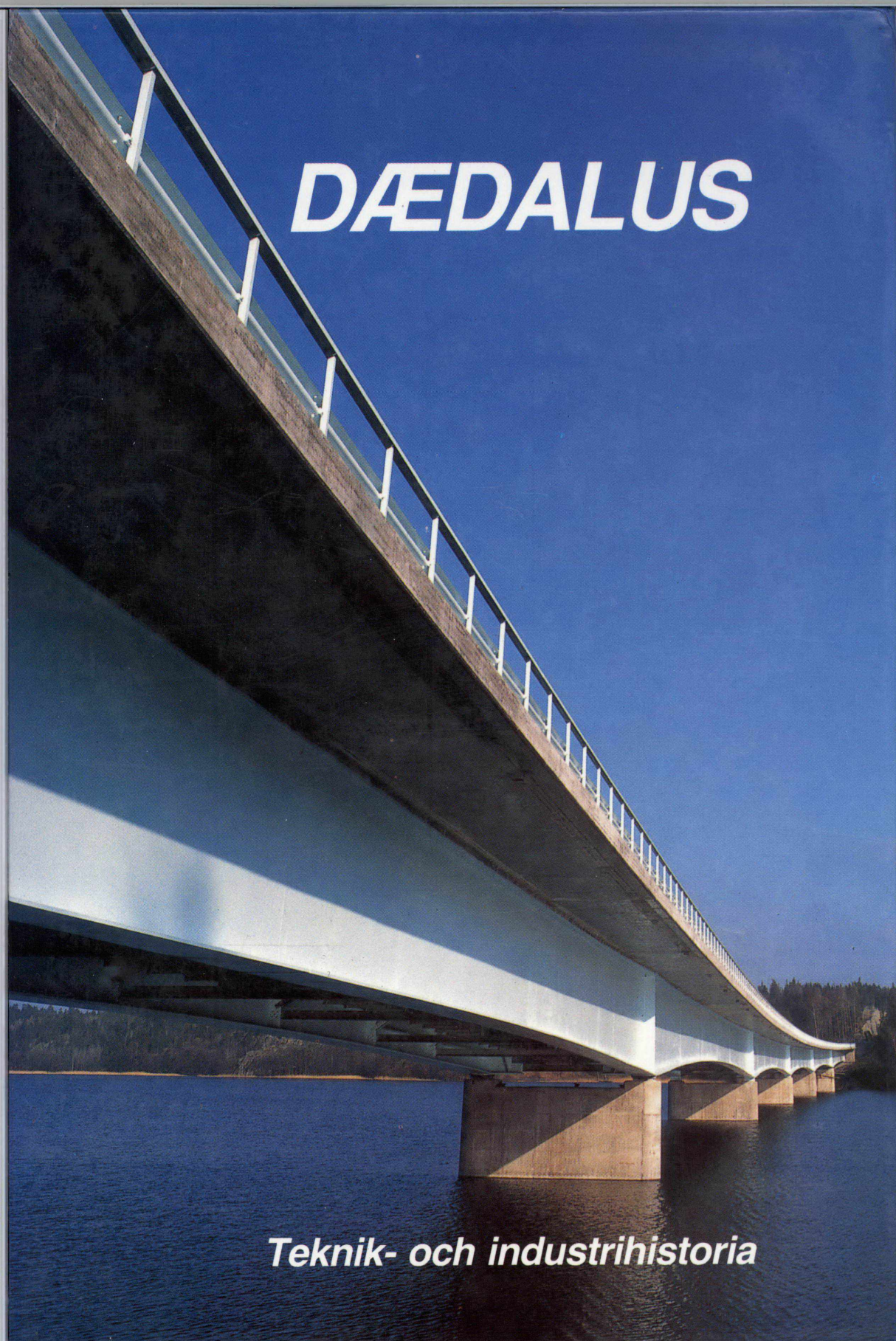

DÆDALUS
Teknik- och industrihistoria

# Dædalus 1991

Femtionionde årgången



Tekniska Museet
Stockholm 1990

Tekniska museets årsbok har fått sitt namn efter den grekiska sagans Daidalos, på latin Dædalus, som enligt legenden betraktas som den första uppfinnaren och ingenjören. Dædalus byggde bl a kung Minos berömda labyrint på Kreta, där han själv senare blev instängd tillsammans med sonen Ikaros. Med hjälp av de vingar Dædalus konstruerade lyckades han och Ikaros flygande ta sig ur labyrinten. I ungdomligt övermod inför den nya tekniken flög Ikaros så högt att solen smälte det vax som fäste vingarna på hans rygg, och han föll ned i havet. Den mer erfarne Dædalus höll sig på lagom höjd. DÆDALUS HYPERBOREUS *Eller Några Nya MATHEMATISKE och PHYSICALISKE Försök och Anteckningar* är också namnet på Sveriges första tekniska tidskrift, utgiven av Emanuel Swedenborg 1716–18.

Omslagsbild: Ekolsundsbron på den nybyggda E 18 mellan Enköping och Bålsta invigdes 1989. Bron är en 510 meter lång stålbalkbro i sju spann. JEA-FOTO AB.

*Dædalus 1991*
© Respektive författare
och Tekniska Museet
ISBN 91-7616-028-9
ISSN 0070-2528

Redaktör: Jan-Erik Pettersson.
Tryck: Bohusläningens Boktryckeri AB, Uddevalla 1990.

# Innehåll

*Förord* ..... 5

## *Vägverket 150 år*

*Vägunderhåll och vägbygge vid 1800-talets mitt. Ett bidrag till väghållningens historia.*
Av fil kand Jan-Olof Montelius ..... 9

*Sveriges vägbroar. Återblick – nuläge – utblick.*
Av överingenjör Werner von Olnhausen ..... 33

*Utvecklingen av vägprojekteringstekniken sedan 1950-talet.*
Av tekn dr Carl-Olof Ternryd ..... 54

## *Teknik- och industrihistoria*

*Gummiringen satte fart på hjulen.*
Av civilekonom Folke Millqvist ..... 93

*Syntetiskt gummi i Sverige 1941–1945. Några minnesanteckningar från arbetet i Uppsala.*
Av civilingenjör Bengt Nauclér och civilingenjör Göran Philipson ..... 118

*Hakon Brunius. "Sveriges förste elektriker".*
Av civilingenjör Tord Jöran Hallberg ..... 133

*Från trådlös telegraf till mobiltelefon.*
Av civilingenjör Olle Gerdes ..... 151

*Penningmandel och gudaspis. Om chokladhistoria och chokladteknik.*
Av civilingenjör P Gunnar Andersson ..... 183

*Litet flyghistoria. Hur det började.*
Av civilingenjör Knut Fristedt ..... 200

*Oskarshamnsverket 1. En pionjärinsats i svensk kärnkraftutbyggnad.*
Av tekn dr Olle Gimstedt ..... 235

*Avancerad teknologi i dagens lastbilsutveckling.*
Av tekn direktör Stig Ericsson ..... 272

## *Notiser*

*Ytterby gruva utsedd till "historical landmark".*
Av professor Roland Kiessling ..... 287

*Teknikhistorisk utmärkelse till Sven Gunnar Jonsson.*
Av fil dr Jan-Erik Pettersson ..... 290

*Utställningar på Tekniska museet 1989–1990.*
Av fil kand Katarina Ek-Nilsson ..... 293

## *Verksamhetsberättelser*

*Tekniska Museet* ..... *297*
*Telemuseum* ..... *303*
*Tekniska Museets Vänner* ..... *310*

*Annonser* ..... *313*

# Förord

Väghållningen ålåg under århundraden landsbygdens bönder och jordägare. Länge saknades central ledning för detta, men 1841 inrättades Kungl Styrelsen för allmänna väg- och vattenbyggnader, numera Vägverket. Med anledning av Vägverkets 150-årsjubileum inleds Dædalus 1991 av tre artiklar om väg- och brobyggen under olika skeden i verkets historia. De är författade av Jan-Olof Montelius och Werner von Olnhausen vid Vägverket samt Carl-Olof Ternryd, f d generaldirektör vid Vägverket.

Folke Millqvist avslutar här sin historik över gummiindustrin i Sverige. Tidigare avsnitt – samtliga av fristående slag – publicerades i Dædalus 1988 och 1989/90. I anslutning härtill berättar Bengt Nauclér och Göran Philipson om den tillverkning av syntetiskt gummi som de genomförde tillsammans med nobelpristagaren The Svedberg i Uppsala under andra världskrigets år av avspärrning från importen av naturgummi. Den här typen av "oral history" är särskilt välkommen i Dædalus, eftersom källmaterial i stort sett saknas i arkiven och informationen kan räddas till eftervärlden endast på detta sätt.

Tord Jöran Hallberg, lektor vid Linköpings universitet, bidrar med en biografisk artikel om pionjären Hakon Brunius, som bl a tillverkade den första svenska telefonen 1877 och den första svenska elektriska generatorn 1879 samt anlade de första telefonförbindelserna för praktiskt bruk. Ämnet berörs också av Olle Gerdes, som var engagerad i Televerkets radioverksamhet 1945–1985 och här redogör för mobiltelefonens tillkomst och utveckling i landet.

Med utgångspunkt i en historisk återblick beskriver P Gunnar Andersson den moderna tillverkningen av choklad vid AB Marabou i Upplands Väsby. Andersson var under många år laboratoriechef vid Marabou och har nyligen bistått Tekniska museet vid en dokumentation av tillverkningen där. Knut Fristedt medverkade även i föregående årsbok och återkommer nu med en artikel om flygets historia, närmare bestämt om pionjärtiden fram till 1910-talet, då flygplanet och luftskeppet funnit sina former och grunden lagts för den teoretiska aerodynamiken.

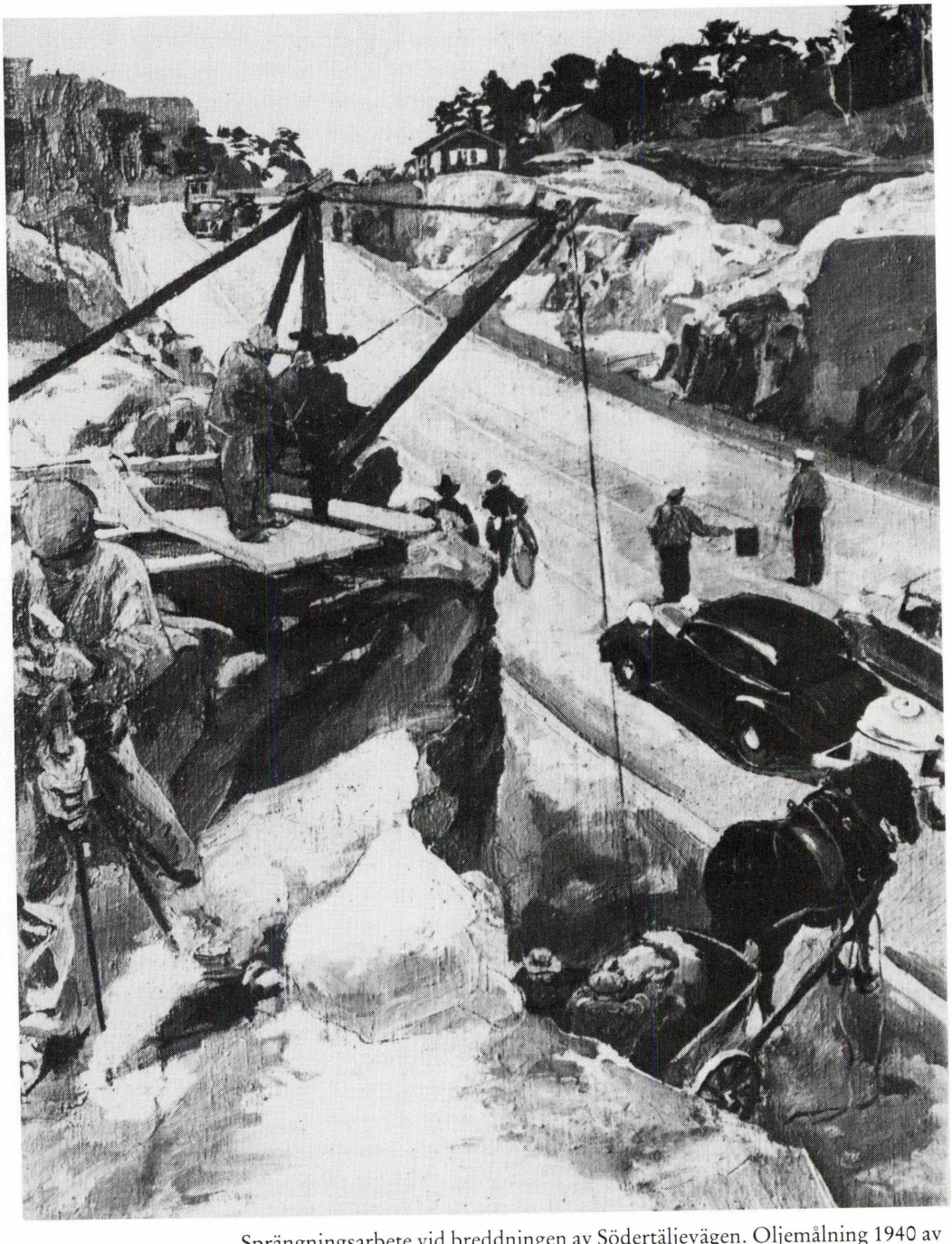
I Dædalus 1989/90 beskrev Harry Brynielsson det tidiga teknikskiftet i Sverige från kärnkraftreaktorer baserade på inhemskt naturligt uran och tungt vatten till nu befintliga reaktorer baserade på importerat anrikat uran och lättvatten. Olle Gimstedt, som bl a var VD i AB Kärnkraft AKK och i Oskarshamnsverkets kraftgrupp

OKG AB 1965–1980, framskriver här denna historik genom att relativt ingående redogöra för tillkomsten av den första lättvattenreaktorn i Oskarshamn (i drift sedan 1972).

Stig Ericsson, teknisk direktör vid Saab-Scania i Södertälje, ger avslutningsvis en bild av lastbilsutvecklingen vid det nu 100-åriga företaget, vilket alltså grundades 1891 som Vagnfabriks AB i Södertälje (Vabis) för att senare sammanslås med Maskinfabriks AB Scania 1911 och Saab 1969.

Redaktören vill varmt tacka alla medarbetare och samtidigt uttrycka en förhoppning om att boken skall ge läsarna en stimulerande läsupplevelse.

*Jan-Erik Pettersson*
Redaktör för Dædalus



Sprängningsarbete vid breddningen av Södertäljevägen. Oljemålning 1940 av Martin Helmfrid. Foto TM.

# Vägunderhåll och vägbygge vid 1800-talets mitt

## Ett bidrag till väghållningens historia

*Av Jan-Olof Montelius*

Så länge människan färdats på stigar och vägar har naturligtvis någon form av "väghållning" funnits – allt ifrån att ta bort nedfallna träd från gångstigen till ett mer organiserat underhåll och byggande.

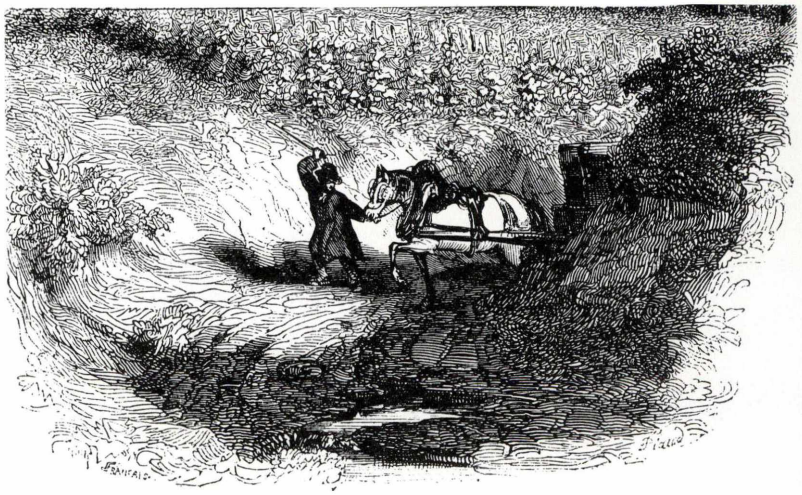
Skyldighet att hålla vägen farbar ålåg under medeltiden, och långt in på 1900-talet, de olika jordägarna och då naturligtvis i första hand bönderna. I de medeltida landskaps- och landslagarna stadgades det om skyldigheten att bygga och underhålla vägar och broar: "Alla skola bygga broar och röja vägar, såväl den som äger mindre i byn som den som äger mera".

Under drottning Kristinas tid tillkom 1649 förordning om gästgiverier längs vägarna. Den innehöll även påbud om allmogens skyldighet att sköta och röja vägar samt de första bestämmelserna om milstolpar.[1]

*Ett vägmästarämbete inrättas*

Ett försök från statsmaktens sida till en central ledning för väghållningen gjordes år 1666 då en riksvägmästartjänst inrättades. Denne skulle närmast fungera som kunglig vägsakkunnig och rådgivare rörande vägfrågor och gästgiverier. Dess förste och för övrigt ende innehavare blev Jacob Coswaij som utnämndes den 15 december 1666. Av en samtidigt utfärdad instruktion för denne, benämnd memorial, framgår vilka regler "hwar effter Wägemästaren Jacob Coswaij uti sin nyss anförtrodde tjenst sigh hafwer att regulera och retta". Uppgifterna var att röja nya vägar, ombesörja brobyggnader och ha inspektion över allmänna värdshus, krogar och tavernor. Den var utan tvivel mycket framsynt, men med tanke på att det endast var fråga om en enda tjänst för hela riket kanske allt för omfattande. Tjänsten upprätthöll Coswaij till år 1686. Sedan föll allt i glömska.[2]

Det skulle sedan dröja drygt ett och ett halvt sekel innan föregångaren till dagens vägverk inrättades. Detta kan synas märkligt, ty från 1600-talet blev det allt vanligare att Kronan bidrog till vägarnas

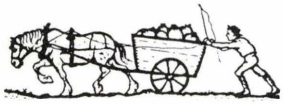


1. "Min skjutsbonde körde ... en lång och elak väg, som han kallade genväg; men steniga kullar och många grindar gjorde mycken besvärlighet och tidspillan." Ur J C Linnerhielm, Bref under resor i Sverige, Stockholm 1797. (Bilden ur Le magasin pittoresque, 1841.)

förbättring antingen med penningmedel, genom skattelättnad eller med arbetskraft och därför borde haft ett fortlöpande behov av en permanent organisation för ledningen av detta.

*Vägunderhåll under 1800-talet*

Ända fram till 1891 års väglag gällde principen att jordägaren ensam skötte underhållet in natura av den vägdel han hade att svara för. Från denna princip finns det emellertid ett viktigt undantag. År 1790 utkom förordning om de "Allmänna vägarnas underhållande vintertiden".[3] Enligt denna organiserades snöröjningen genom ploglag. Dessa uttogs genom tjänsteplikt enligt vilken de jordägande bönderna var skyldiga att utföra snöplogning på en bestämd vägsträcka. För detta erhöll de en årlig ersättning av häradet. Den sammanlagda ersättningen till ploglagen fördelades på de väghållningsskyldiga i häradet i proportion till hemmanstalet, varefter kronofogden uppbar dessa utskylder vid uppbördsstämmorna och utdelade den till ploglagen. Detta innebar att vintervägh̊allningen inte längre utfördes genom naturaprestationer. I stället blev det ett slags entreprenad som finansierades med en vintervägh̊allningsskatt, som pålades de väghållningsskyldiga. Detta var första gången vägunderhåll eller rättare sagt vintervägh̊allning finansierades med skattemedel i stället för prestationer in natura.



Tillsynen av att de väghållningsskyldiga skötte vägarna fanns reglerad redan i vissa av de medeltida landskapslagarna. I dessa lagar var det noga stadgat att syn skulle hållas två gånger om året, vid Valborgsmässan och Mikaelsmässan. Denna syneinstitution fungerade i full




2. "Hur långt ha vi fram? Tre fjerdings-väg liadant som ditta och en halfmil litta värre." Laverad teckning av F von Dardel. Skåne 1839. Nordiska museet.

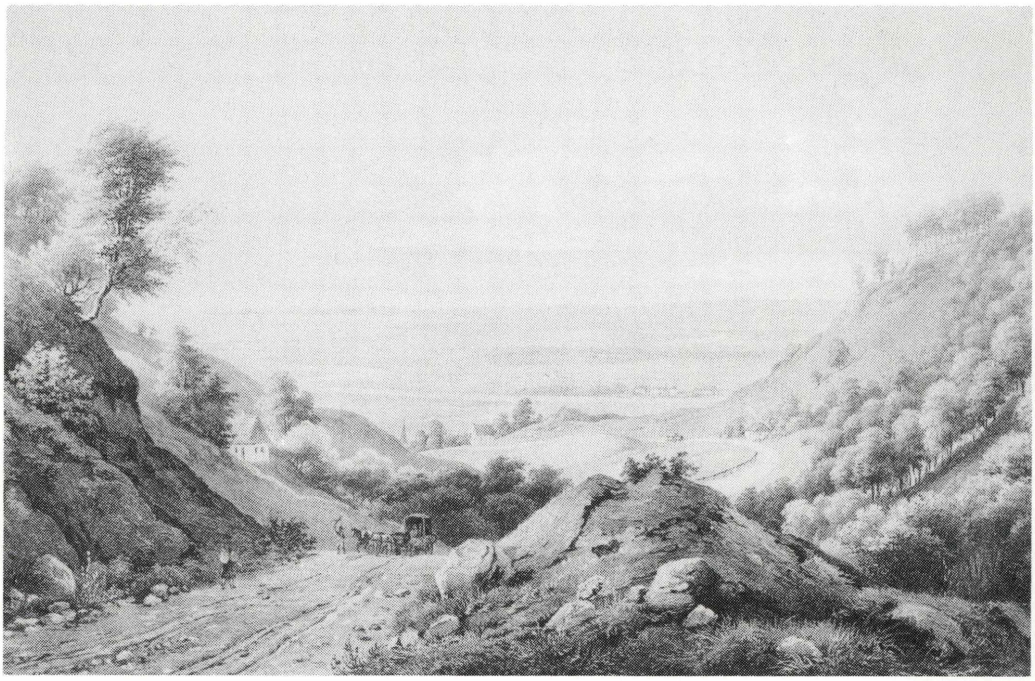
utsträckning ända till mitten av 1920-talet, för att helt upphöra med ikraftträdandet av 1934 års väglag den 1 jan 1937.

Från och med 1734 års gästgivareordning kom tillsynen att administreras genom länsstyrelserna.[4] Det var naturligtvis svårt att få väghållningen att fungera tillfredsställande, vilket ledde till att många kungörelser om tillsyn utfärdades genom åren.

Under nästan hela 1800-talet gällde fortfarande 1734 års lag, som i sin byggningabalk föreskrev att "landsväg skall läggas i länet, där den tarvas". År 1818 förändrades vägsynen till att hållas endast på våren.[5] Man kan på goda grunder förmoda att det enda vägunderhåll som överhuvudtaget ägde rum skedde i anslutning till dessa vägsyner, då varje väglott nödtorftigt grusades av den väghållningskyldige bonden.

Hur underhållet kunde gestalta sig framgår av en skrivelse från landshövdingen i Kopparbergs län till samtliga tingslag i länet i april 1855. Efter att ha inhämtat Hushållningssällskapets utlåtande angående lämpligaste tiden för grusning av vägarna föreslogs:

"att wäglottsegarne wintertiden, eller när det för dem kunde wara lämpligast, skulle framföra och bredvid wägen uplägga tjenligt grus, fritt från finare sand och gröfre sten, samt derefter om wåren, så snart wägarne så mycket uptorkat, att gruset af den signade jorden kunde bindas, påföra och genast breda den erforderliga grusfyllningen---".[6]



3. Stora vägen mellan Malmö och Göteborg. Vy över Hallandsåsen på gränsen mellan Skåne och Halland. Kungl Styrelsen för allmänna väg- och vattenbyggnader bidrog med medel för omläggning av vägen mellan Margaretetorps och Karups gästgivaregårdar 1847–1850. Litografi ur J A Berg, Sverige framställdt i taflor, 1850.

I olika förordningar för kronans tjänstemän som utkom i mitten av 1800-talet stadgades om tillsyn av väghållningen, exempelvis i stadgan för fjärdingsmännen 1850, som ålades:

"att, tillse, det wägar, broar och färjor hållas i ordning, äfwensom att winterwägar utstakas. Detta åliggande fullgöres dels genom anmaning till wederbörande om tillfälliga bristers afhjelpande, dels ock medelst anmälan till Kronolänsman samt biträde åt honom wid nödiga åtgärder".[7]

I 1855 års kronofogdeinstruktion angavs bland annat:

"Det åligger Kronofogde att, i öfwerensstämmelse med gällande författningar eller af Kongl. Maj:ts Befallningshafwande meddelade särskilde föreskrifter, waka deröfwer, att wederbörande behörigen fullgöra de extra ordinarie onera, som afse: – – – anläggande och underhållande af allmänna wägar, broar och färjor, – – – allmänna wägarnes öppenhållande wintertiden och bildande af derför erforderliga snöplogs-lag, – – –".[8]

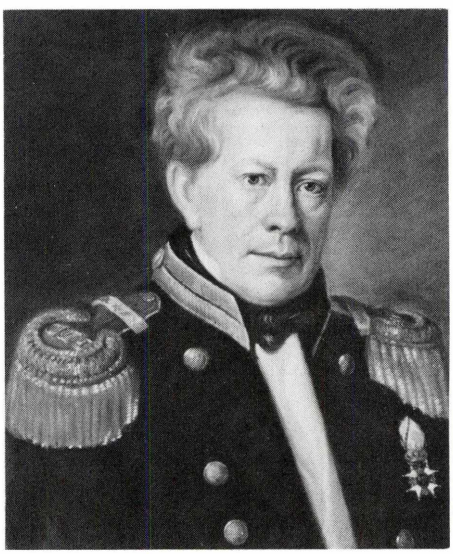
Och i instruktionen samma år för kronolänsmännen stod det bland annat: "Att inom tjenstgöringsdistriktet waka deröfwer att wederbö-

rande behörigen fullgöra sina åligganden med hänsigt till anläggande och underhållande af allmänna wägar, broar och färjor; ---".[9]

Att bönderna inte alltid skötte vägunderhållet på ett tillfredsställande sätt framgår exempelvis av länsmannens i Hedemora distrikt rapport efter genomförd syn i maj månad 1882. Några av bristerna och påpekandena på de olika väglotterna var: "en del ogrusade", "skola undanröja buskar vid vägsidorna", "bör anskaffa bättre grus nästa år", "räfsa sten från vägskiftena" samt "upptaga diken för vattnets afledande från vägen".[10]

*Kongl Styrelsen för allmänna väg- och watten-byggnader*

Skapandet av ett centralt ämbetsverk för vägväsendet aktualiserades genom en liten skrift som utkom 1840: "Publika arbetens nytta och nödvändighet", författad av kaptenen Axel Erik von Sydow.[11] I denna skrift redogjorde han för olika allmänna arbeten, främst vägar, och föreslog bland annat statsanslag till vägbyggen samt att ett centralt ämbetsverk för vägväsendet och andra allmänna arbeten borde inrättas. Förslagen mottogs positivt, inte minst hos konung Karl XIV Johan som var mycket intresserad av kommunikationsfrågor. Efter sedvanliga riksdagsbehandlingar av de kungliga propositionerna i ärendet inrättades det nya ämbetsverket den 6 augusti 1841.[12] Föregångare till det nya verket var "Kungl Kommittén för väganläggningar i de norra provinserna" samt "Kungl Strömrensningskommittén". Den förstnämnda tillsattes redan 1813 och hade till uppgift att utreda förutsättningarna för en vägförbindelse mellan landets södra och norra delar. Strömrensningskommittén inrättades 1819 och ersattes 1827 av "Storamiralsämbetets tredje avdelning", vars chef var Göta kanals skapare Baltzar von Platen. Vid Storamiralsämbetets



4. Axel Erik von Sydow (1791–1857), överste och chef för Kungl Styrelsen för allmänna väg- och vattenbyggnader 1841–1857 och för Kungl Väg- och vattenbyggnadskåren 1851–1857. Oljemålning, kopia efter Adelaide Leuhusen 1851, Vägverket, Borlänge.

upplösning 1840 förordnades en provisorisk styrelse: "Styrelsen för allmänna vattenbyggnader". År 1841 anförtroddes denna styrelse också handläggningen av ärenden rörande de allmänna vägarnas nybyggnad, omläggning och förbättringar.[13]

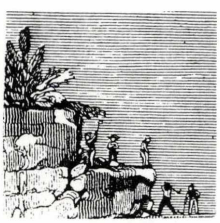
Till ämbetsverkets, eller Styrelsens, förste chef med titeln överdirektör utnämndes Axel Erik von Sydow. Dessutom fanns det en byråchef för "de tekniska göromålen", en kamrer, två ritare, en kanslist och en vaktmästare. Den av von Platen uppgjorda distriktsindelningen med fem olika distrikt bibehölls i stort sett oförändrad, men distriktschefernas verksamhet utvidgades betydligt. Till projektörer och kontrollanter antogs under 1840-talet huvudsakligen officerare ur Flottans mekaniska kår.

Enligt sina första instruktioner skulle verket handlägga de tekniska och administrativa ärenden som rörde "a) anläggningar och förbättringar af kanaler, slussar, vägar, broar, färjor samt andra watten- och landtkommunikationer; b) hamn-byggnader och muddringar; c) strömrensningar; och d) arbeten för beredande av större odlingsföretag, medelst utdikningar eller aftappningar af sanka trakter och sjöar".

Det är betecknande i vilken ordning man uppräknade de olika kommunikationsmedlen. Först kom kanaler och slussar och därefter vägar, broar och färjor. Utbyggandet av landets vattenkommunikationer var alltså den arbetsuppgift som präglade verket under dess första tid. – Men man lade också ned betydande arbeten på nybyggnader samt omläggning och förbättringar av de allmänna vägarna.[14]

*Behovet av vägarbetare och ingenjörer*

Axel Erik von Sydow påpekade i sin ovan nämnda skrift att de allmänna arbetena kunde avhjälpa arbetslöshet och fattigdom.[15] I arbetsbeskrivningar från 1840-talet finner man ofta att arbetskraften utgjordes av arbetslösa. I den mån det rådde brist på arbetskraft utverkades emellanåt kommenderingar från häreп. För vägunderhållets del var arbetskraftbehovet tillgodosett genom naturaväghållningssystemet. Det stora behovet av arbetskraft för utförandet av allmänna arbeten stod annars järnvägsbyggandet för. Behovet för väg- och brobyggande var betydligt mindre och dessutom jämnare fördelat över landet till följd av att det här rörde sig om mindre, men flera företag.



Vägarna var sedan gammalt i möjligaste mån dragna i terrängens höjdlägen. Under 1800-talet bestod huvudparten av vägbyggnadsföretagen av typen ombyggnad för undvikande av branta backar, främst genom att flytta ned vägarna till den jämnare marken i terrängens lägre delar varigenom transporterna underlättades. Vägbyggen hade också samband med laga skiftet och gårdarnas utflyttning och den stora utökning av den odlade arealen som ägde rum under detta sekel.[16]

Det säger sig självt att det behövdes ingenjörspersonal för projektering och ledning av dessa arbeten. Projektörer och arbetsledare var inte anställda inom verket utan anlitades av de för varje företag bildade arbetsdirektionerna. Men för genomförandet av företagen blev det en viktig uppgift för verket att sörja för utbildningen av och tillgången på ingenjörer. Landet hade under 1800-talets början fått tillgång till ett litet antal i huvudsak självlärda väg- och vattenbyggare genom främst Götakanalbygget och dockbyggnadsarbetena i Karlskrona. Efter arbetenas färdigställande i Karlskrona bildades där år 1816 en särskild kår med den tekniska personalen kallad Flottans mekaniska kår. För denna kår bedrevs utbildning av tekniker för flottans behov.[17]



Huvudparten av de ingenjörer som under 1840-talet verkade inom Styrelsen och vid de av denna administrerade vägarbeten kom främst från Götakanalbygget och Flottans mekaniska kår. Med flottans behov av egna ingenjörer blev tillgången på dessa under verkets första årtionde otillräcklig. Axel Erik von Sydow uppmärksammade detta redan i sin skrift "Publika arbetens nytta och nödvändighet" och föreslog inrättandet av en byggnadskår för allmänna arbeten och "en högskola för alla geni-corpser gemensam", det vill säga för de militära fortifikations-, artilleri- och topografiska kårerna samt bergsstaten och "Byggnadscorpserna".[18]

År 1846 gavs för första gången en särskild kurs vid Mariebergs Artilleriläroverk för ingenjörer i väg- och vattenbyggnadsteknik. Efter genomgången kurs kom eleverna att kallas civilingenjörer i motsats till ingenjörsofficerare.[19]

### *Kungl Väg- och vattenbyggnadskåren*

I sitt inträdestal i Kungl Krigsvetenskapsakademien 1842 återkom von Sydow till förslaget om inrättandet av en byggnadskår.[20] Även i denna fråga nådde han en total framgång. Den 22 december 1851 utfärdades nämligen "Kongl. Maj:ts nådiga Skrifwelse till Styrelsen för allmänna Wäg- och Wattenbyggnader angående organiserandet af en Wäg- och Wattenbyggnads-Corps". Skrivelsen var undertecknad av Oscar I, som själv tog mycket aktiv del i bildandet av denna kår. Kåren, som alltjämt består, blev av mycket stor betydelse.



I skrivelsen påpekades att bristen var stor på utbildade ingenjörer ute i landet. På en del ställen hade lantmätare anlitats dels för undersökningar, dels som arbetsledare för olika vägbyggnadsföretag. Bristen på utbildad personal hade bland annat fått till följd att dåligt underbyggda arbetsplaner och kostnadsberäkningar insändes till Styrelsen. Konungen konstaterade därför att "enda utwägen till förekommande af ofwannämnde olägenheter syntes bestå uti bildandet av en Civil-ingenjörs- eller Wäg- och Wattenbyggnads-Corps, hwars tjenstemän, lydande under Eder, kunde beordras att, inom wissa dem anwisade provinser eller län, dels uppgöra eller på stället kontrollera



uppgörandet af planer för ifrågasatta arbeten, dels hafwa närmaste ledningen eller en kontrollerande uppsigt öfwer deras utförande och inför Eder för sina åtgärder answara". Ehuru en sådan kår egentligen var av civil karaktär förordades att den skulle få militär form, i likhet med motsvarande kårer i andra länder. Ett skäl var också att "erfarenheten wisat, att wid tillfällen, der en skicklig officer haft befälet öfwer ett arbete, som erfordrat större arbetsstyrka, det utförts med ordning och drift, hwilket wore att tillskrifwa dels den omständighet, att en officer har flera band på sitt uppförande och dels att den Swenske arbetaren är wan wid hörsamhet mot tjenstemän, som sjelfwe stå under militärisk disciplin---". I instruktionen för kåren angavs i § 1 att:

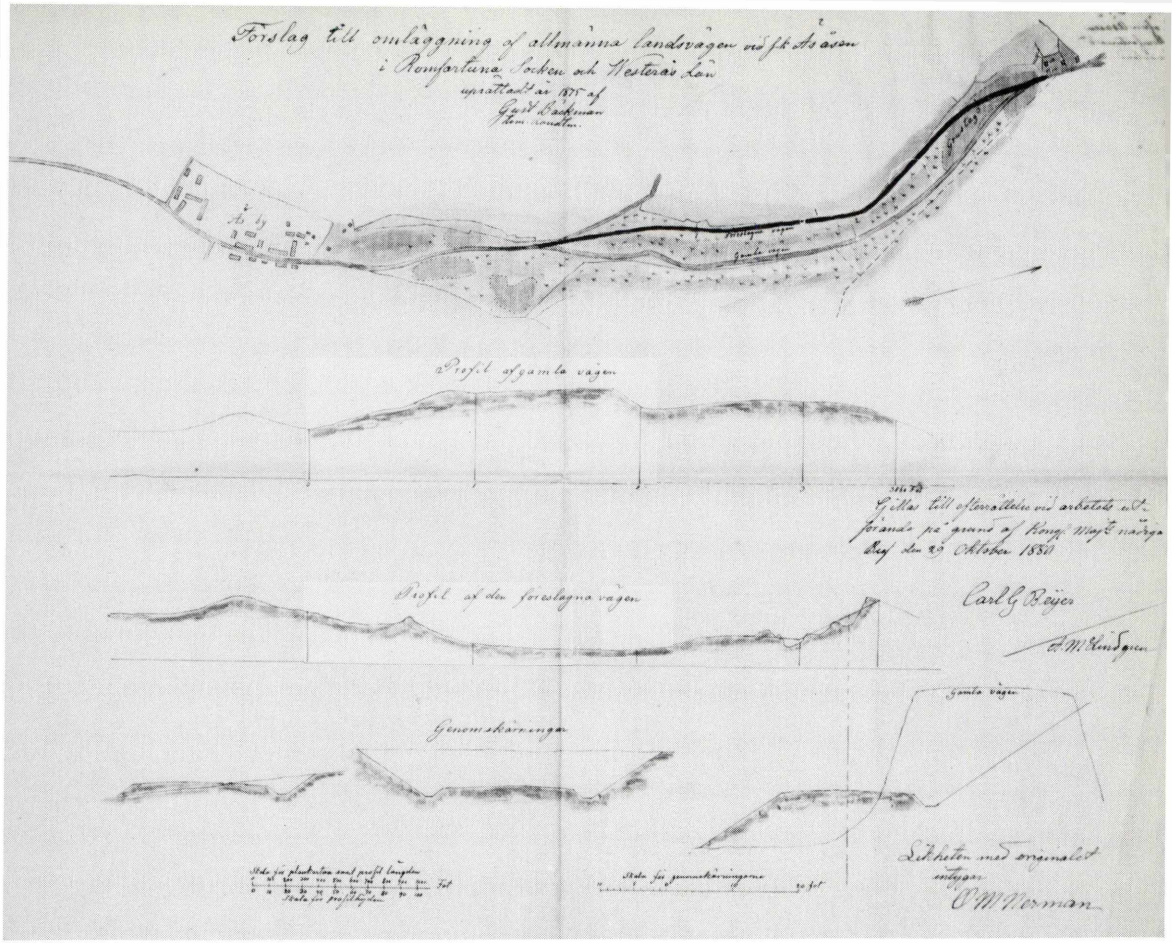
"Wäg- och Wattenbyggnads-Corpsens ändamål är, att tillhandagå Styrelsen för allmänna wäg- och wattenbyggnader i den befattning med allmänna arbeten, som enligt gällande Instruktion Styrelsen tillkommer. Corpsens Officerare kunna ock under krig, i händelse af behof, kommenderas till ingeniörs-tjenstgöring vid Arméen".[21]

Man hade här uppnått flera viktiga ändamål. Verket, städer och socknar, enskilda samt krigsmakten tillförsäkrades tillgång på välutbildade väg- och vattenbyggnadsingenjörer. Detta kostade statsverket inte mer än obetydliga utgifter för kursen vid Marieberg och stipendier samt en liten anslagsförstärkning till styrelsen för administration av kåren. De flesta från Flottans mekaniska kår och andra med dessa allmänna arbeten verksamma införlivades med den nybildade kåren.

### *Byråkratisk handläggning*

Sedan Styrelsen för allmänna väg- och vattenbyggnader inrättats 1841, blev verket den instans som handlade frågan om anslag till vägbyggnad. Under åren 1842–1850 beviljades bidrag till sammanlagt 133 olika vägbyggnadsarbeten. Då är att betänka att i denna summa inrymdes en vida större numerär, då ett företag kunde innehålla flera olika vägsträckor. I kilometer räknat uppgick vägomläggningarna och vägförbättringarna till drygt 950 km.[22]

Innan bidrag kunde utbetalas hade en omfattande handläggning ägt rum. Gången var i korthet följande: Intressenter för ett nytt företag gjorde en första undersökning samt upprättade arbetsplan, plan- och profilkartor samt kostnadsförslag. Därefter inhämtades på sockenstämmor eller på annat sätt synpunkter från sockenborna och andra berörda. Sedan sändes arbetsplanen till Styrelsen som granskade förslaget. Efter granskning av Styrelsen överlämnades arbetsplanen med Styrelsens förslag till eventuellt bidrag med allmänna medel till Kungl Maj:t. Om Kungl Maj:t gillade detta återgick det till Styrelsen jämte beslut om hur stort belopp som beviljats. Därefter sände Styrelsen handlingarna till berörd landshövding, som vidarebefordade dessa till en utsedd arbetsdirektion för företaget ifråga. En arbetsdirektion bestod vanligen av betrodda män från de berörda socknarna, exem-




5. Förslag till omläggning av allmänna landsvägen vid Äs åsen i Romfartuna socken, Västmanlands län, en del av den s k Bergslagsvägen, 1875. Nuvarande riksväg 67 går strax väster om den föreslagna vägsträckningen. Förslaget, godkänt och gillat av Kungl Maj:t, är undertecknat av chefen för Kungl Styrelsen för allmänna väg- och vattenbyggnader, Carl G Beijer 1880. RA, VoV arkiv, Tekniska avdelningen, Kartor och ritningar, Västmanlands län.

pelvis riksdagsmän, nämndemän, brukspatroner och Kronans ämbetsmän.

Arbetsdirektionen upprättade därefter ett förslag till arbetskontrakt som insändes till Styrelsen. Styrelsen granskade förslaget och överlämnade det därefter till Kungl Maj:t. Sedan Kungl Maj:t gillat kontraktet återgick det till Styrelsen med "nådig befallning" att å Kungl Maj:ts och Kronans vägnar antaga kontraktet. Ett underskrivet exemplar av kontraktet återsändes till den utsedda arbetsdirektionen, som därefter kunde anmäla sig i Riksgäldskontoret som utbetalade förskott. Bevis på att arbetet hade påbörjats skulle då uppvisas. Under arbetet inspekterades detta årligen av chefen för berört Väg- och vattenbyggnadsdistrikt som också gjorde slutbesiktning av arbetet.

Hade arbetet utförts dåligt eller om det ursprungliga kontraktet ensidigt hade frångåtts, kunde arbetsdirektionen vara skyldig att återbetala delar eller hela det beviljade beloppet.

Nya synpunkter och ändringsförslag kunde helt naturligt uppkomma under handläggningens gång. Detta krävde nya överväganden från alla inblandade parter. Då handlingar inte kunde kopieras och skickas med samma snabbhet som idag, kunde det dröja lång tid från det första förslaget tills vägbyggnadsföretaget startade.

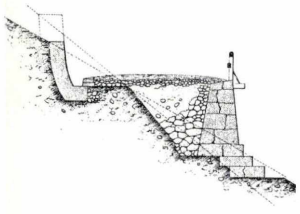
Otto Modig, som efterträdde von Sydow som överdirektör och chef för Styrelsen 1858 kritiserade detta byråkratiska förhållande redan 1850. Han nämner som exempel att Styrelsen till Kungl Maj:t under ett år avlämnade 325 utlåtanden om arbetsplaner och upprättade 549 andra skrivelser och instruktioner, totalt 2 934 foliosidor i Styrelsens konceptbok![23]

## *"En förbättrad Wäg eller Chaussée emellan Westerås och Fahlun"*

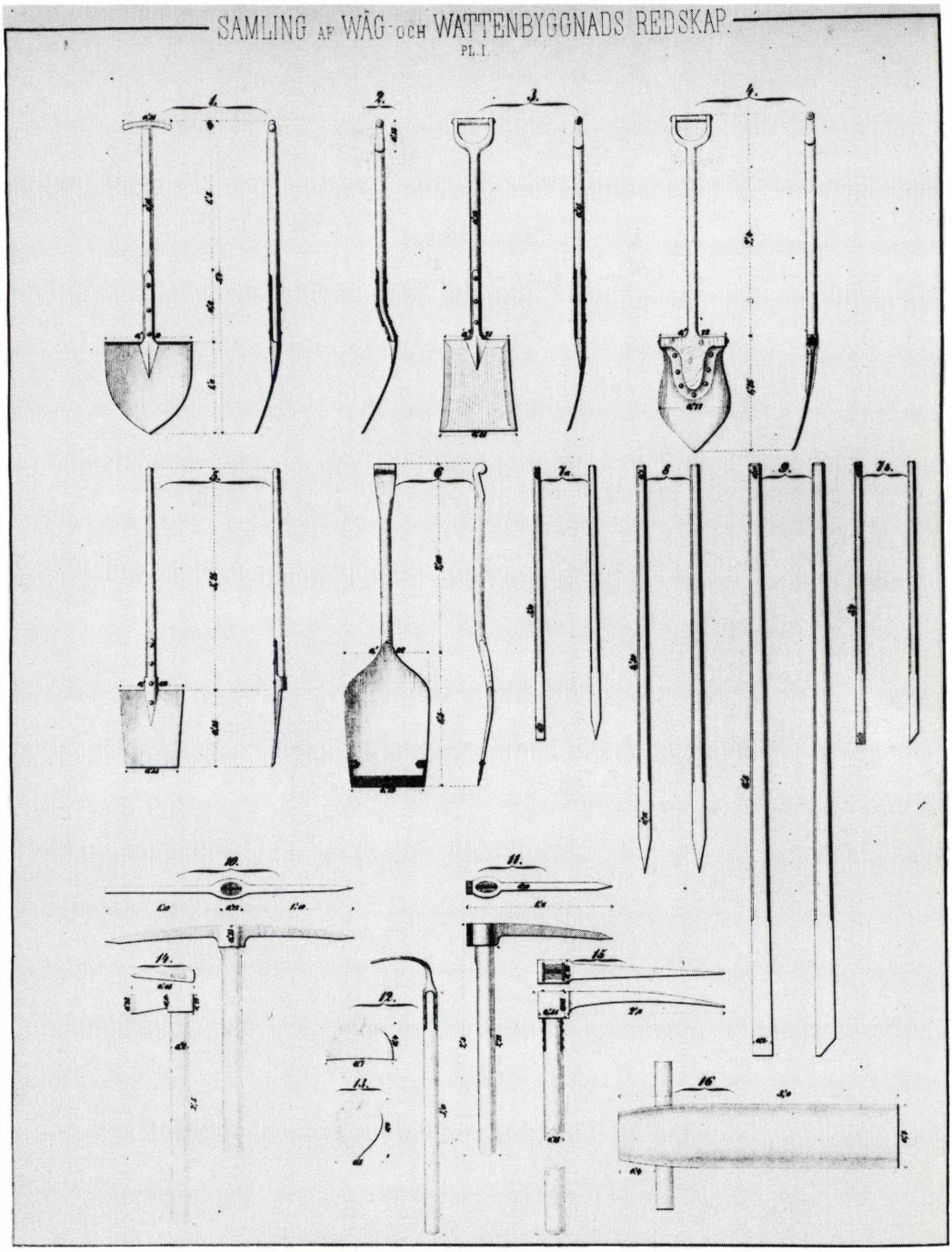
Ett av de första vägbyggnadsföretag som Styrelsen för allmänna väg- och vattenbyggnader kom att engagera sig i 1841 var en förbättring eller nybyggnad av den så kallade Bergslagsvägen mellan Västerås och Falun. Eftersom de bevarade handlingarna innehåller en hel del av, oftast detaljerade, uppgifter av vägbyggnadsteknisk natur finns det anledning att studera detta projekt litet närmare.[24]

Bakgrunden var en skrivelse som "Westerås, Fahlu, Sala, Hedemora och Säthers Handels-Societeter, genom deras Ordförande; af Fahlu och Sala Bergslager, genom deras Bergshauptmän, samt af alla Bruksägare, hvilkas produkter föras på Bergslagswägen" ställde till Kungl Maj:t i februari 1837. I denna skrivelse betonades den roll vägen mellan Västerås och Dalarna spelade ur försörjningssynpunkt och för utförseln av Bergslagens järnprodukter till hamnen i Västerås. Man anhöll därför i underdånighet att Kungl Maj:t och rikets ständer måtte bidraga med medel för iståndsättandet av vägen. Vägens dåliga beskaffenhet beskrivs livfullt:

"Denna landswäg från början illa anlagd, och utan annan beräkning än den tillfälliga inom ögonsigtet, – backig, der backar alltförwäl kunnat undwikas – krokig utan nödwändighet – byggd till en del på en fyllning, som icke gifwer fast grund, till en del dragen ofwanpå steniga åsar, – alltid något sporrig och beswärlig, oagtadt ej mindre de wägbyggnadsskyldiges än wägpolisens bemödande, är dock höst och wår till den grad sönderkörd, och genomgräfd af understundom halfalns djupa kärrsporr, att den, i synnerhet sedan den i detta skick tillfrusit, är wådelig att befara".[25]



Man föreslog även att "Eders Maj:t täckes till instundande sommar låta inkalla från Preussen för detta ändamål en sådan person, den skickligaste som står att erhålla---". Bakgrunden var bland annat att man i Preussen börjat med makadamisering av vägarna. Undertecknarna lovade därför att "---som wi derjemte anse af stor wigt, att förmånerne af det ifrågawarande wägbyggnads-sättet, hwilket i wårt




6. Handredskapen för 1800-talets vägarbetare var desamma som bondens. Sida ur W Sahlboms Samling af wäg- och wattenbyggnadsredskap, 1859. Syftet med publikationen var bland annat att hjälpa yngre ingenjörselever vid tillverkning av arbetsredskap, därav alla måttuppgifter. De avbildade redskapen var tillverkade vid Jäders bruk utanför Arboga.



