens fallskärmar.** Bonnier Alba, Stockholm 1996. 670 sidor

Kent Olsson, **Göteborgs Historia, Näringsliv och samhällsutveckling: Från industristad till tjänstestad 1920-1995.** Nerenius & Santéus Förlag, Stockholm 1996. 446 sidor.

Jan-Erik Pettersson (red.), **Svenskt järn under 2500 år. Från gruvpigor och smeddrängar till operatörer.** Tekniska Museets Årsbok Dædalus 1997. 332 sidor.

Ylva Sandin, **Verkningsätt hos äldre trätakstolar i svenska kyrkor. Kunskapsöversikt och fallstudie.** Teknisk licentiatuppsats, Institutionen för form och teknik, CTH, Göteborg 1996. 128 sidor.



Donald A. Beattie (Ed.), **History and Overview of Solar Heat Technologies**. MIT Press, Cambridge, MA, USA 1997. 250 pages.

Elizabeth Brayer, **George Eastman. A Biography**. Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD, USA 1996. 637 pages.

Brenda J. Buchahan (Ed.), **Gunpowder. The History of an International Technology**. Bath University Press, Bath, UK 1996. 403 pages.

Elisabeth Crawford, **Arrhenius. From Ionic Theory to Greenhouse Effect**. Science History Publications, Canton, MA, USA 1996. 320 pages.

David Edgerton, **Science, technology and the British industrial 'decline', 1870-1970**. Cambridge University Press 1996, Cambridge, UK 86 pages.

Frank Greenaway, **Science International. A history of the International, Council of Scientific Unions**. Cambridge University Press, Cambridge, UK 1996. 279 pages.

Lars Heide, **Hulkort og EDB i Danmark 1911-1970**. Forlaget Systime, Århus 1996. 411 sider.

Graham Hollister-Short and Frank A.J.L. James, **History of Technology, Volume Eighteen**, Mansell Publishing, London 1997. 152 pages.

Eda Kranakis, **Constructing a Bridge. An Exploration of Engineering Culture, Design, and Research in Nineteenth-Century France and America**. MIT Press, Cambridge, MA, USA 1997. 400 pages.

John Lancaster, **Engineering Catastrophes. Causes and effects of major accidents**. Abington Publishing, Cambridge, UK 1996. 288 pages,

Uta Lindgren (Red.), **Europäische Technik im Mittelalter. Tradition und Innovation**. Gebr. Mann Verlag, Berlin. 2. Auflage 1997. 644 Seiten.

Tessa Morris-Suzuji, **The Technological Transformation of Japan: From the Seventeenth to the Twenty-First Century**. Cambridge University Press, Cambridge, UK 1995. 314 pages.



## **Författare i detta häfte**

**Jan Hult**, tekn.dr.

Institutionen för teknik- och industrihistoria  
Chalmers Tekniska Högskola  
412 96 Göteborg

**Staffan Nilsson**, silversmed

Ornäsgratan 4  
791 62 Falun

**Lars Olsson**, tekn.lic.

Institutionen för teknik- och industrihistoria  
Chalmers Tekniska Högskola  
412 96 Göteborg

**Rolf Sonnemann**, professor

Wohnpark 10  
D-951 89 Brunnenthal/Köditz  
Tyskland

**Jytte Thorndahl**, Mag.art.

Elmuseet  
Bjerringbrovej 44, Tange  
DK-8850 Bjerringbro  
Danmark



<b>Uppsatser</b>	Nr:Sid
Berg, Bjørn Ivar: Vannmyten om fyrsettingen - en kildekritisk studie	2:116
Björck, Henrik: Den upplysande maskinen	1: 39
Carlsson, Anders: Hjalmar Sjögren och den ekonomiska geologin: Vetenskapliga ideal och attityder i malmfrågan 1880-1910	3:211
Duffy, Michael C.: Engineering History & The New Internalism	3:216
Götlind, Anna: Urtillverkning i 1700-talets Mora	1: 66
Montelius, Jan-Olof: Gammal teknik på väg. Teknikhistoriska källor till väg- och brobyggen i Kopparbergs län	1: 86
Nilsson, Staffan: Forskare, en läkare och några industrimän	4:408
Peterson, Alf: Vad visste man i Sverige om atombomben före den 6 augusti 1945?	3:233
Sonnemann, Rolf: The Concept of the History of the Forces of Production in the Historiography of the German Democratic Republic	4:392
Thorndahl, Jytte: Danske elproducerende vindmøller 1892-1962	4:324
van der Vleuten, Erik: Autroproduction of Electricity: Cases from Danish Industry until 1960	2:155
Weinberger, Hans: Teknik och socialkonstruktivism	1: 4