7. Överstelöjtnant Israel af Ekenstam (1784–1856) vid tiden för chaussée-planerna mellan Västerås och Falun. Blyertsteckning, Maria Röhl 1841, Kungl Biblioteket, Stockholm.

land är för det mesta okändt, må warda genom erfarenheten bibringade, äro wi äfwen betänkte att låta på wår bekostnad, under denne ingeniörs tillsyn, macadamicera några famnar der wägen under den wåta årstiden är djupast".[26]

Någon preussisk ingenjör blev ej inkallad, men Kungl Maj:t uppdrog i stället åt överstelöjtnant Israel af Ekenstam att undersöka möjligheterna av en "chaussée" mellan Västerås och Falun.[27] Hans "Preliminär-Undersökning om En förbättrad Wäg eller Chaussée emellan Westerås och Fahlun, Ödmjukaste Memorial", undertecknad 31 december 1839, finns även utgiven av trycket i samma volym som den tidigare refererade skrivelsen.[28]

Inledningsvis skriver af Ekenstam att han hade tolkat sitt uppdrag så att han dels skulle utreda den bästa väglinjen för en väg mellan de bägge städerna, dels uppgöra en preliminär kostnadsberäkning vad det skulle kosta att bland annat för "den derå erforderliga macadamisering, med användande av de upplysningar i ämnet, som jag på Kongl. Maj:ts nådiga befallning inhemtat i Norra Tyskland förlidet år– – –".[29]

Därpå följer en detaljerad utredning om lämpligaste väglinjen, som omfattade såväl förbättring av den befinliga vägen som nybrytningar på vissa ställen. Ett flertal gånger hänvisar han till erfarenheter från motsvarande arbeten i Preussen. Vid kostnadsberäkningar för nya broar skriver af Ekenstam att han fått hjälp av kapten-mekanikus

Olof Forsgren "hwars widsträckta erfarenhet och skicklighet i brobyggnad är ådagalagd wid Elfkarleby, Stocksund med flera ställen".[30]

Israel af Ekenstam föreslog vidare att hela vägen skulle stensättas, dels genom "macadamisering", dels genom att vissa bitar skulle få en så kallad "rail-chaussée", det vill säga stensatta rader för kärrhjulen.[31]

Totalkostnaderna för denna storslagna plan slutade på 878 736 riksdaler. Han konstaterade dock själv att ett så stort anslag nog var svårt att få, även om vägen, med beaktande av den intensiva trafiken, var den viktigaste i hela riket. Han ville dock att den föreslagna nya vägsträckningen borde byggas. Vägen kunde senare stensättas. Kostnaden skulle därigenom begränsas till ca 316 000 Rd.[32]

Den storstilade planen vann ej heller de anslagsbeviljade Ständernas och Kungl Maj:ts gillande. Endast ett mindre belopp beviljades.[33]

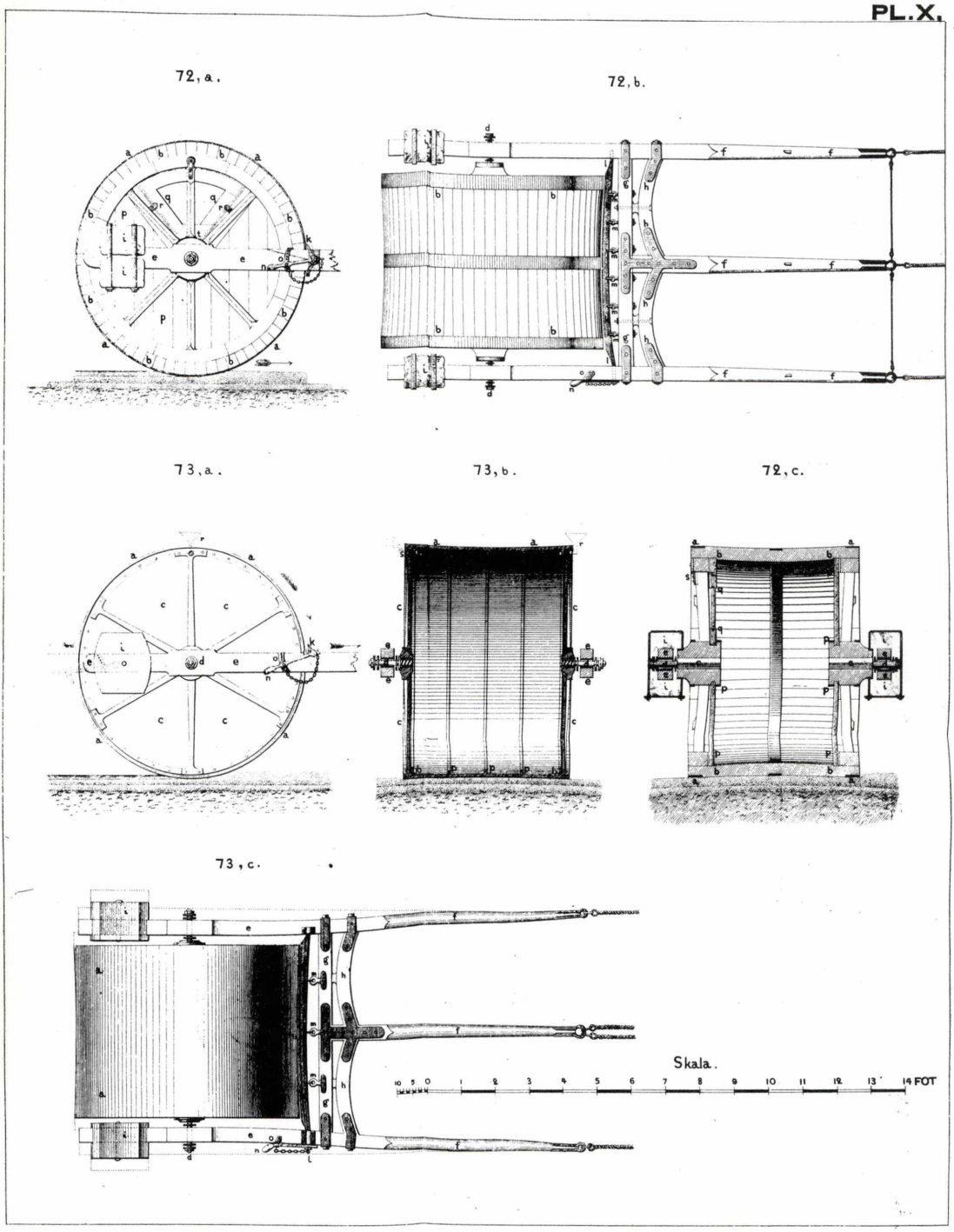
*Många tekniska idéer*

Den föreslagna makadamiseringen var, enligt af Ekenstam, svår att genomföra under pågående trafik. Därför föreslog han att trafiken borde ledas en annan väg under arbetets gång, eller att vägbanan breddades så mycket att trafiken kunde köra vid sidan av arbetet.[34]

Det material som skulle ingå i makadamvägen utgjordes av slagen sten som nedpressades i vägen med en vägvält. Om en sådan vält skriver af Ekenstam: "Walsarne äro ganska dyrbara; men om de göras af tackjern, så blir en stor del af wärdet i behåll, sedan arbetet är fullbordadt. Efter Herr Kapiten W v Ehrenheims ritning har en wals blifwit gjuten wid Dormsjö Bruk, på associerades bekostnad, och befunnen ändamålsenlig. Såsom den första, har den blifwit mycket dyr: den har kostat 650 R:dr B:co, inberäknad transport på hjuldon 6,5 mil. En fullgod tackjerns-wals under hufwud-idéens bibehållande, men med insättning af träd i ytan (som spikas med tennlickor), kan numera åstadkommas för långt mindre än hälften af förenämnde kostnad". Valsen vägde 37 skeppund (5 ton!) och hade en diameter av 3 fot (ca 90 cm) och drogs av tre till fyra par oxar. För att köra en sådan vals åtgick fyra man, dels som förare, dels som "ledande walsningen". Efter gjorda försök med vältning skriver af Ekenstam att Dormsjövalsen har visat sig "fullkomligt ändamålsenlig" för "klapperstenens" (som väl torde vara rullsten) slutliga sammanpackning. Vad gällde själva körningen visade det sig att med vana arbetare behövdes endast en förare och en person som skötte styrspaken. Två sådana vältar anskaffades.



De genomförda proven visade också att en alltför tung vals som fördes fram och tillbaka över vägen hade en tendens att pressa upp stenen till ytan, istället för att pressa ner den i marken. För att komma till rätta med detta förordade af Ekenstam en lättare "trädvals med större diameter" som skulle göra den första sammanpackningen av stenlagret. Arbetet kompletterades med packning med "handdockor".[35]




8. Vägvält med vals av trä (översta raden) samt en av fransmannen Polonceau konstruerad gjutjärnsvält. Valsarna kunde fyllas med sand för erhållande av större vikt. Ingår i A M Lindgren, Handbok i vägbyggnadskonst, 1863.

Detta försök med vägvältar torde vara av ganska tidigt datum i Sverige. Gustaf Nerman omnämner 1852 att man i Frankrike använder vägvältar. A M Lindgren skriver i sin handbok i vägbyggnad 1863 angående vägvältar: "Bruket af detta redskap tillhör först sednare tider, och är dess flitigare användande vid byggande af nya vägar särdeles att förorda, emedan det gamla vanliga sättet att upplåta vägen till trafikerande, innan den ännu är färdig, för att af de vägfarande sjelva tillpackas och hårdgöras, ingalunda är berömvärdt". Han hänvisar även till av fransmannen Polonceau gjorda försök med vägvält 1834.[36] Vägvälten finns dock avbildad redan hos Jacob Leupold 1725, men fick tydligen inte några direkta efterföljare.[37] Välten som sådan är ju ett jordbruksredskap, som utvecklats från en rund trästock. Jordbruksvältar av gjutjärn eller smidbart järn har funnits i Sverige sedan slutet av 1700-talet, dock i mycket begränsad omfattning. I början av 1800-talet blev de emellertid något vanligare. Men ännu i slutet av 1800-talet var trävälten den vanligaste typen bland Sveriges bönder.[38]



Dalkarlens och hans hästs ovana att alltid köra i samma spår hade af Ekenstam noterat. Om nu inte hela vägbanan skulle kunna läggas med makadam, föreslog han istället en s k "Rail-chaussée". Helst borde det vara fyra spår så att trafiken kunde gå utan hinder i bägge riktningar, men även här var han något mer realistisk och föreslog tre spår, varav det i mitten skulle göras bredare för att underlätta möten.[39]

Israel af Ekenstam föreslog att för en sådan stensättning borde försök göras med "klappersten", både oslagen och slagen. Den oslagna stenen visade sig fungera utmärkt. Detta observerade man genom en tillfällighet. Vid ett provbygge med makadam på en väg i trakten av Sätra brunn höll denna på att stensättas, men blev ej klar innan höstmarknaden i Västerås började. Hästtrafiken fick därför gå fram över vägbanan innan vältningen hade ägt rum. Den oslagna stenen visade sig därvid ge fullständigt fast yta.[40]

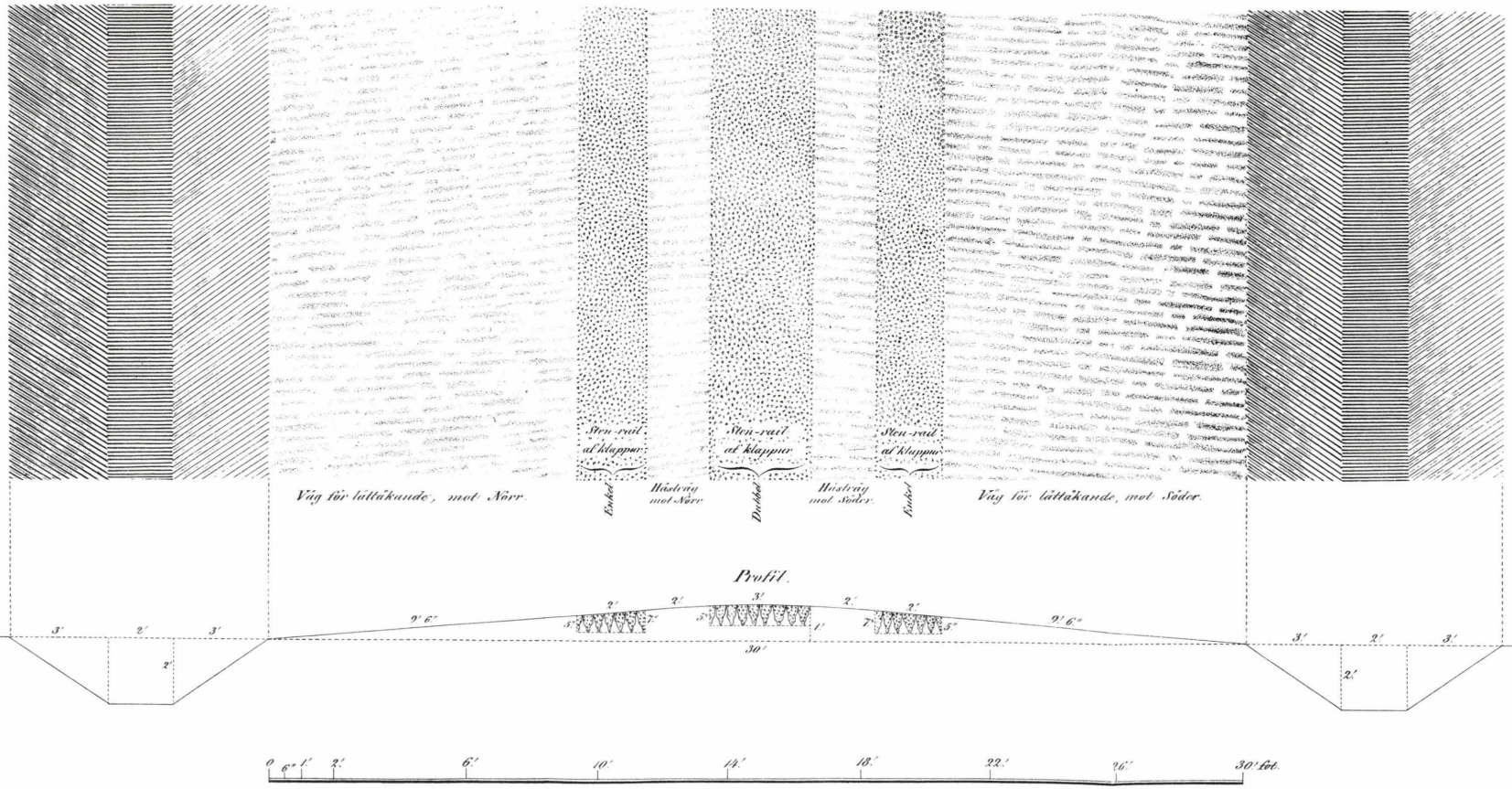
### *Nya försök*

I ett memorial den 26 januari 1840 redogör af Ekenstam för ett mer omfattande "Chaussée-prof", denna gång förlagt till byn Alvsta nära Tillberga i Hubbo socken, Västmanland. Provvägen hade en längd av 250 alnar (ca 150 m) mot det tidigare försöket vid Sätra brunn, som bara mätte 50 alnar (ca 30 m).

Enligt af Ekenstam var arbetsmetoden med "klapper", eller oslagen småsten, lyckad. Man kunde närmare bestämma den lämpligaste storleken på den oslagna stenen. Dessutom visade det sig att vid användandet av oslagen klappersten dubbelt så mycket lera och grus borde användas på ytan, än när slagen sten användes. Bästa storleken på stenen var den som "går igenom Tumsharpan men stannar inom halftumsharpan", det vill säga en storlek mellan 1,2–2,5 cm. Han beskriver också dessa grusharpor närmare. Den grövre borde göras

# RAIL-CHAUSSÉE.

*Plan.*




*Observeras: Att alla å profilen utsatte Siffror gälla endast för motsvarande horizontela och verticala distancer.*

*(Litt. A & B, äro ännu ej tryckte.)*

med kvadratiska öppningar, medan det för den mindre räckte med endast ett spjälgaller. Dessa spjälor borde vara triangulära, med en av sidorna mot grusmassan, så att inget fastnade mellan spjälorna. Dessutom borde spjälorna insättas något snett i förhållandet till långsidorna, också det för att undvika fastkilande material. Denna detaljerade beskrivning motiverade af Ekenstam med att säga att harpningen var särskilt viktig vid chaussée-byggnad med oslagen sten. Den oslagna packade sig bättre än den slagna, krossade stenen, som krävde mycken vältning, innan godkänd fasthet uppnåddes.

Vad sedan gällde stensatta så kallade "rail-chaussée" erkände af Ekenstam att teori och praktik ej är detsamma. Han vidhöll visserligen dessa stensatta spårvägars förträfflighet men "att de ej kunna begagnas derföre, att hästarne företrädesvis och utan undantag välja railerne till gångstig, och derigenom förflytta kärrhjulen på de tillämnade hästvägarne, hvilka icke äro stensatte. När det nu tillika är ett gifvet factum, att forbönderne icke begagnar töm för hästarnes ledning, och af flere skäl icke kunna dertill förmås, så blir en Chaussée med railer alldeles ändamålslös".[41]

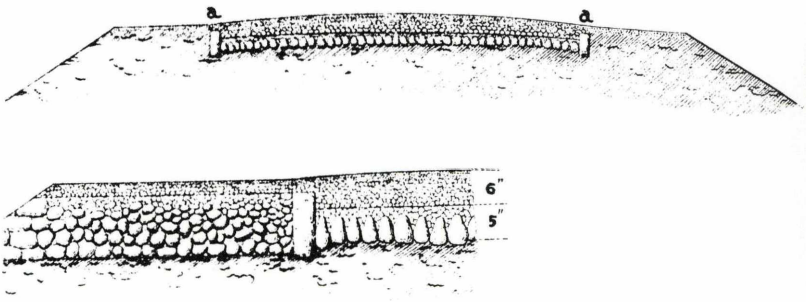
*"Klapperstenen får wariera emellan storleken af Gåsägg och Dufägg"*

Någon "chaussée" blev det alltså inte. Kungl Styrelsen för Allmänna Wäg- och Wattenbyggnader konstaterade i skrivelser 1842 till de bägge länsstyrelserna i Kopparbergs och Västmanlands län, att de anslagsbeviljande Ständerna och Kungl Maj:t ej ansett frågan så grundligt utredd, att anslag till en sådan "chaussée" skulle beviljas. Däremot beviljades 15 000 Rd att fördelas lika mellan länen för en allmän förbättring av den s k Bergslagsvägen.[42]

Arbetsdirektioner bildades i båda länen och förenklade arbetsplaner för vägens förbättring utarbetades. I Kopparbergs län uppgjordes den 1842 av kapten-mekanikus Olof Forsgren. Enligt planen skulle, förutom en vägomläggning mellan Falun och Korsnäs, bara enklare åtgärder vidtagas, backar grävas bort och grusning genomföras. Sedan kontrakt mellan arbetsdirektionen och Styrelsen upprättats 1843 vidtog arbetet, som slutbesiktigades 1847.[43] Otto Modig kunde dock i sin inspektionsberättelse för år 1849 konstatera, att den nya vägen mellan Falun och Korsnäs på sina ställen var mycket sönderkörd, vilket kunde skyllas på den regniga sommaren i förening med tät trafik, oaktat "Arbets Directionen för detta företag, efter hvad jag hade tillfälle observera under verkställigheten, hvarken sparade tid eller kostnad för att åstadkomma ett bastant arbete".[44]

I Västmanlands län utarbetades en förenklad arbetsplan av kapten W von Ehrenheim 1842. Enligt denna arbetsplan, som fastställdes året

Bilden på motstående sida:
9. Israel af Ekenstams plan och profil av en "Rail-Chaussée", 1839. Ingår i Handlingar om en förbättrad Wäg eller Chaussée emellan Westerås och Fahlun, 1840.




10. "Macadamiserad" väg enligt A M Lindgren, Handbok i vägbyggnadskonst, 1863.

därpå, höll man fast vid att vissa sträckor skulle göras med s k klappering. Det skulle gå till på så sätt, att "klappersten" lades i mitten av vägbanan till ett djup av ca 15 cm. Stenarna skulle vara jämna och "wariera emellan storleken af Gåsägg och Dufägg".[45]

Denna klappering skulle visa sig svår att genomföra i praktiken. Det var bl a svårt att få fram lämpligt grus. I samband med en missväxt 1845 beviljade Kungl Maj:t ytterligare bidrag som hjälp åt nödställda. Axel Erik von Sydow noterade i sin inspektionsberättelse för år 1846 att över 1 000 nödställda personer var sysselsatta med att samla och krossa lämpligt stenmaterial.[46]

Under år 1850 blev dock hela arbetet, med modifikationer, slutligen avsynat och godkänt av Styrelsen. Då hade klappering genomförts på 15 olika ställen till en sammanlagd längd av ca 5,3 km. Vägen mellan Västerås och Romfartuna, ca 9,6 km, hade blivit makadamiserad.[47]



Enligt landshövdingen i Västmanlands län var det allmänna omdömet om vägen, att den blivit betydligt förbättrad i jämförelse med förr. Han konstaterade dock något uppgivet att vägen aldrig kunde fås i fullgott skick, så länge de tunga fororna endast var tvåaxliga och med hjul som åkte fram och tillbaks på hjulaxeln. På detta sätt blev hjulspåren hela tiden utvidgade och fördjupade.[48] Axel Erik von Sydow noterade ett liknande förhållande. Han ansåg också, att de smala och kilformiga hjulen borde ersättas med minst tre tum breda hjul. För att bibehålla en fast och hård väg förespråkade han att så kallade vägvaktare, i likhet med förhållanden i andra länder för underhåll av makadamiserade vägar, borde tillsättas. Dessa skulle tilldelas bestämda vägstycken som då kunde underhållas kontinuerligt och icke som brukligt var till den i lagen påbjudna väglagningen en à två gånger per år.[49]

Hade ett sådant system inrättats, skulle detta radikalt ha förändrat vägunderhållets situation. Med tanke på att von Sydow både före och

efter detta tillfälle så väl lyckades med sina intentioner, är det en intressant tanke vad som skulle ha skett med vägunderhållet, om han mer aktivt drivit denna fråga. Det allmänna förfall som mot slutet av 1800-talet var påtagligt vad gäller de svenska vägarna, hade kanske kunnat undvikas. I stället kom 1891 års väglag, som stadgade om fortsatt naturaväghållning.

## Noter

1. Krogare- och gästgivareordning 1649.
2. Styffe 1856, s 288ff; Lindgren [1977], s 51ff.
3. Förordning... 1790.
4. Gästgivareordning... 1734, § 7.
5. Kungörelse... 1818.
6. ULA, Länsmannen i Hedemora distrikt, vol 22 Handlingar ang vägar och broar, Avskrift av skrivelse given i Landskansliet i Falun 12 april 1855.
7. SFS 1850:29, § 6, pkt 7.
8. SFS 1855:91, § 13.
9. SFS 1855:92, § 4, pkt 3.
10. ULA, Länsmannen i Hedemora distrikt, vol 22 Handlingar ang vägar och broar, Kungörelse 25 maj 1882.
11. von Sydow 1840. Om Axel Erik von Sydow (1791–1857), se Åströms efterskrift i facsimilupplagan av von Sydow 1840 (1967) och där citerad litteratur; Nerman 1894.
12. SFS 1841:38.
13. Modig 1850, s 3ff; Lindequist 1904b, s 4ff.
14. SFS 1841:38, §§ 9, 1; Modig 1850, s 50ff.
15. von Sydow 1840 s 18f.
16. Lindequist 1904a, s 197ff.
17. Widegren 1986b, s 162f.
18. von Sydow, 1840 s 77ff.
19. Widegren 1986b, s 172ff; Smedberg 1937, s 77f.
20. von Sydow 1842, s 107ff.
21. SFS 1851:54.
22. Modig 1850, s 68.
23. Modig 1850, s 15ff.
24. Som underlag har i huvudsak använts dels den tryckta "Handlingar om en förbättrad Wäg eller Chaussée emellan Westerås och Fahlun", 1840 (i fortsättningen förkortad Handlingar... 1840), dels handlingar i Kungl Väg- och vattenbyggnadsstyrelsens arkiv rörande detta vägföretag. I den tryckta berättelsen finns bl a en utförlig beskrivning av vägen ifråga, såväl vad gäller själva sträckningen som trafiken på densamma. Handlingen tycks ej i någon större omfattning ha uppmärksammats av forskningen tidigare. Den finns t ex ej med i Wingborgs omfattande Dalabibliografi 1969–1983. I en duplicerad PM 1984 (sammanställd för en studiecirkel om äldre vägar i Hedemoratrakten) har dock Caleb Ahnesjö ingående refererat denna handling samt andra handlingar, framförallt ur Länstyrelsernas arkiv, rörande detta vägbyggnadsföretag.
25. Handlingar... 1840, s IV.
26. A a, s IX.
27. Israel af Ekenstam (1784–1856), överstelöjtnant 1825, major i topografiska kåren 1836, överste 1840, avsked ur krigstjänst 1846 och därefter tullinspektör vid Blockhusudden, Stockholm (Elgenstierna 1926, s 516). Israel af Ekenstam företog under åren 1811 till omkring 1816 undersökningar rörande vägar i "rikets norra provinser". På sommaren 1838 genomförde han på kungligt uppdrag en resa i Preussen och andra delar av norra Tyskland för att inhämta kännedom om "chaussée-anläggningar" (KrA, Biografica, I af Ekenstam och Krigsvetenskapsakademiens handlingar 1857, s 4ff). Här tycks en felläsning/felskrivning ha förekommit

på de ställen där Israel af Ekenstams olika arbeten refererats. Handskrifternas och frakturskriftens I och J, som ju är (snar)lika, har i den tryckta litteraturen tolkats som J, se exempelvis Femårsberättelse... 1839–1843, s 21, (citerad hos Lorichs 1932, s 77); Lindequist 1904a, s 198, (citerad hos Widegren 1986a, s 102); Ahnesjö 1984, s 4.

28. Handlingar... 1840. Orginalrapporten, som torde ha innehållit två plankartor (a a, s 2) inlämnades, enligt uppgift på den tryckta rapportens försättsblad, till Generaladjutanten för armén. Rapporten diarieförde 3.1 1840 (KrA, Generaladjutanten, Cb:29 Diarium över inkomna handlingar 1839–1841), men har ej återfunnits bland handlingarna.
29. Handlingar... 1840, s 1.
30. A a, s 7. Om Forsgren se Forsgren 1981; Hildebrand 1964–1966, s 325; Wallin 1938.
31. Handlingar... 1840, s 4.
32. A a, s 26ff.
33. RA, VoV, Registratorns arkiv, EIIa:1 Inkomna skrivelser 1841, Bilaga till Kungl Maj:ts skrivelse till Styrelsen 6.8 1841.
34. Handlingar... 1840, s 5.
35. Handlingar... 1840, s 11; RA, VoV, Tekniska byrån, F IVa:1 Handlingar angående vägföretag 1841–1928, Anläggning af en Chaussée emellan Westerås och Falun, Ödmjukt Memorial 28.1 1840, s 11f; Tekniska byrån, EIV:1 Inspektionsberättelser m m 1846–1848, Överdirektörens och Chefens generella berättelse 15.10 1846. I inspektionsberättelsen för år 1847 (Överdirektörens och Chefens generella berättelse 7.9 1847) uppges vikten till 30 skeppund (ca 4,1 ton); Schütz 1978, s 112ff uppger att Byggnadskontoret i Stockholm under 1870-talet hade en vält med en vikt av fyra ton och som drogs av sex hästar.
36. Nerman 1852, s 221; Lindgren 1863, s 92.
37. Leupold 1725; Jensen 1969, s 195f; Garbotz 1961, s 9.
38. Moberg 1989, s 42, 148ff.
39. Handlingar...1840, s 29.
40. A a, s 31. Ett minnesmärke av gjutjärn med texten "Prof Wäg af Krossad Klapur sten Byggd 1839" uppsattes. Märket noterade Erixon 1934 som "kullvräkt" och kan nu ej återfinnas (Erixon 1935, s 75).
41. RA, VoV, Tekniska byrån, FVa:1 Handlingar angående vägföretag 1841–1928, Anläggning af en Chaussée mellan Westerås och Falun, s 12f.
42. ULA, Kopparbergs läns länstyrelse, Landskansliet, DI:71 Inkomna skrivelser från Kungl Maj:t och myndigheter 1842, Skrivelse från Styrelsen 26.1 1842.
43. RA, VoV, Kamerala avd, FIIb1:1 Kontrakt för vägar av olika slag 1841–1844, Kontrakt 16.12 1843 med bilagd arbetsplan; Tekniska byrån, EIV:1 Inspektionsberättelser m m för åren 1846–1848, Chefen för Norra Väg- och vattenbyggnadsdistriktets generella berättelse 24.9 1847; Modig 1850, s 28f.
44. RA, VoV, Tekniska byrån, EIV:2 Inspektionsberättelser m m för åren 1849–1850, Chefen för Norra Väg- och vattenbyggnadsdistriktets generella berättelse 12.10 1849.
45. RA, VoV, Kamerala avd, FIIb1:1 Kontrakt för vägar av olika slag 1841–1844, Kontrakt mellan arbetsdirektionen och Styrelsen, med bilagd arbetsplan 17.11 1843; Femårsberättelse... 1839–1843, s 20f.
46. RA, VoV, Tekniska byrån, EIV:1 Inspektionsberättelser m m för åren 1846–1848, Överdirektörens och chefens generella berättelse 15.10 1846.
47. RA, VoV, Tekniska byrån, EIV:1 Inspektionsberättelser m m för åren 1846–1848, Överdirektörens och chefens generella berättelse 7.9 1847, Chefen för Mellersta Väg- och vattenbyggnadsdistriktets generella berättelse 8.11 1848.
48. Embetsberättelse... 1848–1850, s 32.
49. RA, VoV, Tekniska byrån, EIV:1 Inspektionsberättelser m m för åren 1846–1848, Överdirektörens och chefens generella berättelse 7.9 1847.

## Källor och litteratur


*Otryckta*

Borlänge
Vägverket, Väghistoriska samlingarna
Ahnesjö, Caleb: Förbättrade förbindelser mellan Dalarne och Mälarhamnen i Västerås under förra hälften av 1800-talet. Duplic. Hedemora 1984.

Stockholm
Krigsarkivet (KrA)
Biografica
Generaladjutantens för armén arkiv
Diarier
Riksarkivet (RA)
Kungl Väg- och vattenbyggnadsstyrelsens (VoV) arkiv
Kamerala avdelningen
Kontrakt för vägar av olika slag
Registratorn
Inkomna skrivelser
Tekniska byrån
Handlingar angående vägföretag
Inspektionsberättelser
Ritningar

Uppsala
Uppsala landsarkiv (ULA)
Länsstyrelsens i Kopparbergs län arkiv
Landskansliet
Inkomna skrivelser
Länsmannens i Hedemora distrikt arkiv
Handlingar angående vägar och broar

*Tryckta*

Lagtexter och författningar

Krogare- och gästgivareordning 1649. Kongl Majt:s Krogare- och Gästgifware Ordning, Stockholm 1649.

Gästgivareordning... 1734. Kongl Maj:ts Giästgifware-Ordning. Öfwersedd, förnyad och förbättrad wid Riksdagen uti Stockholm, Åhr 1734.

Förordning... 1790. Kongl Maj:ts Nådiga Förordning, Angående Allmänna wägarnes underhållande wintertiden. Gifwen Drottningholms Slott den 13 September 1790.

Kungörelse... 1818. Kongl Maj:ts och Rikets Kamar-Collegii Kungörelse, Angående Tiden för Wäglagning och Wägasyner. Gifwen Stockholms Slott den 4 Augusti 1818.

SFS 1841:38. Kongl Maj:ts Nådiga Instruktion, hwarefter den för allmänna wäg- och wattenbyggnader i nåder tillförordnade Styrelse har sig i underdånighet att rätta; Gifwen Stockholms Slott den 6 Augusti 1841.

SFS 1850:29. Kongl Maj:ts Nådiga Stadga, angående Fjerdingsmän; Gifwen Stockholms Slott den 1 Juni 1850.

SFS 1851:54. Kongl Maj:ts nådiga Skrifwelse till Styrelsen för allmänna Wäg- och Wattenbyggnader, angående organiserandet af en Wäg- och Wattenbyggnads-Corps. Stockholms Slott 22 December 1851. Kongl Maj:ts nådiga Reglemente för Wäg- och Wattenbyggnads-Corpsen; Gifwet Stockholms Slott den 22 December 1851.

SFS 1855:91. Kongl Maj:ts nådiga Instruktion för Kronofogdarne; Gifwen Stockholms Slott den 10 November 1855.

SFS 1855:92. Kongl Maj:ts nådiga Instruktion för Kronofogdarne; Gifwen Stockholms Slott den 10 November 1855.

*Bearbetningar*

Elgenstierna, G, 1926. Den introducerade svenska adelns ättartavlor, II. Stockholm.

Embetsberättelse... 1848–1850, 1853. Kongl Majt:s Befallningshafvande uti Westmanlands län till Kongl Maj:t i underdånighet afgifne Embets-berättelse för åren 1848–1850. Stockholm.

Erixon, S, 1935. Skultuna bruks historia, I:2. Stockholm.

Femårsberättelse... 1839–1843, 1844. Kongl Majt:s Befallningshafvande uti Westman-

lands län till Kongl Maj:t i underdånighet afgifne Femårs-berättelse för åren 1839–1843. Stockholm.
Forsgren, O, 1981. Berättelser om min lefnad. Efter en avskrift av manuskript från år 1851. Borlänge.
Garbotz, G, 1961. Baumaschinen im Wandel der Zeiten, i 60 Jahren Baumarkt. Düsseldorf.
Handlingar... 1840. Handlingar om en förbättrad Wäg eller Chaussée emellan Westerås och Fahlun. Stockholm.
Hildebrand, B, 1964–1966. Olof Forsgren, i Svenskt Biografiskt Lexikon (SBL) 16. Stockholm.
Jensen, M, 1969. Civil Engineering around 1700. With special reference to Equipment and Methods. Köpenhamn.
Krigsvetenskapsakademiens handlingar 1857. Andra Styresmannens anmälan om afgångne och tillkomne ledamöter å Högtidsdagen den 12 November 1856. Kongl Krigs Vetenskapsakademiens Handlingar år 1857.
Leupold, J, 1725. Theatrum Machinarium, oder: Schau-Platz der Heb-Zeuge, Walzenwerck. Wagen, Heb-laden, Haspel, Erdwinden, Kranische, Flaschenzügen, Räder- und Schrauben-Werck, Inventiones grosse Steine und Obeliscos fortzubringen und aufrichten etc. Leipzig (Facsimiltryck Hannover 1982).
Lindequist, G, 1904a. Vägar, i Kungl Väg- och vattenbyggnadskåren 1851–1901. Minnesskrift med anledning af Kårens femtioåriga tillvaro. Stockholm.
– 1904b. Öfversikt af ingeniörsväsendet och den tekniska undervisningen i Sverige före och efter 1851 samt af Väg- och Vattenbyggnadskårens verksamhet åren 1851–1901, i Kungl Väg- och vattenbyggnadskåren 1851–1901. Minnesskrift med anledning af Kårens femtioåriga tillvaro. Stockholm.
Lindgren, A M, 1863. Handbok i vägbyggnadskonst. Första afdelningen. Om vägar i allmänhet. Deras undersökning, byggnad och underhåll. Stockholm.
Lindgren, U, [1977]. Riksvägmästaren, i Föreningen Sveriges Vägmästare (FVS) 1927–1977. En minnesskrift. U o.
Lorichs, L L, 1932. Vägar och gästgivaregårdar i Västmanlands län. Västerås.
Moberg, H A:son, 1989. Jordbruksmekanisering i Sverige under tre sekler. Stockholm.
Modig, O, 1950. Anteckningar om allmänna Väg- och Vattenbyggnads-arbeten i Sverige, från 1840 till 1850. Stockholm.
Nerman, G, 1852. Handbok i civilingenjörsvetenskapen för tekniska läroanstalter, bergs- och byggnadsskolor, ingeniörer, byggmästare, – – – efter Mahan och Schubert. Öfversatt och försedd med åtskilliga tillägg. Stockholm.
– 1894. Minnestal öfver Kongl Väg- och vattenbyggnads-styrelsens två första chefer Axel Erik von Sydow och Otto Modig. Hållna i Väg- och vattenbyggnadsklubben. Stockholm.
Sahlbom, W, 1859–1862. Samling af väg- och vattenbyggnadsredskap, 1–3. Stockholm.
Schütz, F, 1978. Från fornborgar till flygfält. Ur anläggningsarbetenas historia i vårt land. Stockholm.
Smedberg, R, 1937. Sveriges första tekniska högskola (Marieberg 1842–69), i Kungliga Väg- och vattenbyggnadskåren 1851–1937. Stockholm.
Styffe, C G, 1856. Samling af instructioner rörande den civila förvaltningen i Sverige och Finland. Stockholm.
von Sydow, A E, 1842. Om nyttan af värvade, på militärisk fot organiserade Arbets-Corpser. Anförande i Kongl KrigsVetenskaps-Akademien den 29 januari 1842, ... vid dess inträde i Akademien, i Kongl Krigs Vetenskapsakademiens Handlingar år 1842. Stockholm.
– 1840. Publika arbetens nytta och nödvändighet. (Facsimilutgåva 1967 med Levnadsteckning över A E von Sydow och kommentarer till hans skrift av Torsten R Åström). Stockholm.
Wallin, S, 1938. Olof Forsgren. Bruksmannen och brobyggaren, i Svenska kulturbilder, Ny följd, bd 6, del 11–12. Stockholm.
Widegren, R, 1986a. Fortifikationsofficeren som väg- och vattenbyggare, i Fortifikationen 350 år. 1635–1985. Stockholm.
– 1968b. Militär och civil ingenjörsutbildning i Sverige under 1800-talet, i Fortifikationen 350 år. 1635–1985. Stockholm.
Wingborg, O, 1969–1983. Litteratur om Dalarna, 1–4. Uppsala.

## *Road maintenance and construction in the middle of the Nineteenth Century*


### Summary

In the Middle Ages and well into the present century, the obligation of keeping the highways passable rested primarily on the peasant farmers. In 1666 the State attempted to set up a central authority for road maintenance with the establishment of the post of Highway Master. It was held by Jacob Coswaij until 1686. Thereafter the whole matter was consigned to limbo.

Until the implementation of the Road Act of 1891, the accepted principle was that the landowner looked after the maintenance *in natura* of the section of the road for which he was responsible.

Checks to see these responsibilities were discharged, were already regulated in certain medieval provincial laws which stipulated *inter alia* that inspection should take place twice per year. This institution of inspection first entirely ceased in 1937.

The creation of a central authority for the highway system was taken up in a little publication which appeared in 1840: *Publika arbetens nytta och nödvändighet* [*The use and necessity of public works*] by Captain Axel Erik von Sydow. In it, he reviewed the different kinds of public works—principally roads—and recommended among other things public funds for road construction as well as the establishment of a central authority responsible for the highway system and other public works. The new authority—*Kungl Styrelsen för allmänna väg- och vattenbyggnader* [*the Royal Committee for Public Roads and Waterways*] was inaugurated on 6 August 1841. However at the beginning of the Nineteenth Century there had been various forerunners to the new authority.

One of the first road construction projects in which the authority was involved was the improvement or new construction of the road between Västerås and Falun in 1841.

The background to this project was to be found in a petition from the mine owners and merchants of the towns in Bergslagen to the King in Council in 1837, which drew attention to the poor state of the road and recommended the appointment of an engineer from Prussia to work out proposals for an improvement of the road. However no engineer was brought from Prussia. Instead the King in Council asked Lieutenant Colonel Israel af Ekenstam who had studied macadam roads while visiting Prussia, to investigate the possibilities for building a "causeway" between Västerås and Falun.

af Ekenstam worked out a detailed plan, including a calculation of the costs involved. The various documents relating to this road construction project contain a great deal of technical information about the technology then in use in road construction. Among his recommendations was a proposal that the whole highway should be paved in stone partly through "macadamising" and partly through requiring that certain bits should have a so-called "rail-causeway" i.e. stone paved rows for carriage wheels. The material used in the macadam road was made up of beaten stone which was pressed down in the road by means of a roller, made of pig iron from the Dormsjö Works in Dalarna. This must be one of the first Swedish attempts with a road roller. In contemporary Swedish literature on the subject it is noted that road rollers were used in France while their use in Sweden came later. However Jacob Leupold in 1727 already had an illustration of a road roller although it apparently did not give rise to any direct imitations. In addition, the various methods of work are described as well as how the stone, gravel and gravel riddles should be chosen.

The "causeway" was never built. However a grant of 15 000 Riksdaler was allocated to be divided equally between the counties of Västmanland and Kopparberg for a general improvement of the road between Västerås and Falun. Teams to lead the work were appointed in both counties and simplified plans for the improvement of the road were drawn up.

In the plan drawn up by Västmanland, it was firmly held that certain stretches should be paved in stone. The stone was to be laid in the middle of the carriageway to a depth of around 15 cm. The stones used were to be smooth and to "vary between the size of a goose egg and a dove's egg".

When there was a bad harvest in 1845, the King in Council approved further grants as assistance to the needy. In 1846 over 1 000 of those in distress were employed in gathering and crushing suitable stones. In 1850, the whole project was completed. As a result stone had been laid in 15 different places, forming a total length of around 5.3 km.

The general verdict on the road was that it had been greatly improved. In order to retain a firm and hard road, von Sydow advocated the appointment of road supervisors as was the custom in other countries for the maintenance of macadamised roads. These would be assigned to determinate road sections which would then be maintained regularly.

If such a system had been adopted, road maintenance would have been radically altered. Given von Sydow's success both before and after this, one wonders what would have happened with road maintenance if he had pursued this question more actively.

# Sveriges vägbroar

## Återblick – Nuläge – Utblick

*Av Werner von Olnhausen*

### Återblick

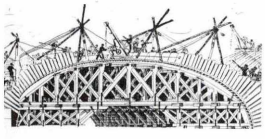
Broarna är viktiga, relativt dyrbara och tyvärr också något ömtåliga delar av vårt vägsystem. De bestämmer i många fall framkomligheten med avseende på bredd, höjd och radier och är ofta avgörande för bärigheten, eftersom vägfordonens storlek och tyngd har utvecklats så, att framför allt det äldre brobeståndets bärförmåga har blivit otillräcklig.

Med anledning av Vägverkets 150-årsjubileum kan det därför vara av intresse att skärskåda Sveriges vägbroar förr, nu och i framtiden och att klarlägga deras betydelse för vägarna. Med bro avses härvid ett byggnadsverk som överför en väg över en fri öppning med minst 3,0 m spännvidd i något spann.

Brobyggnadsbehov är i första hand beroende av geografin och av trafikflöden i ett land. Sveriges storlek och glesa befolkning har medfört att de många väst–östorienterade älvarna på landsbygden i äldre tider har passerats på vadställen eller medelst färjor samt under vintertid på isen. Broar har endast varit lönsamma i större tätorter.

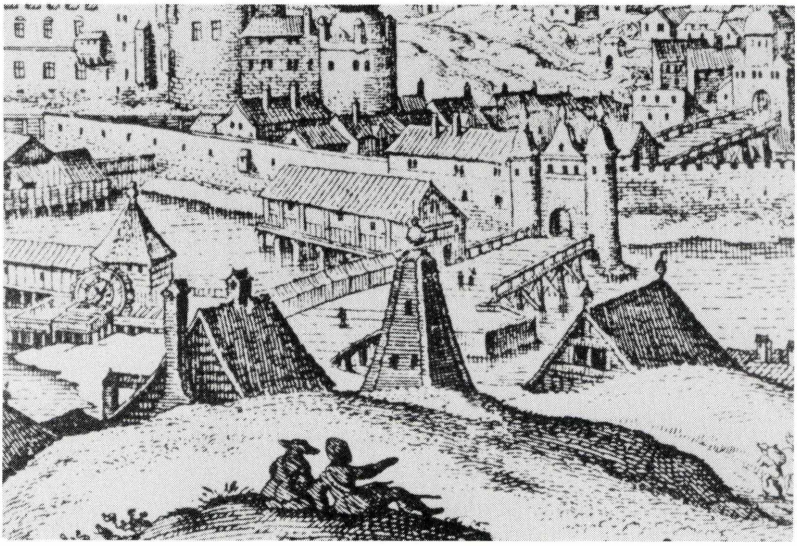
*Träbroar*

Som byggnadsmaterial har vanligen använts trä, vilket har utnyttjats för såväl farbanan och den bärande konstruktionen i överbyggnaden som också till stöden i underbyggnaden i form av pålroster, stenkistor eller rustbäddar. Bron mellan Stadsholmen och Norrmalm i Stockholm före slottsbranden 1697 och omdaningen av gamla staden må utgöra ett exempel (bild 1). Merparten av de gamla träbroarna har inte kunnat bevaras utan träets naturliga förruttnelse, stora vattenflöden eller isgång har förstört dem. En mycket fin träbro av gammalt slag från 1737 med stenpelare finns dock kvar i Skellefteå (bild 2), där den numera tjänstgör som gångbro och för mindre bilar. För moderna trafikanspråk är trä inte tillräckligt. I dag finns inte en enda bro med bärande huvudkonstruktion av trä under tung trafik inom Vägverket.

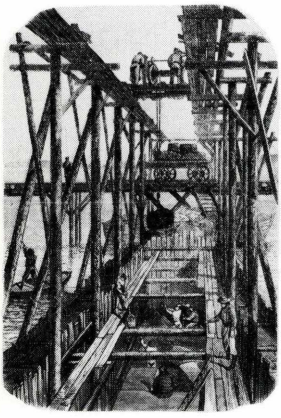


*Stenbroar*

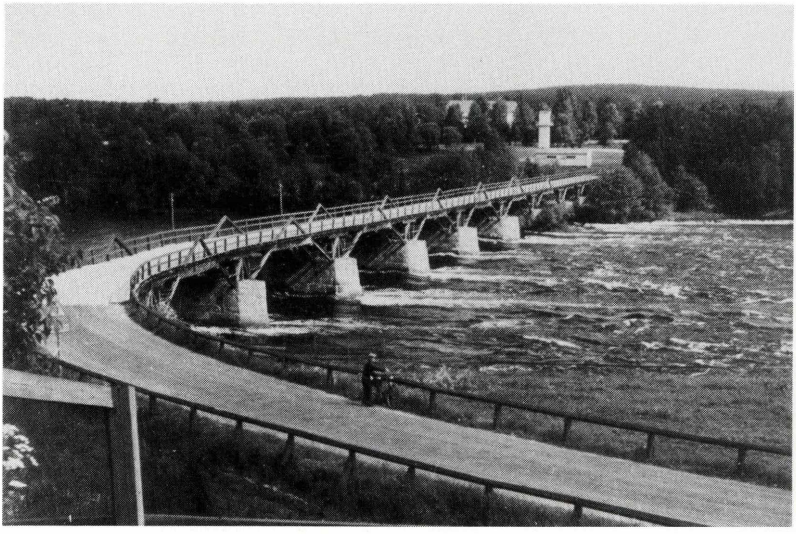
Under stormaktstiden uppfördes en lång rad av nya stadskärnor, slott och monumentalbyggnader av sten. I Stockholm byggdes under Gustav III's tid bl a Norrbro (bild 3), som ännu i dag vid ca 200 års ålder



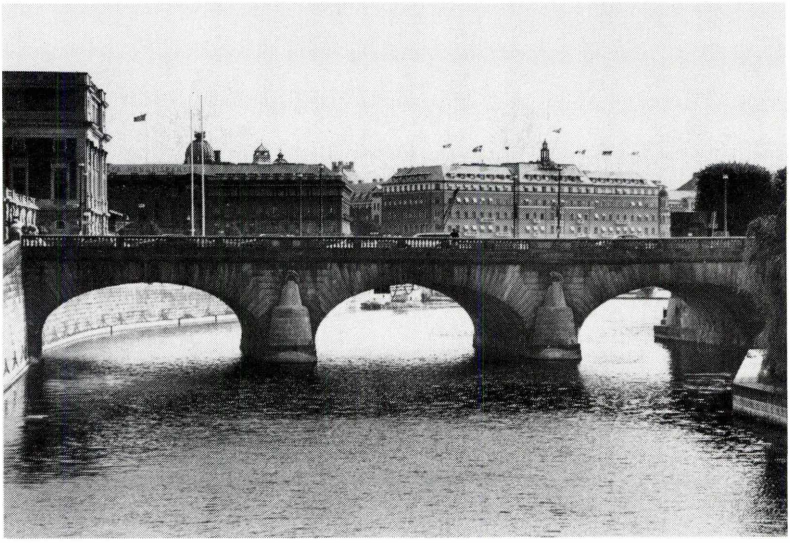
1. Träbroar mellan Norrmalm och Stadsholmen i Stockholm före slottsbranden 1697.



är i utmärkt skick och tillräcklig för dagens trafiklaster. Dessutom utgör den ett skolexempel på god arkitektur och estetisk utformning. Ungefär 1750 skapades de välkända valvbroarna i Karlstad och i Falkenberg. Även dessa är fortfarande i gott skick. Konsten att bygga stenvalv är i och för sig mycket gammal, minst 3 000 år, och upplevde en blomstringstid redan under romarrikets glansdagar samt senare under medeltiden i hela Europa och främre Asien. Valven användes i



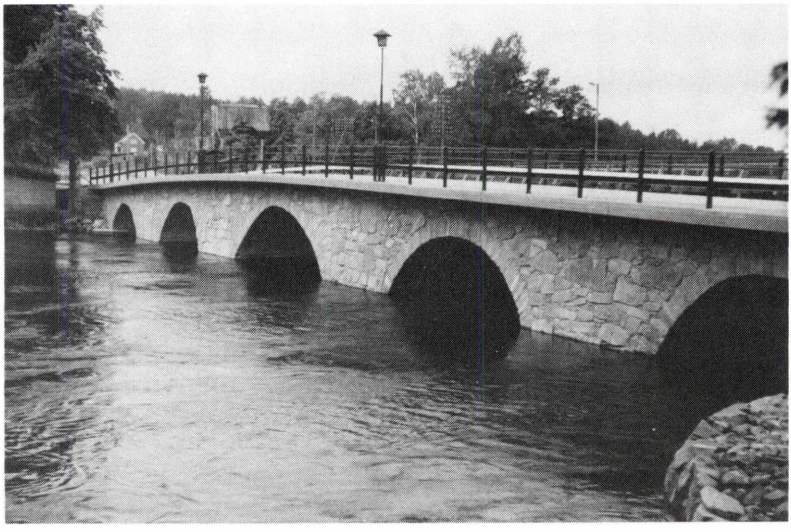
2. Lejonströmska bron i Skellefteå, byggd 1737. Foto Vägverket.



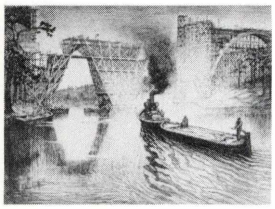
3. Norrbron i Stockholm, byggd 1784. Foto Kay Danielson, TM.

första hand i byggnader med större spännvidder. När stenhus började bli vanliga i Sverige under 1700-talet var valvtekniken därför välkänd hos de lokala byggmästarna, vilka ofta också fick kommunernas uppdrag att uppföra broarna.

Många stenvalvbroar byggdes även på landsbygden, i många fall som ersättning för de riskfyllda gamla träbroarna över vattendrag. Valvbroarna blev en vanlig brotyp i Sverige under 1800-talet, den

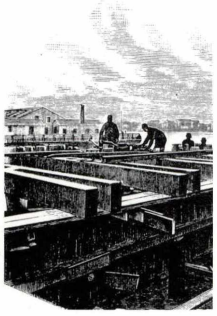


4. Bro över Upperudsälven vid Köpmannebro. Foto Vägverket.



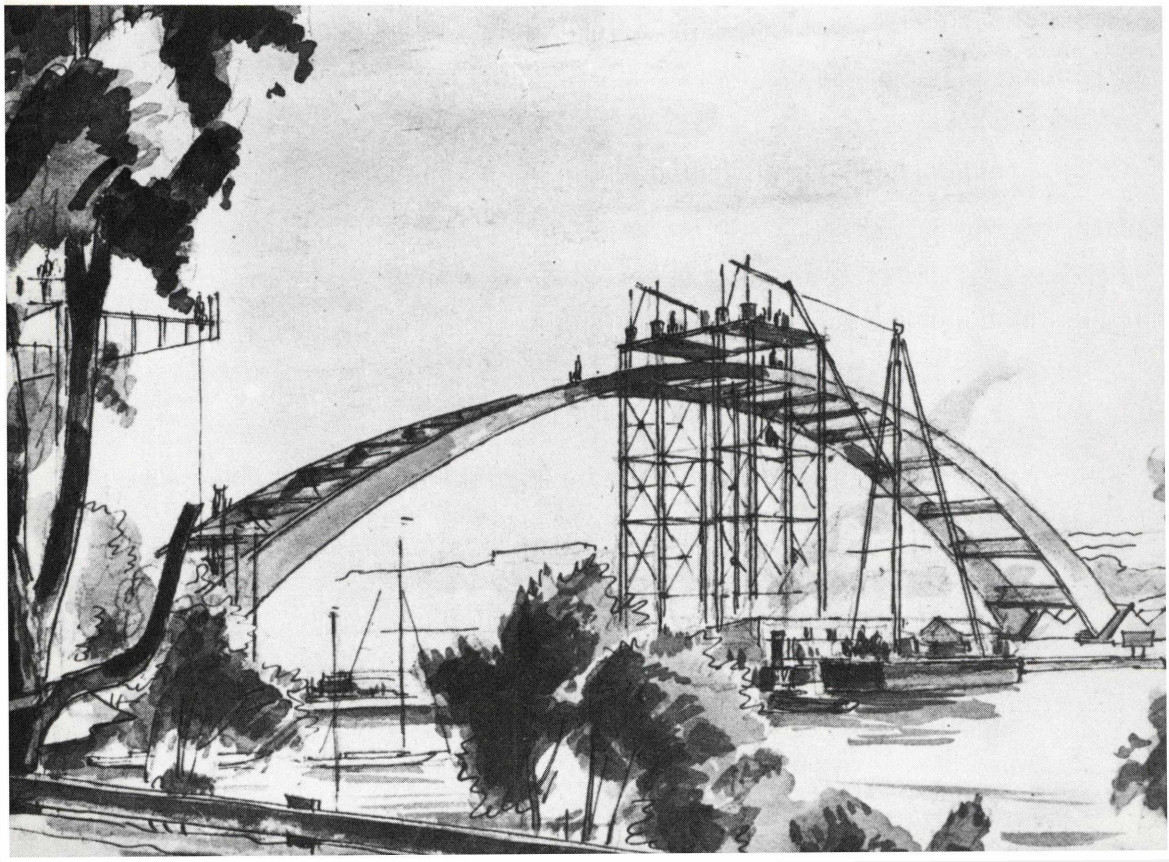
senaste byggdes år 1935. Ca 600 av dessa är ännu i trafik, ibland efter kompletterande förstärkningar och breddningar. Vägverket gör sitt yttersta för att bevara de befintliga valvbroarna, som är ett vackert, relativt bärkraftigt och beständigt inslag i brobeståndet. Bild 4 visar en sanerad gammal valvbro, som har förstärkts med inre betongvalv och sidomurar samt breddats med en utkragande betongfarbana.

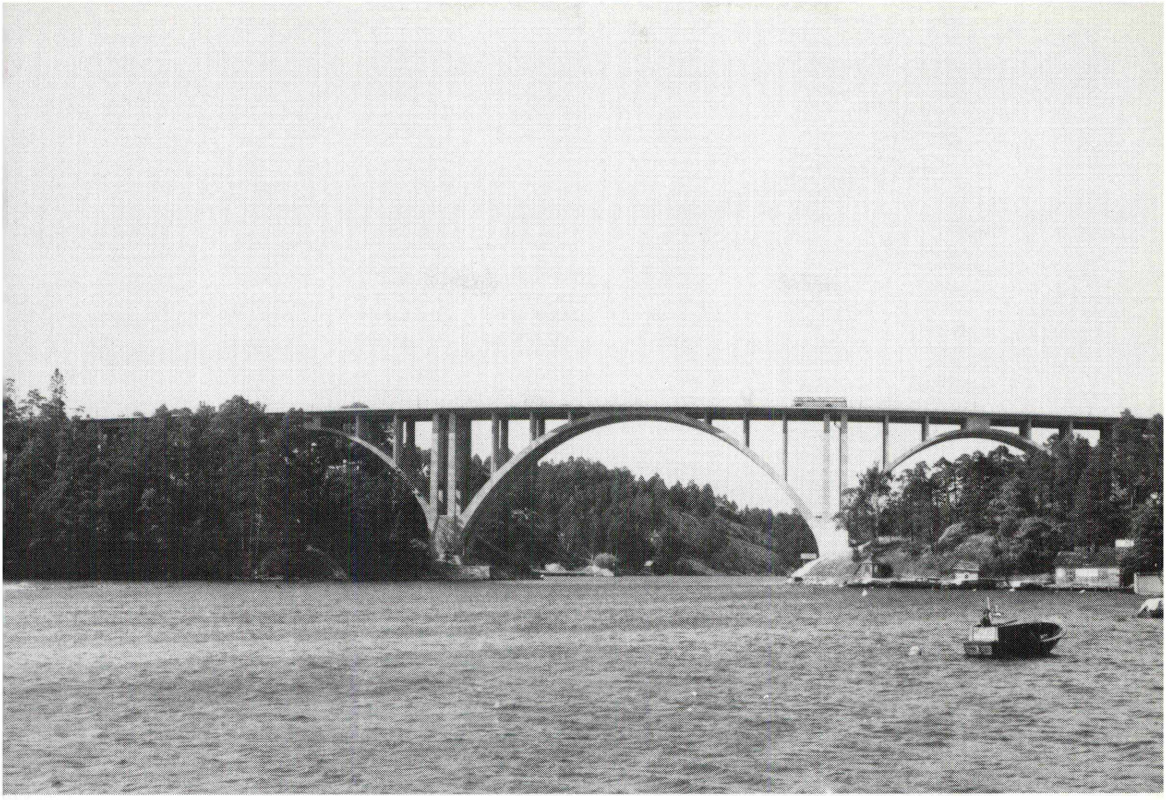
*Stålbroar*



Under senare delen av 1800-talet utvecklades moderna metoder för stålframställning (Bessemer-, Thomasstål) samt gjordes stora framsteg vid produktion av valsade stålprodukter. Detta medförde att stål under en period från ca 1850 till ca 1930 blev det dominerande brobyggnadsmaterialet. Under denna tid skedde i huvudsak också utbyggnaden av järnvägen i Sverige. Totalt uppfördes då omkring 5 000 stålbroar för väg och järnväg. Som exempel må nämnas Västerbron i Stockholm med 204 + 168 m spännvidd (bild 5), som är en bågbro med nitade förband. Farbanekonstruktionen har dock utförts helsvetsad av stål i kvalitet St 52, vilket var ett pionjärarbete vid den aktuella tidpunkten (1932–34). Svetstekniken har sedan vidareutvecklats ytterligare och är i dag den givna sammanfogningstekniken för stålbroar.

5. Västerbron i Stockholm under byggnad. Lavering av Codde (Birger Borgström) 1933. Stockholms stadsmuseum.



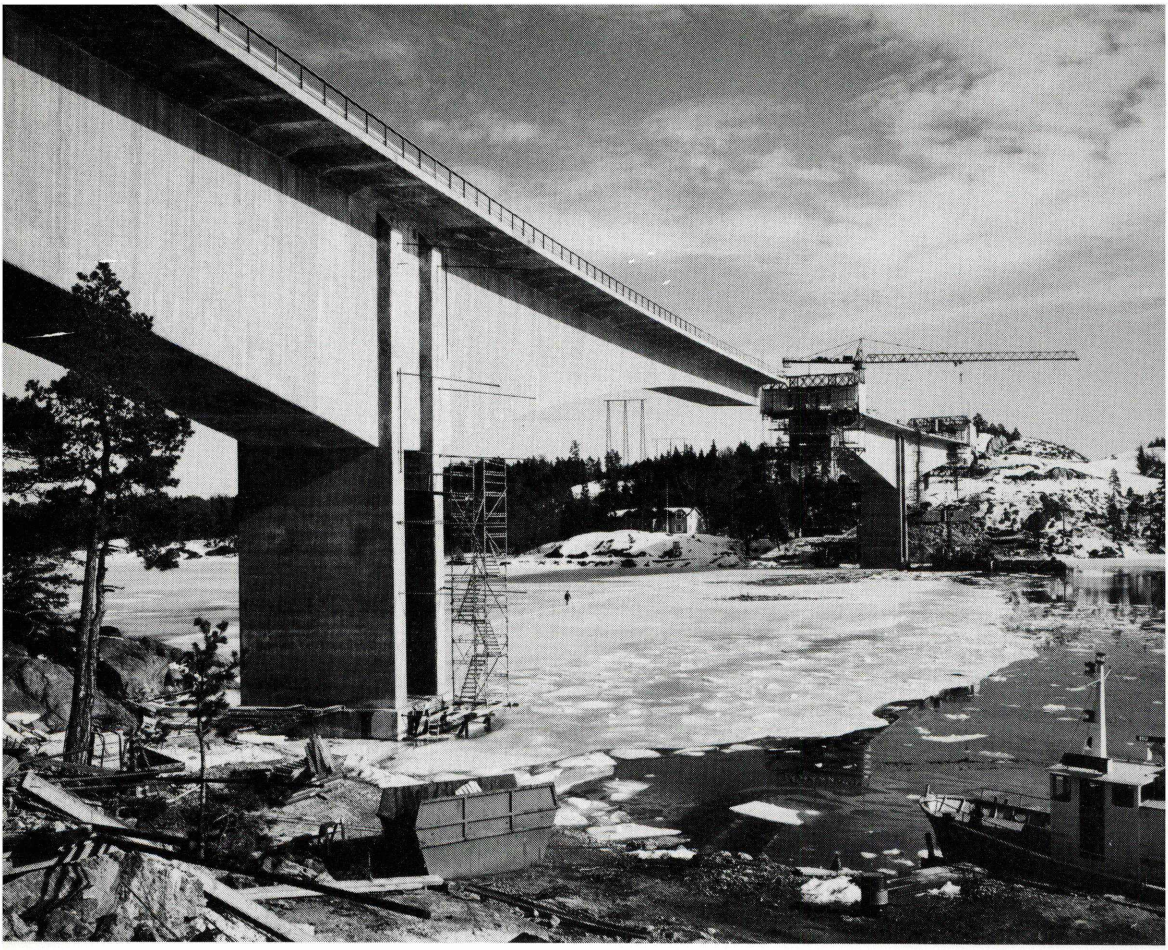


6. Skurubron utanför Stockholm, byggd 1915. Foto Vägverket.

## *Betongbroar*

I slutet av 1800-talet började ett nytt byggnadsmaterial, cementbetong, uppträda som konkurrent till stål. Betongen, som inte har någon nämnvärd draghållfasthet, användes till att börja med som ett billigare alternativ till stenvalv, dvs till konstruktioner vilka i stort sett överför lasterna genom tryckkrafter. Betongens möjligheter förbättrades emellertid avsevärt när man hade lärt sig att komplettera den med en armering av stål, vilken efter uppsprickning av betongen övertar dragkrafter i konstruktionen. Skurubron, en stor armerad betongkonstruktion i form av en bågbro med 54 + 78 + 54 m spännvidd, utfördes 1914–15 (bild 6). Den är, efter ombyggnad av den sekundära balkkonstruktionen, ännu i dag i trafik som motorvägsbro.

Under 1920-talet infördes tanken att förspänna armerade balkar genom att förlägga armeringen löst i rör och spänna den efter betongens hårdnande med förankring i ändarna av balken. Rören injekteras sedan med cementbruk. Betongen får således en primär tryckspänning och kan då upptaga dragspänningar av yttre last utan att spricka. Principen kallas spännbetongteknik och har medfört att även mycket stora spännvidder har blivit tillgängliga för betongen. Störst i Sverige är hittills en balkbro med 200 m spännvidd (bild 7). I praktiken har betongen numera blivit det dominerande brobyggnadsmaterialet, se



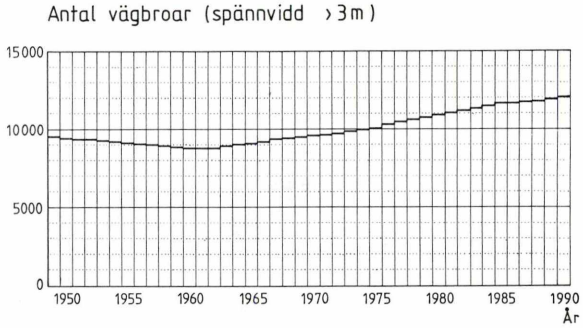
7. Bro över Farstasund vid Gustavsberg, byggd 1985. Foto Skanska.

bild 8, med en marknadsandel av ca 80 % av brobeståndet och över 90 % av nyproduktionen räknat i antal broar. Först i slutet av 1980-talet kan spåras en viss återhämtning av stålbrobyggandet.

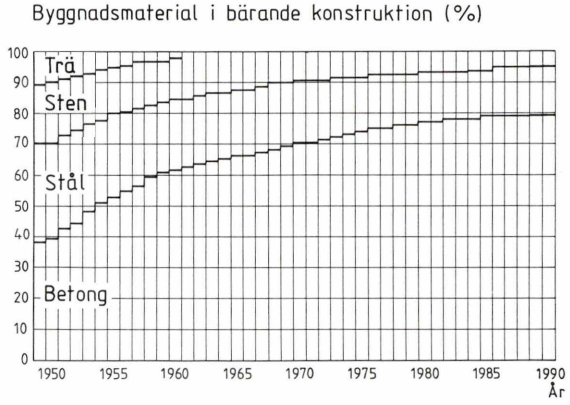
## *Brobyggnad i dag*

Vägväsendet förstatligades i Sverige 1944. I anslutning därtill började man tillskapa enhetliga regler för brobyggnad, belastningskrav, konstruktion, utförande, inspektion, underhåll, dokumentation, arkivering m m. Bild 8 visar brobeståndets utveckling samt materialet i överbyggnaden sedan 1949.

Under 1950-talet sjönk broantalet med nästan 900 st. Detta beror framför allt på att ett stort antal äldre broar ersattes med trummor av korrugerat och galvaniserat stål, en enkel brotyp som har god bärighet, även om livslängden är begränsad. I många fall ersattes en bro med flera sådana trummor bredvid varandra. Om spännvidden av



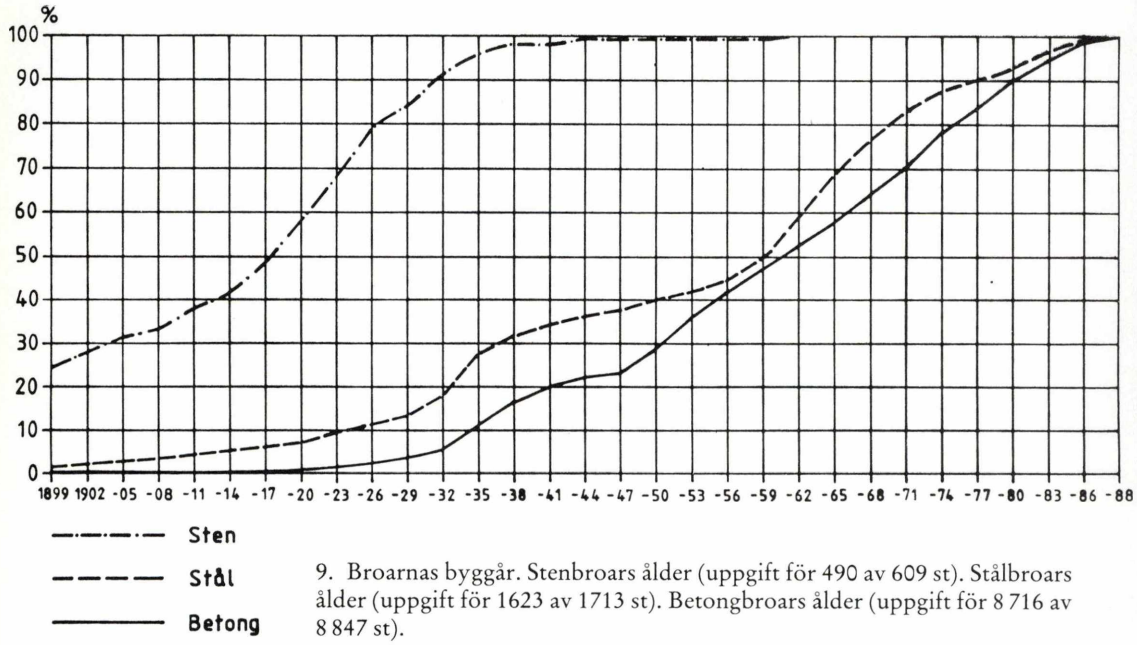

8. Broantal och material.




trummorna då blev mindre än 3 m försvann konstruktionen ur broregistret, eftersom den inte längre motsvarade begreppet "bro". Sedan början av 1960-talet har brobeståndet ökat från totalt ca 9 000 till nu ca 12 000 st, dvs med 3 000 st under en 30-årsperiod eller ca 100 st per år. Denna ökning utgör den egentliga nyinvesteringen inom broområdet, som utförs vid anläggning av nya motorvägar, planfria korsningar för vägar och järnvägar, nya trafikplatser m m, och som sker utan att väglängden (ca 100 000 km förvaltas av Vägverket) totalt sett ökar. Flertalet byggnadsåtgärder är avsedda att förbättra vägarna och broarna med hänsyn till säkerhet, framkomlighet, bärighet m m, eller att avlasta tätorterna från genomfartstrafik.

Utöver de egentliga nyinvesteringarna erfordras ett stort antal av reinvesteringar eftersom broarna, särskilt vid dagens hårda och tunga trafik, vinterväghållning med bl a användning av vägsalt, och med hänsyn till sin geometri och bärkapacitet slits ut eller blir omoderna så att de måste ersättas med nya broar eller byggas om. En viktig faktor är därvid broarnas ålder, som visas i bild 9, uppdelat i sten-, stål- och betongbroar.

Enligt Vägverkets erfarenhet är broarnas medellivslängd f n ca 60–70 år. Om man eftersträvar att vidmakthålla brobeståndet måste




9. Broarnas byggår. Stenbroars ålder (uppgift för 490 av 609 st). Stålbroars ålder (uppgift för 1623 av 1713 st). Betongbroars ålder (uppgift för 8 716 av 8 847 st).

man således på sikt räkna med en årlig reinvesteringsvolym av ca 1,5 % av broantalet, dvs upp till 180 broar/år. Anslagsmedlen räcker inte för att täcka ett sådant stort behov. Man måste därför tillse att livslängden ökas genom omsorgsfulla reparationer och underhållsåtgärder samt genom byggande med hög kvalitet och väl tilltagna dimensioner och dimensioneringslaster. Målet är i dag en livslängd av minst 100 år, vilket kan sänka den årliga reinvesteringsvolymen till ca 1 %. Vi tror att detta mål kan uppnås av broarna (ca 5 000 st) som är byggda efter 1965. Detta år införde Vägverket nya hårda kvalitetskrav som var avsedda framför allt att öka beständigheten. Hög betongkvalitet med hög salt-frostmotstånd fordras, farbaneytan skall skyddas med högvärdig isolering och beläggning, alla ytor skall dräneras väl, friliggande betongytor skall impregneras, stålytor skall förses med zinköverdrag och/eller förstklassig målning m m.

*Bärighet*

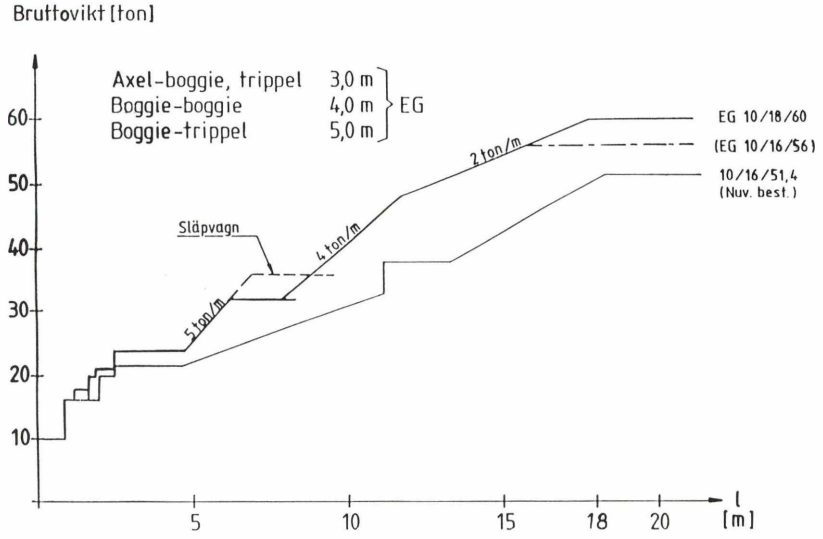
Redan 1947 infördes nya dimensioneringslaster för broar. De äldre broarnas lastkrav motsvarade inte alls de moderna trafiklasterna med ständigt ökande fordonsstorlekar och -frekvenser. Bild 10 redovisar dimensioneringslasternas förändring sedan 1931. Dimensioneringslasten måste jämföras med de enligt vägtrafikförordningen tillåtna lasterna. Dessa framgår för den senaste tiden av bild 11. Sista steget utgörs av den, genom ett särskilt investeringsprogram, 1988 påbörjade anpassningen till EG-lastkrav, vilka innebär att fordonen blir mera kompakta med större bruttovikter på kortare längd samt även höjda boggilaster, som framgår av skillnaden mellan kurvorna för 10/

| Byggnadsår | Beräkningsmässig trafiklast, kN | | |
|---|---|---|---|
| | Axeltyngd | Boggityngd | Bruttovikt |
| Före 1931 | 20–60 | [1] | 40–120 |
| 1931–37 | 28–75 | [1] | 36–100 |
| 1937–44 | 45–80 | 100 | 70–150 |
| 1944–77 | 196[2] | [1] | 330–650 |
| 1977–88 | 210[2] | 420[2] [3] | ca 720[2] |
| 1988– | 210[2] | 420[2] [4] | ca 720[2] |

1) Boggityngd inaktuell. 2) Inkl dynamiskt tillskott. 3) Axelavstånd i boggin 2,5 m.
4) Axelavstånd i boggin 1,5 m.

10. Dimensioneringslast för broar under olika tidsperioder.

16/51,4 (infördes 1972) resp 10/18/60 ton (skall införas 1995). Siffrorna anger tillåten axellast, boggilast och bruttovikt vid vissa fordonslängder. Lastökningen uppgår för medelstora längder (~10 m) till ca 40 %. Alla broar som är dimensionerade för 1947 års dimensioneringslast klarar de nya lastkraven, de äldre broarna (ca 3 000 st) endast i undantagsfall (om de är byggda med stora marginaler). Laster över 48 t för långa fordon gäller endast för Sverige och har valts huvudsakligen med hänsyn till skogsvirkesfordon.



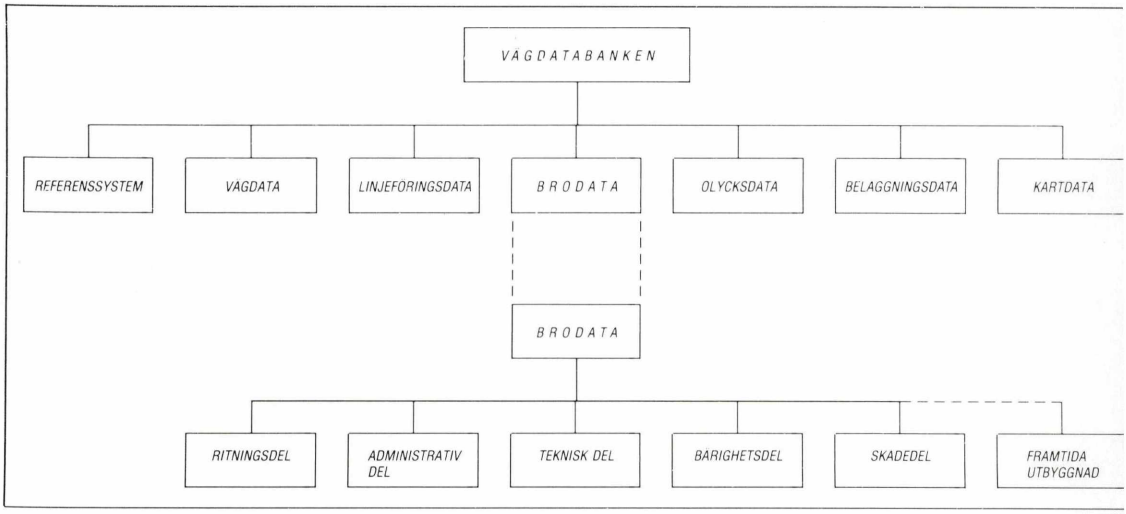

11. Tillåtna fordonslaster enligt VTF 1995.

*Tillstånd* Av stor betydelse för broarnas goda funktion är deras tillstånd. Tunga, ofta återkommande laster, miljöfaktorer som surt regn, avgaser, koldioxid, strömmande eller inträngande vatten, temperaturväxlingar, frost, vägsalt eller havsvatten, sprickor i betongen, korrosion av stålkonstruktioner och armeringar, påkörningar, svängningar, vibrationer och annan påverkan bryter ned materialet i de bärande konstruktionerna, vanligen stål och betong, så att den ursprungliga kvaliteten försämras. Nedbrytningen kan förhindras eller bromsas på samma sätt som livslängden kan ökas (se ovan) medelst val av hög kvalitet i material och utförande samt genom noggrant förebyggande underhåll och i tid utförda reparationer.

Underlaget för Vägverkets underhålls- och reparationsverksamhet är periodiska inspektioner av samtliga broar. En ytlig visuell inspektion sker minst en gång per år, vart tredje år utförs en grundligare allmän inspektion av specialutbildade fackmän och vart sjätte år en huvudinspektion, som kan kräva relativt stora insatser av materiel och utrustning, eftersom den skall ske "handnära och under dagsljusliknande förhållanden" samt med användning av vissa tester och mätinstrument. I många fall nyttjas mobila inspektionsvagnar för ändamålet. Maskinerier till rörliga broar inspekteras minst vartannat år.

Upptäckta felaktigheter eller skador klassificeras efter en riksenhetlig skadelikare och erforderliga åtgärder anges i flera alternativ inklusive en angelägenhetsgrad, t ex åtgärd behövs omedelbart, inom tre år eller inom 10 år. Resultaten sammanställs för varje vägförvaltning och hela riket i Vägverkets brodatabank, vilken förutom tillståndsdata också innehåller de viktigaste uppgifterna avseende broarnas geometri, läge, bärighet, ålder, ritningar och konstruktiva utförande.

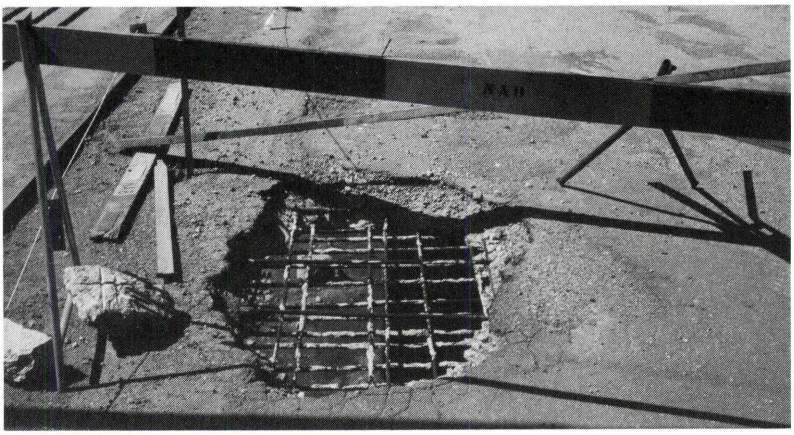
12. Vägverkets BMS.



Efter kompletterande utredningar och ekonomiska överväganden införs även planeringsdata i brodatabanken, vilket resulterar i ett fullständigt system för beskrivning och underhåll av hela brobeståndet, ett s k "Bridge Management System" (BMS). Bild 12 visar Vägverkets BMS schematiskt. Planeringsdelen är ännu inte färdigställd, övriga delar är i funktion inom hela verket.

Liknande system tas fram över hela världen. Utvecklingen drivs på av USA, där man under många år har försummat brounderhållet och numera står inför en gigantisk rehabiliteringsuppgift. Ca två tredjedelar av det amerikanska brobeståndet på ca 600 000 broar kräver omedelbara åtgärder. Kostnaden härför uppgår till ca 5 à 10 Mrd $ årligen under en lång tidsperiod. I Sverige har man redan på 1940-talet arbetat med regelbundna inspektioner och med manuella underhållssystem. Införandet av vägsalt i vinterväghållningen på 50-talet och den allt tyngre trafiken har medfört en snabbt ökande förslitning, som inte omedelbart ledde till motsvarande ökning av underhållet, eftersom skadorna, framför allt i brobaneplattornas betong, delvis är dolda under beläggningen. En viss eftersläpning har därför uppkommit även i Sverige, vilket medförde ett antal genomkörningar av brobaneplattorna i slutet av 70-talet. Ett exempel visas i bild 13. Ingen av dessa genomkörningar har haft katastrofala följder då fordonen alltid hålls upp av den hängmatta som utgörs av plattans armering.

Vägverket har genomfört en stor undersökning av brobaneplattorna i alla äldre broar uppförda före 1965 (ca 7 000 st), varvid inte endast en okulärbesiktning utan också friläggning av betongöverytan under beläggningen samt utborrning av betongkärnor har utförts. Det fastställdes att omkring 2 000 av dessa broar hade skador på fuktisoleringarna och ca 700 st också begynnande betongskador. Dessa skador kan anses utgöra en eftersläpning av underhållet på de svenska vägbroarna vars avhjälpande kostar ca 1 Mrd svenska kronor, vilket



13. Skadad brobaneplatta. Foto Vägverket.

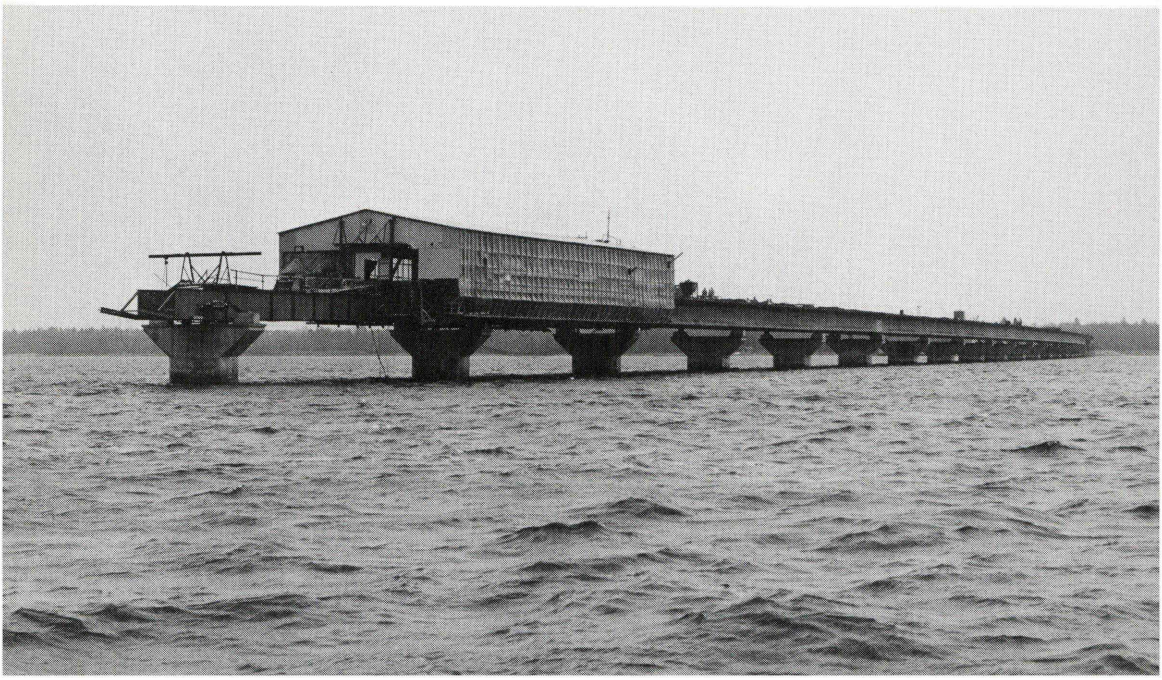
motsvarar ca 3 % av broarnas återanskaffningsvärde. Beloppet är stort men ingalunda katastrofalt. En stor del av eftersläpningen kommer också att tas igen genom ovannämnda bärighetspaket, som omfattar samma äldre broar som eftersläpningen. Viktigt är emellertid att den stora specialundersökningen av brobaneplattorna har givit en mycket betydelsefull komplettering av broarnas tillståndsbild och underlag för Vägverkets BMS. Enligt BMS-systemet har nyligen kunnat konstateras att underhålls- och reparationsbehovet för halva brobeståndet (som hittills inordnats i systemet) under närmaste treårsperioden uppgår till ca 125 milj kr/år, för hela brobeståndet kan man således räkna med 250 milj kr/år eller 0,8 % av återanskaffningsvärdet.

*Maskininsats, ställningar*

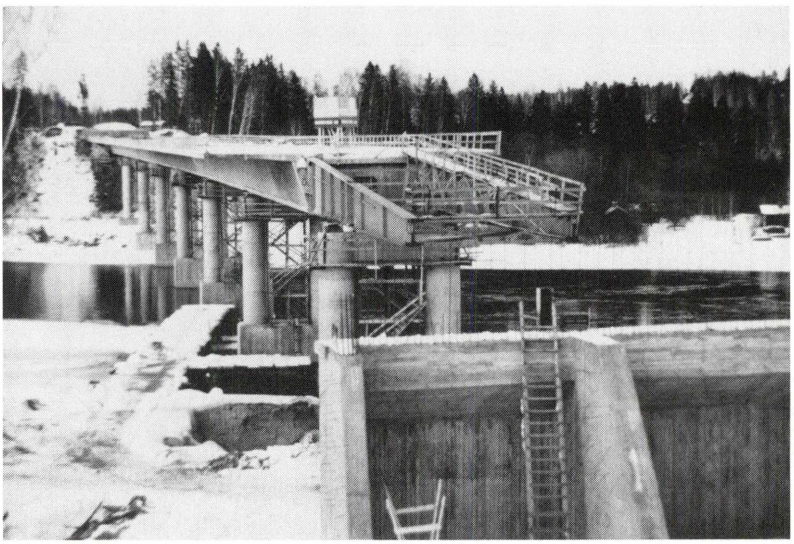
Historiskt har brobyggnadstekniken framför allt varit beroende av utvecklingen på materialsidan. Den moderna tekniken orienteras i högre grad av behovet av mera ekonomiska, rationella och kostnadseffektiva konstruktioner. Då arbetskostnadsandelen för broar i dag uppgår till 60 à 70 % av totalkostnaden är det av mindre intresse att spara material, utvecklingsinsatsen koncentreras i stället på arbetskostnaderna. Genom ökad användning av maskiner görs byggnadsarbetet lättare och med mindre personal. Tunga transporter på arbetsplatsen utförs med hjälp av truckar, kranar, domkrafter, linspel. Form och ställningar består av monteringssatser, färdiga luckor, lätta bockryggar av aluminium, stämptorn.

För framställning av överbyggnader av betong och spännbetong används även för stora spännvidder åkbara ställningsvagnar (bild 14)

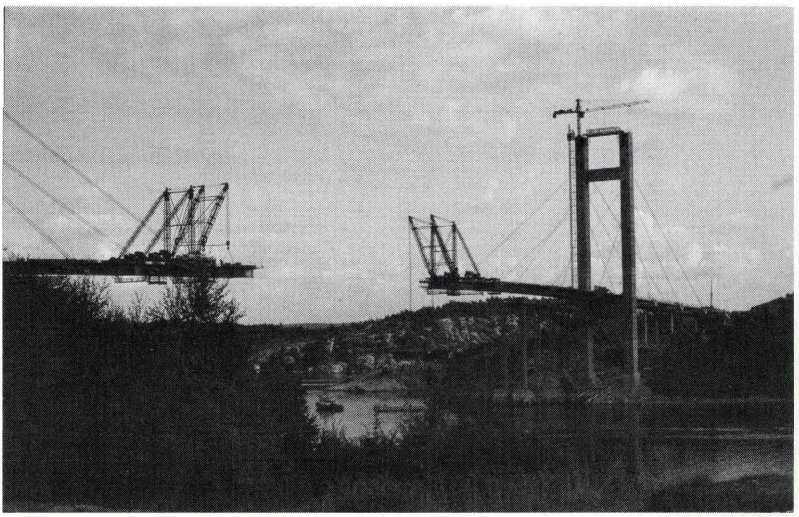
14. Betongbrobyggnad med ställningsvagn. Ölandsbron 1970. Foto Skanska.