## Recensionier

- Ahlström, Göran: *Technological Development and Industrial Exhibitions 1850-1914: Sweden in An International Perspective.* 3:303  
(Rec. av Anders Ekström)
- Alzén, Annika: *Fabriken som kulturarv. Frågan om industri- landskapets bevarande i Norrköping 1950-1985.* 4:430  
(Rec. av Jan Hult)
- Björck, Henrik: *Teknisk idéhistoria.* 3:303  
(Rec. av Aant Elzinga)
- Buchanan, R. Angus (Ed.): *Engineers and Engineering: Papers of the Rolt Fellows.* 3:310  
(Rec. av Jan Hult)
- Dahl, Per: *Svensk ingenjörskonst under stormaktstiden. Olof Rudbecks tekniska undervisning och praktiska verksamhet.* 3:312  
(Rec. av Henrik Björck)
- Darphin, Jean-Paul: *Sockrets katedraler: En studie av socker- industrins historia och arkitektur.* 1:103  
(Rec. av Ulf Andréasson)
- Darphin, Jean-Paul: *Nymans Verkstäder. Cykelgiganten i lärdoms- staden Uppsala.* 1:106  
(Rec. av Jan Hult)
- Forsgren, Nils: *Från ingenting alls till Ringhals. Om tillkomsten av Sveriges största kraftverk.* 1: 97  
(Rec. av Jan Hult)
- Gunnarsson, Ann Marie: *Hus av slagg - byggnadskonst i Bergslagen.* 2:198  
(Rec. av Björn Linn)
- Hallin, Gösta: *Struggle over Strategy: States, Localities, and Economic Restructuring in Sunderland and Uddevalla.* 4:423  
(Rec. av Lars Olsson)



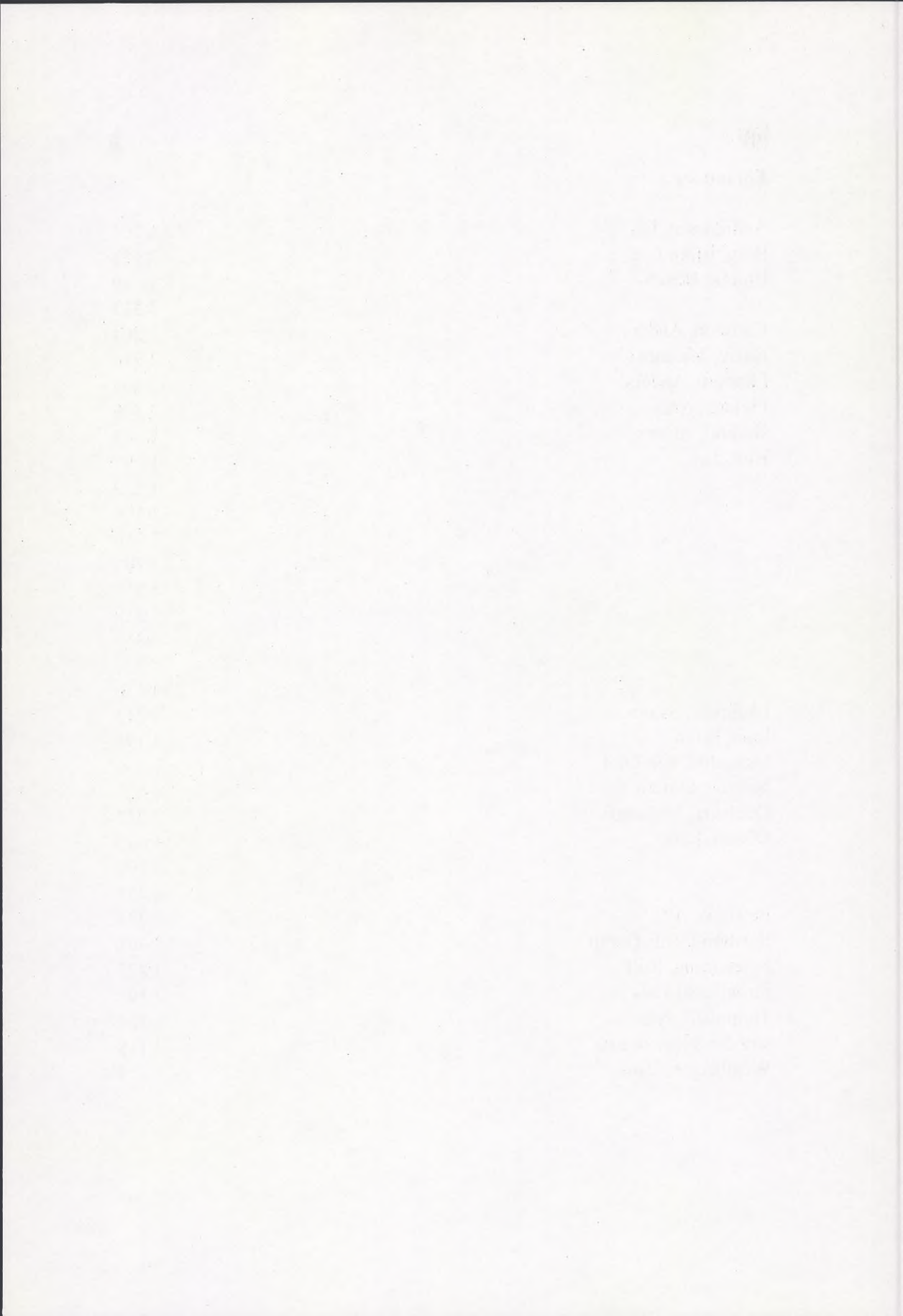
Halloway, David: <i>Stalin and the Bomb.</i> (Rec. av Nils Göran Sjöstrand)	2:201
Hansson, Staffan: <i>Teknikhistoria: Om tekniskt kunnande och dess stora betydelse för individ och samhälle.</i> (Rec. av Lars Strömbäck)	2:195
Hedin, Gunnar: <i>Svenska varv världsledande</i> (Rec. av Lars Olsson)	4:423
Isakson, Börje & Johansson, George: <i>Världens snilleblixtar I.</i> (Rec. av Jan Hult)	2:202
Kaijser, Arne & Hedin, Marika (Eds.), <i>Nordic Energy Systems: Historical Perspectives and Current Issues.</i> (Rec. av Lars Olsson)	2:199
Leijonhufvud, Sigfrid: <i>(parentes? En historia om svensk kärnkraft</i> (Rec. av Jan Hult)	1: 97
Pipping, Gunnar; Sidenbladh, Erik & Elfström, Erik: <i>Urmakare och klockor i Sverige och Finland.</i> (Rec. av Jan Hult)	3:314
Råberg, Johan: <i>Den svenska trädgårdsstaden.</i> (Rec. av Lars Olsson)	1: 99
Söderblom, Arne: <i>Förändringsförloppet i ett storföretag: En studie om strategiskt handlande, strategifaser och företagsmyter.</i> (Rec. av Lars Olsson)	4:423
<b>Nyutkommen litteratur</b>	1:108 2:205 3:316 4:435
<b>ICOHTEC</b>	4:433