15. Avsnittsvis Konsolutbyggnad. Ölandsbron 1970. Foto Skanska.



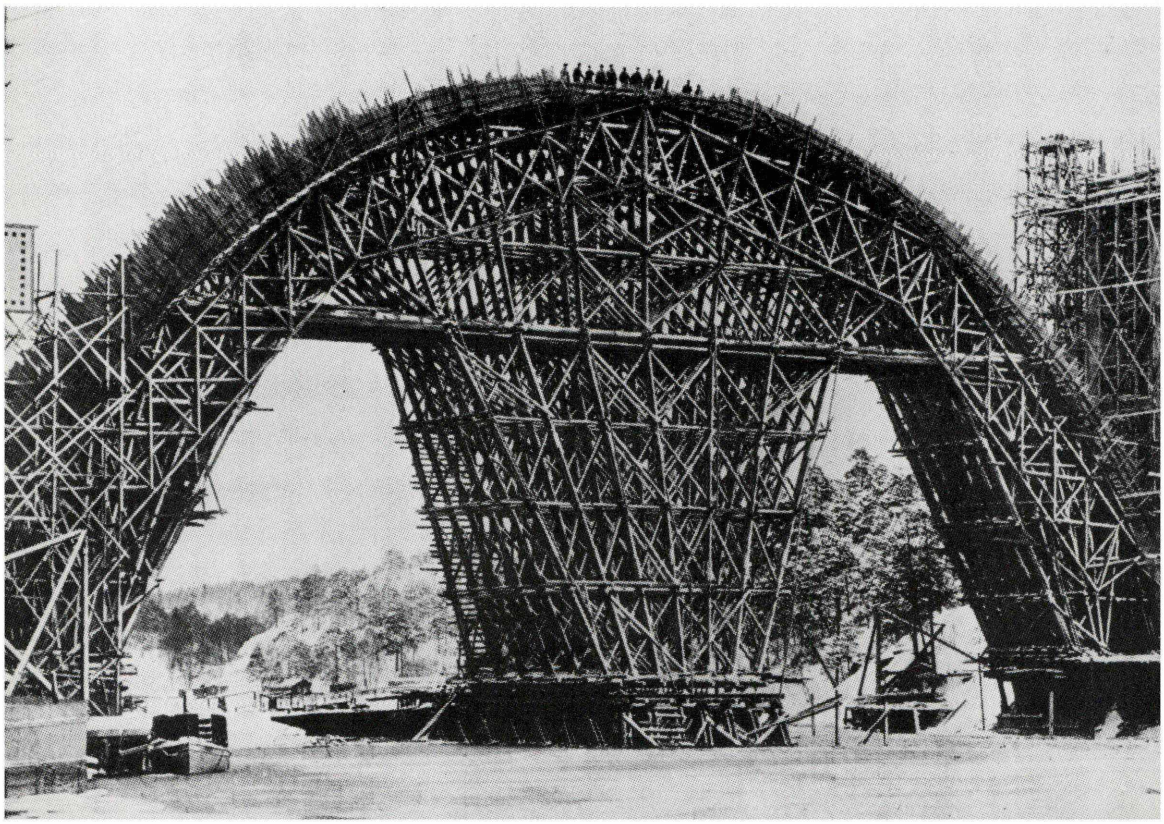
16. Lansering av hel betongbro. Avesta 1968. Foto Nya Asfalt AB.

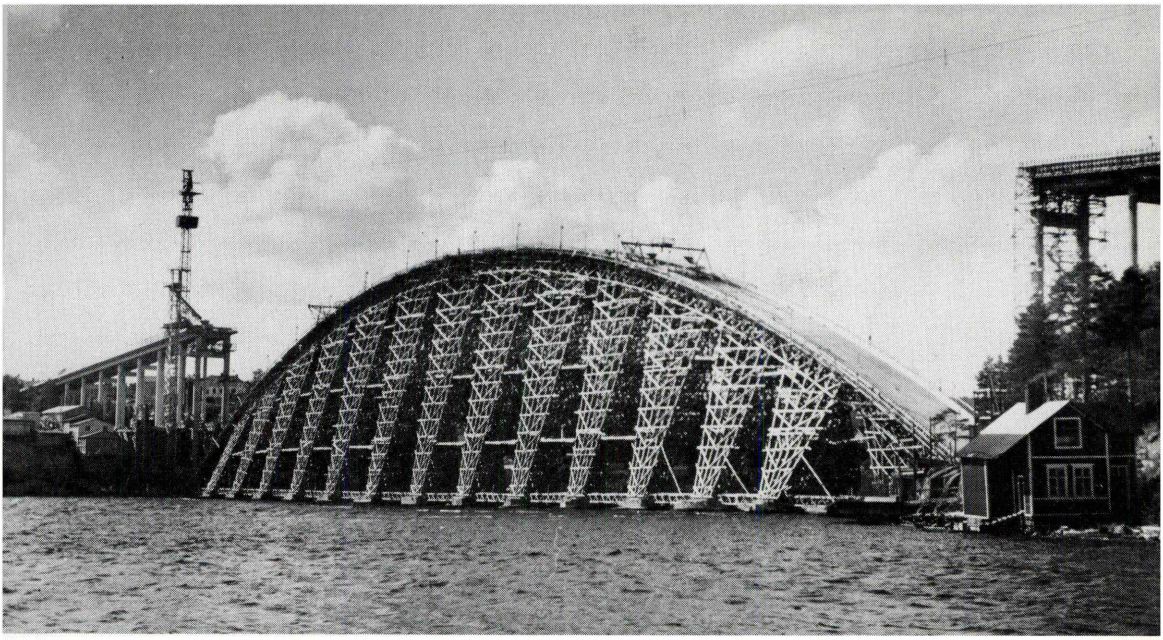


17. Frisvävande utbyggnad av Tjörnbron 1981, spännvidd 366 m. Foto W v Olnhausen.

eller kragkonstruktioner (bild 15). Ibland lanseras hela överbyggnaden efter montaget på land i längsriktning ut över pelarna, en teknik som numera kan tillämpas för både stål- och betongbroar (bild 16). Linuppstyvade balkkonstruktioner monteras frisvävande över myc-

18. Timrad ställning för Skurubron omkring 1914. Foto TM.





19. Timrad ställning på pålar för Sandöbron, 1942. Foto Skanska.

ket stora spann (bild 17). De moderna ställningsprinciperna bör jämföras med äldre tiders timrade ställningsbyggen, t ex för Skurubron och Sandöbron (bild 18 och 19), som krävde mycket höga arbetsinsatser.

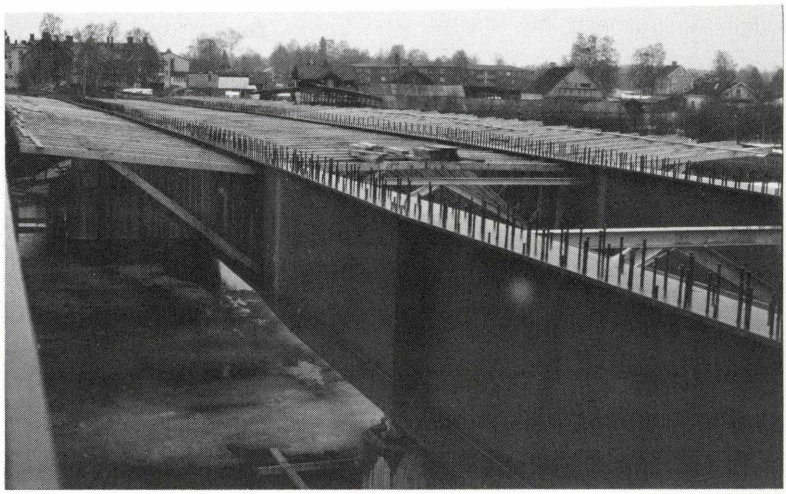
*Betong*

Betongen tillverkas i ortsfasta fabriker, transporteras i stora roterbilar och fördelas på arbetsplatsen medelst pumpar i höjdled och horisontellt över stora avstånd. Komprimeringen av betongen utfördes ännu på 1930-talet genom stampning, nu sker den alltid med stavvibratorer och form- eller ytvibratorer. Tillsatsmedel förbättrar betongens kvalitet och underlättar bearbetningen. Betonghållfastheter av upp till 100 MPa börjar användas.

Armeringen levereras färdigklippt och bockad, ibland också som förtillverkade korgar, till broplatsen. Spännarmeringen "pushas" på arbetsplatsen in i höljrören som vid montaget är tomma och lätthanterliga.

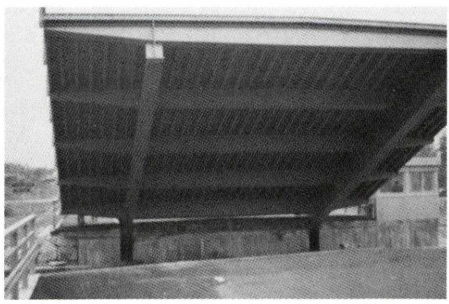
*Stålkonstruktioner*

Stålkonstruktioner, som fram till 1940-talet var övervägande nitade, svetsas numera oftast, även vad avser montageskarvar. Utnyttjande av samverkan mellan betongfarbana och stålbalkar (bild 20) har blivit regel sedan brännsvetsade bultar, s k "studs", har införts som samverkanselement. "Studsen" svetsas med hög strömstyrka under bråkdelen av en sekund, medan äldre kälsvetsade dymlingar krävde flera timmars arbete. Den helsvetsade "ortogonal-anisotropa" brobaneplattan av stål (bild 21) samverkar helt med brons huvudkonstruktion och möjliggör mycket stora spännvidder genom sin lätta vikt.

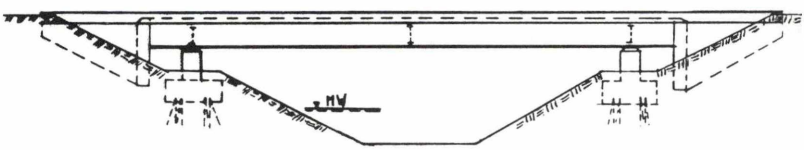


20. Stålbalkbro med samverkande betongfarbana. Koppling medelst "studs". Malung 1987. Foto W v Olnhausen.

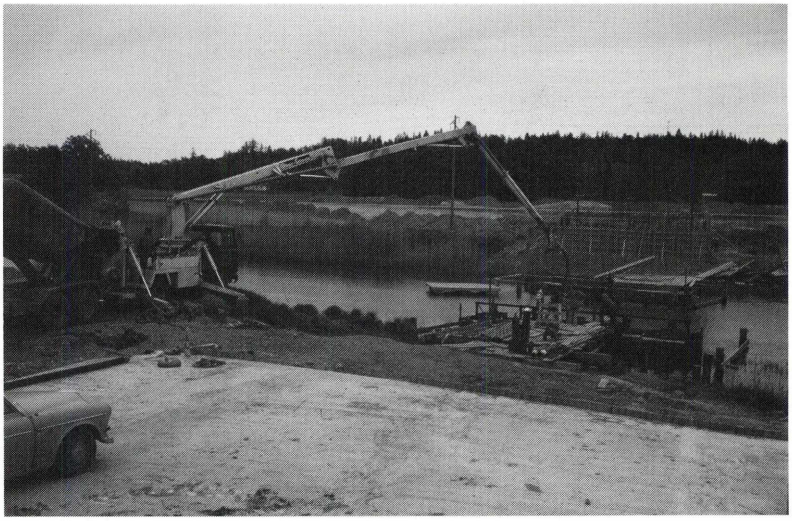
Kortare stålbroar med betongplatta utförs numera med "ändskärmar" av betong (bild 22) och utan dyrbara fristående landfästen och övergångskonstruktioner, en teknik som tidigare var förbehållen betongbroar. Stålbroar utförs idag nästan uteslutande som massivbalkar. Tidigare fackverk är visserligen relativt lätta men kräver stor arbetsinsats vid tillverkning och underhåll och har därför nästan helt försvunnit.



21. Klaffbro med "ortogonal-anisotrop" farbana.
Foto W v Olnhausen.



22. Fritt upplagd stålbalkbro med ändskärm.



23. Undervattensgjutning med pump-betong. Foto P Westerberg.

*Grundläggning*

Broarnas grundläggning utförs om möjligt på utbredda bottenplattor på berg eller jordmaterial. Bottenplattorna gjuts ofta medelst pump under vatten (bild 23). Undervattensbetongtekniken har numera förbättrats så mycket att den kan tillåtas även för armerade konstruktioner. Kan fast botten inte uppnås utförs pålgrundläggning, i Sverige oftast medelst slagna förtillverkade armerade betongpålar (bild 24).



24. Slagpålning för bropelare.

Denna teknik är i Sverige mycket väl utvecklad och passar bra till våra geologiska förhållanden, där jordlagren ofta är tunna så att pålspetsarna når till underliggande berg. På senare tid har även s k grävpålar och stålrörspålar använts i speciella fall. Dessa pålar har stor diameter och höljrör av stål, som slås eller borras (grävs) ned separat. I röret gjuts sedan en armerad betongpåle.

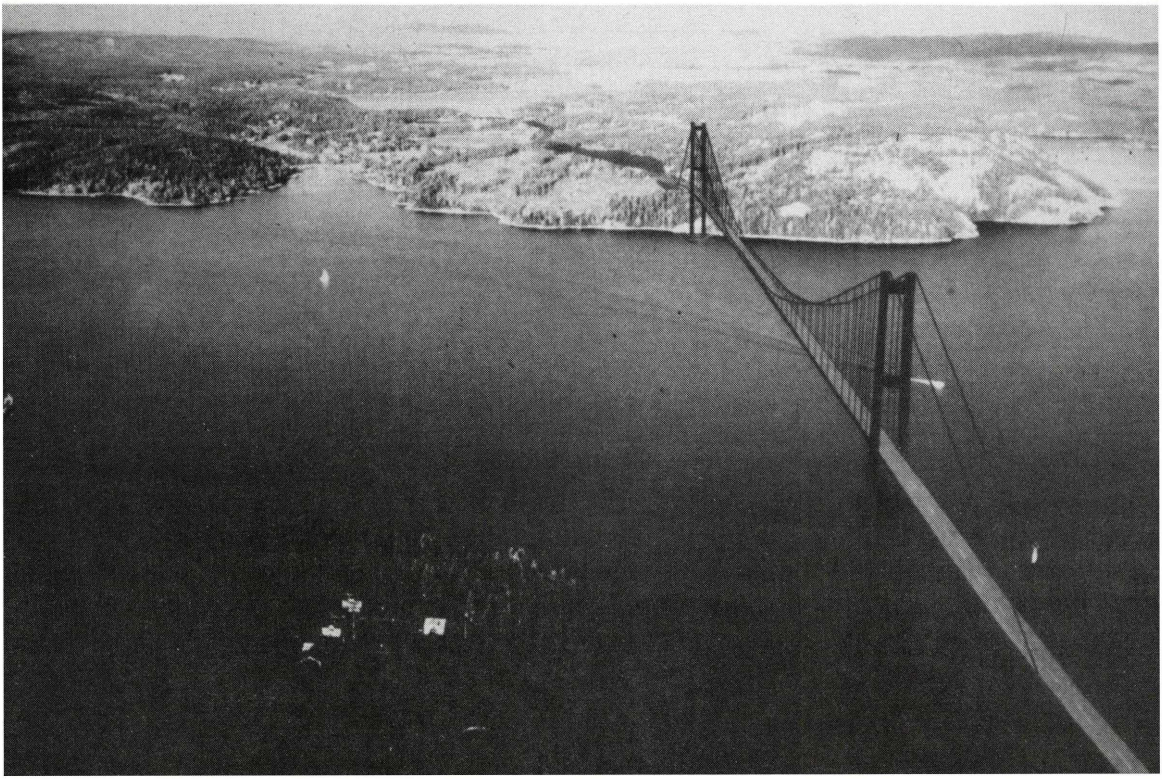
## *Framtida brobyggnad*

*Stora spann*

Brobyggnadstekniken måste idag betecknas som en mogen teknik. Den är högt utvecklad vad gäller material, sammanfogningsteknik, system och beräkningssätt samt utförande- och montagemetoder. Huvudtrenden ligger i fortsatt rationalisering. Några stora utvecklingsmöjligheter av de grundläggande elementen kan inte skönjas.

Modern dimensioneringsteknik och pålitliga material torde dock möjliggöra en fortsatt ökning av spännvidderna, framför allt vid konstruktioner av hängbro- eller snedkabeltyp. I Japan byggs f n världens största hängbrospann med knappt 2 000 m spännvidd. Projekt för broar över Messinasundet och Gibraltarsund förutsätter spännvidder av ca 3 000 m resp grundläggningsdjup av nära 300 m. Med hänsyn till kabelstålet synes mer än 10 000 m spännvidd möjlig. Med de idag föreliggande, men ekonomiskt ännu ouppnåeliga kol-

25. Projekt till bro över Ångermanälven vid Veda. Fotomontage Vägverket.



fiberkablarna kan betydligt större spännvidder realiseras. Världens största snedkabelbro med 856 m spännvidd byggs f n i Frankrike över Seinemynningen. Bågbroar och fackverk av stål har nått mer än 500 m spann, betongbågar knappt 400 m. För massiva balkbroar av stål ligger rekordet f n vid 300 m och för spännbetong vid 260 m. Jakten på stora spännvidder torde fortsätta. Ett aktningsvärt exempel projekteras f n även i Sverige där bron över Ångermanälvens mynning vid Veda kräver ett spann av ca 1 200 m, bild 25.

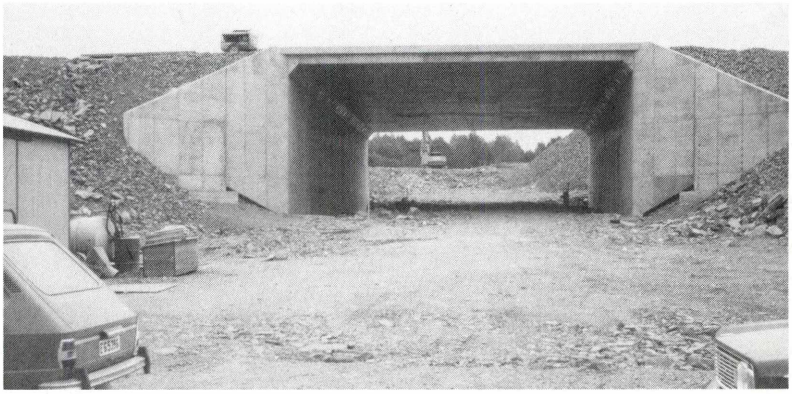
*Miljö, estetik*

Av större betydelse för framtiden synes emellertid den allt mer ökande insikten vara, att broarna måste ses som en viktig del av vår byggda miljö, som har stor livslängd och som förtjänar stor uppmärksamhet och hänsyn vid inpassningen i landskapet och den estetiska utformningen.

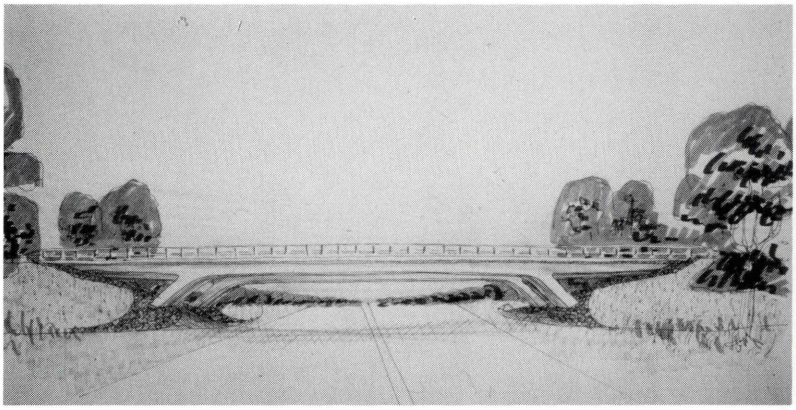
Ett vanligt problem vid broarnas utformning är att betongytorna vid landfästenas vingmurar blir otympligt stora. Vingarna görs så långa som tekniskt är möjligt och brospannet så kort som trafikkraven tillåter. På detta sätt erhålles den enklaste och billigaste bron, som har god kvalitet och beständighet. Brotypen finns i form av s k plattramar eller balkramar i tusental på och under de svenska vägarna (bild 26). Om merkostnaden accepteras kan brotypen göras estetiskt mera tilltalande genom att öka spännvidden och förkorta samt medelst varierande formsättning ge liv åt vingmurarna. En ytterligare förbättring erhålls genom snedställning av frontmurarna.

Ställs större krav på genomsiktlighet, t ex vid broar över motorväg, utförs ofta en s k kontinuerlig plattbro på pelare. Denna brotyp har inga vingmurar. Den kan emellertid också förbättras t ex genom snedställning av stöden närmast motorvägskanten (bild 27).

Bilderna utgör endast några enkla exempel på aktuella förändringar och förbättringar. Vägverket satsar nu på ett nytänkande i hela planerings- och projekteringsskedet med målet av en bättre och riktig



26. Enkel plattrambro för mindre vägar. Foto W v Olnhausen.

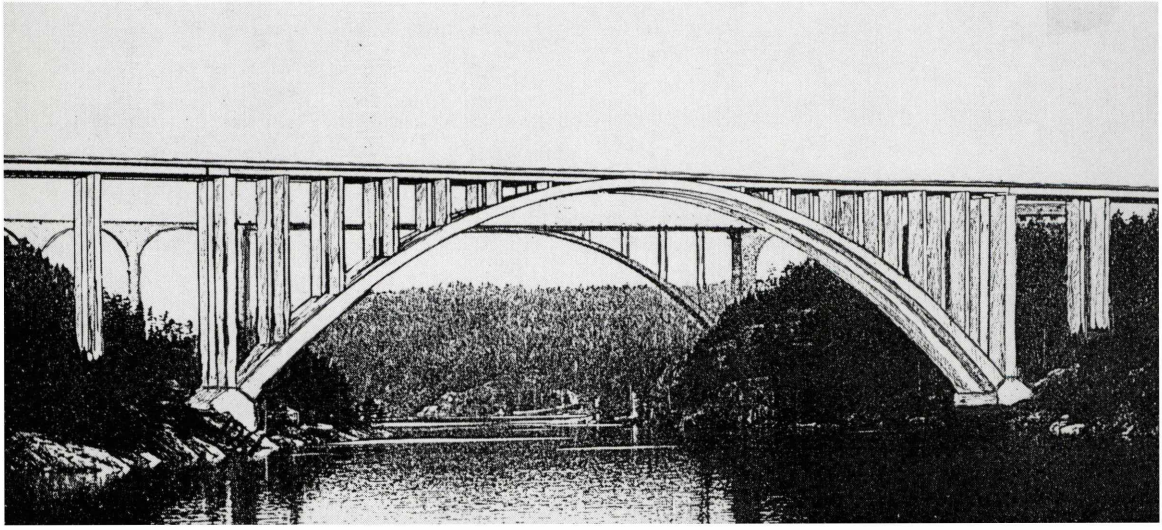


27. Estetiskt bättre motorvägsbro. Skissförslag E Jux.

miljöanpassning av framtidens vägar och broar. Teknikerna kommer härvid att ta arkitekten till hjälp, som vanligen har större kunskaper och erfarenheter på området.

I första hand koncentreras insatserna på de enkla, ofta förekommande broarna av standardtyp. För dessa har utarbetats en handbok som hjälpmedel för projektörerna, vilken snabbt skall ge stor spridning av kunskaper om idéer och möjligheter. För storbroarna finns redan ett mera naturligt intresse och engagemang hos ingenjörer och arkitekter. Även allmänheten skall engageras vid behandlingen av dessa frågor. Vägverket använder numera CAD-tekniken för framtagning av överskådliga och lättfattliga perspektiv av nya projekt, vilka på ett tidigt stadium skall underlätta diskussionen mellan alla intressenter. Ett CAD-ritat perspektiv av ett förslag till en kommande parallellbro på väg E 6 vid Svinesund (bild 28) må utgöra slutvinjetten till denna artikel.

28. CAD-ritat förslag till ny Svinesundsbro. Skiss Vägverket.



*The construction of road bridges in Sweden*

**Summary** The article gives a short survey of Swedish road bridges. Medieval timber bridges have been replaced by stone arches and in modern times by welded steel structures and reinforced or prestressed concrete structures. Illustrations of some of the larger bridges are provided. The National Swedish Road Administration is responsible for 12 000 bridges on 100 000 km of roads. By 1998 nearly all these bridges will have a bearing capacity of 60 t. Their expected lifetime will be 100 years. In order to attain the latter figure, great efforts must be expended on maintenance and repair. Modern bridges are constructed with large spans, often with the help of advanced methods of erection or of movable scaffolding. Nowadays there are increased demands for good aesthetic design which also harmonises with the environment.

# *Utvecklingen av väg-projekteringstekniken sedan 1950-talet*

*Av Carl-Olof Ternryd*

När utvecklingen av bilismen tog fart i Sverige åren efter andra världskriget, ökade kraven på landets vägar och väghållning dramatiskt. Vägnätet bestod till större delen av grusvägar med låg kapacitet beträffande såväl framkomlighet som bärighet och allteftersom trafikvolymen växte, ökade också problemen med trafiksäkerheten.

*Vägplan 57*

Den första vägplanen framlades av Väg och Vattenbyggnadsstyrelsen i november 1957 och i den planen presenterades ett förslag till investeringsplan för vägnätet för tioårsperioden 1958–1967. Planen byggde på en inventering av de totala utbyggnadsbehoven för perioden fram till år 1975. Planen omfattade såväl allmänna vägar på landsbygden och i städer och samhällen, där kronan var väghållare, som statsbidragsberättigade vägar och gator i städer och stadsliknande samhällen, som själva var väghållare.

Huvuddelen av utbyggnadsbehoven förutsattes komma till utförande först efter år 1967. I Planen förordades, att investeringarna skulle koncentreras till de viktigare trafiklederna under åren 1958–1967. Detta innebar för landsbygdens del, att något mer än hälften av de föreslagna investeringsanslagen under perioden 1958–1967 skulle gå till riksvägarna. Vägplanen innehöll ett konkret förslag till längd, sträckning och utbyggnadsstandard för ett riks- och stamvägnät, som omfattade nära 14 000 km varav ca 1 400 km inom städer och samhällen, som var väghållare. Riksvägnätet skulle omfatta "de för näringslivet och befolkningen viktigaste vägarna samt de genomgående och sammanbindande lederna". Som främsta urvalskriterium användes vägarnas funktion och därnäst trafikmängden.

Riksvägarnas uppgift tänktes i första hand vara att bilda goda transportleder mellan större råvaruområden, gruvor, industrier och hamnar, samt binda samman landets viktigare produktions- och konsumtionsområden. Riksvägnätet skulle också binda samman alla de tätorter, som kunde anses vara regioncentra med läns- och landsdelscentra och dessa större centra i sin tur med varandra och med huvud-

staden. Riksvägarna skulle även knyta samman det svenska vägnätet med viktigare internationella leder. Riksvägnätet i södra och mellersta Sverige skulle omfatta alla vägar med en beräknad sommarmedeldygnstrafik om minst ca 1 500–2 000 bilar år 1965. Detta motsvarade en faktisk sommarmedelsdygnstrafik år 1953 om ca 500 bilar. För de norra delarna av landet var motsvarande riktvärden 600–700 bilar år 1965, vilket motsvarade ca 200 bilar år 1953.

Utformningen av landets riksvägnät följde huvudsakligen den s k pärlbandsprincipen, vilket innebar, att vägarna drogs i anslutning till alla viktigare industri- och bebyggelsecentra längs huvudriktningen. Anledningen var främst önskemålet att tillgodose den kortväga biltrafiken mellan närliggande centra. Denna trafik utgjorde det dominerande inslaget på nästan alla vägar. Pärlbandsprincipen skulle tillgodose behoven från såväl kortväga trafik som mer långväga.

En annan ledande princip var att söka koncentrera vägutbyggnaderna och kanalisera trafiken till viss huvudsträckning för att därigenom minska kapitalinvesteringarna och öka nyttan av investeringarna. Riksvägarna ansågs därmed med fördel kunna ges en högre standard.

Väplan 57 innehöll inte någon fullständig plan för vägnätets utformning och standard för de övriga allmänna vägarna på landsbygden på samma sätt som för riksvägarna. Planen angav istället principerna för upprustningen av det vägnätet. Länsvägarna, vars längd förutsågs komma att öka från omkring 79 000 km år 1955 till 81 000 km år 1975, uppdelades i tre kategorier:

* Länsvägar av synnerligen stor betydelse för näringslivet, befolkningen och riksförsvaret — ca 18 950 km
* Andra viktiga länsvägar — ca 22 600 km
* Övriga länsvägar — ca 39 450 km

Samtliga länsvägar avsågs i princip böra erhålla samma bärighetsstandard som riksvägnätet, dvs 10 tons axeltryck och 18 tons boggitryck. Kraven på geometrisk standard sattes däremot lägre för länsvägarna och med en viss differentiering med hänsyn tagen till vägarnas betydelse.

För det statsbidragsberättigade lokala väg- och gatunätet i städerna angav Vägplan 57 inte någon bestämd standard. Med hänsyn till bristen på lokala trafikledsplaner kunde ej heller den framtida längden av det statsbidragsberättigade lokalvägnätet i städerna anges.

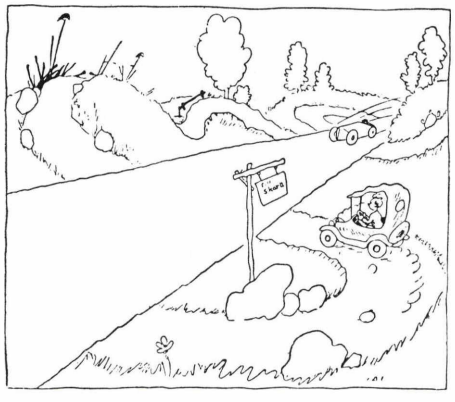
I Vägplan 57 var man ganska osäker om, hur de framtida vägnormerna och vägstandarden skulle utformas, men man behövde ändå åtminstone preliminära normer som riktlinjer till ledning för den aktuella vägplaneringen och vägbyggandet. I planen framhölls angelägenheten av en fortlöpande anpassning av vägnormerna till den tekniska utvecklingen och till resultaten av pågående in- och utländsk

forskning. En sådan anpassning ansågs nödvändig på grund av den framträdande plats, som standardfrågorna har i planeringsarbete och med hänsyn till deras betydelse för trafiksäkerheten och vägtransportekonomin.

Även i frågan om den föreslagna utformningen och sträckningen av vägnätet framhölls nödvändigheten av en fortlöpande uppföljning och översyn av den föreslagna vägplanen med hänsyn till trafikutvecklingen och eventuella ändringar i trafikmönstret. Man framhöll även önskvärdheten av, att försök gjordes att klarlägga de tekniska och ekonomiska förutsättningarna för att genom successiv utbyggnad öka en vägs kapacitet och standard stegvis i förhållande till kraven. Vägplan 57 godkändes av riksdagen 1959 som en principplan för den framtida utbyggnaden av vägnätet. Riksdagen bestämde samtidigt, att med hänsyn till nödvändigheten av att göra en avvägning mellan väginvesteringar och andra investeringar i samhället skulle väginvesteringarnas omfattning liksom tidigare prövas årligen med beaktande av samtliga på frågan inverkande faktorer.

I vägplan 57 angavs principerna för framförallt riksvägnätets utformning och huvudsträckningar enligt pärlbandsprincipen. Motorvägen gjorde sin entré och så småningom blev även den s k trettonmetersvägen aktuell som typsektion för riksvägarna. I USA påbörjades under 1950-talet en betydande utbyggnad av det s k federala vägnätet och i samband därmed bedrevs där ett omfattande forskningsarbete beträffande dimensionering av vägars geometriska och bärighetstekniska standard. Ett mycket brett upplagt och genomfört provvägsförsök i stor skala (AASHO Road Test) gav resultat för bestämning och dimensionering av vägars bärighet, som kom att användas i ett flertal länder. En betydande del av kunskapen beträffande geometriska och bärighetstekniska normer för vägarna hämtades från utlandet.

Väg och vattenbyggnadsstyrelsen utgav år 1955 anvisningar för



1. Den gamla vägens poesi (Jac). Ur MHF 10 år, 1926–1936. Stockholm 1936.

vägars geometriska utformning och dessa anvisningar kompletterades därefter successivt under årens lopp, bl a med hänsyn till de internationella erfarenheterna.

*Behov av teknologisk utveckling*

De riktlinjer för det svenska vägnätets utveckling och utbyggnad som fastlades i vägplan 57 innebar bl a ett starkt behov av utvecklingen av teknologin såväl för planering och projektering som byggande och underhåll.

*Det svenska vägnätet under 1950- och 60-talet*

Utbyggnaden av det svenska vägnätet under 1960-talet var mycket betydande och man kan konstatera, att under detta decennium lades grunden till dagens vägnät och dess principiella huvudsträckningar. Standarden på vägnätet förbättrades successivt och ett mått på detta kan anges av fördelningen mellan belagd väg och grusväg. Av det totala statliga vägnätet på ca 100 000 km var i början av 1950-talet ca 6–7 % belagda medan i slutet av 1960-talet motsvarande siffra var 25 %. Med tillägg för beläggning med oljegrus steg siffran till ca 45 %. Oljegruset introducerades i slutet av 1950-talet som en enklare beläggningstyp för vägar med låg trafik. I slutet av 1960-talet var så

2. Bohuslänskt vägparti av god standard under mellankrigstiden. Foto D Samuelson 1926, TM.



gott som hela riksvägnätet och huvuddelen av de viktigaste länsvägarna, de s k genomgående länsvägarna försedda med varaktig beläggning. Man uppskattade år 1968 att ca 85 % av trafikarbetet på landsbygdens allmänna vägnät genomfördes på belagda eller oljegrusbehandlade vägar. Man angav också då, att asfaltbeläggningarna dominerade fullständigt. De tidigare inte så sällan förekommande stenbeläggningarna hade försvunnit så gott som helt.

Under 1950-talet var det dominerande axel- och boggitrycket på landets vägnät 6 tons axeltryck och 10 tons boggitryck (6/10). Endast några få procent av vägnätet var upplåtet för 8/12 ton. Under 1960-talet ägde en betydande höjning av det tillåtna axel-boggitrycket rum på huvuddelen av vägnätet. År 1968 var 96 % av landets riksvägnät upplåtet för 8/12 tons axel-boggitryck eller mer. Introduktionen av 10/16 ton axel-boggitryck började under 1960-talet. En av anledningarna till att man successivt kunde höja axel-boggitrycket på vägnätet var ombyggnaden och upprustningen av brobeståndet. År 1968 tillät ca 47 % av broarna på landsbygdens allmänna vägnät ett boggitryck på 22 ton. Detta boggitryck motsvarade de rekommendationer, som gjordes i 1957 års vägplan. Det fanns dock kvar en betydande mängd broproblem, som hindrade ytterligare höjningar av den tilllåtna bärigheten på vägnätet. De broar, som byggts före år 1945 tillät i allmänhet inte ett högre boggitryck än 10 ton. Antalet broar på det allmänna vägnätet uppgick år 1968 till 9 640 inklusive broarna inom städerna.

I syfte att följa standardutvecklingen på vägnätet i förhållande till trafikens krav infördes under 1950-talet s k kvalitetsgradering. Vägarnas kvalitet med avseende på bärighet, körbanebredd, typ av slitlager, siktförhållande, randbebyggelse etc poängsattes och bedömningen av vägens kvalitet skedde därefter genom jämförelse mellan vägens totalpoäng och trafikflödets storlek. Vid stora trafikflöden erfordrades maximal kvalitetspoäng, för att fullgod vägstandard skulle anses föreligga. Ändamålet med kvalitetsgraderingen var främst, att man ville åstadkomma en enhetlig norm för jämförelse av standarden på skilda vägsträckor i olika delar av landet. De regionala skillnaderna hade inflytande på fördelningen av tillgängliga investeringsmedel över landet. Kvalitetsgraderingen utnyttjades som hjälpmedel, då det gällde att analysera och bedöma behovet av ombyggnad och förbättring av vägnätet inom regionerna.

Kvalitetsgraderingen var avsedd att ge ett mått på vägens bärighets-, trafiksäkerhets- och reshastighetsstandard. Under 1968 ansågs ca 40 % av det s k Europavägnätet ha fullgod standard i förhållande till rådande trafik och 25 % ha godtagbar standard. Motsvarande andelar för det övriga riksvägnätet uppgick till 34 % resp 30 % och för de genomgående länsvägarna 21 % resp 27 %. I förhållande till den målsättning för år 1975 som angavs i 1957 års vägplan hade 33 % av Europavägnätet och 31 % av det övriga riksvägnätet fullgod stan-

dard. Det hade inte varit möjligt att helt fullfölja intentionerna i vägplanen främst beroende på, att tilldelningen av medel till vägsektorn blev lägre, än vad som förutsågs i Vägplan 57.

*Vägplan 70*

Under 1968 påbörjades arbete med nästa vägplan. Detta utredningsarbete med f d statsrådet Gösta Skoglund som ordförande gav som resultat Vägplan 70, som lades fram 1969.

Sedan föregående vägplan hade trafikmängden utvecklats betydligt snabbare, än vad som förutsetts både beträffande personbilstrafiken och lastbilstrafiken. Lastbilstransporterna dominerade mer och mer över järnvägstransporterna och i vägplan 70 räknar man med att närtransporterna med lastbil i genomsnitt kommer att fyr- eller femfaldigas samt att fjärrtransporterna kommer att tre- eller fyrfaldigas under perioden 1966–1985, vilket motsvarar en genomsnittlig årlig ökning av ca 7,5–9 % resp 6–7,5 %. Industrins krav på kvalitet och säkerhet i godstransporterna ökade allteftersom förskjutningen från råvaruproduktion till mer bearbetade produkter utvecklades. De prognoser, som upprättades för persontrafikens och lastbilstrafikens utveckling, gav som resultat en genomsnittlig årlig tillväxt av trafikarbetet på vägnätet under perioden 1966–1975 av ca 5 % och under perioden 1976–1985 med ca 3,5 %. Detta innebar, att det sammanlagda trafikarbetet år 1975 skulle uppgå till 51 miljarder fordonskilometer. Vägplan 70 hade i sina prognoser uppskattat samma trafikarbete till 35–40 miljarder fordonskilometer.

Kraven på vägnätets kapacitet beträffande framkomlighet och bärighet växte i takt med trafikutvecklingen och i direktiven till vägplan 70 angavs, att man skulle räkna med två alternativ beträffande ökningen av väganslagen fram till år 1975, dels ett alternativ med en årlig höjning av 7,5 %, dels ett alternativ med en årlig tillväxt enligt den antagna tillväxten av bruttonationalprodukten, dvs 4 %. För perioden 1975–1985 skulle utredningen redovisa väginvesteringsbehoven och de antaganden om den ekonomiska utvecklingen, som låg till grund för utredningens ställningstaganden. Man skulle även redovisa de samhällsekonomiska konsekvenserna av ett godtagande av förslagen. Utredningen anför i sitt betänkande bl a följande beträffande utvecklingen av de framtida ramarna för väghållningen:

"Till ledning för statsmakternas beslut rörande framtida anslagsramar och anslagsfördelning har utredningen sökt belysa den samhällsekonomiska lönsamheten av de väg- och gatuinvesteringar, som kan genomföras under perioden 1970–79 vid de båda alternativa anslagsramarna. Som underlag har därvid utnyttjats resultaten från utförda lönsamhetsbedömningar av ny- och ombyggnadsföretag på landsbygdens allmänna vägar och på statsberättigade trafikleder i städer och samhällen, som är väghållare. Beräkningarna ger vid handen, att en årlig anslagsökning med 7,5 % i fasta priser under perioden 1970–79 är ekonomiskt motiverad vid givna förutsättningar beträffande tids-

och olycksvärdering, prissättning på vägtjänster (bilbeskattning m m). Den nyttoökning för samhället, som kan erhållas vid den högre anslagsramen jämfört med den lägre, synes således väl motivera skillnaden i investeringsutgifter för vägar och gator under perioden."

Utredningen ansåg sig inte ha tillräckligt underlag för att uttala sig i bestämda ordalag om erforderlig anslagsutveckling för perioden 1980–84. Utredningen förordade att för perioden 1970–79 vid en årlig ökning av väganslagen med 7,5 % skulle driftutgifterna öka med drygt 6 % årligen medan byggnadsanslagen borde öka med 8,5 %, allt räknat i fasta priser. Detta ställningstagande i Vägplan 70 skulle innebära en kraftig utbyggnad av vägnätet.

De av Vägverket framtagna behovs- och långtidsplanerna visade att behovet av denna upprustning var väl motiverad. Till skillnad från Vägplan 57 angavs inte någon ny fysisk vägplan i Vägplan 70. Vägverkets inventeringar av behoven bl a med ledning av kvalitetsgraderingen redovisades i planen och det framtida utbyggda vägnätet avvek inte mycket ifrån det vägnät, som angivits i Vägplan 57. Vägplan 70 ställde krav på utveckling av det ekonomiska planeringssystem, som låg till grund för angelägenhetsgraderingen eller prioriteringen av vägnätets utbyggnad.

Vägplanen behandlade ingående frågan om vägnätets standard och fann bl a att den i tidigare normer angivna målsättningen varit alltför hög. I vägplan 57 angavs t ex att motorväg skulle byggas där trafikflödet öppningsåret uppgick till ca 2 300 fordon per årsmedeldygn. Vägplan 70 angav motsvarande trafikvolym för motorvägssektion till 6 000 fordon per årsmedeldygn öppningsåret vid genomsnittliga byggnadskostnader. Etapputbyggnad med en körbana i taget kunde övervägas med hänsyn till den framtida trafikutvecklingen. I princip angavs att motorvägssektion erfordrades där trafikflödet beräknades överstiga 9 000 fordon per årsmedeldygn år 1985. Man tog även hänsyn till kontinuiteten i vägstandarden och angav därför: "att det är angeläget att ombyggnadsåtgärderna för den kvantitativt sett dominerande kortväga trafiken anpassas så, att ett logiskt sammansatt och från standardsynpunkt kontinuerligt vägsystem för hela landet erhålls. Därvid bör även hänsyn tas till olika vägars funktion. Ett uttryck för detta är, att i en del fall ombyggnad till motorväg har upptagits även vid mindre trafikflöden än de 9 000 fordon per årsmedeldygn 1985, som preliminärt satts som gräns".

Utredningen förutsatte motorvägssektion för förbindelserna
E 3 Göteborg–Stockholm
E 4 Hälsingborg–Stockholm–förbi Sundsvall
E 6 Vellinge–förbi Uddevalla
E 18 Grums–Stockholm
Rv 15 Malmö–Karlskrona
Rv 40 Göteborg–förbi Borås

av kontinuitetsskäl även på de delsträckor där trafikflödet understeg 9 000 fordon per årsmedeldygn år 1985. På dessa sträckor skulle enbart en körbana utbyggas i form av motortrafikled.

Vägplan 70 innebar ett stort steg för utvecklingen av landets vägnät till moderna trafikleder, trots att statsmakterna i sina beslut fann, att direktiven för utredningen om den kraftiga årliga anslagsökningen om 7,5 resp 4 % årlig real tillväxt inte kunde innehållas.

Trafiken fortsatte emellertid att öka och detta ställde stora krav på kapacitet och kvalitet i den process som ligger till grund för vägutbyggnaden. Någon ny officiell vägplaneutredning har inte utförts sedan vägplan 70. Riksdagen har år för år tagit ställning till takten i väghållningens utveckling och de direktiv, som utfärdats för upprättande och revidering av de långsiktiga planerna för vägutbyggnaden har alltid angivit högre finansiering, än vad som sedan blivit fallet i medelstilldelning.

Trafikflödet har stadigt ökat fram till våra dagar med undantag för några år under senare delen av 1970-talet beroende på den då rådande osäkerheten om drivmedelsutvecklingen på grund av de olika oljekriserna. Vägnätet har utvecklats bit för bit och standardkraven har anpassats mera till möjligheterna att finansiera utbyggnaderna. En mängd vägbyggnadsobjekt skjuts stadigt framåt i tiden och proble-

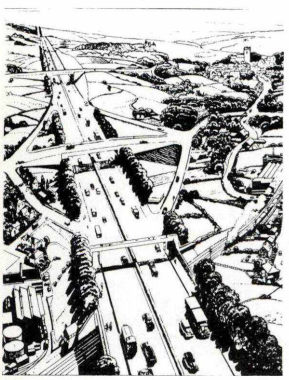
3. Trafikflödet har stadigt ökat fram till våra dagar med undantag för oljekriserna på 1970-talet. Foto Kay Danielson 1990, TM.



men med att hålla vägnätet i ett operationellt acceptabelt skick i förhållande till trafikens krav har ökat. Ombyggnad och förbättring av det stora brobeståndet ger i dag stora finansieringsproblem och utgör en flaskhals för anpassningen av landets vägnät till den europeiska bärighetsstandarden. Den industriella produktionen har fortsatt sin utveckling emot bearbetade produkter, vilket medfört att kraven på snabba och säkra godstransporter stadigt har ökat.

Kapitalanvändningen har också stadigt blivit väsentligare för industrin och de höga kapitalkostnaderna har medfört en ny syn på lagerhanteringen i produktionskedjan. *Just in Time* – begreppet för godstransporterna har blivit väsentligt, allteftersom värdet på de bearbetade industriprodukterna stigit och kapitalkostnaderna ökat. Detta innebär en starkt utveckling av företagens logistik och en stor del av lagren för såväl råvaror som mellanprodukter och bearbetade produkter befinner sig på väg. Detta medför att lastbilstransporterna har stadigt ökat på järnvägstransporternas bekostnad. Utvecklingen emot ett tjänste- eller kunskapssamhälle har tillsammans med den allmänna ökningen av människornas krav på rörlighet inneburit ökande trafikvolymer för flygtransporterna och vägtrafiken.

*Vägprojektering*



I samband med förberedelserna till Vägplan 57 och med hänsyn till den då förutsebara tillväxten i trafiken framstod det klart, att kraven på kvalitet i vägprojekteringsprocessen skulle komma att öka dramatiskt. Även den internationella utvecklingen gav entydigt samma besked. Nya linjeföringselement måste införas. Det räckte inte längre, att enbart arbeta med raklinjer och cirkulära kurvor. Vägens linjeföring i plan och profil måste anpassas väl till terrängen, dels för att underlätta för bilföraren att uppfatta sin trafikmiljö, dels för att motsvara de krav, som ökade beträffande vägestetiken. Det erfordrades såväl ny teknik som nya hjälpmedel för att motsvara kraven. Samspelet mellan vägprojektör och vägbyggare och vägunderhållare ökade också i betydelse. Det blev väsentligt, att vägprojektörens intentioner verkligen kom till utförande i landskapet och inte stannade på ritningarna och kartorna i arkiven.

Vägverkets organisation måste också anpassas och tre särskilda kontor med ansvar i första hand för projekteringen av motorvägarna inrättades, i Stockholm, Malmö och i Jönköping. Den första motorvägen, som öppnades för trafik var leden Lund–Malmö och så småningom öppnades även en del av Norrtäljevägen i Stockholm.

Avancerad metodik för vägprojektering utvecklades bl a i Italien och i Tyskland. Klotoiden som linjeföringselement infördes såväl i vägens linjeföring som i trafikplatser och vägskäl. En klotoid är en kurva med kontinuerligt växande radie och användes bl a som övergångskurva mellan raklinje och cirkulär kurva. Den var till en början komplicerad att använda, eftersom den innebar mycket räknearbete.



4. Introduktion av ny teknologi och nya metoder kräver alltid en omsorgsfull utbildning. Foto Lundin, Vägverket.

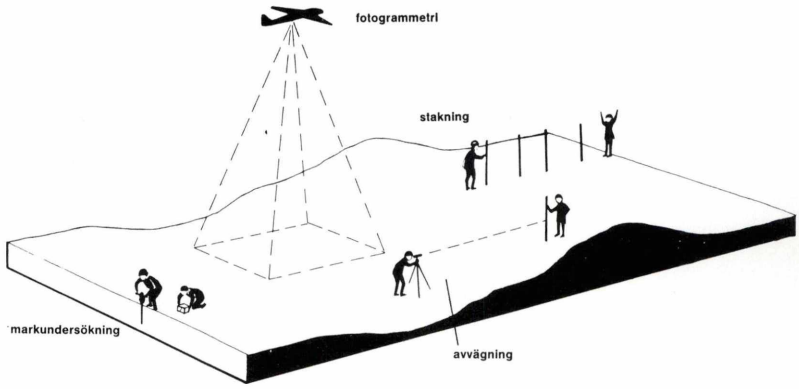
Detta underlättades så småningom genom publicering av tabeller och anvisningar för utnyttjande. De första tabellerna, Klotoidentafel, kom från Tyskland. Det krävdes mycken utbildning av såväl vägprojektörer som vägbyggare, för att den moderna projekteringstekniken skulle få genomslag.

De estetiska kraven på väglinjens anpassning till den omgivande miljön ökade kraftigt under 1950-talet, dels för en ökad trafiksäkerhet, dels av rena miljöhänsyn. Så småningom började också rösterna höjas beträffande miljöstörningar i form av buller och det ökade kraven på projektörens resultat. Samtidigt som trafikens krav på rationell väghållning steg, ökade också allmänhetens motstånd mot vägbyggande, vilket innebar, att det krävdes mer och mer av upplysning om vägobjektets konsekvenser av olika slag. Kraven på teknik för presentation av alternativa lösningar steg. Från Tyskland kom ideérna om s k mjuk linjeföring för de nybyggda vägarna. Det innebar en uppfattning, att väglinjen skulle bestå av enbart cirkulära kurvor med klotoider som övergångskurvor. Mjuk linjeföring praktiserades i betydande omfattning för avancerad vägprojektering i Mellaneuropa, men slog aldrig riktigt igenom i vårt land. Idéerna kom emellertid att

starkt påverka utvecklingen av vägars geometriska linjeföring. Kraven på utformning och anpassning av väglinjen till ett naturligt element i den omgivande terrängen blev väsentliga och det påverkade projekteringsmetodiken avsevärt. Undersökning och presentation av olika alternativa linjeföringar blev ett krav och detta förhållande ställde i sin tur ökande krav från projektören på tillgång till informationer om terrängens topografi, geologi etc.

Tidigare projekteringsmetodik innebar i princip att väglinjen stakades i terrängen, varefter en relativt enkel karta i lämplig skala upprättades utmed väglinjen genom mätning i fält med väglinjen som bas. Hjälpmedel var i allmänhet avvägningsinstrument, takymetermätbord, mätband och vinkelprisma. Denna metodik medgav begränsade möjligheter till undersökning av alternativa lösningar och eftersom utformningen av linjeföringen skedde i fält med i allmänhet liten överblick blev möjligheterna till anpassning till den omgivande miljön små. Tillgången till kartor över terrängen var begränsad. De officiella kartorna bestod av topografiska kartor över landet i skala 1:100 000 eller 1:200 000. Under femtiotalet började upprättande av den ekonomiska kartan över landet att ta fart. Den bestod i en karta i skala 1:10 000 med en sammansatt flygbild som underlag och med redovisning av fastighetsgränser, markanvändning etc. Den ekonomiska kartan framställdes med hjälp av fotogrammetrisk teknik. Kapaciteten för utgivning av den ekonomiska kartan var emellertid begränsad, varför det tog lång tid, innan den var tillgänglig som underlag för vägprojektering.

Användningen av fotogrammetriska metoder för upprättande av kartor i olika skalor och för olika ändamål blev mer och mer aktuell under 1950-talet. Det stora genombrottet skedde under 1956, det år då det Internationella Sällskapet för Fotogrammetri höll sin internationella kongress i Stockholm. Där presenterades på ett effektivt sätt de olika möjligheter, som flygbilden och den tredimensionella model-





5. Mätningstekniska hjälpmedel, teodolit, mätband och protokoll. Foto Lundin, Vägverket.

len öppnade för topografisk kartläggning i olika skalor, med eller utan nivåinformation, och lämpliga instrument för mätning direkt i den fotogrammetriska modellen.

Lantmäteristyrelsen och Rikets Allmänna Kartverk började mer och mer använda fotogrammetriska metoder för upprättande av storskaliga grundkartor för samhällsplanering, fastighetsbildning etc. Den fotogrammetriska tekniken introducerades vid upprättandet av de småskaliga officiella kartorna över landet. Även kommunerna började utnyttja flygbilder för sina planeringsändamål. Tekniken för bildtolkning för olika ändamål, t ex för skogsplanering, geologisk-geoteknisk information utvecklades parallellt med tekniken för den topografiska kartläggningen.

För all fotogrammetrisk bearbetning behövs någon form av referens till markens geodetiska koordinatsystem och utvecklingen av instrument för geodetisk mätning satte också fart under 1950-talet. *Tellurometer* och *Geodimeter* är väsentliga representanter för denna utveckling.

Utvecklingen av teknik och metoder för vägprojekteringen krävde ökade möjligheter till att på ett rationellt sätt anskaffa och bearbeta informationer om den miljö i vilken den byggda vägen skulle fungera.

Det rörde sig främst om topografiska och geologiska-geotekniska informationer om terrängen. Den utveckling, som parallellt med vägtekniken var på gång inom fotogrammetrin, geodesin och även inom databehandlingstekniken, passade väl in i tiden. Så småningom blev det möjligt att få tillgång till effektiva kartor, framställda med fotogrammetrisk teknik, men också möjligheter att genomföra de första stadierna i den utvecklade projekteringsprocessen direkt i den fotogrammetriska tredimensionella modellen.

För ett rationellt utnyttjande av de till buds stående hjälpmedlen i form av fotogrammetri, geodetisk mätningsteknik och databehandling blev det nödvändigt att indela vägprojekteringsprocessen i ett antal stadier. Dessa projekteringsstadier kunde även utformas så, att de kunde anpassas till den ekonomiska planeringen av vägutbyggnaden, prioriteringen.

I det första projekteringsstadiet, *lokaliseringen*, fastlades grunderna för vägnätets principer och för principiella alternativa lokaliseringar av det aktuella vägobjektet. För detta ändamål erfordrades översiktliga informationer om landskapets topografi och geologi tillsammans med informationer om lokaliseringen av olika samhälleliga aktiviteter, bebyggelse, industrilokalisering etc. Det skapade som resultat en terrängkorridor, inom vilken det framtida vägobjektet skulle passas in på bästa sätt. Den pärlbandsprincip, som legat till grund för uppbyggnaden av landets vägnät i vägplan 57 påverkade val av terrängkorridor.

I nästa projekteringsstadium, *utredningsprojekteringen*, undersöktes olika alternativa väglinjer inom den terrängkorridor, som fastlagts i samband med lokaliseringsstadiet. Resultatet från utredningen bestod i en väglinje, preliminärt anpassad till terrängen på ett sådant sätt, att kraven på funktion, säkerhet och miljö-estetik var tillgodosedda.

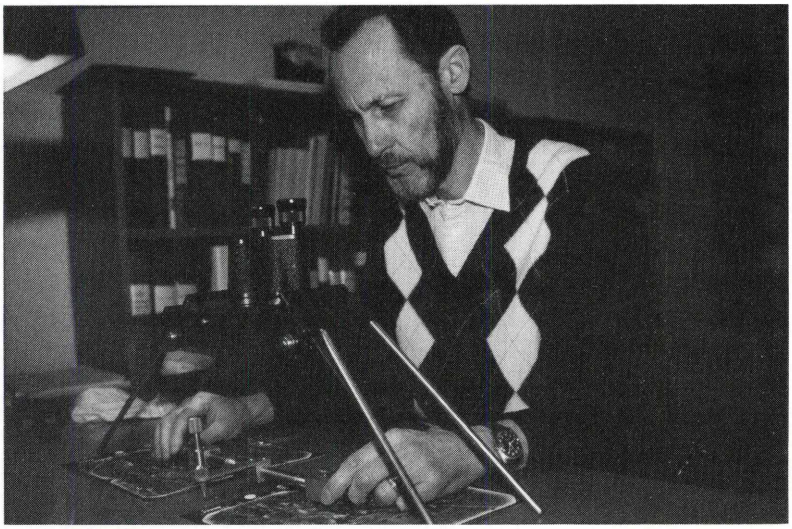
I det tredje projekteringsstadiet, *detaljprojekteringen*, utformades vägkroppen i detalj utmed utredningsplanens väglinje, så att byggnadsprocessen kunde starta.

Övergångsskedet mellan detaljprojektering och byggnadsskedet var också väsentligt. I detaljplanerna över vägobjektet borde förplaneringen av byggandet ingå.

Denna indelning i olika stadier, som var att betrakta som en principiell indelning, var nödvändig, eftersom kraven på detaljeringsgrad hos erforderliga informationer varierade under processens gång, från översiktliga informationer i det första stadiet till mycket detaljerade informationer för detaljprojekteringsstadiet och byggandet.

### *Lokaliseringsstadiet*

Allteftersom den ekonomiska kartan i skala 1:10 000 gavs ut, blev den ett bra hjälpmedel i samband med lokaliseringsfasen. Kartan baserades på rektifierade flygbilder fotograferade i skala 1:30 000. Rikets

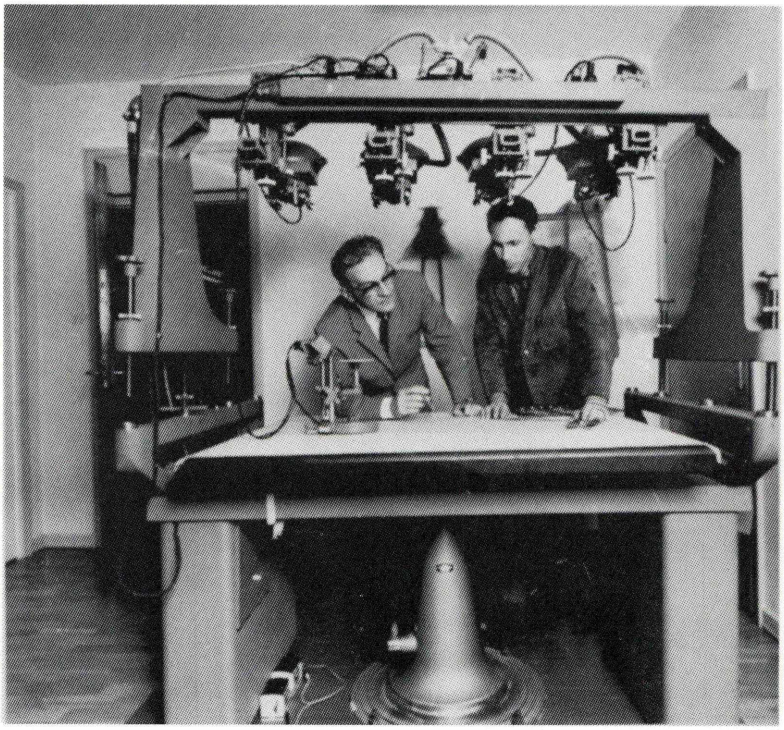


6. Spegelstereoskop, det enklaste instrumentet för studium och bearbetning av tredimensionell fotogrammetrisk modell. Foto Lundin, Vägverket.

Allmänna Kartverk var ansvarig för all flygfotografering i landet. Detta monopol, som bl a förklarades av militära sekretesskäl, var en företeelse på både gott och ont. Det goda var, att eftersom enbart en instans bedrev flygfotografering samlades under årens lopp samtliga flygbildsnegativ i ett arkiv, vilket stod till kundernas förfogande. Det negativa var, att avsaknaden av konkurrens innebar höga kostnader, jämfört med förhållanden i andra länder.

Den ekonomiska kartan innehöll till en början inte några nivåkurvor. Noggrannheten var tillfredsställande för lokaliseringsändamål. Man kunde räkna med ett medelfel i plankoordinaterna på mindre än tio m. I de terrängavsnitt, där det var nödvändigt att ha tillgång till översiktliga höjdinformationer, kunde man utnyttja kartverkets bildmaterial, fotograferat i skala 1:30 000 för ekonomiska och topografiska kartan och bearbeta dem på enklaste sätt med hjälp av *spegelstereoskop, Balplex Plotter* eller *Stereoautograf Wild A 8.* Man valde instrument alltefter kraven på omfattning och önskad noggrannhet.

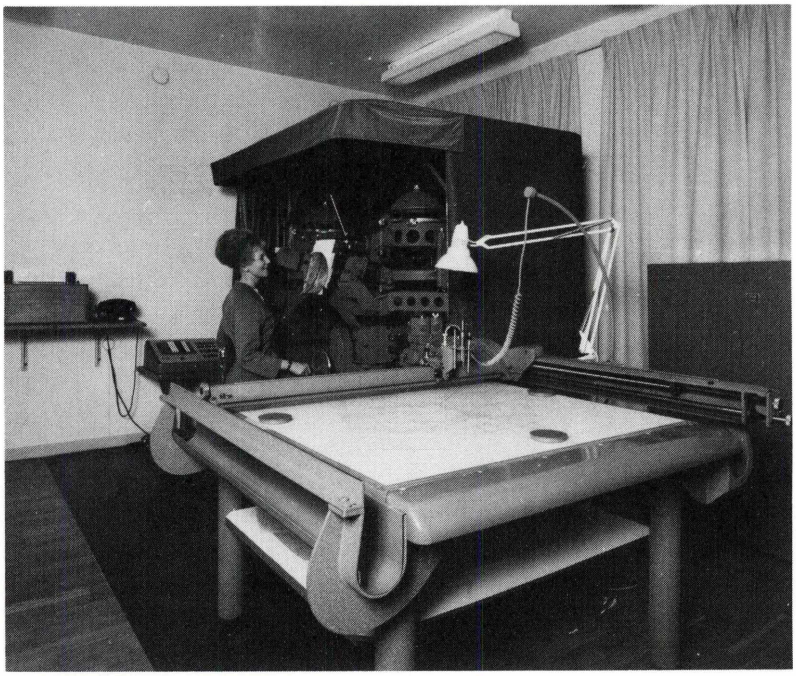
Spegelstereoskopet utnyttjades främst i samband med bildtolkning för informationer om markens geologiska uppbyggnad och dess fuktighetsförhållanden för att bedöma bärighetsförhållandena samt för lokalisering av vägbyggnadsmaterial, grus, bergkross etc. Stereoinstrumentet *Balplex Plotter* utvecklades i USA främst för den fotogrammetriska framställningen av småskaliga kartor. Instrumentet demonstrerades för första gången i samband med den internationella fotogrammetriska kongressen i Stockholm 1956 och visade sig vara ett mycket lämpligt instrument för vägprojektering direkt i den fotogrammetriska modellen. Instrumentet, som är mycket enkelt till sin



7. Balplex Plotter, instrument för projektering direkt i den tredimensionella fotogrammetriska modellen. Foto Lundin, Vägverket.

konstruktion, ger dels möjligheter till att studera hela det terrängområde som täcks av den tredimensionella modellen i en blick, dels möjligheter till kartering i planläge och mätning av höjdförhållanden i form av enstaka punkter, profiler eller höjdkurvor. Tre modeller kan bearbetas samtidigt i instrumentet, vilket ger en god överblick. Vid bearbetning av de flygbilder, som fotograferats i skala 1:30 000 erhålles en tredimensionell modell i skala 1:10 000. Tre modeller efter varandra täcker då ett område om c:a 10 × 6 km. All fotogrammetrisk bearbetning kräver stödpunkter, koordinatbestämda i tre dimensioner, för anpassning till önskat koordinatsystem. Den ekonomiska kartan utgjorde ett lämpligt stödpunktsunderlag för plankoordinaterna. Höjdstödpunkter kunde också i viss utsträckning tas från höjdangivna sjöytor på kartan kompletterade med avvägda punkter.

Fördelen med Balplex Plotter var att arbete i den tredimensionella modellen i instrumentet inte krävde fotogrammetrisk specialkunskap eller operatörsvana. Det krävdes enbart hos den operatör, som hade till uppgift att orientera de fotogrammetriska modellerna i instrumentet och medverka vid mätning och kartering. Flera projektörer kunde gemensamt studera terrängförhållandena och med hjälp av lämpliga



8. Stereoautograf Wild A8 för kartframställning och numerisk mätning ur flygbilder. Foto Lundin, Vägverket.

mallar skissera alternativa vägsträckningar och direkt få svar på frågorna om de topografiska möjligheterna. Undersökta vägsträckningar karterades på den ekonomiska kartan, om den fanns tillgänglig. I annat fall karterades terrängdetaljer i skala 1:10 000. Rikets Allmänna Kartverk fotograferade landet med ett visst tidsintervall i skala 1:30 000 och därför var större områden av landet täckta av flygbilder än av den ekonomiska kartan.

I särskilt känsliga partier, där noggrannare topografiska informationer erfordrades som underlag för bedömningar, framställdes ritad karta i skala 1:5 000 med hjälp av stereoautografen Wild A 8, ett instrument för storskalig kartering, som introducerades i mitten av femtiotalet, och som gör tjänst i betydande omfattning för karteringsändamål än i dag.

Man kan nu efteråt konstatera att instrumentet Balplex Plotter genom sin enkla konstruktion och bearbetningssätt blev en god försäljare vid introduktionen av den fotogrammetriska tekniken i vägprojekteringen. Vägverket försåg de flesta av sina vägförvaltningar med en Balplexutrustning och den användes in på sjuttiotalet, tills dess att de moderna ekonomiska kartorna med nivåkurvor fanns tillgängliga.

Resultatet från lokaliseringsstadiet bestod, dels i principerna för

vägnätets utformning inom den aktuella regionen, dels en eller flera terrängkorridorer om några hundra meters bredd, inom vilka det aktuella vägobjektet kunde lokaliseras. Efter övrig anpassning till den regionala utvecklingen av samhället utsorterades de olika korridorerna tills en eller högst två korridorer återstod.

*Utredningsstadiet*

I utredningsstadiet bestod uppgiften i att inom terrängkorridoren passa in lämplig linjeföring för vägobjektet, preliminärt men så långt i detalj, att det enbart blir fråga om smärre justeringar i samband med nästa projekteringsstadium. För att kunna göra detta erfordras topografiska terränginformationer med högre noggrannhet än i föregående stadium. Ett medelfel i plan och höjd mindre än 0,3–0,5 m erfordras. Det finns ett samband mellan flyghöjd för flygfotograferingen, skala hos flygbilderna och noggrannheten i bearbetningen. Den påverkas även av typen av bearbetningsinstrument. Den valda terrängkorridoren flygfotograferades från 2 000 m flyghöjd, vilket gav en bildskala av 1:13 000 och en bearbetningsskala i Balplexinstrumentet av 1:4 000 och i Stereoautografen A 8 av 1:2 000.

Flygbilderna orienterades i Balplexinstrumentet varvid bearbetningsskalan blev 1:4 000. Vägprojektören kunde nu arbeta direkt i den fotogrammetriska tredimensionella modellen och med hjälp av mallar undersöka möjligheter till inpassning av väglinjen i terrängen. Han kunde också diskutera alternativen med kolleger, eftersom instrumentet medger att flera personer studerar modellen samtidigt. Erforderliga mätningar av profiler eller tvärsektioner kunde enkelt utföras i samband med inpassningen av olika väglinjer. Som slutresultat av balplexbearbetningen upprättades en plankarta i skala 1:4 000 över väglinjernas omgivning och längdprofiler, parallellprofiler eller tvärsektioner mättes och registrerades. Samtidigt studerades bilderna med hjälp av spegelstereoskop, bildtolkning, i de avsnitt där markens bärighet kunde ifrågasättas. På så sätt kunde de geotekniska fältundersökningarna för detta stadium begränsas.

Efter preliminära beräkningar av massförflyttning etc kunde preliminär kostnadsberäkning för olika alternativ genomföras, brolägen och andra konstarbeten definieras etc inför val bland alternativen. De olika alternativen studerades i terrängen och kontakterna med olika intressenter, markägare, kommunal planering etc genomfördes och så småningom kunde ett av alternativen väljas. Det var en betydande styrka i processen, att många alternativ kunde studeras inför valet av slutlig lösning och olika intressen kunde på så sätt tas till vara.

Omkring den slutligen valda väglinjen upprättades ur samma bildmaterial en karta i skala 1:2 000 försedd med nivåkurvor med 1 m ekvidistans. Med hjälp av denna karta kunde nu väglinjen detaljinpassas till terrängen under hänsynstagande till gällande specifikationer

etc. Kartan var också ett bra hjälpmedel, då vägförslaget skulle presenteras för en bredare publik, innan slutlig fastställelse kunde ske.

Ett av problemen för den fotogrammetriska bearbetningen bestod i anskaffningen av erforderliga geodetiska mätningsdata för kontroll och anpassning av modellen till markens system. Det erfordrades koordinatbestämda punkter markerade i terrängen och signalerade inför flygfotograferingen, så att de kunde återfinnas i bilderna. Det enklaste sättet att koordinatbestämma dessa punkter var genom polygontågsmätning, som innebär mätning av längder och vinklar mellan punkterna.

Vinkelmätningen skedde med teodolit, men för längdmätningen var man i början av femtiotalet hänvisad till mätning med 100 meters mätband. Eftersom avstånden i det polygontåg, som användes som stöd för den fotogrammetriska bearbetningen under utredningsstadiet, i allmänhet uppgick till flera hundra meter, var längdmätning med mätband opraktisk.

Det innebar därför ett stort fall framåt, då elektroniska instrument introducerades för längdmätning. Det första instrumentet, som användes för detta ändamål var en *Tellurometer.* Det var ett instrument, som arbetade med en modulerad radiovåg och med hjälp av två stationer, i princip en sändare och en mottagare, kunde man registrera, hur lång tid radiovågen var på väg mellan de aktuella punkterna och översätta tiden till avstånd med olika ganska enkla formler. Instrumentet innebar en betydande utveckling för den geodetiska



9. Tellurometer, längdmätningsinstrument som arbetade med radiovågor. Foto Lundin, Vägverket.

mätningstekniken, eftersom man nu fick möjligheter till mätning av långa avstånd, från 100 m till flera kilometer med mycket hög noggrannhet. I början var Tellurometerinstrumenten inte särskilt fältmässiga, men när barnsjukdomarna reducerats och operatören lärt sig instrumentet, fungerade det mycket bra under många år. Det var alltså en utveckling, som tillsammans med den fotogrammetriska utvecklingen gick hand i hand med utvecklingen av vägprojekteringsmetodiken.

Samtidigt pågick introduktionen av *Geodimetern* – ett svenskt instrument, som baserades på ljusets hastighet. Modulerade ljuspulser från ett sändarinstrument reflekteras av en reflektor, glasprisma, som sänder tillbaka ljuset till sändaren. Tiden, som ljuspulsen varit på väg registreras i sändaren och resultatet blir det lutande avståndet mellan punkterna. I de första instrumentversionerna erfordrades ett omfattande avläsnings- och beräkningsarbete för att få fram avståndet. Det första instrumentet benämndes *AGA Geodimeter modell 4*, det har senare följts av en intensiv utveckling fram emot en *Geodimeter Modell 400*, som är en s k totalstation för såväl mätning av vinklar och avstånd som för beräkning och utsättning av utsättningsdata för olika ändamål. Det största problemet vid introduktionen av geodimetern

10. Geodimeter Modell 4, längdmätningsinstrument som arbetade med pulserade ljusvågor. Foto Lundin, Vägverket.



för längdmätning var att mätningarna måste utföras i mörker under natten. Dagsljuset störde ljusstrålens gång från geodimetern till reflektionsprismat och tillbaka. Allteftersom instrumentet utvecklades förbättrades möjligheterna att mäta även långa sträckor i dagsljus.

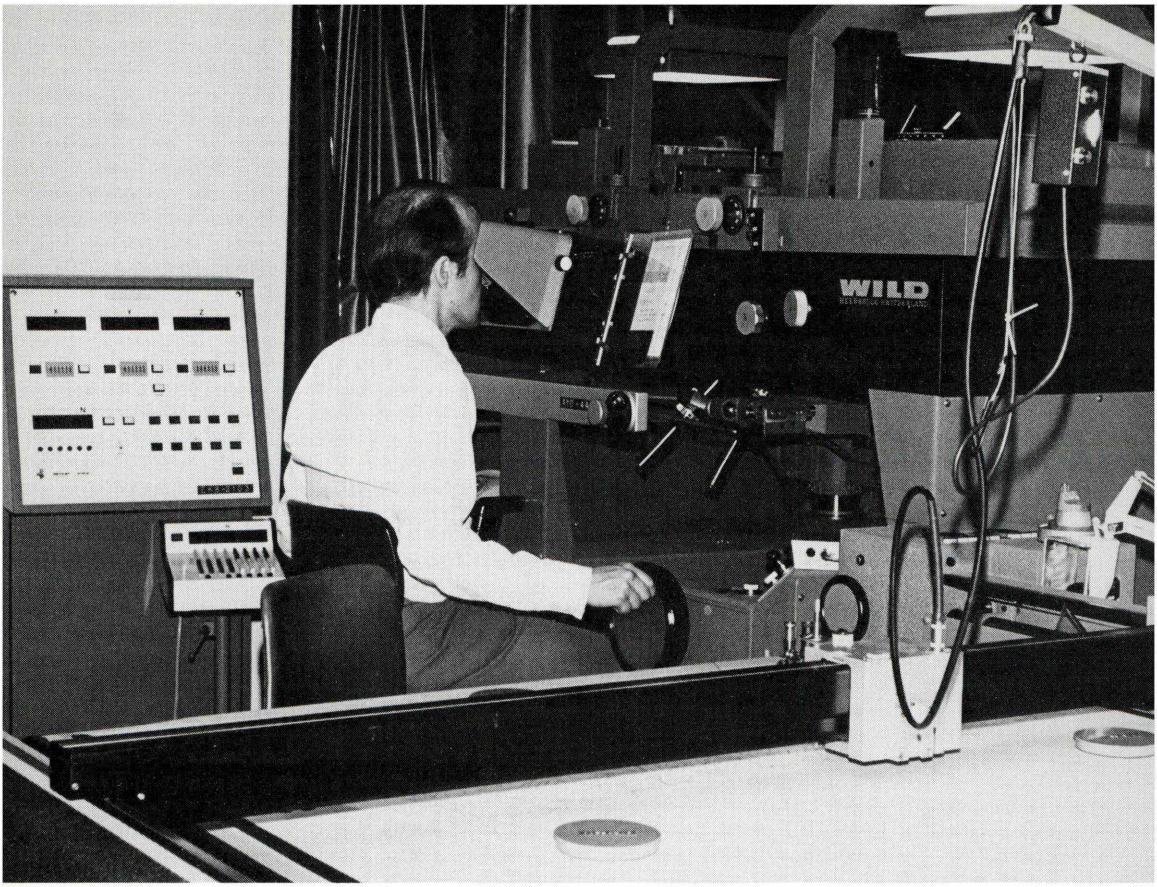
*Detaljprojekteringsstadiet*

Uppgiften i detaljprojekteringsstadiet var att bygga upp en vägkropp omkring den väglinje, som fastlagts under utredningsstadiet. Det kunde också bli fråga om smärre justeringar av vägens linjeföring i såväl plan som höjd för att förbättra vägens funktionella möjligheter och för att bättre anpassa den till dess omgivning. För att kunna göra detta erfordrades detaljerade terrängdata i form av längdprofil och tvärsektioner samt detaljkarta i skala 1:500 eller 1:1 000 särskilt över områdena närmast vägkorsningar och trafikplatser. Även för detta projekteringsstadium utvecklades teknik för användning av flygbilder.

Omkring den fastlagda väglinjen från utredningsplanen rekognoscerades, markerades och signalerades ett nät av geodetiska punkter, polygonpunkter. Dess punkter skulle tjäna flera ändamål. Dels skulle de utgöra stöd för den fotogrammetriska bearbetningen, dels skulle de utgöra fixpunkter i plan och höjd för utsättning av väglinjen och vägkroppen både inför den slutliga bearbetningen och i samband med byggandet.

Flygbilderna fotograferades från 600–800 m flyghöjd och bearbetades i *stereoautografen Wild A 8*. Som resultat erhölls tvärsektioner och längdprofil utmed väglinjen. Huvudproblemet med utnyttjandet av fotogrammetri för detaljmätningen bestod i, att vegetationen hindrade insyn mot marken, varför kompletteringsmätningar blev erforderliga i betydande omfattning. Ett annat problem i början var registreringen av numeriska data i den fotogrammetriska modellen. Avläsningen måste ske för hand och eftersom det rörde sig om stora mängder data, blev inflytandet från den mänskliga faktorn stark, vilket krävde omfattande kontrollfunktioner. Dels skulle data avläsas och registreras, dels skulle dessa data stansas på hålremsa för den följande databehandlingen för olika beräkningar.

Utvecklingen tog ett stort steg framåt, då möjligheterna öppnades till automatisk registrering av de fotogrammetriska data på hålremsa, direkt anpassad för databehandlingen. Det första koordinatregistreringsverket benämndes EK 5. Kvar stod emellertid problemen med vegetationstäcket. Därför utfördes de erforderliga mätningarna till största delen i fält. Även för dessa mätningar fick man se upp med den mänskliga faktorn, eftersom registreringarna i de mätningstekniska elementen skedde för hand, varefter data också stansades för hand på hålremsa för den efterföljande databehandlingen. Så småningom förseddes emellertid även de geodetiska instrumenten med utrustning för automatisk registrering av data med hjälp av en s k datastack, varvid



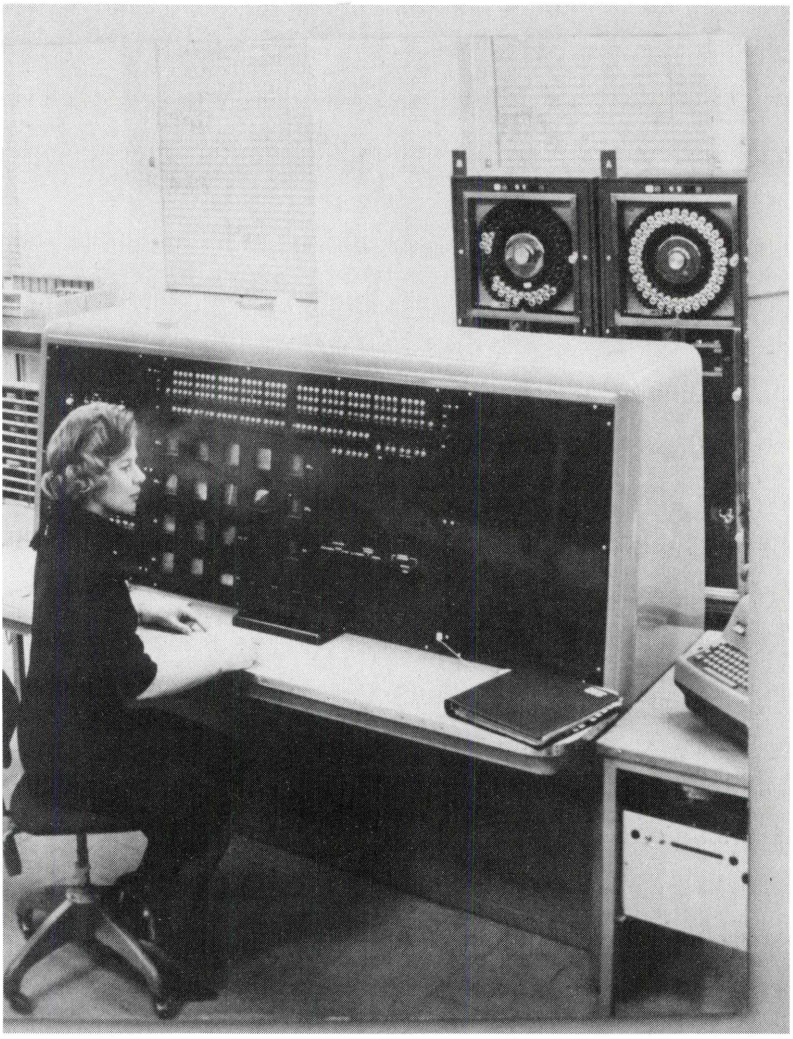

11. Stereoautograf Wild A10 försedd med utrustning för automatisk registrering av numeriska data. Foto Lundin, Vägverket.

säkerheten i registreringen steg avsevärt. Data kunde därefter direkt överföras till datamaskinen från datastacken, vilken egentligen tjänstgjorde som ett yttre minne.

Ett av problemen under detaljprojekteringsskedet var att sätta ut väglinjen i terrängen från den karta, där den redovisades. Utsättningsdata skaffades till en början på grafisk väg, vilket var en tidskrävande metod, som inte gav erforderlig noggrannhet utan en mängd anpassningar och justeringar. Detta problem fick emellertid en god lösning i och med introduktionen av automatisk databehandling i vägprojekteringsprocessen.

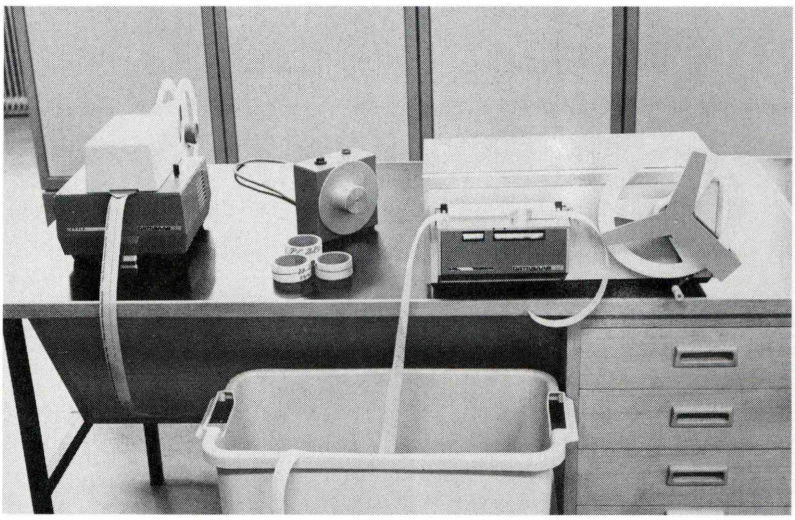
### *Automatisk databehandling*

Datamaskinen introducerades i vägprojekteringsprocessen i mitten av 1950-talet. Den första datamaskinen var utvecklad av *Facit*. Maskinen matades med hålremsor av papper. Programmen för styrningen av beräkningen låg också på hålremsor och måste matas in och lagras i maskinens minne före varje beräkning. Ingångsdata för beräkningarna stansades på hålremsa och resultatet från beräkningarna erhölls också



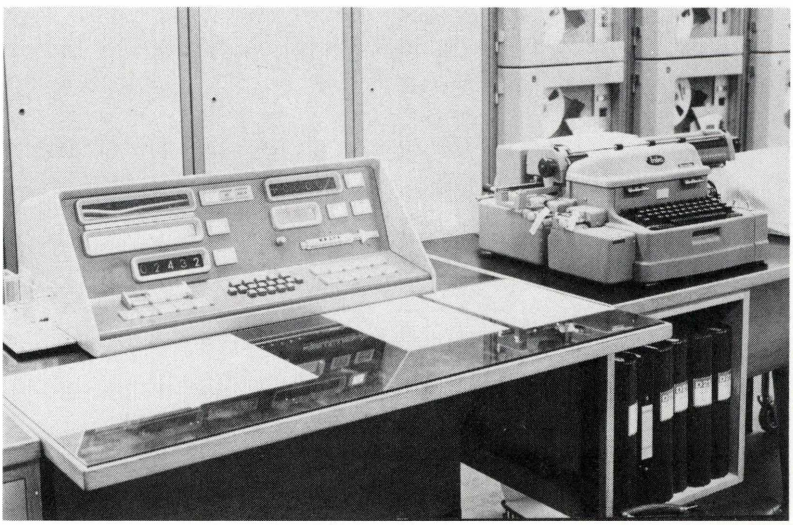
12. Den första datamaskinen som introducerades i vägprojekteringsprocessen var utvecklad av Facit. Lägg märke till karusellen i övre högra hörnet av bilden. Foto Lundin, Vägverket.

på hålremsa. Utskrift till klartext skedde sedan med hjälp av stansmaskinen. Ett av problemen var datamaskinens begränsade minnesutrymme. För att öka ut detta försågs maskinen med en minneskarusell, som bestod av ett antal magnetspolar arrangerade i en karusell. På dessa spolar kunde programmen lagras och relativt snabbt överföras till maskinens kärnminne. Denna princcip för att överföra programmen till minnet fick en stor internationell uppmärksamhet under en begränsad tid, tills minneskapaciteten utvecklades och magnetbanden för lagring av såväl program som ingångsdata och resultatdata gjorde entré.

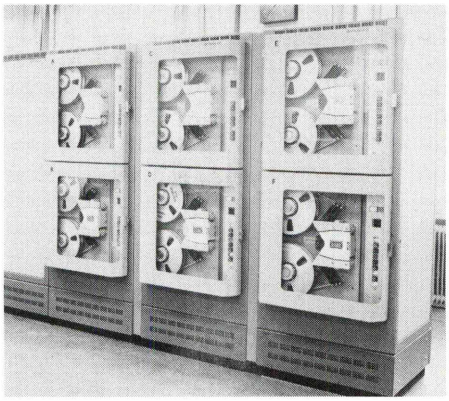


13. Datorn (SAAB D 21) matades med hålremsa av papper. Utdata erhölls också på hålremsa. Foto Lundin, Vägverket.

De första applikationerna berörde beräkning av massor och massförflyttningar. Ingångsdata var dels terrängdata, profiler och tvärsektioner, som erhållits antingen med fotogrammetriska metoder eller med fältmätning, dels data om markslaget, förekomst av berg etc, dels data om vägens typsektion, dels data om vägens linjeföring i längd- och höjdled. Resultatet bestod i en massförteckning, sektion för sektion, uppdelad på bergmassor och jordmassor, schakt och fyllning.



14. Datamaskin SAAB D 21. Lägg märke till utrustningen för stansning och utskrift. Foto Lundin, Vägverket.

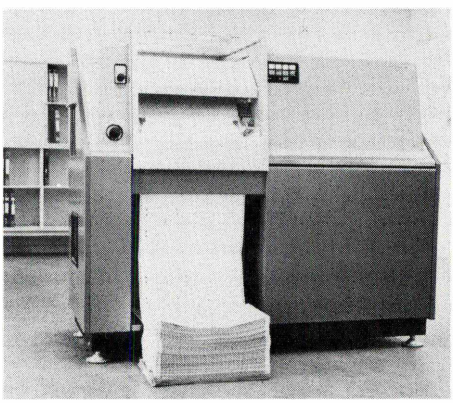


15. Introduktionen av magnetband i databehandlingen var väsentlig. Foto Lundin, Vägverket.

Nästa version av datamaskin utvecklades och tillverkades av *SAAB* i samband med flygplansutvecklingen. Den kommersiella versionen benämndes *SAAB D 21*. Även den maskinen matades med hålremsa eller hålkort. Den första maskinen inköptes av vägverket tillsammans med Sveriges Meteorologiska Institut, SMHI. Utnyttjandet av maskinen delades lika. Den hade en kapacitet, som för den tidens krav var väl avpassad för de krav, som ställdes från vägprojekteringen. *SAAB D 21* invigdes under viss pompa av kommunikationsministern Gösta Skoglund. Maskinen försågs så småningom med skrivare för direkt utskrift av beräkningsresultatet och med magnetband för lagring av program och data.

Nästa version var *SAAB D 22*, som innebar ett betydande utvecklingssteg, vad gällde såväl snabbhet som utrymme och tillgänglighet. Skivminnen kunde introduceras och skrivarna för utdata blev avsevärt effektivare. Vägverket skaffade sig en egen datamaskin.

Nästa version av datamaskin skulle ha blivit *SAAB D 23*, vilken på papperet skulle innebära ett stort utvecklingssteg vidare. Maskinen kom emellertid aldrig till kommersiellt utförande. Nästa steg blev



16. Introduktionen av snabbskrivare för resultatet av databehandlingen betydde ett stort steg framåt. Foto Lundin, Vägverket.

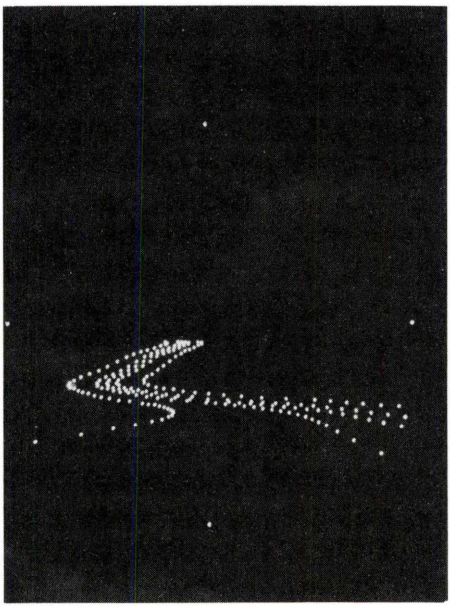
därför en *UNIVAC* dator och i samband med utlokaliseringen till Borlänge 1979–1980 installerades ett kraftfullt datorsystem av fabrikat *UNIVAC* bl a med betydande terminalkapacitet.

### *Automatisk ritning*

Introduktionen av databehandling i vägprojekteringsprocessen innebar framställning av stora mängder av numeriska data. Dessa data måste grafiskt åskådliggöras för såväl projektörer som för beslutsfattare och byggare. Därför betydde utvecklingen och introduktionen av maskiner för automatisk ritning av de data, som datamaskinen framställt, mycket för utvecklingen av projekteringsprocessen. Att rita för hand var mycket tidsödande och gav dessutom utrymme för den mänskliga faktorn. Resultatet blev alltså även väsentligt noggrannare och säkrare. Den första ritmaskinen, som introducerades var en kombination av styrenhet, utvecklad och tillverkad av *Kongsberg AS* i Norge och ett karteringsinstrument utvecklat och framställt av *Aristo AG* i Tyskland. Styrinstrumentet var utvecklat för automatisk styrning av flame-cutters för varvsindustrin och introducerat bl a hos *Kockums* i Malmö.

Koordinatografen Aristo var utvecklad för ritning av kartor. Data för ritningen erhölls på hålremsa från databehandlingen. Instrumentet utnyttjades till en början främst för ritning av väglinjer, profiler och tvärsektioner samt massdiagram. Allteftersom utvecklingen av vägprojekteringsprocessen fortskred ökade också anspråken på grafisk redovisning, bl a i form av perspektivritningar och då ökade kraven på kapacitet hos ritmaskinen. Nästa instrumentversion för den automatiska ritningen kom från *Kongsberg*, som nu hade utvecklat hela ritproceduren, med styrenhet och koordinatograf. Noggrannhet och kapacitet hos denna version låg väl i fas med utvecklingens krav. Den automatiska ritningen av perspektivbilder tillförde vägprojekteringsprocessen en viktig dimension. Kraven på teknik för en objektiv presentation av vägprojekteringsresultatet steg, allteftersom intresset från allmänhet och beslutsfattare i samhället steg för eller emot ett vägprojekt. Man ville på enklast möjliga objektiva sätt se och konstatera, vilka konsekvenser olika alternativa lösningar får för omgivningen och för samhället, innan vägen är byggd. Därvid är perspektivritningar ett bra hjälpmedel tillsammans med olika bildmontage.