## Författare

Andréasson, Ulf	1:103
Berg, Bjørn Ivar	2:155
Björck, Henrik	1: 39
	3:312
Carlsson, Anders	3:264
Duffy, Michael C	3:216
Ekström, Anders	3:303
Elzinga, Aant	3:306
Götlind, Anna	1: 66
Hult, Jan	1: 97
	1: 2
	1:106
	2:116
	2:204
	3:212
	3:310
	3:314
	4:321
	4:430
Lindqvist, Svante	3:212
Linn, Björn	2:198
Montelius, Jan-Olof	1: 86
Nilsson, Staffan	4:408
Odelberg, Wilhelm	3:212
Olsson, Lars	1: 99
	2:199
	4:423
Peterson, Alf	3:233
Sjöstrand, Nils Göran	2:201
Sonnemann, Rolf	4:423
Strömbäck, Lars	2:195
Thorndahl, Jytte	4:324
van der Vleuten, Erik	2:118
Weinberger, Hans	1: 4











Tryckt & Bunden  
Vasastadens Bokbinderi AB  
1997



# Redaktionen

**POLHEM** publicerar uppsatser, recensioner, notiser och andra inlägg i teknikhistoriska ämnen.

Bidrag mottas på svenska, norska, danska eller engelska. I undantagsfall kan bidrag på tyska eller franska accepteras.

Maximalt omfång för uppsatser är 50 sidor. Debattartiklar mottas med intresse. Skriv kort, en à två sidor. Korta presentationer av teknik-historiska kurser, konferenser, utställningar m.m. är också välkomna.

## Författaranvisningar

Manuskript insänds i ett exemplar. Anvisningar för utskrift med ordbehandlare tillhandahålls av redaktionen:

POLHEM  
Institutionen för teknik- och industrihistoria  
CTH Bibliotek  
412 96 GÖTEBORG

Tel: 031-772 38 86, 031-772 37 84  
Fax: 031-772 37 83

Noter numreras löpande: 1,2,3,... Text för sig och noter för sig. Illustrationer är välkomna, dock helst ej orastrerade fotografier. Alla illustrationer och tabeller skall förses med förklarande text. Måttenheter bör anges i SI-systemet.

Manuskript kan sändas till endera av följande medlemmar av redaktionen:

Jan Hult, Institutionen för teknik- och industrihistoria  
CTH Bibliotek, 412 96 GÖTEBORG

Svante Lindqvist, Avdelningen för teknik- och vetenskapshistoria  
KTH Bibliotek, 100 44 STOCKHOLM