Även för bildmontage erfordras beräkning och ritning av perspektivbilder. Eftersom det alltid finns utrymme för manipulation, så snart man använder bildmedium, måste projektören vara mycket noga med, att produkterna på ett objektivt sätt visar konsekvenserna. Utvecklingen av hela vägprojekteringsprocessen har strävat efter detta. Det utvecklades även teknik för presentation av kontinuerliga perspektivritningar i sådan sekvens, att man får intrycket av att färdas på vägen innan den är byggd. Sådan teknik visades för första gången



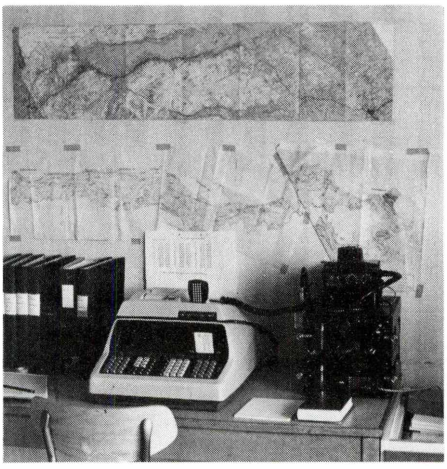
17. Det första automatiskt ritade perspektivet av en väglinje.

vid en internationell konferens i Essen i Tyskland år 1962. Filmen var producerad av Nordisk ADB AB.

Man kan säga, att utvecklingen av såväl datorer som ritutrustningar har legat väl i fas med utvecklingen av vägprojekteringsmetodiken. Ibland har metodiken styrts av utvecklingen inom informationsteknologin, ibland har kraven från projekteringsmetodiken påverkat utvecklingen inom informationsteknologin.

### *Minidatorer*

Utvecklingen av terminalhantering och små datorer har också varit av betydande intresse för projekteringsmetodiken. Det var alltid ett



18. Tillgången på smådatorer innebar att projektören kunde frigöra sig från mellanhänder. Bilden är från projekteringen av Kiruna–Narvik-vägen. Karta, väglinjedator och radiokommunikation. Foto Lundin, Vägverket.

problem för vägprojektören, att vara beroende av programmerare eller operatörer för att kunna utnyttja datorns fördelar. Kapaciteten hos datorn och efterfrågan på dess tjänster stämde inte alltid överens i början av utvecklingen. Dessutom måste data från de regionala projektörerna i början sändas per post till Stockholm för att stansas på hålremsa, beräknas, skrivas ut och sändas tillbaka per post. Det tog därför lång tid och blev en omständlig procedur att korrigera de fel, som kunde uppstå. Men man var ju i början av en intressant utveckling. Introduktionen av små datorer, bordsdatorer, PC etc, blev därför ett bra hjälpmedel för projektören att själv behärska hela projekteringsprocessen, och i de fall, då det erfordras kraftfullare datorer, kan dessa nås genom terminalhantering.

### *Vidareutveckling av vägprojekteringsmetodiken*

De grundläggande principer för vägprojekteringsmetodiken, som utvecklades under 1950- och 60-talen gäller än i dag. Kraven på kvalitet och kapacitet har emellertid ökat och man kan konstatera, att utvecklingen av hjälpmedlen för projektören har varit väl i fas med kraven. Informationsteknologin medger i dag möjligheter, vilka under 50-talet betraktades som svåruppnåeliga önskemål.




Kraven på konsekvensbeskrivningar av olika slag för de olika vägalternativen har stadigt ökat. Dessa beskrivningar har dels gällt de ekonomiska effekterna och trafiksäkerhetskonsekvenserna, dels och framförallt de miljömässiga konsekvenserna, buller, avgaser, estetik etc. Under de senaste åren har t ex bestämmelser utfärdats om, att till varje vägprojekt skall höra en beskrivning av miljökonsekvenserna, MKB. I denna skall beskrivas effekterna för Naturmiljön, Rekreation, Landskapsbild/Stadsbild, Kulturminnesvård, Buller, Luftföroreningar, Vattenföroreningar och Vibrationer. Dessa krav innebär behov av tillgång till en stor informationsmängd för projektören.

Utvecklingen av vägprojekteringsmetodiken har gått hand i hand med utvecklingen av teknologi och informationsanskaffning och informationsbehandling. Under årens lopp har de erforderliga hjälpmedlen successivt utvecklats emot högre kvalitet och bättre tillgänglighet. Introduktionen av olika typer av databanker eller databaser innebär ökad tillgänglighet till informationer, förutsatt att databaserna är så konstruerade, att utinformationerna lätt kan erhållas. Detta ställer stora krav på standardisering, ett begrepp, som har haft stor svårighet att få genomslag, men som nu uppmärksammas mer och mer.

### *Databaser*

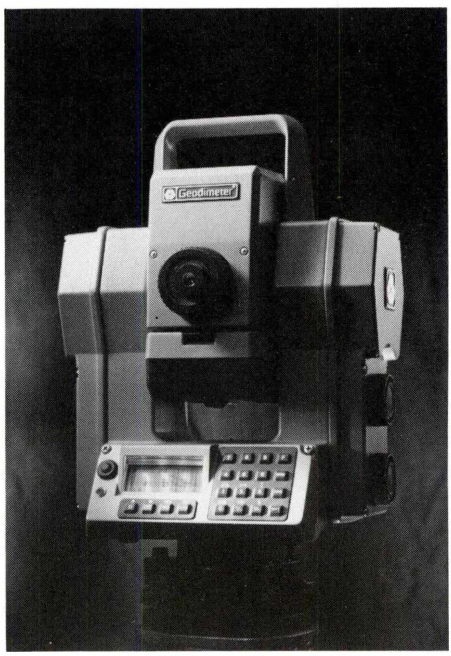
Vägverket började under 1970-talet att bygga upp en databank, *Vägdatabanken*, för att på ett ställe samla in och bearbeta de informationer om vägnätet, som var relevanta som underlag för kommande planeringar av investeringar, förbättringar och underhåll. Alltefter-som informationsteknologin har underlättat konstruktionerna av

databaser har vägdatabanken utvecklats i rätt riktning att utnyttjas som underlag för väghållningsplanering av olika slag.

De officiella kartorna över landet förs nu över till databas. Det svenska Lantmäteriet håller på att bygga upp *Geografiska Sverige-Data, GSD*, vilket innebär geografisk landskapsinformation i digital form. Dessa databaser byggs ut successivt, med grundläggande geografisk information och systemet kommer att vara utbyggt under 1990-talet. Systemet kommer att omfatta administrativa gränser, fastighetsindelning, fornlämningar, hydrografi, höjdförhållanden, järnvägar, ledningar, markanvändning, ortnamn, tätorter, vägar. Därigenom kommer *GSD*, när systemet väl är introducerat, att öka möjligheterna till ett mera flexibelt utnyttjande av lägesbestämd information, vilket är väsentligt för vägprojektören, främst i det inledande projekteringsstadiet. Dessutom kommer möjligheterna att samarbeta dessa informationer med informationer från andra databaser, att utvecklas, vilket kvalificerar underlaget för analyser och beslut.

### *Mätningsteknisk utveckling*

Inom *mätningstekniken* har de elektroniska längdmätningsinstrumenten kombinerats med vinkelmätningsinstrumenten, teodoliterna. De moderna instrumenten använder modulerat ljus eller laser för avståndsbestämningen och elektronik för vinkelmätning i ett och samma instrument. Instrumenten är också försedda med system för automatisk registrering, vilket innebär, att de inmätta data kan erhållas antingen på ett magnetband eller lagrade i ett separat externt eller



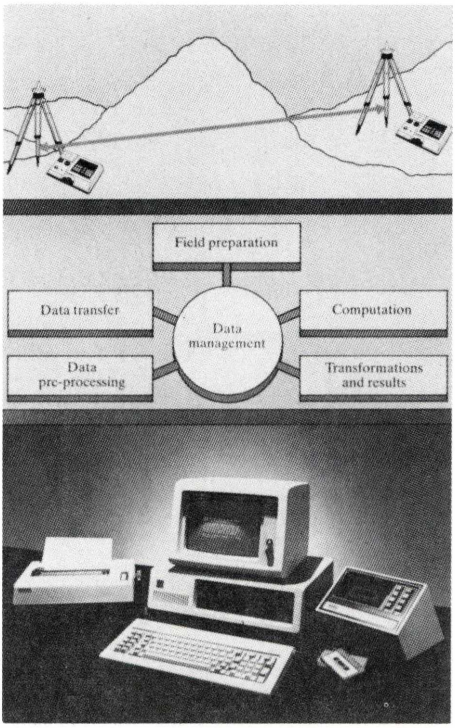

19. Geodimeter 460, totalstation för geodetisk mätning och utsättning.

internt minne t ex i datastack, så att data direkt kan överföras till databehandling. De mest avancerade instrumenten har även en inbyggd dator, så att erforderliga transformationer och beräkningar kan utföras i instrumentet. Detta har bl a stora fördelar vid utsättning av vägbyggnadselement etc. De system, där samtliga funktioner byggts in i ett och samma instrument brukar betecknas *totalstationer.* Instruktioner till operatören för mätningsarbetet och dess resultat kan erhållas på en display eller teckenruta.

Registreringen av mätta data har alltid varit den svagaste länken i den mätningstekniska proceduren, eftersom den till så stor del har varit beroende av den mänskliga faktorn. Därför innebär introduktionen av automatik i instrumenten en avsevärd ökning av såväl kvalitet, som kapacitet.

Utnyttjande av totalstation för utsättning innebär, att data kan direkt överföras från projektörens resultat till fältet utan att påverkas av mänsklig hand. Beräkning av utsättningsdata kan göras antingen i samband med projekteringen eller av totalstationen under utsättningens gång. Exempel på totalstation kan vara Geodimeter Nr 440.

*GPS* Ett av problemen med inmätningen av fixpunkter i plan och höjd i samband med vägprojekteringens första stadier har varit möjligheterna till geodetisk kontroll och till anslutning av punkterna till rikets




20. Global Positioning System, GPS. Antenn och mottagare samt datorutrustning.

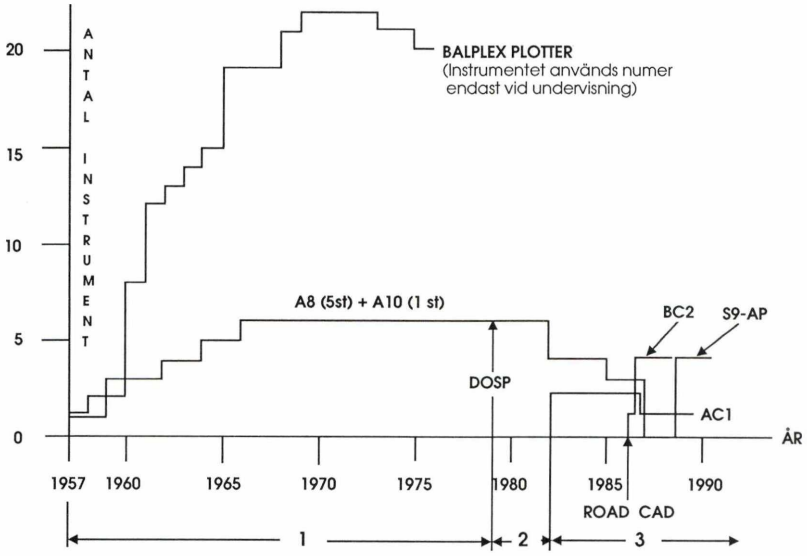
koordinatsystem. Olika metoder härför har använts under senare tid, men det är först nu, som ett verkligt effektivt system har utvecklats, benämnt *Global Positioning System, GPS*. Detta system, som innebär lägesbestämning med hjälp av satelliter, var ursprungligen ämnat som ett navigeringshjälpmedel för både civilt och militärt bruk. Med hjälp av signaler, som utsändes från satelliter och som innehåller kodad information, skulle i stort sett omedelbar lägesbestämning kunna göras. Hittills har 11 satelliter placerats i sina banor runt jorden och under 1991 kommer ytterligare 10 satelliter att sändas upp. Satelliterna befinner sig på ca 20 200 km höjd från jorden för att ge en så bra täckning av jordytan som möjligt samt för att möjliggöra mätningar under hela dygnet. För att utföra mätningar mot satelliterna erfordras en *GPS-mottagare*. Denna består av en antenn, en mottagare med dataprocessor samt en kontroll/displayenhet.

Med hjälp av detta system kan nu positionsbestämning ske i såväl plan som höjd. Härigenom kan erforderliga kontrollpunkter för polygontågen effektivt erhållas, samtidigt som anslutning kan ske till rikets koordinatssytem i plan och höjd. I den fortsatta utvecklingen kommer GPS-tekniken att kunna användas även i samband med utsättning i terrängen av vägbyggnadselement, dels i samband med projekteringen, dels i samband med byggandet. Noggrannheten är hög. Medelfelet i plankoordinaterna kan anges till 1–2 cm.

### *Den fotogrammetriska utvecklingen*

Utvecklingen av den fotogrammetriska teknologin och instrumenten härför har inneburit en övergång från analog fotogrammetri till analytisk-digital fotogrammetri. Med analogt instrument förstås ett instrument, där den fotogrammetriska modellen konstrueras analogt i instrumentet. Ljusstrålarna representeras av stålstänger, såsom i *Stereoautografen Wild A 8* eller genom optisk projektion såsom i *Balplex Plotter*.

Med analytiskt instrument förstås ett instrument, där den fotogrammetriska modellen byggs upp på numerisk-elektronisk väg, genom att ett system av koordinatgivare och servomotorer övervakas av en minidator, som hela tiden justerar läget hos instrumentets bildhållare och betraktningssytem, i takt med att inställningen av modellkoordinaterna ändras med handrattar. Vid de analoga instrumenten består bearbetningsresultatet av karta eller numeriska koordinater. Vid de analytiska instrumenten består resultatet av koordinatdata med sina kodbeteckningar för identifikation, redovisade på datamedium, databas, antingen för numerisk presentation eller för grafisk presentation i form av karta i önskad skala med önskat innehåll, profiler, terrängmodeller etc. Ritbordet för den grafiska presentationen är separat. En betydande fördel för analytisk fotogrammetri i förhållande till analog är, att alla erforderliga korrektioner, som kan erfordras för ett bra resultat, enkelt kan tillfogas till bildkoordina-




21. Övergången från analog till analytisk digital fotogrammetri skedde successivt under första delen av 1980-talet. Foto Vägverket.

terna före transformation till markkoordinater. Det bidrar avsevärt till höjning av kvalitén i slutresultatet.

Detta förhållande innebär i sin tur möjligheter att utnyttja högre flyghöjder för fotograferingen, vilket i sin tur ökar insynen i framförallt skogklädd terräng. Den digitala tekniken har medgivit att numera enbart en flygfotografering erfordras för utredning–detaljprojektering av vägobjekt. Den valda flyghöjden för detta ändamål är 1 000 m. Som exempel på analytiskt instrument för digital bearbetning må *Wild Aviolyt* samt *Zeiss Planicomp* nämnas.

22. Wild Aviolyt. Modernt instrument för analytisk digital bearbetning av flygbilder.



I dessa instrument tar processdator, elektroniska kontroller och datorprogram över större delen av rutinfunktionerna för orientering, koordinattransformation, registrering och presentation. Instrumenten är dessutom försedda med anordning för inspegling i den observerade fotogrammetriska modellen av existerande kartor, ritningar etc, vilket har en betydande fördel, då det gäller att uppdatera eller komplettera kartor eller att kontrollera, att alla aktuella terrängdetaljer har medtagits i registreringen.

Kring instrument av dessa typer kan en fotogrammetrisk arbetsstation byggas upp så, att terränginformation kan inhämtas, behandlas och utnyttjas i ett sammanhang. Detta är synnerligen värdefullt i samband med vägprojektering, då alternativa lösningar effektivt kan utvärderas, dokumenteras och presenteras i grafisk resp numerisk form.

### *Ortofoto*

En annan intressant utveckling inom fotogrammetrin gäller den s k ortofototekniken. I en vanlig flygbild påverkas redovisningen av en punkt, dels av punktens höjdläge i förhållande till ett referensplan, dels av att flygbilden inte kan fotograferas som en exakt lodbild på grund av flygplanets krängningar i luften. Inverkan på punktens läge av kameraaxelns lutningsvinklar kan korrigeras genom s k rektifiering, men kvar står inverkan från höjdförhållandena. För att denna inverkan skall elimineras, måste bilden kopieras med små bildelement i taget, där höjdinverkan elimineras. Detta förfarande, som benämnes *ortofototeknik*, erfordrar data om den fotogrammetriska modellens höjdförhållanden och därför styrs ortofotoinstrumentet, direkt eller indirekt, från ett fotogrammetriskt instrument, där modellen bearbetas så, att styrdata för ortofotinstrumentet erhålles. Ortofot ser ut som en vanlig förstoring av en flygbild, men har ortoprojektionens geometriska egenskaper, varför den geometriskt är att jämställa med en karta. Dessa bildkartor innehåller väsentligt mer information, än vad en karta kan innehålla. De moderna officiella kartorna över Sverige bygger till stor del på ortofotobilder.

### *Satellitbilder*

*Satellitbilder* utnyttjas i ökande utsträckning för översiktlig planering och projektering för olika ändamål. Den senaste utvecklingen inom detta område innebär, att tredimensionella modeller kan erhållas, vilket avsevärt ökar bildernas användbarhet för olika ändamål. Ortofotokartor kan numera erhållas även från satellitbilder i skalor mellan 1:50 000 och 1:250 000. Höjdnoggrannheten i punktbestämningar kan som bäst bli 6 m och plannoggrannheten omkring 5 m.

Den tidigare nämnda *GPS-tekniken* kan användas i samband med lägesbestämning av intressanta punkter eller projekteringselement vid användningen av satellitkartorna, särskilt inom områden där geodetiskt bestämda punkter saknas.

*GPS vid flygfotografering*

*GPS*-tekniken utvecklas nu för att användas även vid positionsbestämning av flygkamerans läge i rymden vid fotograferingstillfället. Detta innebär i kombination med gyrostabilisering av flygkameran för att minimera effekten från flygplanets krängningar, att den kostnadskrävande anskaffningen av erforderliga stödpunkter för kontroll av den fotogrammetriska modellen och för dess referens till markens koordinatsystem kommer att avsevärt rationaliseras.

**För att kunna följa den fotogrammetriska utvecklingen och för att effektivt kunna omsätta den i praktiken inrättades vid väg- och vattenbyggnadsstyrelsen den 1 maj 1957 en särskild avdelning för fotogrammetri. Denna avdelnings arbetsområde kan indelas i tre huvuduppgifter:**

1:a Genom bedrivande av utvecklings- och undersökningsarbete tillvarataga de möjligheter fotogrammetrin erbjuder och vidareutveckla metodiken för flygbildens användning i vägplaneringens tjänst.

2:a Genom undervisning lära ut denna nya metodik till den planerande personalen på vägförvaltningarna.

3:e Genom produktion dels visa att de nya idéerna går att omsätta i praktiken, dels förse vägförvaltningarna med det material av kartor, profilmätningar o.dyl. som erfordras vid vägplaneringens olika stadier.

(Detta manifest innebar startskottet för utvecklingen av vägprojekteringsmetodiken.)

*Terrängmodell*

En karta i aktuell skala och försedd med nivåkurvor över ett markområde kan anses som en grafisk modell av terrängen. Kartan innehåller erforderliga plandetaljer och höjdkurvorna illustrerar markens höjdförhållanden. En sådan karta kan överföras till en digital terrängmodell genom att de grafiska illustrationerna punktvis anges genom sina koordinater i kartans koordinatsystem. Denna procedur, som benämnes digitalisering, sker med hjälp av ett digitaliseringsbord. För att data skall kunna användas vid återskapandet i datorn av terrängmodellen, måste de registrerade punkterna förses med lämplig kod, som identifierar punkten i fråga.

Det finns olika metoder för att registrera terrängens höjdförhållanden. En metod är att registrera kartans höjdkurvor, en annan är att registrera terrängens brytpunkter i form av polygoner, en tredje kan vara att registrera höjderna i ett rutnät med lämplig rutstorlek över terrängen. Registreringsmetoden hänger samman med den interpoleringsmetod, som dataprogrammet använder för att bygga upp terrängmodellen i datorn. Terrängdata kan också anskaffas genom ter-

restra, mätningstekniska, takymetriska, metoder, varvid lämpligen en modern totalstation av typ *Geodimeter 440 eller 460* kan användas. Genom att använda en totalstation kan de registrerade data kontrolleras, innan operatören lämnar mätningsområdet. Terrestra metoder användes främst, när det aktuella mätområdet är begränsat eller då vegetationen hindrar insyn från luften. Terrängdata kan också anskaffas med fotogrammetriska metoder, varvid mätmetoden anpassas till de krav, som modellprogrammet anger. Lämpliga instrument för dessa mätningar är de analytiska instrumenten som nämnts ovan, *Wild Aviolyt, Zeiss Planimat, Kern DSR.* I dessa arbetsstationer kan data registreras, kontrolleras, transformeras och lagras i databas i *en* procedur, vilket innebär en rationell bearbetning. Även markens geologiska och geotekniska förhållanden kan registreras och lagras i en terrängmodell.

### *Geologisk flygbildtolkning*

Flygbilder är ett bra hjälpmedel vid insamling av geovetenskaplig information inom geomorfologi, berggrundsgeologi, kvartärgeologi och hydrologi. Med hjälp av bildtolkning kan den erfarne geologen dels avgränsa och klassificera intressanta områden, dels kvantifiera tillgången på det material, som är aktuellt t ex grus eller berg lämpligt för krossning. Flygbildtolkning och fältkontroll måste alltid gå hand i hand. Avvägningen mellan dem är beroende av undersökningens ambitioner och den aktuella graden av generalisering och måste ske med hänsyn till krav på noggrannhet och kostnad.

Tolkningens kvalitet är beroende av bildmaterialets typ och kvalitet samt bildtolkarens kunskap och erfarenhet inom sitt område. Vid bildtolkning av bergarter och förekomst av byggnadsmaterial måste oftast indirekta indikationer utnyttjas. Vegetation och jordtäcke kan tillsammans med markens konfiguration indirekt ge information om vad som döljer sig därunder.

Den erfarne geologen eller geoteknikern har kunskap om dessa samband och när han studerar flygbilderna, kan han dels avgöra lokalisering och mäktighet av de förekomster, han söker, dels planera erforderlig fältundersökning för att slutligt fastställa förekomsten. Indikationerna i bilderna av jordarter och fuktighetsförhållanden ger också bildtolkaren möjligheter att avgränsa områden med bärighetsproblem, som från byggnads- och anläggningssynpunkt kan vara komplicerade. Dessa områden undersöks därefter i fält, men genom studierna av flygbilderna kan den kostsamma fältundersökningen minimeras.

För bildtolkning användes ofta svartvita bilder, men erfarenheten visar att utnyttjandet av färgfilm av olika slag ger bildtolkaren mer information än vad pankromatiska svartvita bilder kan ge. IR-färgfilm är ett bra hjälpmedel, när berg i dagen skall avgränsas samt när vegetationen utnyttjas som jordartsindikator.

## CAD-teknik

Den ovan beskrivna utvecklingen inom de teknikområden, som är intressanta för utvecklingen av vägprojekteringsmetodikens anskaffning och bearbetning av relevant information, har medverkat till att metodiken stegvis har kunnat utvecklas. Projektören får på enklare sätt tillgång till erforderlig information och han kan själv behandla den på det sätt, han önskar. Han är inte till så stor del som förut, beroende av annan expertis för sitt direkta arbete. Han har med andra ord tillgång till data på sitt bord.

Detta innebär att *CAD*-tekniken kan användas även inom vägprojekteringstekniken. Terränginformation, såväl topografisk som geologisk-geoteknisk kan erhållas genom terrängmodeller. Typsektioner för vägkroppens utformning finns i databas. Program för beräkning av massförflyttning, perspektiv, ritningar, byggnadskostnader, utsättningar etc finns också tillgängliga i systemet. Olika alternativa lösningar kan illustreras på grafisk skärm eller ritas automatiskt och studeras och diskuteras med kolleger och andra intressenter. Konsekvensbeskrivningar kan upprättas och illustreras. De flesta beräkningarna kan utföras med en kraftfull PC och när den inte räcker till, finns anslutningsmöjligheter till en större dator.

Denna utveckling av projekteringsmetodiken är under introduktion i många länder i dag.

## Slutord

Kraven på undersökning och dokumentation av olika tänkbara alternativa lösningar med deras konsekvenser har stadigt ökat under årens lopp sedan 1950-talet. Samtidigt har emellertid utvecklingen inom elektroniken och informationsteknologin successivt ökat projektörens möjlighet till att anskaffa, bearbeta och presentera erforderlig information av olika slag. Informationsteknologin kommer att utvecklas vidare och så kommer också att ske med metodiken för vägprojektering baserad på den grund, som lades under 1950–1960-talen.

## *Developments in road planning since the 1950s*


## Summary

With the development of the motor car as a means of transport after the Second World War, the demands placed on the country's roads and road maintenance increased dramatically. The road system consisted largely of low capacity gravel roads and the expanding volume of traffic entailed increasing problems with traffic safety. In the first road plan—Road Plan 57—guidelines were drawn as to how the road system should be developed in the coming decades to meet estimated demands as regards both passenger and goods transport. Principles for the primary and secondary road system were fixed and questions relating to standards were discussed.

The need for improvements in techniques both for road planning and for road construction and maintenance became increasingly evident with the

increasing capacity and safety demands. Internationally too, in Europe and USA, the tendencies were plain. Demands on road transport increased at the same time as the railways had difficulties in holding their own. There was increased interest in door to door transport and finished products began to play a more important role in goods transport. The transport of raw materials continued to have great importance but at the same time the need for fast and safe transport increased. In recent years the increased interest in the rational use of capital in industry has given rise to a completely changed view regarding store management. As a result the concept *Just in Time* has begun to be increasingly applied in the field of goods transport and this has meant dramatically altered speed and quality reguirements as far goods transport is concerned.

Developments in information and communications technology which took place at the beginning of the 50s resulted in an ever increasing interest in—and need for—mobility. The effect of this—in conjunction with increased affluence—was that motor transport increased thus stepping up requirements as regards road maintenance. In today's world the need for mobility is great, a fact reflected in the dramatic increase in road transport in recent years. Simultaneously collective traffic has experienced difficulty in expanding and developing. This i largely a result of political indecision which has meant that difficult decisions have been postponed until the problems have become so large that there are obvious difficulties in finding requisite finance. In the meantime the development of society has meant that people are increasingly dependent on access to private transport.

Work on road planning at the beginning of the 50s gave rise to increased discussion of road standards and the influence of developments in Europe and USA were obvious. In the USA an important test—*AASHO ROAD-TEST*—was carried out to find out how the demands on highway carrying capacity in relation to heavy traffic were to be met.

From the 50s onwards there was a dramatic increase of interest in road design partly as a means to creating a simpler and safer traffic environment and partly as a way of merging the road with its surroundings, and the concept of *Road Aesthetics* was much employed. In Germany and Italy, technologies for the so called soft alignement of roads were developed. This meant that priority was given to ensuring that the road merged with its surroundings. An effort was made to avoid straight stretches of road scarring the countryside. Instead transition curves in the form of clothoids were introduced between the circular curves. Certain schools required that straight stretches should be completely avoided and that the line of the road should be made up of circular curves with clothoids as transition curves. A clothoid is a curve with a continously incrasing radius, a kind of spiral.

The debates in the 50s and 60s were concerned with questions of noise and requirements that the extension of the road system should be designed for minimal noise disturbance, were important.

The extension of the road system also had to take into account industrial and housing developments and consequently the demands on economic planning techniques were crucial. Questions of priority became increasingly important with the realisation that all the various needs could not be satisfied at once. The development of these techniques at both a national and regional level, accelerated as did techniques for traffic estimation and analysis. Forecasts regarding traffic development form an important part of the discussion about road standards and priority.

The need for all kinds of information as a basis for planning and carrying out road maintenance increased dramatically at the beginning of the 50s.

Some of it was needed for community planning. Other information concerned traffic, its projected composition and development. There was topographical and geological information about the countryside where the road was to be built and put into use and there were various types of information about the existing road network e g for providing a basis for the planning and carrying out of road maintenance.

In forecasting, developments in technology were needed to process all this information so that different alternative solutions could be studied and analysed satisfactorily.

Moreover there was an acute need of technology to present the results of road design plans to decision-makers and the general public to ensure that the plans would in fact be accepted.

During the same period, planning and forecasting benefited from advances in information processing, photogrammetry and geodetic measurement techniques, both internationally and in Sweden. Developments in Germany, Switzerland and USA were somewhat in advance of those in Sweden but through well established cooperation a great deal of the early lessons could be transferred here so that initial efforts were made easier.

Developments have thereafter kept pace with the development of auxiliary means. Progress in information technology towards more advanced but at the same time simpler facilities, continues to play an important role in effective road planning and design.

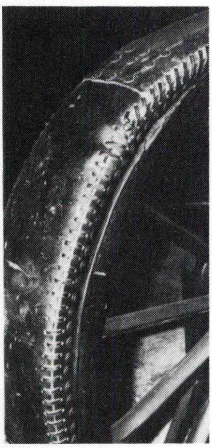
# Teknik- och industrihistoria



Chassimontering vid Scania i Södertälje. Foto Kay Danielson, TM.

# Gummiringen satte fart på hjulen

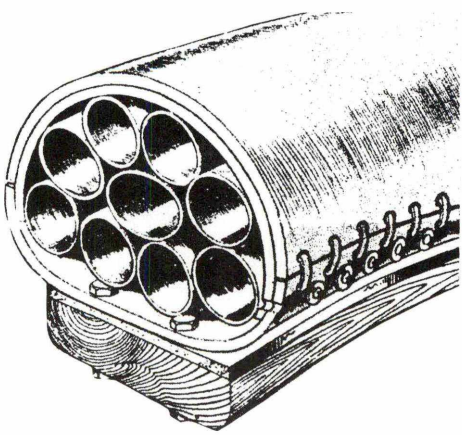
*Av Folke Millqvist*



1. Nygjord reproduktion av Thomsens läderdäck. Foto Science Museum, London.

Så tidigt som 1835 konstruerade en fransman en sorts massivring för hästvagnar enligt vad Harvey S Firestone Jr berättade i ett radioanförande. Den första vulkade massivringen togs fram i England år 1846 av Charles Macintosh. Uppfinnare var förmodligen Thomas Hancock, som år 1856 i Personal Narratives berättade om dessa däck, 1½ tum breda och 1¼ tjocka. "Hjul med sådana ringar slamra ej och tack vare dem känner man knappast, att vagnen skakar på de dåliga vägarna. På senaste tiden har Hennes Majestät (drottning Victoria) börjat använda dem på sina vagnar."

Märkligt nog hade W R Thomsen redan år 1845 fått patent på ett pneumatiskt hjul (BP 1845 10990). Däri ingick ett eller ett par innerslangar tillverkade av gummi- eller guttaperkabelagda canvasdukar omgivna av ett yttre läderhölje. Den innovative Thomsen var långt före sin tid. Hästdrivna vagnars långsamma färd på urusla vägar kunde knappast stimulera till en besvärlig montering av primitiva ringar. Med ett flertal innerslangar kunde punkteringsrisken endast obetydligt elimineras. Thomsen fick ge sig. Hans patent föll i glömska. År 1867 kom han emellertid igen med ett patent på massiva hjulbeläggningar, som fick ganska stor användning för velocipeder och vagnar.



2. Robert W Thomsens innerslangkonstruktion 1845. Ur History of the Rubber Industry. Cambridge 1952.



3. "Benskakare" använd på 1870-talet av Johannes Erikson, Viskaforsfabrikens grundare. Foto Borås museum.

*Benskakare, höghjulingar och säkerhetsmaskiner*

Från Parisutställningen 1867 återvände J W Östberg full av intryck av de "benskakare", som han fått se. En hantverksmässig tillverkning sattes i gång. Även på flera andra håll, såsom i Mora och Vrigstad, tog man fram primitiva benskakare.

En ny injektion erhöll Östberg år 1877 på den allra första av de berömda Stanleyutställningarna. Höghjulingar med trampor och säte på det höga framhjulet togs i produktion. – Tävlingar och korta sällskapspromenader blev populära särskilt sedan hjulen börjat beläggas med stötdämpande massivgummi. Verkliga balansakter erfordrades emellertid, stundom resulterande i svårartade vurpor.

Med förakt såg den dåtida velocipedeliten ner på de "säkerhetsmaskiner", som från 1874 konstruerats av engelsmannen Lawson. De var utrustade med kedja och drivande mittställda trampor. Hjulen var i stort sett lika stora. Sitt verkliga genombrott fick säkerhetsmaskinen först med luftringen från och med 1888. I mitten av 90-talet hade den försetts med fotbromsar och frihjulsnav. Därmed hade vi fått den



4. Per Froms "säkerhetsmaskin" med massivdäck 1889. Foto TM.

cykel, som ganska oförändrad används än i dag. För att omsätta mänsklig energi i en framdrivande rörelse torde cykeln vara vårt kanske allra effektivaste hjälpmedel. På sin nyanlagda verkstad tog Per Fromm i Stockholm upp tillverkning av höghjulingar år 1883. Redan år 1889 satsade han på ganska välkonstruerade säkerhetsmaskiner, till en början utrustade med massivringar. De vanligaste dimensionerna var 5/8, 3/4 och 7/8 tum.

Massivringarna klistrades fast på hjulskenan. Denna klistring kunde undvikas med den tyska Otto-ringen, som i Sverige lanserades av Wiklunds Velocipedfabrik. Den var genomdragen med en galvaniserad järntråd. Tyvärr måste monteringen även vid ett ringbyte ske på fabriken. Ökad bekvämlighet erhölls med den ganska tunga cushionringen eller bolsterringen. Den bestod av ett ihåligt tjockväggigt gummirör, som tillverkades i en mängd olika varianter.

### *Luftringens snabba genombrott*

Efter pensionering igångsatte veterinären John Boyd Dunlop i Belfast experiment med olika typer av luftringar, tydligen helt ovetande om Thomsens patent. Märkligt nog var båda födda i Skottland på inte mer än 10 mils avstånd. I stor hemlighet och under stora besvär monterades ringar på sonens trehjuling. Med ens cyklade denne betydligt snabbare och även bekvämare än sina kamrater. Det hela väckte berättigad uppmärksamhet. Patent erhölls år 1888 (BP 10707), som bådade en gyllene framtid för det nybildade Pneumatic Tyre. Företaget ombildades efterhand, varvid Dunlop främst deltog med sitt namn. Plötsligt upptäcktes år 1890 det Thomsenska patentet och monopolställningen gick förlorad. Snabbt etablerades en mängd konkurrenter i Storbritannien liksom utomlands.

### *"Lättlöpande och elastisk"*

Dunlopringen var ursprungligen utformad med en innerslang, som lindades med kanvasväv, och som sedan i likhet med en omgivande gummiplatta klistrades fast vid hjulskenan. "Lättlöpande och elastisk" var slagorden i reklamen. Punkteringarna var emellertid otaliga och reparationer nästan omöjliga att genomföra. När man efter stort besvär hade lyckats plocka fram innerslangen, måstee man försiktigt skära upp den omgivande, delvis fastklistrade väven, innan slangen kunde lagas. Vid uppumpningen brukade slangen bubbla ut genom den skadade väven, och vidare ut genom ytterplattan. I mitten av 90-talet var dessa problem i stort sett lösta, bl a genom att kanvasduken byggts in i yttergummit.

Ytterplatta och yttergummi var under 90-talet de sedvanliga benämningarna. I sina innehållsrika broschyrer talade Malmöföretaget Humber om "yttertäcket" eller "täcket" och även om "överdraget" eller "övertäcket". Först omkring 1900 kom ordet däck i mer allmänt bruk.

Kordvävar, som består av väfttrådar, som förenas med några få

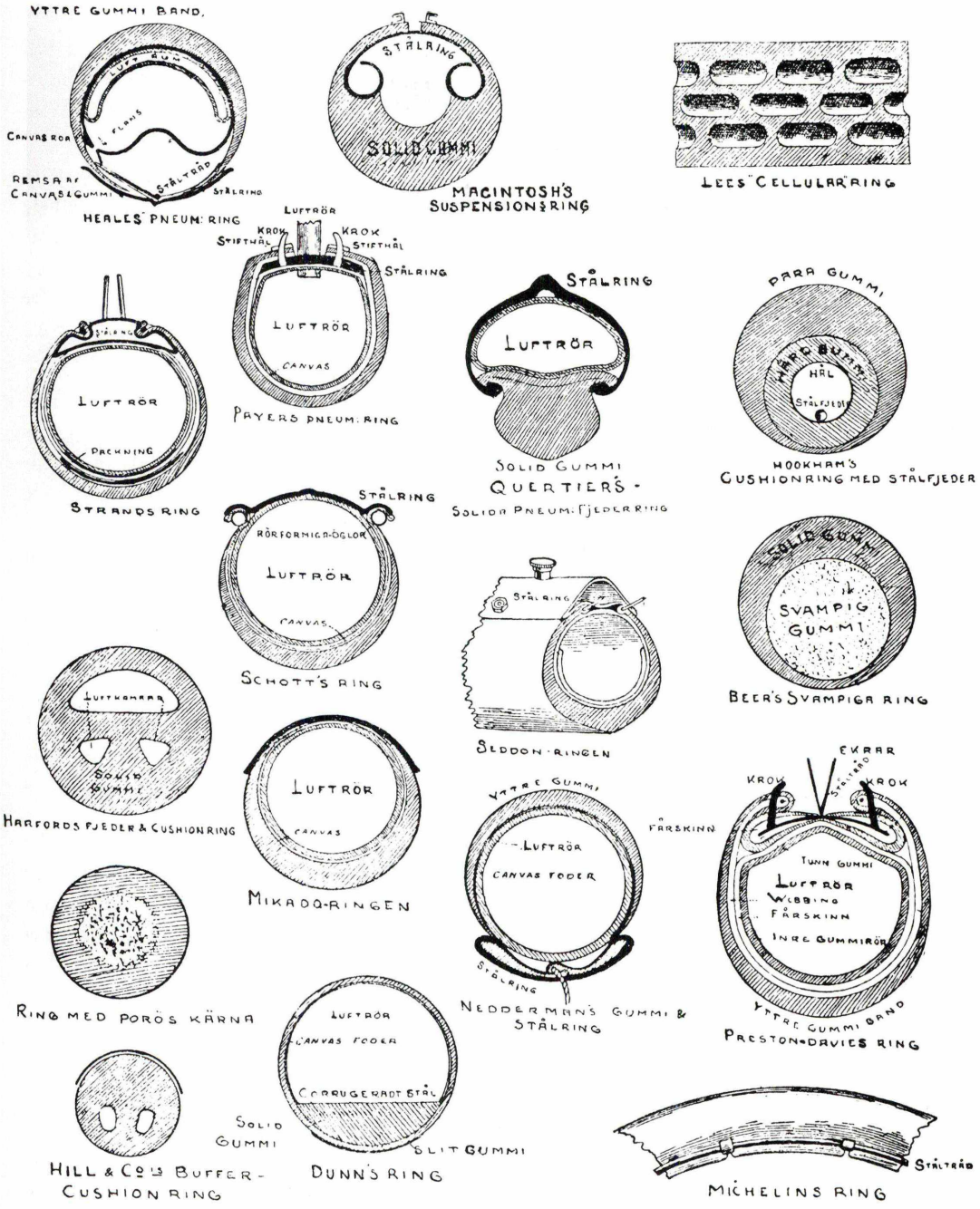


5. Luftgummiringens nyskapare, Dunlop, på velociped 1890. Foto Goodyear, Norrköping.

tvärgående inslagstrådar patenterades för fordonsringar år 1889 av JF Palmer (BP 4926). Första cykeldäcket med kordvävinlägg tillverkades av Palmer hos Goodrich i USA år 1892. Det dröjde dock långt in på 1900-talet, innan kordvävarna blev allmänt accepterade.

*Continental eller Dunlop – "Beaded edge eller wired on"*

Gummiplattan, eller det för omvikning kring innerslangen avsedda yttergummit, gavs ganska snart en profilerad form med ökad tjocklek i själva slitbanan. För att underlätta fixeringen vid hjulet liksom demonteringen patenterade William Bartlett 1890 en konstruktion




## FRÅN STANLEY-UTSTÄLLNINGEN

OLIKA SLAG AF GUMMIRINGAR.

6. En flora av cykelringar i början av 1890-talet. Ur Hjulsport.

med kraftiga gummivulster i kanterna, "Beaded edge". Därpå baserade North British Rubber med kraft sitt märke Clincher. Konstruktionen utvecklades ytterligare av tyska Continental i Hannover. Dunlop satsade istället hårt på Charles Welch's patent med en ståltrådskant, "Wired on".

Till en början placerades kanttråden i en separat kanvasduk, som from 1893 byggdes in i yttergummit. Långt in på 1900-talet talade man i Sverige om däck av Conti- eller Dunloptyp, helt oberoende av den verkliga tillverkaren. "Wired on" segrade till sist, inte bara beträffande cykeldäcken utan även för däck till bilar och andra fordon.

*Slirning*

På de ursprungliga helt släta ringarna blev slirningen ett besvärande problem, särskilt i vått väder. Yttergummi lanserades med längsgående räfflor för att få en "non-slipping" effekt. Med dåtidens gummikvalitéer slets dock räfflorna ganska snabbt ner. Ofta hamnade hästskosöm o dyl mellan räfflorna, vilket ökade sårbarheten. Viss betydelse fick korrugerade mönster. Små låga och täta rutprickar erhölls med vävpressning. En sådan ring av enkeltubigt utförande togs upp av Kuntze i Stockholm genom import från amerikanska Chase.

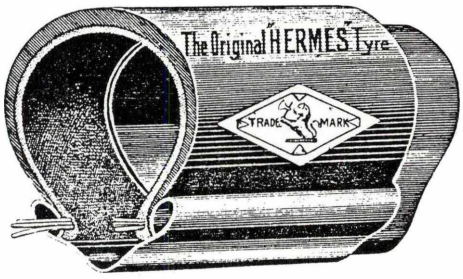
*88 Cykelringsmärken 1893!*

Liksom på cykelområdet uppstod snabbt en förvånansvärt stor flora av olika märken. Tidningen Hjulsport uppgav 1893, att man hade räknat samman 88 olika cykelringsmärken på den internationella marknaden.

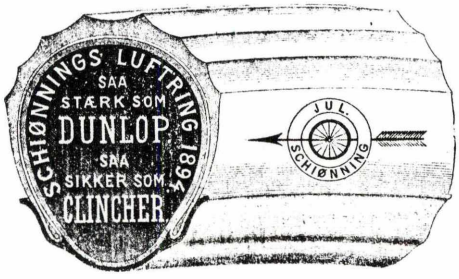
I Frankrike blev Michelin ledande. Dess konstruktion var ganska tung och klumpig men i gengäld synnerligen punkteringssäker. Man ordnade i Frankrike speciella tävlingar på svår bana, där skarpkantat grus och glas strötts ut på banan. Konkurrenterna fick därför stort besvär. Som redan omnämnts var Conti tidigt i gång i Tyskland. I slutet av 90-talet annonserade man sig som "största luftringsfabriken i världen". Under en tid hade man Kuntze som svensk agent men övergick sedan till egen försäljningsorganisation.

*Ringmontering – danska ringmärken*

Redan 1894 intresserade den aktive cykelhandlaren i Malmö, Fredrik Petersen, firma Henrik Bundy för ett samarbete kring Dunlopringar. Tullfördelar var att vinna på att importera halvfabrikat i form av gummiplattor, slangrör, canvasväv och ventiler, som sedan monterades ihop till cykelringar. En likartad produktion startades samtidigt av Nymans i Uppsala under varumärket Hermes med försäljning över hela landet och export till Ryssland. I deras förnämliga kataloger presenterades inte mindre än 15 ringtyper. Nio av dessa såldes under varumärket "The Original Hermes Tyre". I slutet av 90-talet var




7. Hermes cykelringar, system Dunlop. Ur Nymans katalog 1899.

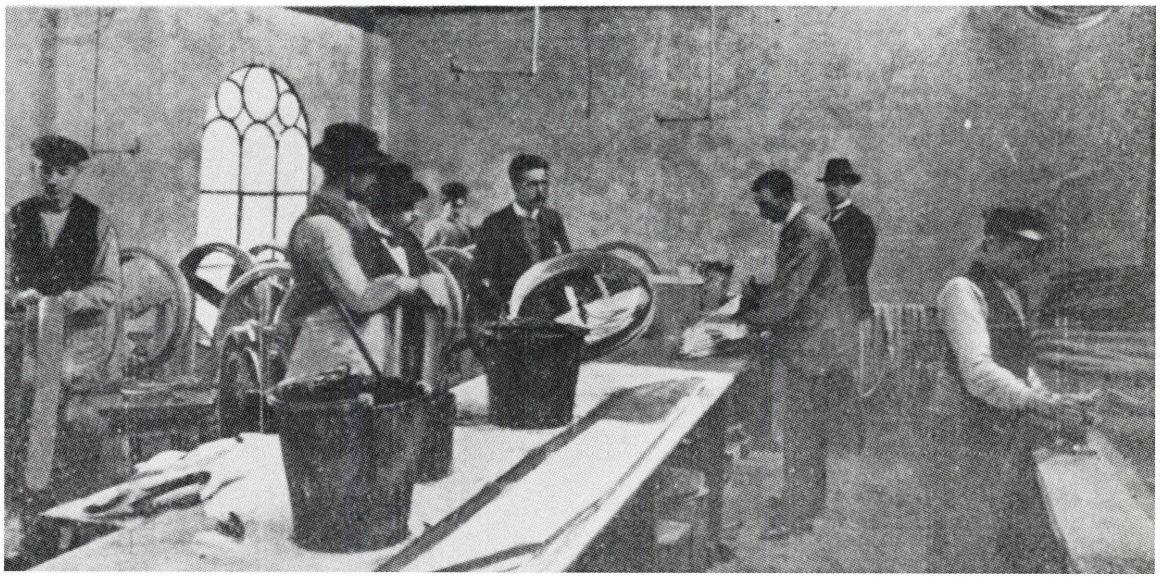


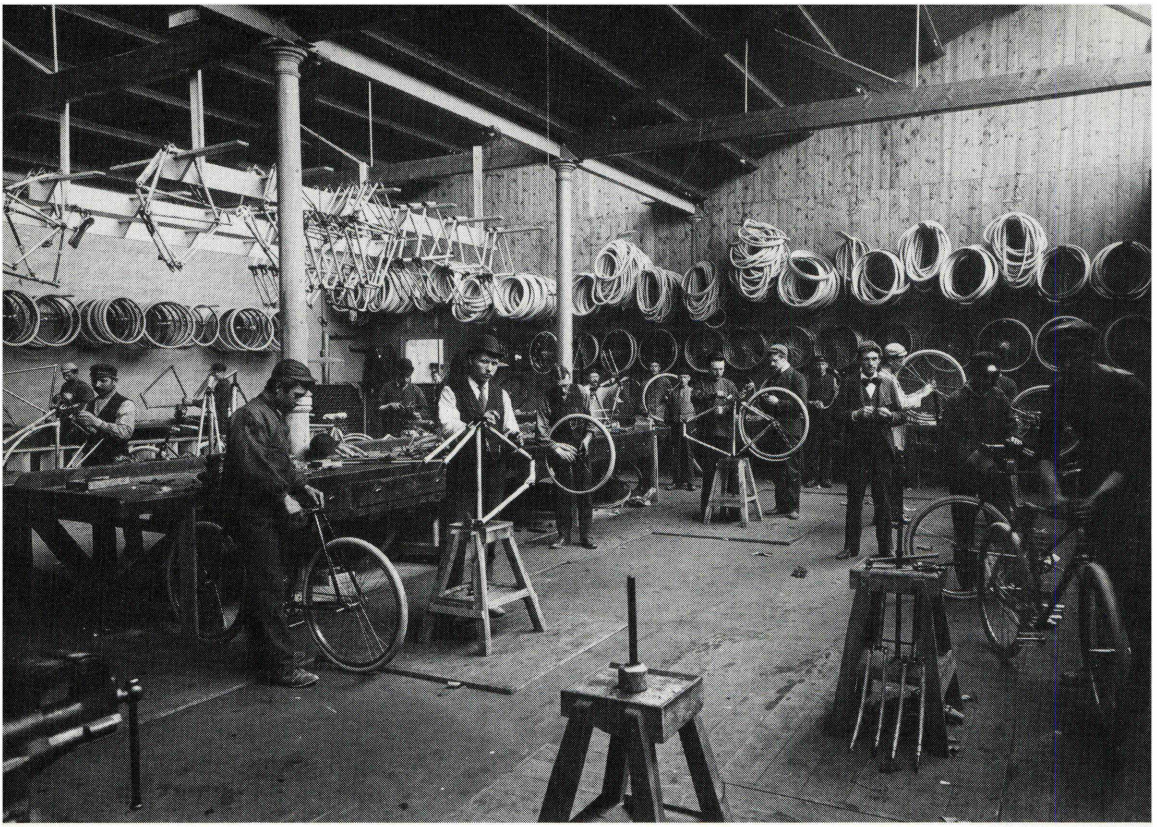

8. Schiønnings cykelring 1898.

Nymans uppe i en produktion nästan i nivå med Velox i Trelleborg. Man torde då ha övergått till att göra ringar av rågummi.

I England nämndes redan på 1890-talet Danmark som världens ledande cykelland. Ett välutvecklat vägnät i det utpräglade slättlandet skapade goda förutsättningar för cykelåkning. Man låg åtskilliga hjullängder framför svenskarna i utvecklingen. I Sverige annonserade 1894 Julius Schiönning från Köpenhamn om en cykelring "saa stærk som Dunlop" och "saa sicker som Clincher". Yttergummit hade ett par smala längsgående räfflor, som dock breddades året därpå. C Arvé från Köpenhamn dök upp 1896 på den svenska marknaden med en

9. Ringmontering från halvfabrikat i Svenska Velocipedfabriken 1898. Foto TM.





10. Velocipedmontering hos Humber omkring 1898. Foto Malmö museum.

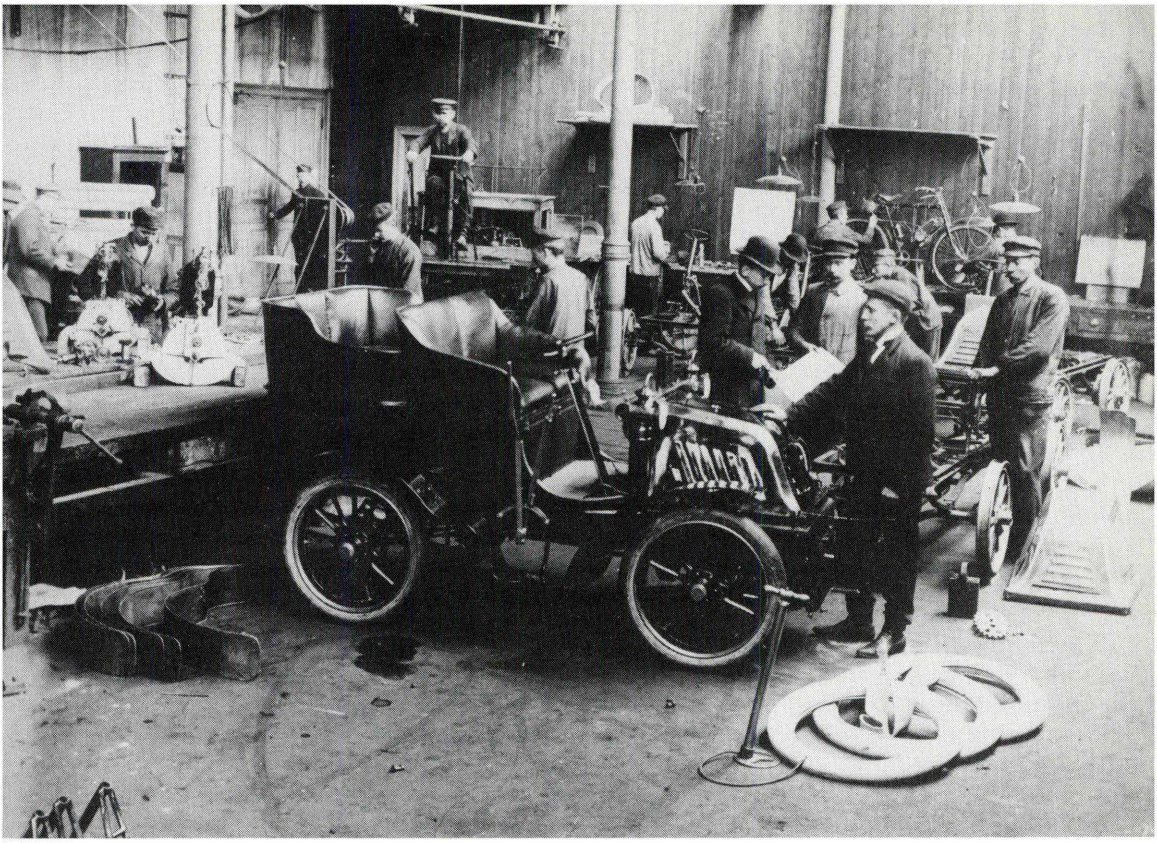
mycket likartad cykelring. Ett år senare hade en sammanslagning av de båda företagen genomförts. Höga svenska tullar, som t o m höjdes från 1:20 till 2:-/kg, medförde, att Schiönning & Arvé övergick till leveranser av halvfabrikat för montering 1897 bl a till Svenska Velocipedfabriken i Landskrona. Vid sekelskiftet togs en sådan ringmontering upp även hos Bernhard Öbergs velocipedfabrik i Uppsala (senare Uppsala Separator).

*Humber och Velox*

Fredrik Petersen, dansk cykelhandlare i Malmö, startade år 1896 en ganska omfattande tillverkning av det engelska cykelmärket Humber. Han drabbades år 1900 av likviditetsproblem och anläggningen övertogs av ett nybildat företag Scania, som efterhand alltmer koncentrerade sig på biltillverkning.

Petersen övertygade Trelleborgs ledande grosshandlare och fabrikör Johan Kock om att tillsammans starta en cykelringsfabrik. Velox först anlagd i Malmö år 1896 flyttade året därpå in i nybyggda förnämliga lokaler i Trelleborg. Humber och Velox samverkade intimt i reklam och på utställningar.

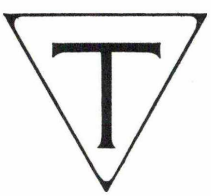
Snabbt expanderade Velox i en tillverkning av såväl cykel- som



11. Cyklar och bilar monteras hos Scania 1903 (obs! i samma lokal som velocipedmonteringen på föregående bild). Foto TM.

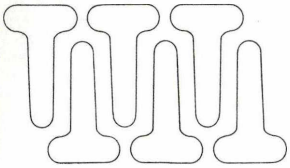
industrigummi. Redan år 1898 var man uppe i 160 anställda. Expansionen skapade emellertid växtvärk. Företaget hamnade i problem. Kontakt erhölls med Henry Dunker, som i Helsingborgs Gummifabrik utöver huvudartikeln galoscher hade fått i gång en produktion av industrigummi och under 1903–04 även av cykelgummi.

Mellan Dunker och Kock ingicks år 1905 en betydelsefull överenskommelse. Velox ombildades till Trelleborgs Gummifabrik, i vars bolagsordning inrycktes, att företaget ej tillverkade fotbeklädnader. I gengäld överlät Helsingborg till Trelleborg sina cykel- och industrigummitillverkningar, med en fortsatt hård specialisering på fotbeklädnader och bollar. Vardera parten erhöll 49 % av aktierna i Trelleborg och Dunker tillsåg, att han fick kontroll över restposten. Efter denna framsynta strukturrationalisering blev Helsingborg, senare under namnet Tretorn, och Trelleborg landets klart ledande gummiindustrier.




12. T-märket, inregistrerat 1909.

Redan 1914 inregistrerade Trelleborg ett T-märke för cykel- och bildäck. För cykeldäcken blev detta genom åren landets ledande däckmönster. Alltjämt ingår detta T-nabbmönster i företagets tillverkning. Nyligen lanserades mönstret med god framgång för travsul-



13. T-nabbmönstret, inregistrerat 1914.

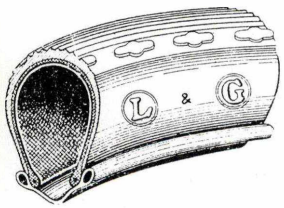
kydäck och uppvisade en överraskande snabbhet. Vid en test, där man till skillnad mot tidigare även vägt in cyklistens rörelser visade sig T-nabbmönstret klart överlägset övriga mönster. Ett märkligt utslag för ett 75 år gammalt mönster.

T-nabben är en variant av det T-märke inskrivet i en triangel, som Trelleborg lät inregistrera redan 1908. Inom industrigummiområdet tillhör detta märke numera de internationellt ledande.

### *Viskafors och Gislaved*

På den stora Stockholmsutställningen 1897 presenterades cykelgummi av Viskafors, grundat av Johannes Erikson för galoschproduktion som första svenska gummiindustri år 1890. Cykelgummiproduktionen synes dock aldrig ha kommit upp i någon större skala.

Bröderna Carl och Wilhelm Gislow hade i liten skala år 1893 påbörjat en produktion av tekniskt gummi i Gislaved. Det inledande decenniet blev synnerligen stormigt, och år 1899 fick Wilhelm t o m lämna företaget. Han återanställdes emellertid 1902 och fick sedan snabbt i gång en ganska omfattande produktion av galoscher och cykelgummi.




14. Gislaveds L&G-däck. Ur prisblad 1914.

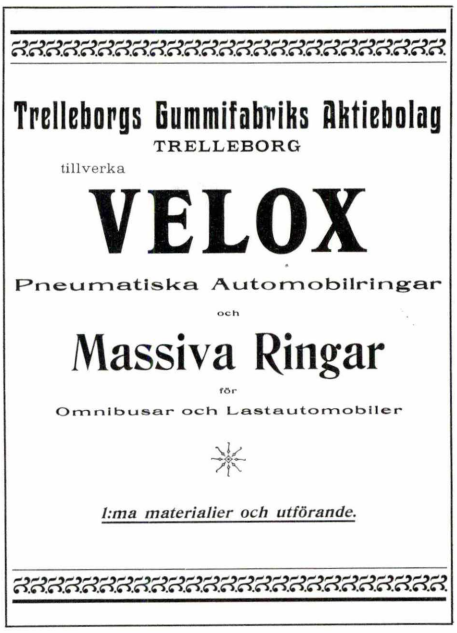
Före uppumpning låg vid denna tid däcket nästan platt ovanpå hjulskenan. Detta problem löstes av Gislaved. På hydraulisk väg pressades kanvasväven in i gummimassan. Man gick ut med varumärket L&G, där G betydde Gislow och L enligt vad man senare uppgav ensamåterförsäljaren August Lindblad i Stockholm. Gösta Osvald har emellertid påvisat att detta L ursprungligen var en signatur för NW Larsson, en otroligt konstruktiv naturbegåvning, som ledde utvecklingsarbetet. NW härsknade tydligen till, när Wilhelm Gislow i eget namn patenterade den nya konstruktionen, patent 33939 år 1912. Samma år lämnade NW i hemlighet in en ansökan för en ytterligare förbättrad konstruktion, som dock främst var inriktad på bildäck. Han slutade sin anställning, for till USA och återkom för att starta en bildäcksfabrik enligt vad som senare kommer att berättas.

### *Ytterligare cykelringsfabriker*

I Ulvsunda anlades år 1915 Stockholms Gummifabrik med inriktning främst på cykelgummi. Under nya ägare ändrades efterhand namnet till Uppsala Gummifabrik, Ulvsunda Gummifabrik och Ulvex, sedan ett antal år dotterföretag till Trelleborg med en produktion helt inriktad på industrigummi. Företaget befinner sig under nedläggning 1990.

Med anslutning till cykelfabriken Rex i Halmstad startades år 1916 en produktion av cykelringar under varumärket Reo. Cykelringstillverkningen upphörde i slutet av 1920-talet, medan Rex alltjämt fungerar som en leverantör av cyklar, dock numera baserat bl a på ramsatser från Norge.

Efter det att galoschkartellen sprängts, och KF övertagit Gislaved, grundade den 70-årige Carl Gislow tillsammans med Mauritz Berlin,




15. Första annonsen för svensktillverkade däck 1907. Ur Svensk Motortidning.

från cykelåterförsäljaren August Lindblad, Värnamo Gummifabrik, inriktad på cykelgummi och industrigummi. Carl Gislow efterträddes av sin brorson Gösta Gislow. Senare överläts fabriken till Monarkkoncernen under släkten Warborn. I samband med övergång till Trelleborgkoncernen nedlades produktionen av cykelgummi.

*Från maximi- till beredskapsproduktion*

På verklig storskaleproduktion satsade Trelleborg inom cykelringsområdet under 1950-talet. Cykelgummit blev en av hörnstenarna i den omfattande internationalisering, som Åke Ståhlbrandt inledde vid denna tid. Med de långa serierna kunde länge hygglig konkurrenskraft upprätthållas. Mot slutet av 70-talet framtvingade emellertid en allt hårdare lågpriskonkurrens från Fjärran Östern en mycket kraftig nerdragning. Redan tidigare hade stöd erhållits av myndigheterna för upprätthållande av en beredskapsproduktion. För samma ändamål placerades huvuddelen av fabriken i malpåse år 1980. Sedan dess har Trelleborg lämnat medgivande till Monark att från Fjärran Östern importera T-märkta däck. Med ÖCB har nyligen en ny överenskommelse ingåtts, varigenom en fortsatt produktion har tryggats i Trelleborg.

*Bilringar i långsam utveckling*

För uppblomstringen av den nutida bilismen, gummiindustrins viktigaste avnämare, var utvecklingen av stryktåliga bilringar en absolut förutsättning. Redan 1895 hade en primitiv ringkonstruktion tagits fram hos franska Michelin. Däckkvalitén skapade under lång tid stora problem. En bra bit in på 1900-talet slets flera bildäck ut under en resa

Göteborg–Stockholm. Därtill kom alla punkteringar orsakade av dåliga vägar med spetsig hästskosöm dold i gruset.

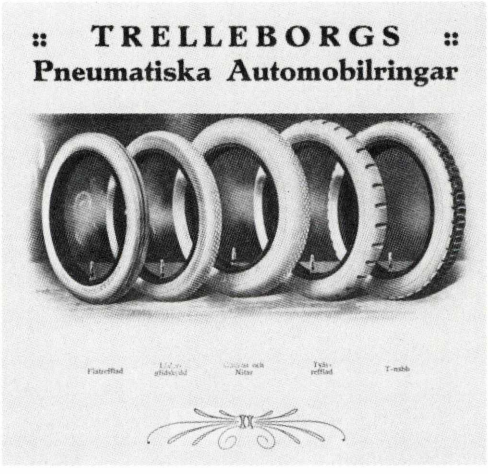
Wilhelm Gislow var en entusiastisk bilförare redan 1903. Med hjälp av en engelsk ringexpert började Gislaved året därpå experimentera med bildäck. Ungefär samtidigt var även Trelleborg igång. Från Gislaved berättas i personaltidningen många år senare:

"Hela utrustningen bestod av en ställning med fyra steg som bar upp två jämnlöpande trästycken, i vilka fanns spår för det rör som bar upp kärnen. Denna kärn, på vilken bildäcket byggdes, var utsvarvad i ett enda trästycke, och delad så att man fick ut kärnen ur det färdigbyggda däcket. Sektionerna hölls samman med skenor och järnskruvar. Uppbyggnaden av däcket gick till så, att byggaren stod vid den ena änden av trästället och medhjälparen vid den andra. Däckstommen byggdes upp av canvastyg, och sedan tygänden fästs på kärnen drog däckbyggaren runt denna, under det att medhjälparen höll emot tyget för att få detta sträckt så hårt som möjligt. Med hjälp av ett enkelt handverktyg arbetades sedan tyget ned vid sidorna av kärnen, och detta upprepades med varje nytt tyglager till dess däcket var färdigbyggt. Vulsten, som liksom nu byggdes in i kanterna på däcket, bestod inte av ståltråd som i dagens moderna bildäck utan av en hårdare gummiträng. Några särskilda vulkaniseringsapparater fanns inte. Däcken vulkaniserades på tekniska avdelningen i en stor hydraulisk rempress, vilken förstärktes med två domkrafter."

*Trelleborg i produktionsmässig drift*

Omkring årsskiftet 1906–07 var Trelleborg klar för verklig marknadsföring av bilringar. Man gick ut med annonser och deltog som ende svenske tillverkare i en utställning i Stockholm. I ett cirkulär 1914 presenterades ett ganska brett sortiment. Däri ingick även ett T-nabbmönstrat däck.

Som en av sina sista åtgärder före dödsfallet återanställde Johannes Erikson år 1911 fransmannen Hutchinsson, en skicklig tekniker. Tillsammans med verkmästaren Koegler inrättades en för sin tid ganska




16. Trelleborgs bildäcksortiment 1914. Från vänster: Flatrefflad, Läderglidskydd, Gummi och nitar, Tvärrefflad resp T-nabb. John Neréns samling: 159. TM.

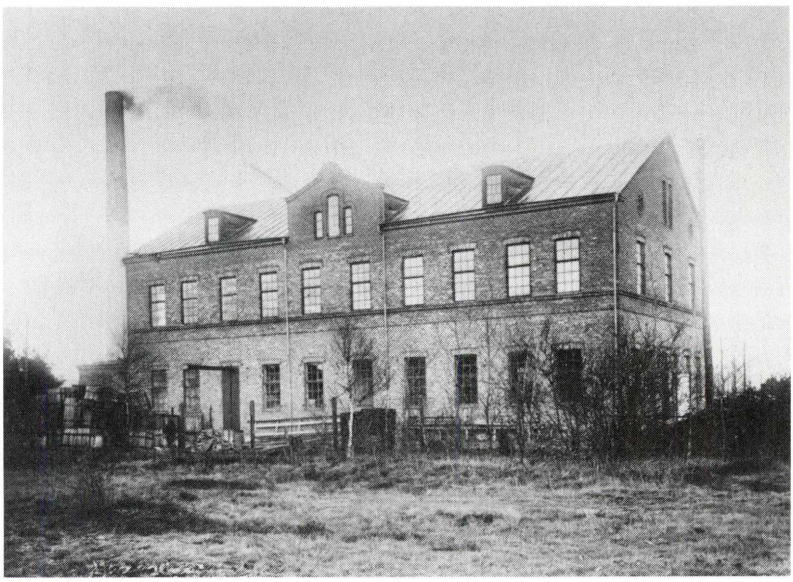



förnämlig anläggning för tillverkning av bildäck. Med bl a bilringar deltog företaget vid den Baltiska Utställningen i Malmö 1914. Första världskriget och en förödande brand framtvingade en nedläggning av denna produktion. Efter kriget återupptogs inte tillverkningen. I stället satsade Viskafors storskaligt på massiva däck, som fann stor användning även för ganska lätta lastfordon. Från firma Hans Osterman fick Viskafors år 1922 en invit om samverkan för tillverkning av bildäck. Förslaget avböjdes emellertid. Det dröjde sedan till 1939 innan pneumatiska bilringar tillverkades och då i Wilhelm Ostermans regi.

Även de planer, som i Helsingborg före kriget förelåg på en bilringsproduktion, blev skrinlagda. I Gislaved koncentrerades tillverkningen på galoscher och cykelringar. Först efter kriget gick man på allvar i gång med bilringar.

### *Norden – ett bildäcksprojekt*

När nyssnämnde N W Larsson från Gislaved reste till USA inleddes ett dramatiskt händelseförlopp. Han imponerades av bildäcksfabrikernas rationella uppläggning och kom hem laddad med nya planer. Som nära och otroligt energisk medarbetare fick han Thure Mårtensson, senare chef för Svensk Celluloidindustri. Mot alla odds lyckades dessa två mobilisera upp ett erforderligt startkapital. Vid jänrvägsstationen byggdes en modern bildäcksfabrik under namnet Norden. En kraftstation anlades vid Viskafors. Mitt under ett monteringsarbete drabbades N W av en olyckshändelse och avled 1915. Projektet



17. Nordenfabriken i Gislaved. Foto KF.

fortsattes med C R Svensson som vd, C Nilsson som teknisk ledare och Mårtenson som kamrer och drivande marknadsförare.

Wilhelm Gislow såg med oro en produktion av cykel- och bilringar växa fram. Efter en aktion lyckades han tillförsäkra sig aktiemajoriteten av oroliga aktieägare. Han blev vd i Norden och tog som sin primära uppgift att snabbt avveckla verksamheten. Ett lovande projekt fick hastigt blomma av 1918. Istället inledde Gislow en ökad satsning på automobilgummi 1920.

En halvpneumatisk ring främst lämpad för tyngre fordon introducerades av amerikanska Overman. År 1820 fick Boris Hagelin den svenska agenturen. Efter två år igångsattes tillverkning i Sundbyberg på licens. Senare framtogs en egen konstruktion, Pneuplex. Nordiska Overman övertogs 1937 av Josef Farchy. Farchy, en bulgar med brokig bakgrund, hade år 1915 börjat i branschen i sitt hemland och sedan bl a upprätthållit en ledande ställning hos Tretorn Hamburg. Företaget inriktades på industrigummi och plastfolier.

*KF tar över Gislaved*

Wilhelm Gislow avled i Gislaved på nyårsafton 1925 i en tid, då allt större slitningar uppstått inom galoschkartellen, som varit mycket framgångsrik sedan 1912. Gislow efterträddes interimistiskt av Arthur Wahlén; företagets gamle kamrer och son till en av grundarna. Inom ledande aktieägargrupper steg oron för företagets framtid. Förhandlingarna inleddes av kartellens huvudmotståndare, Kooperativa

18. Tidiga däckautoklaver i Gislaved. Foto Gislaveds hembygdsförening.






Förbundet. Under minoritetsägarnas protester blev Gislaved ett KF-företag.

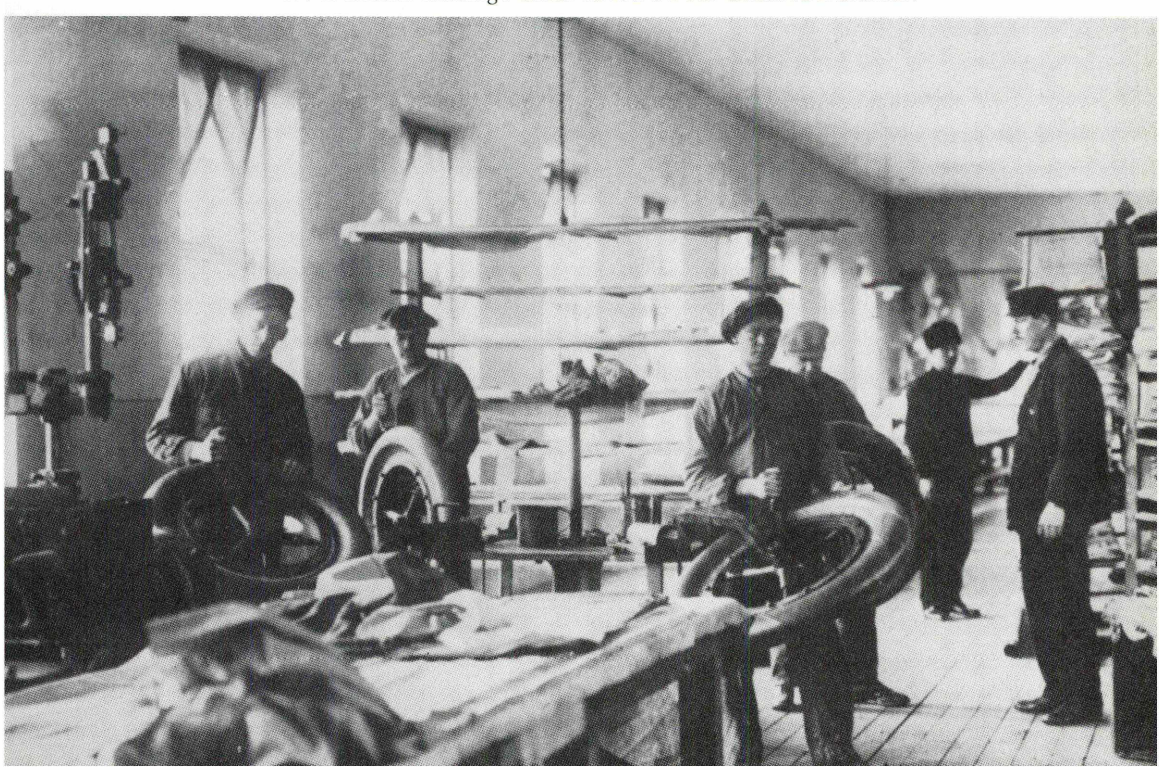
Gösta Gislow, son till Wilhelm, utsågs till chef. Med Värnamo, som 1928 övertagits av Carl Gislow, uppstod ett ganska nära samarbete. Men när Gislaved flyttade över sin cykelslangsproduktion till Värnamo uppstod hårda protester bland åtskilliga radikala arbetare, vilket resulterade i återförflyttning.

Under den dynamiske Gösta Gislow moderniserades hela däckproduktionen. Företaget var plågat av dyrbara reklamationer p g a blåsbildningar på bildäcken, som orsakades av en ofullständig vulkanisering. Efter ett besök i USA av Gislow löstes detta bl a efter införande av en mer kontinuerlig "flatbyggnadsteknik". Samtidigt övergick man från de gamla gummivulsterna till ståltrådskant.

*Bilringskartell*

1926 bildades en bilringskartell i Europa. Som svensk filial bildade importörerna och de ledande återförsäljarna Svenska Gummiringsföreningen. Indirekt anslöts även Trelleborg. Kartellen riktade sig hårt mot Gislaved, som efter galoschkartellens sprängning vägrade inordna sig i prisreglerna. Villiga kunder fann Gislaved dock hos t ex Droskägarnas Inköpsförening och Bilägarnas Inköpscentral, som med sina rabattkrav bojkottades av kartellföretagen. Hos Gislaved fick de betala 10 % mindre än andra. Denna samverkan löper än idag vidare mellan Gislaved och OK.

19. Däcktillverkning i Gislaved 1924. Foto Gislaved Däck AB.



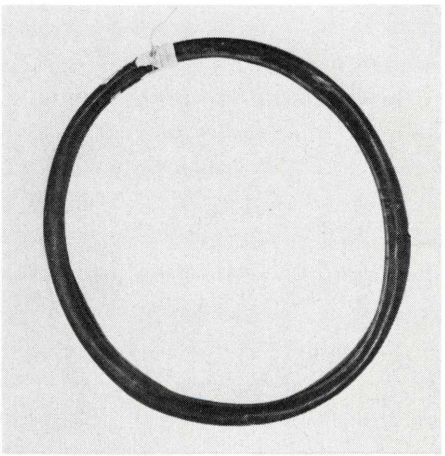
Allt detta hjälpte Gislaved att trots rådande världsdepression kraftigt öka sin omsättning. Den inhemska marknadsandelen steg från 10 till 15 %. Samtidigt ökades företagets arbetsstyrka från 300 (1927) till 1 000 (1934). Under 30-talet övertog Gislaved positionen som landets ledande däcktillverkare.

Sedan galoschkartellen sprängts var Henry Dunker i Helsingborg snabb i vändningarna. En koncern bildades tillsammans med de övriga kartellmedlemmarna under namnet Förenade Gummifabrikerna. Helt överraskande överläts Viskafors-fabriken 1934 till Gislaved, som 1938 i sin tur överlät den till Wilhelm Osterman, generalagent för amerikanska däckmärket Fisk.

*Bilringskatt, etableringar och licenser*

Med sikte på vägunderhållet infördes år 1922 en bilringskatt, som 10 år senare höjdes till 3,50 kr/kg, vartill för importörerna kom en tull på 1:-. De åtföljande höga priserna verkade hämmande på utvecklingen. Protesterna var många även bland importörerna. Ett förslag framlades om att i stället taga ut en bensinskatt. Wilhelm Osterman som representant för amerikanska Fisk deltog inte i protesterna eftersom han insåg, att med kraftigt sjunkande däckpriser skulle tullen bli helt diskriminerande för importörerna. Förslaget gick emellertid igenom, och Ostermans hotbild blev verklighet, eftersom priserna plötsligt sjönk med mer än skatten.

Osterman var snabb i vändningarna. Han annonserade efter lämplig lokal. KF var berett att avyttra Viskaforsfabriken. Tillträdet fastställdes till nyår 1939. Förvånansvärt snabbt lyckades Osterman från USA få över erforderligt maskineri och kunde starta en mindre produktion redan i april 1939. Med knapp nöd lyckades han sedan komplettera utrustningen, innan avspärrningarna under kriget blev alltför svårartade.



20. Första svenska syntetgummidäcket, kloropren. Det tillverkades och provkördes i Trelleborg under andra världskriget. Foto TM.

Även direktör Melander hos Goodyear var på bettet. I USA lyckades han genomdriva ett beslut om en fabriksetablering i Norrköping med uppförande under åren 1938–39. Även här erfordrades en medverkan av de svenska myndigheterna för att få in erforderligt maskineri.

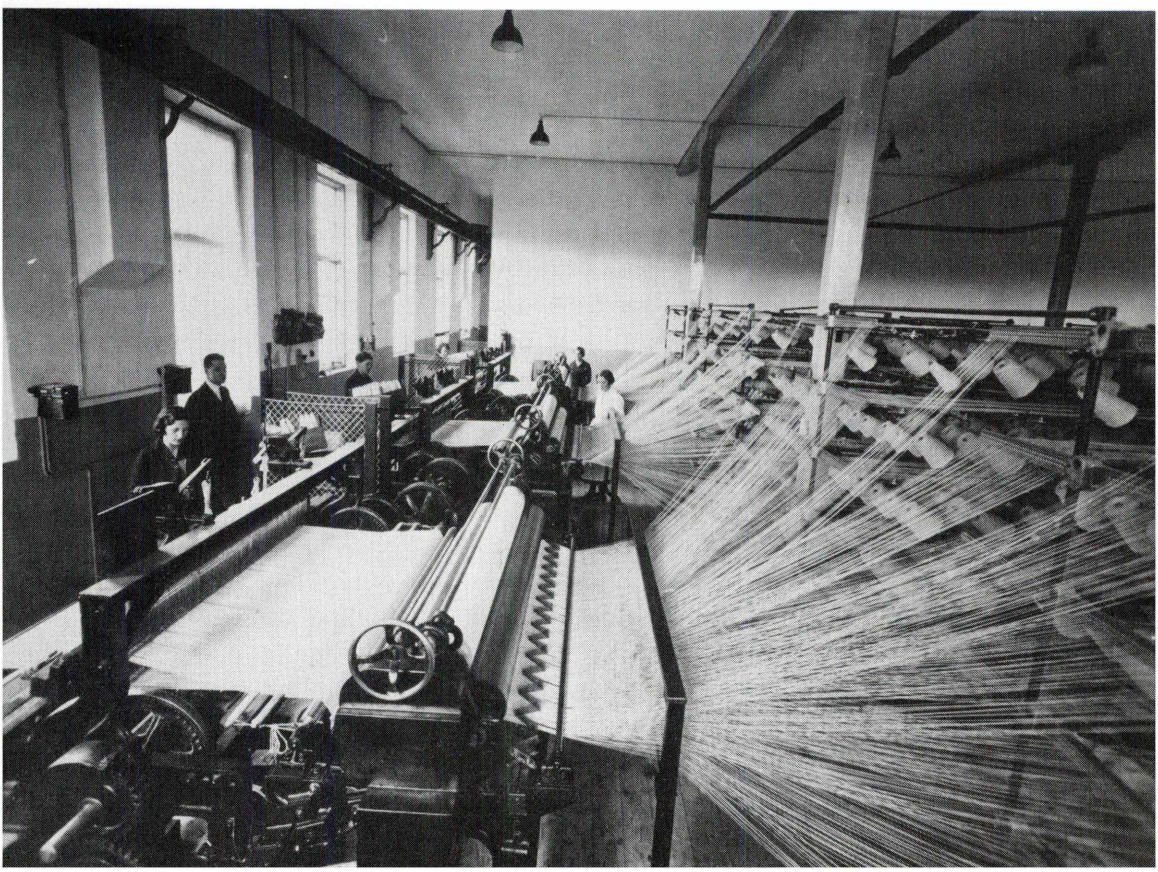
Goodyear intog snabbt tätplatsen bland de svenska tillverkarna. Bilismens expansion i förening med höjda hastigheter ställde allt högre krav på teknik. Samtliga svenska tillverkare blev amerikanska licenstagare: Gislaved från US Rubber (Uniroyal), Trelleborg från Goodrich och Viskafors från Fisk och sedermera Firestone.

### *Stålradialdäcket – en teknisk revolution*

Helvävd kanvas var länge det helt dominerande armeringsmaterialet. Visserligen hade kordvävar redan introducerats omkring 1890 men kom inte till användning i bildäck i USA förrän 1915. Först 1928 var denna övergång helt genomförd. I Sverige gick utvecklingen något långsammare. Gösta Gislow var emellertid på alerten. I den tidigare Nordenfabriken inrättades under tidigt 30-tal en kordvävanläggning.

I stället för bomull övergick man efterhand till rayon, nylon och polyester (terylene). De textila vävskikten inlades länge diagonalt i däckstommarna.

21. Gislaveds rayonkordtillverkning. Foto Gislaved Däck AB.

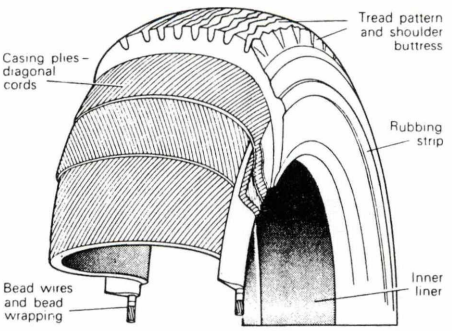


I samverkan med Citroën tog Michelin fram ett däck i en helt ny konstruktion, som patenterades 1946. Utan att väcka större uppmärksamhet hade redan 1913 en likartad uppläggning presenterats av Gray och Sloper i England, dock utan att verkliga behov eller någon lämplig tillverkningsteknik var för handen.

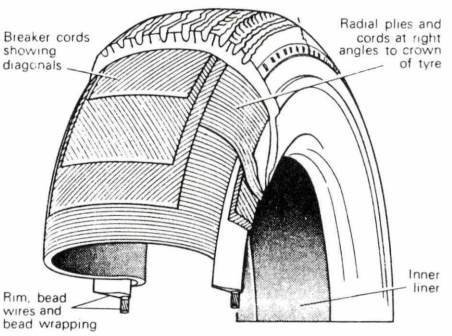
Michelins däck försågs med radiellt lagda vävlager av textil. Därutöver lades ett antal lager av stålväv ovanpå den egentliga däckstommen under slitbanan. Med detta stålbälte förbättrades däckets väghållning. Avgörande blev att däckets livslängd efterhand kunde fördubblas. I Michelins regi blev denna däcktyp helt dominerande på den europeiska lastbilsdäcksmarknaden under 1960-talet. Stålet medförde en viss hårdhet i körningen. För persondäcken gick övergången därför något långsammare.

*USA akterseglades*

I USA, där bilförarens komfort var den dominerande faktorn, vägrade man följa med i utvecklingen. Eftersom flertalet av världens bildäckstillverkare var knutna till den amerikanska däckindustrin som licenstagare, kom Michelin länge att stå utan egentlig konkurrens. Pirelli, som var obunden av amerikanarna, satte förhoppningar till ett




Construction of a cross-ply tyre




Construction of a radial-ply tyre

22. Diagonaldäck (överst) och radialdäck. Ur Encyclopaedia Britannica.



rayonradialdäck. En viss förbättring erhölls, men man var inne i en återvändsgränd utan vidare utvecklingsmöjligheter.

Under 60-talet såg sig amerikanarna nödsakade att möta Michelin. Radialdäck med textilbälte, "bias-ply belted", fick ingen egentlig framgång. Senare infördes glasfiberarmeringar i stor skala, dock förgäves. Problemen förstorades av en besvärande överkapacitet först i Europa och sedan i USA. Orsaken var radialdäckens dubbla livslängd i förening med avmattningen inom bilindustrin som en följd av oljekrisen i mitten av 70-talet. Amerikanarna tvingades att ta skeden i vacker hand och på allvar satsa på stålradialkonstruktioner.

*Radikal omstrukturering*

Som ett intressant internationellt undantag framstår engelska British Tyre and Rubber. Där bestämde man sig 1958 för att radikalt lägga ner sin förnämliga produktion av bildäck under varumärket Silvertown. Med kortformen BTR som nytt namn inriktades i stället alla resurser på industrigummi och olika verkstadsprodukter, som inordnades i marknadsorienterade divisioner. Istället för att förblöda i en hopplös konkurrens mot de framträngande stålradialdäcken har BTR under stadig expansion och lönsamhet byggt upp en världsställning inom sina sektorer.

Från parkettplats hade den amerikanska däckindustrin under nära 30 år sett den franska utvecklingen utan någon egentlig reaktion. Alltför länge bibehöll man en tilltro till sitt traditionella tekniska övertag, till gjorda investeringar och till slagkraften hos sina internationella varumärken. Till slut blev katastrofen våldsam. Bland de Fem Stora var det endast Goodyear som lyckades klara sig någorlunda helskinnat. Man delar nu tätplatsen med Michelin. Som god trea ligger japanska Bridgestone efter infusionering av Firestonekoncernen.

Efter diverse turer och avvecklingar sammanfördes resterna av Uniroyals och Goodrichs däckimperier till en koncern. Nyligen övertogs U-G av Michelin. General Tire har gått upp i tyska Conti. Det något mindre Armstrong har blivit en enhet i Pirelli. Såväl det tekniska som kommersiella ledarskapet har flyttats till Europa och Japan. Medan marknaderna i USA och Europa närmast stagnerat föreligger en fortsatt stark expansion i Fjärran Östern.

*Europeiska omkastningar*

I Europa, där omstruktureringen ägde rum tidigare än i USA, drabbades både Pirelli och Conti av nära 10 års röda siffror, innan man efter dramatiska åtgärder lyckades vända på utvecklingen i början av 80-talet. Phoenix, Metzeler, Semperit, norska Viking, Englebert och Uniroyals europeiska fabriker har alla bytt ägare.

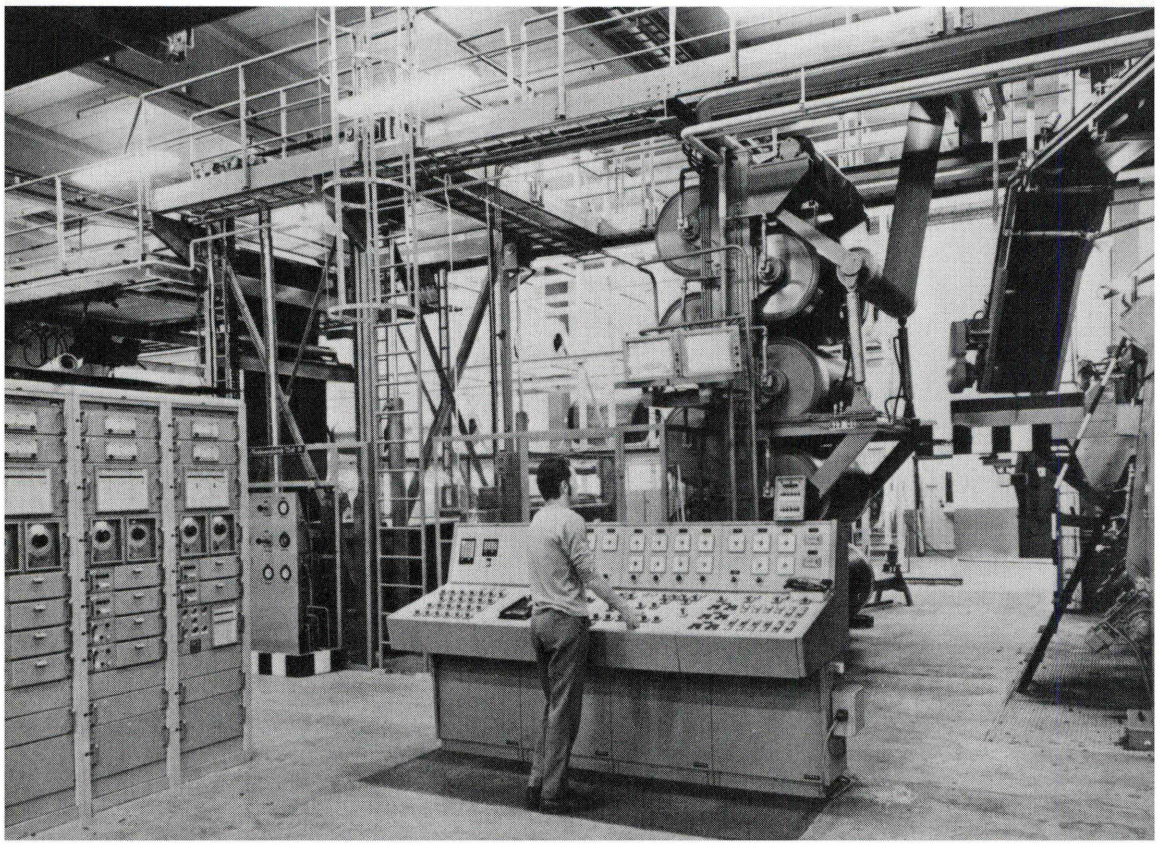
Engelska Dunlop hävdade sig mycket väl ända fram till slutet av 70-talet mycket tack vare en förnämlig processteknik. Väsentlig var säkerligen också den engelska allmänhetens sedvanliga märkestrohet

liksom också de många transoceana anläggningarna, som länge föga berördes av stålradialomläggningen. Plötsligt var emellertid katastrofen ett faktum. Förtvivlade räddningsförsök visade sig resultatlösa. Till slut tvingades Dunlop att sälja ut flertalet av sina kontinentala fabriker till japanska Sumitomo och huvuddelen av företaget i övrigt till BTR. Dunlop är fortfarande ett stort varumärke, dock med äganderätten utspridd på olika händer.

*"Supermannen" fick problem*

I alla tider har Michelin fört en sluten politik och strikt övervakat, att inga utomstående kommit in i anläggningarna. Därför har man också varit utstängd från kontakter ute i branschen. Förblindad av framgångarna blev följden, att Michelin förbisåg, att företagsstrukturen blivit föråldrad, administrationen alltför tungrodd och marknadsföringen ensidigt dominerad av varumärket utan någon närmare kundanpassning. Ytterligare förvärrades situationen av Michelins tunga engagemang i det krisdrabbade Citroën. När flera av de övriga europeiska storföretagen återvunnit sin slagkraft drabbades Michelin 1982 i likhet med Dunlop av stora förluster. Efter genomgripande rationaliseringar och nyinriktningar av den tidigare alltför överlägsna marknadsföringsattityden har siffrorna från 1985 återigen vänt uppåt. I Japan arbetar Michelin nära med Okamoto.

23. Automatisk produktionsstyrning i Gislaved. Foto KF.



*Utvecklingen i Sverige*

I Sverige slutade Trelleborg att producera bildäck 1975–76. Viskafors, där Gösta Osterman 1947 efterträtt sin far, överläts i mitten av 60-talet till Firestone. Så sent som 1969 lät Firestone i Sjöbo utanför Borås aningslöst sätta igång en helt ny bildäcksfabrik utan anpassning till stålradial. Övergången kom redan efter ett par år. Lönsamhet vägrade dock att infinna sig och i slutet av 70-talet ville Firestone dra sig ur spelet. Efter sega förhandlingar övergick Viskaforsanläggningen till Hexagon. Som ny ägare inträdde 1987 Trelleborg, vars sortiment av kvalificerade specialdäck därigenom kompletterades med ett väl marknadsfört sortiment av standardiserade skogs- och lantbruksdäck. För dessa däck uppges man idag ha 50 % av den svenska marknaden och mer än 5 % av den västeuropeiska. Kostnadsmässigt torde bortfallet av bildäck ha påverkat blandningarna negativt. I gengäld har utvecklingsinsatser helt kunnat koncentreras på specialdäcken, som tidigare fått stå i skymundan för bildäcken. Trelleborg har ytterligare stärkt sina europeiska positioner genom förvärv av belgiska Bergougnan med bl a en omfattande produktion av massivdäck.

Firestone's Sjöbofabrik övertogs i början av 80-talet av Arne Berg och Jörgen Baier under namnet Borås Gummifabrik. Med låga administrationskostnader har Europas minsta däckfabrik trots vissa återkommande kriser lyckats upprätthålla produktionen. Märkligt nog klarade man sig utan teknisk licens utifrån. Viss betydelse fick därvid Christer Eriksson, tidigare chefskemist hos Goodyear. Företaget ägs numera av Scason, tidigare stortillverkare av däckdubbar.




24. Glidskydd av läder för vinterkörning. Ur Svensk Motortidning 1907.

Baserat på sitt tidigare varumärke på export har företaget ändrat namnet till Nordic Tire. Läget blev dock under 1989 krisartat för fabriken, och nedläggning aviserades i januari 1990.

Även Goodyear fick problem med lönsamheten i Norrköping, vilket efter ett par förhandlingsomgångar resulterade i produktionsnedläggning 1981.

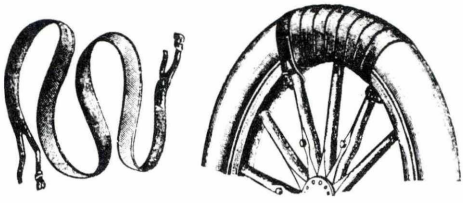
### *Gislaved ett undantag*

Uniroyals tekniska centrum i Genève engagerade sig märkligt nog ganska tidigt på ett avancerat sätt i stålradialtekniken. Vid skapandet av Gislaveds nybyggda toppmoderna däckfabrik 1968 kunde Curt Lidén därför ta steget att satsa på stålradial med stöd av licenspartnern Uniroyal-Englebert. En automatiserad cordvävning byggdes in i själva processen. Snart skedde en komplettering med ett av Sveriges allra tidigaste automatiska höglagersystem. Dessa förutseende satsningar medförde, att Gislaved blev ett lysande undantag i den allmänna däckkrisen. Mot alla odds har man därigenom länge lyckats upprätthålla en hygglig konkurrenskraft i en bransch dominerad av väl inarbetade världsmärken.

I början av 1988 uppgick Gislaveds däckproduktion till 12 000 däck/dag. Minimum för absolut rationell däckproduktion anses numera vara 20 000 i en och samma fabriksenhet. Endast genom att räkna med det häromåret infusionerade norska Viking Dekk kommer Gislaved upp till den summan. Nyligen har däcksektorn brutits ur det övriga företaget och tillsammans med Viking Dekk inordnats i KF-ägda Nivis Tyre med huvudkontor i Göteborg.

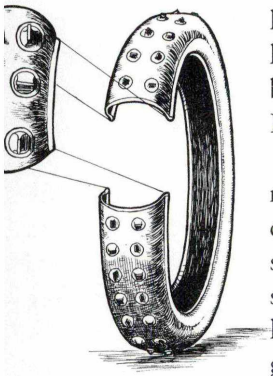
Trots sin starka ställning på vinterdäckmarknaden och den alltjämt högmoderna anläggningen i Gislaved har framtiden i en ständigt globaliserad marknad, där världsmärkena dominerar, tett sig alltmera oviss för Nivis. Problemen framstod som akuta, sedan en börsintroduktion misslyckats, och sedan planerna på ett samgående med Nokias däcksektor gått i stöpet.

Efter segdragna förhandlingar har Nivis Tyre infusionerats i tyska Conti, som sedan övertagandet av Uniroyal-Englebert varit Gislaveds licensgivare. Detta torde skapa möjligheter för Gislaved att i än högre grad än tidigare driva vidare sin inriktning på vinterdäck och andra specialiteter utan krav på ett allsidigt sortiment.



25. Slitskena som skydd för bildäck. Ur Wiklunds katalog 1905.

## *Vinterdäck och innerslangar*



26. Finskt dubbdäck 1932. Teckning av Petri Anderos, Borås Museum.

från Skånes slätter till Norrlands fjäll

RELLEBORG
Bilringar

Snökedjor i olika konstruktioner lanserades redan i början av 1900-talet bl a för tävlingsbruk. Hållbarheten visade sig dock vid högre hastigheter ganska otillfredställande. Tidigt användes främst vid tävlingar på is olika broddade däck och glidskyddande nabbförsedda läderhöljen. Stor uppmärksamhet på tävlingsbanorna väckte en utbytbar dubb, Hokki, som år 1932 patenterades av finnen Keinänen. Livslängden visade sig dock vara kortvarig.

Under de senaste decennierna har de nordiska länderna tagit ledningen på vinterdäckområdet. Omkring 1960 lanserade Trelleborg det icke dubbade, djupmönstrade Wittmerdäcket, baserat på ett schweiziskt patent. Livslängden blev dock kortvarig p g a de styrande spår som uppstod i snön. Stor framgång har det av finska Nokia lanserade Hakkapelitta haft. För Gislaved har däcket Frost lagt grunden för en europeisk försäljning med en exportandel på 60 %.

Nivis marknadsandel i Europa är 20 % på vinterdäcksområdet. Utöver ett dubbfritt europeiskt vinterdäck marknadsför Gislaved dels flera typer av dubbdäck och dels ett speciellt odubbat för den nordiska marknaden. Dubbarnas hårda slitage på vägarna har emellertid skapat hård kritik. Detta tänker Gislaved lösa med en liten dubb innesluten i en slitstark plasthylsa. Dubbvikten uppges bli reducerad med 70 % och vägslitaget med omkring hälften.

Slangar var länge en storskaleprodukt hos däckfabrikerna. Situationen ändrades radikalt från 50-talet med de slanglösa däcken. Trelleborg flyttade över en nerbantad produktion till Tretorns lokaler i Helsingborg. Verksamheten aktiverades kraftigt 1983 av Per Ingvar Jönsson under namnet STT, Swedish Tyre Tube. Man tillverkar idag specialdimensioner medan de stora standarddimensionerna dirigeras till kunderna från Korea och Taiwan. Med försäljning även i USA är STT idag med god lönsamhet Europas klart ledande slangdistributör.

## *Litteratur*

Utöver litteratur förtecknad i Dædalus 1988 och 1989.
Classon, S I, Artikelserie i Finnveden 1990.
Ekström, Gert, Svenskarna och deras automobiler, 1983.
Ekström, Gert, Svenskarna och deras velocipeder, 1984.
Encyclopaedia Britannica: Bicycle, Dunlop, Tyre.
ERJ Celebrates 100 Years of Rubber, European Rubber Journal, 1982 juni.
Geigerfelt Eric, Ulvex AB, Brommaboken 1987.
History of the Rubber Industry, Cambridge 1952.
Hjulsport, tidskrift 1891–99.
100 år med Svenska Dagbladet, 1984.
Key, Anders, stencil om Ulvex.
Lindblom, Åke, Hjulet – en hel värld i rörelse, föredrag maj 1990.
Millqvist, Folke, Gumminytt, specialnummer 90:1.
Millqvist, Folke, Plastforum, specialnummer 90:5.
Millqvist, Folke, Varumärken i gummiindustrin, Kärnan 89.
Mårtensson, Thure, Småländskt, 1963.
Pneumatic Tyre Industry, European Rubber Journal, 1988 dec.

**Summary** In Great Britain a patent for a pneumatic vehicle wheel was taken out as early as 1845 by Robert W Thomson. The wheel rim was fitted with an air filled tube which was protected on the outside by a leather casing. Thomson's ideas however were far before their time. Demand turned out to be more or less non existent given the difficult repairs that resulted from a puncture.

At the end of the nineteenth century the situation altered radically with the launching of chain driven cycles and motor driven vehicles. With the reinvention of the pneumatic tyre in 1888, John Boyd Dunlop created a revolutionary breakthrough for the ever more swiftly rotating vehicle wheel.

In addition to the import of finished cycles tyres, semi-finished products for cycle tyre manufacture were introduced into Sweden mainly from Denmark in the early 1890s. Tube lengths and narrow strips of the outer rubber were cut and glued together on wheel rims in a couple of cycle factories.

The earliest Swedish cycle tyre factory—Velox—was set up in Trelleborg in 1897. Reconstituted in 1905 as Trelleborg's Rubber Factory—and later as Trelleborg AB—the factory has latterly developed into one of Europe's leading rubber industries.

At the Stockholm Exhibition of 1897, Viskafors displayed bicycle tyres but subsequent production remained modest.

After serious fires and harsh internal conflicts, large scale production of cycle tyres began successfully in Gislaved in 1903. Later cycle tyre factories were set up in Ulvsunda outside Stockholm, in Halmstad under the name Reo and in 1927 the Värnamo Rubber Factory was established.

Both Gislaved and Trelleborg began experimenting with car tyres in 1903. Four years later at an exhibition in Stockholm, Trelleborg was able to present a selection of car tyres. In 1914, the company launched its well known T-stud pattern for cycle and car tyres. This pattern which dominated the cycle market in Sweden for many years, is still after 75 years widely used.

A skilled engineer from France—Hutchinsson—helped Viskafors in 1913 to begin producing a rather excellent series of car tyres. A serious fire and the shortage of raw materials caused by the Great War put an end to this promising production which was not resumed again until 1939 under a completely new management.

Up to then Trelleborg and Gislaved had been the country's sole manufacturers of car tyres. As a result of a change in a special car tyre tax, Goodyear began production in Norrköping in 1939 and rapidly became Sweden's leading manufacturer of car tyres. In conjunction with the Second World War, other Swedish companies began

cooperating with various American companies in licensed production to meet the rising technical demands of the market—Gislaved with US Rubber (Uniroyal), Trelleborg with Goodrich and Viskafors, first with Fisk and soon afterwards with Firestone.

The definitive breakthrough for the French steel radial tyre along with the continually rising demand for increased series sizes lead at the end of the 70s to closures at Trelleborg, Viskafors—Firestone and also Goodyear.

At Gislaved—owned by the Cooperative Society—Curt Lidén had had the foresight at the end of the 60s to build and ultramodern plant for steel radial tyres with the help of technology from Uniroyal's European centre. Steel cord was also manufactured within the company. In this way, Gislaved was able to maintain a satisfactory rate of profitability during the long international car tyre crisis. Operations were extended by the purchase of the Norwegian Viking Dekk. Both companies were merged under the name Nivis Tyre. One sided concentration on the North European market with a strong emphasis on winter tyres has however lately shown itself to be insufficient in guaranteeing profitability. During 1990, Gislaved has been taken over by its present licence partner Continental. The specialisation in winter tyres can thereby be further intensified.

# Syntetiskt gummi i Sverige 1941–1945

## Några minnesanteckningar från arbetet i Uppsala

*Av Bengt Nauclér och Göran Philipson*

Vår beredskap var kanske inte i alla avseenden så god när Andra Världskriget och dess avspärrningar drabbade oss, men visst hade det lagts upp reservförråd av de flesta viktiga importvaror. Naturligtvis fanns det luckor: ett besvärande problem visade sig ganska snart när det gällde tillgången på rågummi.

Naturgummi är närmast en "färskvara", som försämras vid lagring och som man därför inte gärna vill förvara under lång tid. Lagren var följaktligen ganska små och otillräckliga för den långvariga isolering som det efterhand blev tydligt att vi måste inrätta oss för. Än värre var att det inte fanns några lager alls av de vid den här tiden nya, oljebeständiga konstgummikvaliteterna. Förbrukningen av sådant gummi var inte stor, men några kritiska detaljer i olika maskiner – bl a flygplansmotorer – kunde inte tillverkas av något annat material.

*Neoprengummi*
*Buna-gummi*

Om kriget blev långvarigt måste Sverige försöka få igång en egen tillverkning av syntetiskt gummi. Valet stod mellan det av Du Pont i USA utvecklade Neoprengummit och tyskarnas Buna-gummi. Buna-förfarandet var utan tvivel överlägset om det gällde att få fram stora mängder allmänt användbart gummi till rimlig kostnad, och det var också med den metoden som man i USA i en jättelik satsning skaffade ersättning för den ostindiska gummiproduktion som föll i japanernas händer efter Pearl Harbour. Men för oss i Sverige blev det avgörande att Neoprengummi – till skillnad från Buna – kunde framställas av inhemska råvaror, kalciumkarbid och klor, och att detta gummi i sig självt har mycket god oljebeständighet. Dessutom var det år 1941 långt mera tilltalande att expropriera amerikanska patent än att ge sig in i förhandlingar med tyskar, som kunde befaras komma med allehanda ovälkomna förslag till samarbete.

I november månad 1941 uppdrog Statens Industrikommission åt vår mest framstående forskare på polymerområdet, The Svedberg i Uppsala, att utveckla en metod för framställning av gummi på kloroprenbas (Neopren, i Sverige så småningom kallat "Svedopren").

*Kloropren-gummi*

I stora drag visste man ju hur det skulle gå till. Av acetylen framställes i en katalytisk process vinylacetylen (MVA). MVA omsätts med klorväte till kloropren och kloropren polymeriserar under inverkan av lämpliga katalysatorer till ett rågummi som kan vulkaniseras med magnesiumoxid.

På kemisters formelspråk:

$$\underset{\text{acetylen}}{CH\equiv CH} + \underset{\text{acetylen}}{CH\equiv CH} \rightarrow \underset{\text{monovinylacetylen}}{CH_2=CH-C\equiv CH}$$

$$\underset{\text{monovinylacetylen}}{CH_2=CH-C\equiv CH} + \underset{\text{klorväte}}{HCl} \rightarrow \underset{\text{kloropren}}{CH_2=CH-CCl=CH_2}$$

$$x\ \underset{\text{kloropren}}{CH_2=CH-CCl=CH_2} \rightarrow \underset{\text{kloroprengummi}}{(-CH_2-CH=CCl-HC_2-)_x}$$

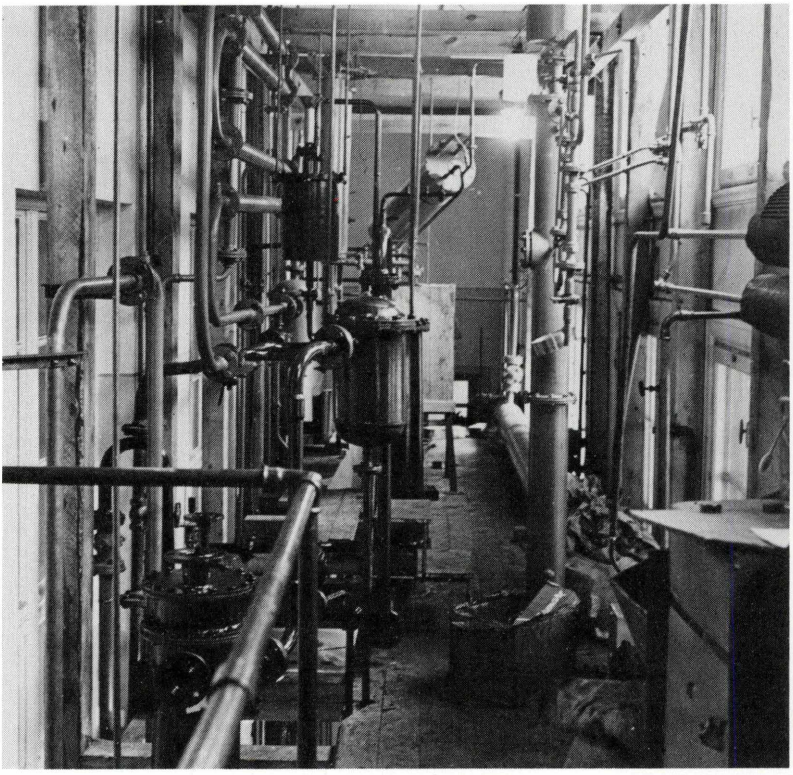
I praktiken var det inte fullt så enkelt, som kommer att framgå av det följande.

*Svenskt gummi 1941*

Så snart uppdraget lämnats byggdes en laboratorieapparat för syntes av MVA med en kapacitet av ungefär ett gram per timme. När man lyckats samla ihop några tiotal gram MVA utfördes den första syntesen av kloropren genom att MVA värmdes med saltsyra och en kopparhaltig katalysator i en igenkorkad glasflaska. Erhållen kloropren polymeriserades och Industrikommissionen kunde till julen 1941 uppvaktas med en liten klimp svenskt syntetiskt gummi.

Med stöd av de gjorda erfarenheterna byggdes nu laboratorieapparater för kontinuerlig framställning av 50 g MVA per timme och för kontinuerlig överföring av MVA till kloropren. Dessa apparater kom i drift i början av 1942 och fungerade ganska bra. Tidspressen var stor, och det föreslogs – inte utan allvar – att man skulle avstå från vidare tidsödande apparatutveckling och i stället sätta tusen stycken 50-grams apparater i drift för att uppnå den kapacitet på ungefär 500 ton gummi per år som ansågs erforderlig.

Förslaget befanns emellertid av flera skäl orealistiskt och vi fortsatte i stället efter mera konventionella linjer med en halvstor MVA- och kloroprenfabrik, som under våren och sommaren 1942 byggdes i den korridor som förband The Svedbergs institution med den äldre kemiska institutionen. I denna långsmala lokal kom produktionen av MVA mot slutet av året upp till drygt 1 kg per timme effektiv drifttid – all drifttid var förvisso inte effektiv. Av mödosamt hopsamlad MVA tillverkades kloropren, som därmed för första gången blev tillgänglig i sådana mängder att man kunde komma igång med ett systematiskt arbete för att utveckla polymeriseringsmetoderna. Tidigare hade polymerkemisterna varit hänvisade till att arbeta i ett slags mikroskala med enstaka portioner kloropren, först på några gram och senare på



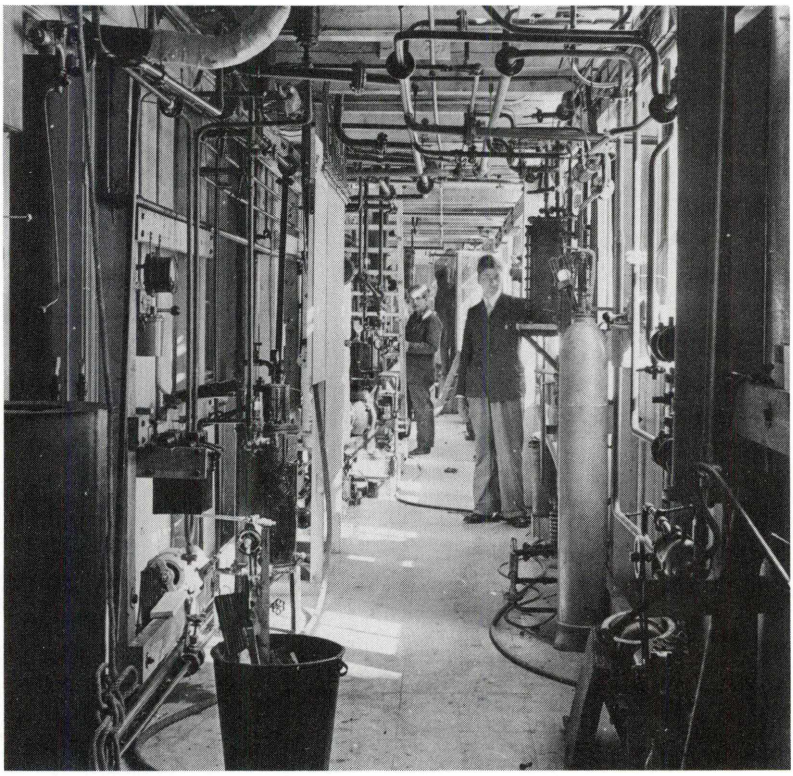
1. "Korridor"-anläggningen vid Fysikalisk-kemiska institutionen vid Uppsala universitet var i två plan, varav detta var det övre.

något hekto, mängder som visserligen tillät framställning av polymerer, men inte i sådan mängd att deras tekniska egenskaper kunde utvärderas. Nu blev det alltså bättre, och till julen 1942 fick Industrikommissionen en gummiklump på 6 kg – tyvärr gav den inte särskilt bra provningsresultat.

Ända från början hade det varit klart att en fullstor gummifabrik skulle placeras i direkt anslutning till en stor kemisk industri, och Stockholms Superfosfatfabriks AB hade åtagit sig uppgiften som fostermor för den svenska syntetgummiindustrin. När planeringen av en fabrik i Ljungaverk påbörjades fanns det alltjämt så många oklara punkter och olösta problem att man knappast kunde hoppas att den primitiva korridorfabriken skulle ge svar på dem alla. En ny försöksanläggning i större skala måste byggas, och för den fanns inte plats i det Svedbergska laboratoriet.

*Svenska gummiforskningslaboratoriet*

Kort före kriget hade Hushållningssällskapet i Uppsala län byggt ett laboratorium för kreaturstuberkulosens bekämpande. Avspärrningen och foderbristen medförde en så snabb utslaktning av smittade eller



2. "Korridor"-anläggningen i undre planet.

misstänkta besättningar att verksamheten blev överflödig, och det nybildade "Svenska Gummiforskningslaboratoriet" fick överta den solida byggnaden som var väl lämpad för sitt nya ändamål. Kvarvarande marsvin avhystes och huset fylldes med reaktionskärl och destillationskolonner, som efterhand räckte till för en produktion av 10 ton kloropren och 7 ton gummi per år, blygsamma mängder förvisso, men inte utan betydelse i det utomordentligt kärva försörjningsläget för oljebeständigt gummi. Laboratoriets produktion stod helt till Kungl Krigsmaterielverkets förfogande och portionerades ut till landets olika gummifabriker för tillverkning av förgasarmembran för jaktflyget och liknande vitala gummidetaljer. Tidvis hade vi verkliga problem med att balansera KMV:s krav på leveranser mot fabriksbyggarnas behov av underlag för apparatkonstruktioner.

### *Explosioner i Ljungaverk och i Uppsala*

Under tiden fortskred byggandet i Ljungaverk och vid midsommar 1944 – drygt två och ett halvt år efter Industrikommissionens uppdrag till The Svedberg – levererades det första gummit från fabriken. Några månader senare, den 5 oktober, inträffade en häftig explosion, som kostade tre människor livet och förstörde en stor del av anläggningen.

Det hade hela tiden stått klart att det fanns stora risker förenade med processen. Acetylen är en notoriskt farlig substans, själv explosiv under tryck eller vid hög temperatur och mycket benägen att bilda explosiva blandningar med luft. Vid försöksfabriken i Uppsala inträffade en explosionsartad brand i ett reaktionstorn kort före jul 1943, varvid tre personer skadades, lyckligtvis utan bestående men, och i maj 1944 exploderade acetylengasverket i Ljungaverk, denna gång utan personskador.

Den stora explosionen i Ljungaverk drabbade emellertid en del av fabriken som hade ansetts som ganska oproblematisk, nämligen den djupkylare som användes för att skilja bildad MVA från oreagerad acetylengas. Djupkylaren var utformad som en stor tank fylld med några kubikmeter 96 % alkohol som hölls nedkyld till −70°C, och nedsänkt i alkoholen låg den rörslinga där den MVA-haltiga acetylengasen kyldes. Att en del acetylen löste sig i MVA visste vi, men lösningar av acetylen ansågs vara ofarliga. Försök som gjordes efter olyckan visade att detta inte var alldeles sant – vid −70°C kan lösningar av acetylen i MVA explodera med stor våldsamhet, dock krävs det mycket kraftiga medel för att initiera explosionen, gnistor av statisk elektricitet eller glödande metalltrådar räcker inte utan det behövs en stor tändhatt. *Vad* som exploderade i Ljungaverk var alltså ganska uppenbart, *hur* explosionen utlösts är alltjämt ett mysterium.

Olyckans omfattning berodde för övrigt, ironiskt nog, inte så mycket på själva explosionen som på säkerhetsåtgärderna; både personskador och skador på fabriken förorsakades främst av att spriten i den sönderspängda djupkylaren fattade eld och brann med stor våldsamhet.

### *Stockvik*

Ljungaverksfabriken byggdes upp igen, denna gång med djupkylaren i en betongbunker med öppen baksida på respektfullt avstånd från övriga byggnader. En andra fabrik uppfördes vid Fosfatbolagets anläggningar i Stockvik utanför Sundsvall; här var djupkylaren ersatt med en tvättkolonn där MVA skildes från acetylen genom absorption i xylol.

### *Fred och import av naturgummi*

Fabriken i Ljungaverk kom åter i drift i maj 1945, samtidigt som den andra fabriken i Stockvik startades. Sedan kom freden.

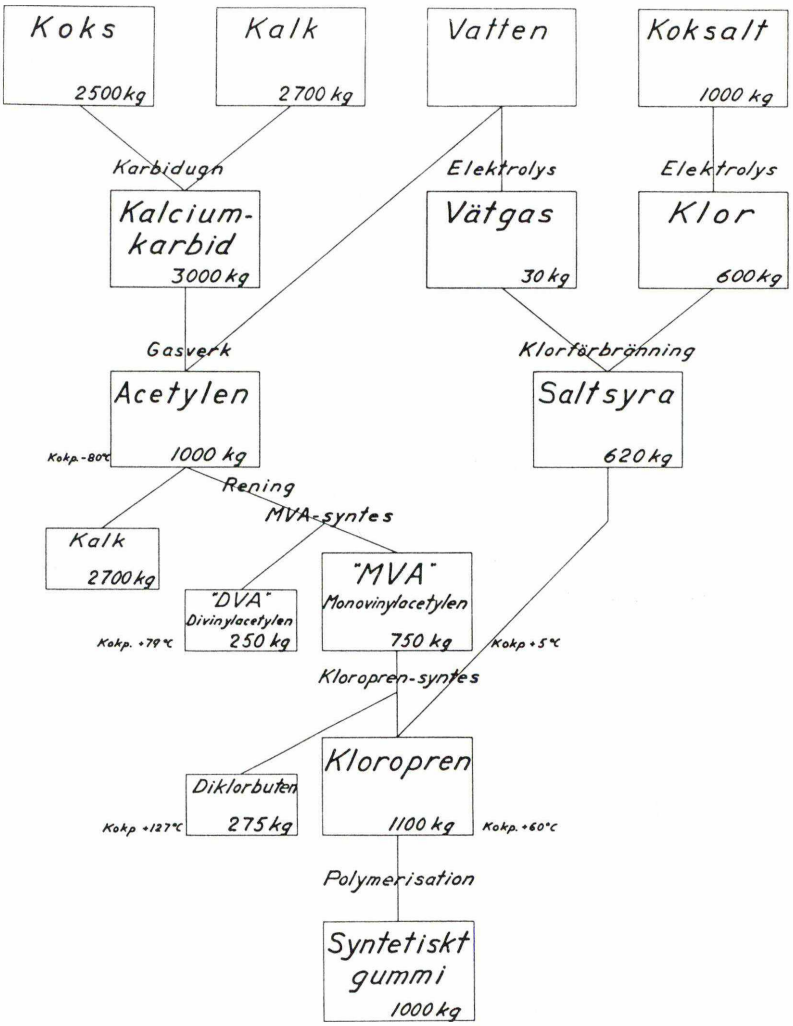
När tillnärmelsevis normala importförhållanden återställts hade kloroprengummit inga förutsättningar att konkurrera med naturgummi eller Buna om marknaden för bildäck och andra stora användningsområden. Ansträngningar gjordes att etablera ett samarbete med Du Pont i USA för att i någon form kunna utnyttja de erfarenheter som vunnits och för att kunna fortsätta en till fredstida förhållanden anpassad svensk tillverkning av oljebeständigt gummi. Amerikanarnas intresse för dessa inviter var hövligt, men synnerligen svalt, och

när Du Pont så småningom byggde en Neoprenfabrik i Europa föredrog man att lokalisera den till Irland.

Fabrikslokalerna i Ljungaverk och Stockvik övertogs efter gummitillverkningens nedläggning av Fosfatbolaget, som använde dem för andra tillverkningar. Forskningsverksamheten fortsatte en tid i olika former, Svenska Gummiforskningslaboratoriet ägde bestånd ännu in på 1950-talet, men det är en annan historia.

*Om tillverkning av MVA*

För att framställa MVA cirkulerar man acetylen i ett rörsystem som innehåller dels ett "reaktionstorn" med en kopparhaltig katalysator-




3. Framställning av svedopren. Siffrorna anger ungefärlig materialåtgång per 1 000 kg rågummi.

lösning och dels en anordning där bildad MVA utvinnes genom kondensering vid låg temperatur eller genom uttvättning med ett lösningsmedel (bäst med xylol).

För att få så mycket MVA som möjligt måste man åstadkomma en effektiv kontakt mellan gas och vätska i reaktionstornet, eljest bildas stora mängder onyttiga och besvärliga biprodukter. I praktiken gällde det att finfördela gasen i vätskan, och för att åstadkomma så små bubblor som möjligt använde vi porösa keramikcylindrar som gasfördelare. Dessa var egentligen avsedda för filtrering av vätskor och fick därför alltid heta "filterljus".

Både stora och små MVA-apparater var konstruerade för att köras kontinuerligt, med de var utsatta för många störningar som gjorde att man ofta fick ta dem ur drift för rengöring och översyn. I början var en "körning" på mer än 24 timmar en framgång, så småningom lärde vi oss att hålla försöksfabriken igång ungefär en vecka i taget och MVA-anläggningarna i Ljungaverk och Stockvik kunde till sist köras en månad eller längre mellan rengöringsstoppen.

### *Problem vid tillverkningen*

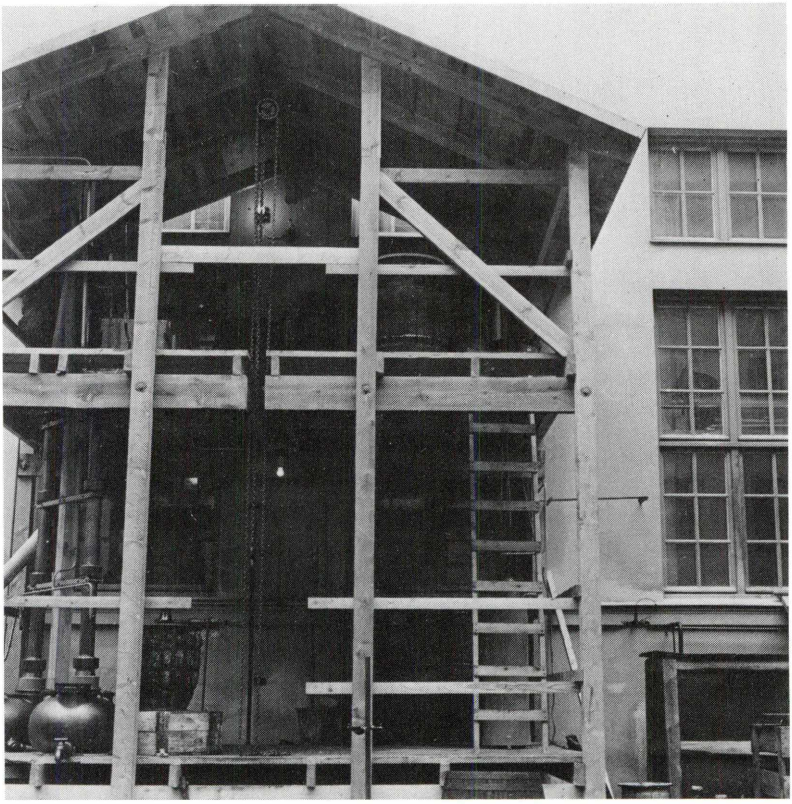
En del av de biprodukter som uppstod vid MVA-syntesen hade egenheten att reagera med luft under bildning av explosiva peroxidföreningar. Om man lät någon del av apparaturen torka innan den var fullständigt rengjord kunde man därför räkna med en följd av små självantändningar och explosioner, vanligen tämligen harmlösa, men en källa till mycken oro i en anläggning där stora mängder acetylen och lättflyktiga, brännbara vätskor var i omlopp.

Igensatta filterljus var MVA-anläggningarnas dominerande problem under de första åren. Filterljusen importerades från Tyskland och blev allteftersom kriget fortskred alltmer svåråtkomliga.

Under 1944 lyckades AB Slipmaterial i Västervik få igång en inhemsk tillverkning av filterljus, som därmed upphörde att vara en bristvara.

Det är kanske ändå inte förvånande att vi lade ned mycken möda på att finna en metod att tillverka MVA utan att använda filterljus. De flesta förslagen fordrade pumpar för katalysatorlösningen eller mekaniska omrörare i reaktionstornet. Olyckligtvis är en koncentrerad, saltsur lösning av koppar(I)klorid utomordentligt korrosiv. Den enda metall vi kunde finna som var helt beständig mot katalysatorn var guld, men förslag att låna Riksbankens guldreserv för konstruktion av MVA-apparater uppfattades aldrig som riktigt seriösa, och det kanske var lika bra, eftersom de mekaniska egenskaperna hos olegerat guld är mycket långt ifrån vad man önskar sig för pumpar eller ventiler.

Ren koppar har hygglig korrosionsbeständighet så länge katalysatorn verkligen bara innehåller envärd koppar, men angrips snabbt i närvaro av syre, dvs så snart man öppnar apparaten för rengöring. Ren koppar har dessutom nästan lika dåliga mekaniska egenskaper



4. Tillverkning av HCl-gas på kemikums gård.

som guld, men tjockväggiga kopparrör kunde användas till kylslingor och liknande grova detaljer – de kvantiteter koppar som ransoneringsmyndigheterna övertalades att ställa till vårt förfogande gjorde mycket för att upprätthålla vår tro på att vi sysslade med något som ansågs viktigt.

Så småningom befanns det att vissa aluminium-koppar-legeringar kombinerade hygglig korrosionsbeständighet med goda mekaniska egenskaper och kunde användas t ex för avstängningsventiler som tillfälligt kom i kontakt med katalysatorlösning. Så långt som till en brukbar pump för katalysator kom vi aldrig. Försök med stengodspumpar utföll mindre väl, bl a därför att katalysatorn hela tiden måste hållas varm, den stelnar vid 40°C. Packboxarna erbjöd oöverstigliga svårigheter – detta var före Teflon-packningarnas tid.

Under hela projektet var vi således hänvisade till att bygga all apparatur i kontakt med katalysatorlösning av keramiska material, med vissa detaljer i elektrolytkoppar eller aluminiumbrons. För detta fanns en fullt utvecklad teknik inom landet – vi övertog de konstruktionsprinciper som utvecklats för sulfitkokare. Reaktionstornen

byggdes av järnplåt och murades in med dubbla lag formtegel, fogat med tyskt Asplit-bruk eller dess inhemska motsvarighet.

Uppgiften att avskaffa filterljusen löstes mot slutet av 1944 genom införandet av vad som kallades "snurretornen". I dessa finfördelades gasen av en snabbt roterande skiva av grov kopparplåt i ändan på en lång, kopparklädd stålaxel som gick igenom en packbox i tornets topp, där en dynamisk anordning med ett fläkthjul skyddade packboxen mot kontakt med katalysatorn, samtidigt som den hindrade skummande katalysator från att följa med gasen ut ur tornet. Stockviksfabriken utrustades från början med dessa "snurretorn", de i Ljungaverk från början insatta filterljustornen hann bytas ut mot snurretorn innan fabriken lades ned.

*Om tillverkning av kloropren*

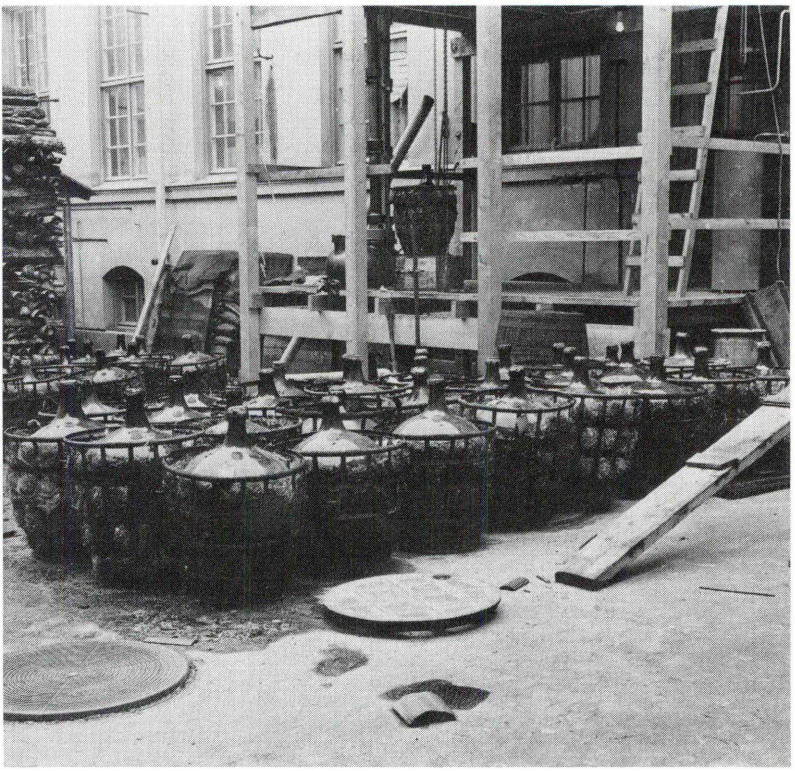
I kloroprenapparaterna strömmade MVA-gas genom ett reaktionstorn där en del av gasen omsattes med klorväte i gasform och därifrån till en avskiljare där bildad kloropren kondenserades. Klorvätet erhölls till en början genom att koncentrerad svavelsyra fick rinna genom en med fyllkroppar fylld kolonn ned i koncentrerad saltsyra, varvid HCl frigjordes och på väg upp genom kolonnen torkades av svavelsyran. All utrustning i stengods. Någon miljöinspektion fanns inte men anläggningen var inte särskilt populär bland forskarna på Kemikum och Fysikum.

Stockholms Suporfosfat AB utvecklade sedan en anläggning där klor och vätgas direkt förbrändes i en kvartsbrännare vilken snabbt ersatte den ganska besvärliga hanteringen av koncentrerad HCl och $H_2SO_4$. Kvarvarande MVA pumpades tillbaka till reaktionstornet. Liksom vid MVA-syntesen måste man nöja sig med att omsätta en del av råvaran; reaktionen stannar inte när den önskade produkten har bildats utan kloroprenen reagerar vidare med klorväte till värdelösa biprodukter.

Reaktionstornet var inmurat och packat med keramiska fullkroppar. Även i detta fall användes en koppar(I)haltig katalysatorlösning; den stora mängden klorväte gjorde att den var stabilare och lättare att handskas med än MVA-katalysatorn. Naturligtvis var den utomordentligt korrosiv.

Hela existensberättigandet för MVA- och kloropren-anläggningarna låg ju i att man ville tillverka ett ämne som kunde polymeriseras till syntetiskt gummi. Huvudproblemet med kloroprentillverkningen blev nu att detta gummi bildades redan i produktionsapparaten. Alltför ofta pluggades rörledningar, kylare och destillationskolonner igen av segt, kemikaliebeständigt och fast vidhäftande gummi.

För avskiljning av kloropren från den cirkulerande gasen användes inte en vanlig kylare, som skulle ha satt igen, i stället fick kloroprenen kondensera direkt på en kall kalciumkloridlösning i ett fyllkroppstorn. På det sättet undveks att kondenserande kloropren kom i kon-



5. Se föregående bild.

takt med en yta där polymerisat hade kunnat sätta sig fast. Så snart ske kunde, stabiliserades kloroprenen genom lämpliga kemikalietillsatser (tiodifenylamin). Problemfri blev kloroprentillverkningen aldrig. I Ljungaverk och Stockvik byggdes dubbla system för kloroprensyntesen. Varje system kunde hållas i drift 8–16 dygn innan det måste stoppas för rengöring, som normalt kunde bli klar innan det andra systemet stannade.

Den utkondenserade kloroprenen innehöll avsevärda mängder MVA och biprodukter från reaktionen. För gummits kvalitet var det viktigt att använda ett utgångsmaterial som var fritt från föroreningar, och råkloroprenen destillerades därför omsorgsfullt, en inte alldeles enkel procedur med en vätska som hela tiden måste hållas stabiliserad för att inte övergå i gummiform. Uppgiften kunde lösas genom att klumpar av stabiliserande tiodifenylamin fördelades överallt bland fyllkropparna i kolonnerna, utom i slutkolonnens översta del, där man fick förlita sig på den förhållandevis låga temperatur som åstadkoms genom att destillationen utfördes i partiellt vacuum. Målet var ju att åstadkomma kloropren som kunde polymeriseras – slutprodukten kunde därför inte vara stabiliserad.

*Polymerisationen*

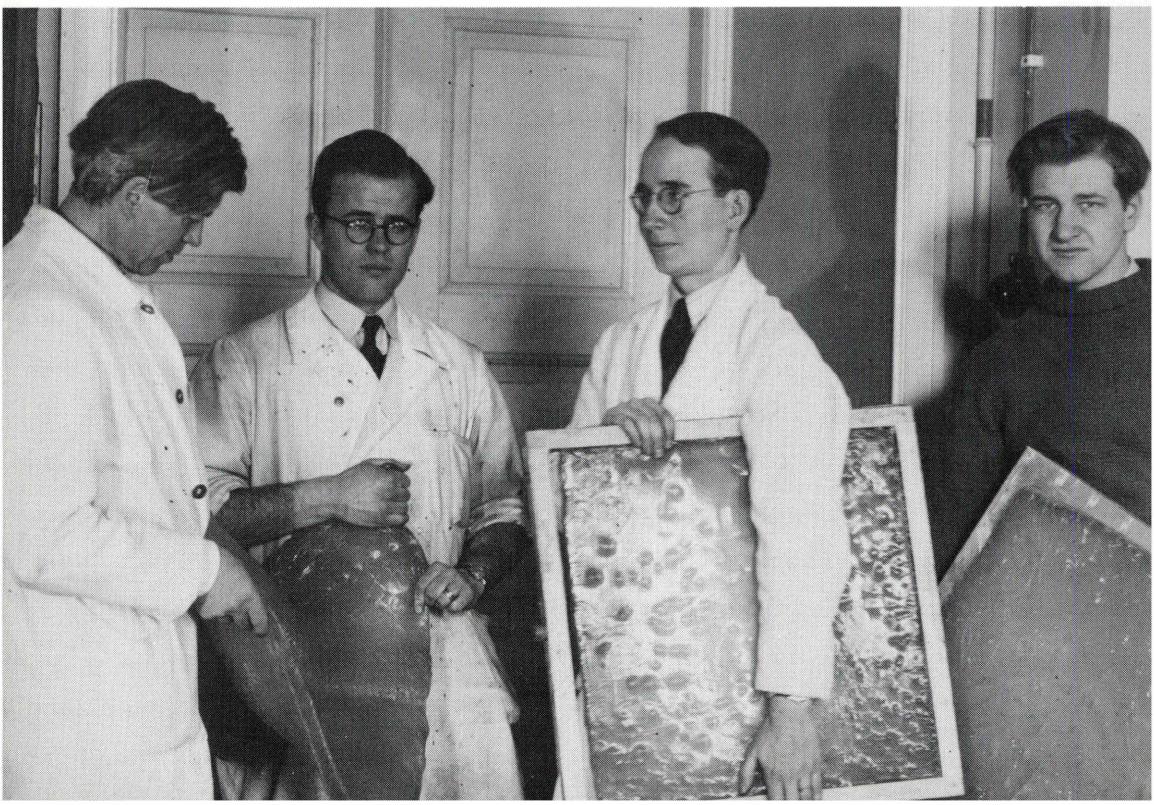
Kloropren polymeriserar spontant till gummiliknande ämnen – tyvärr dock inte till användbart syntetgummi. Lättast bildas det som vi lärde oss att kalla "blomkålspolymer": en porös, tämligen elastisk substans, som vid försök till mekanisk bearbetning faller sönder till ett pulver och som dessutom är kemiskt instabil – efter någon tid mörknar den från början rent vita polymeren och blir brun eller svart, samtidigt som saltsyra frigöres. Det var framförallt detta ämne som bildades i kloroprenapparaterna. Polymerisationen är självkatalyserande, från små groddar växte det raskt ut stora, blomkålsliknande klumpar och ju mer polymer som bildades, desto snabbare växte den.

Genom att arbeta vid kontrollerad temperatur och med lämpliga tillsatser kan man emellertid styra polymerisationen mot mera önskvärda produkter; en stor del av svårigheten visade sig ligga i att framställa ett bearbetbart rågummi. Det blev mycket lätt så att man fick produkter med egenskaper som färdigvulkaniserat gummi, utan möjlighet till vidare bearbetning och formning.

Även i detta fall gällde att man inte fick låta reaktionen gå ända till slutet; för att få en brukbar produkt måste man avbryta polymerisationen medan det ännu fanns oreagerad kloropren kvar.

Två metoder visade sig vara brukbara. Tekniskt enklast var att polymerisera kloroprenen emulgerad i vatten, men emulsionspolyme-

6. Blockpolymerisat. Fr v The Svedberg, Göran Philipson, Birger Bäcklund och Bengt Nauclér.



risaten hade vissa nackdelar och från användarnas sida var man för många ändamål mera intresserad av den andra typen av polymerisat, där kloroprenen polymeriserades i ren form, utan andra tillsatser än de katalysatorer och modifierande ämnen som behövdes för att leda processen mot det önskade resultatet. Till en början arbetade vi bokstavligen med block-polymerisation: en kvantitet kloropren försattes med erforderliga kemikalier och fick polymerisera under en beräknad tid. För att möjliggöra temperaturkontroll utfördes polymerisationen i ett några centimeter tjockt skikt mellan två aluminiumplåtar, som hölls isär av en träram. Aluminiumplåtarna kunde kylas med vatten på utsidan, och tanken var att man i teknisk skala skulle använda en filterpressliknande anordning, med celler som omväxlande innehöll kloropren och kylvatten. Efter avslutad polymerisation måste oreagerad kloropren avlägsnas. Vid laboratorieförsöken fick kloroprenen avdunsta när proverna bearbetades på valsverk vid gummifabrikerna. Proverna måste därför skickas iväg och



**Prof. The Svedberg håller fortfarande på med sina konstgummiexperiment**

7. Ur Svensk skoltidning 1 nov 1945.

behandlas så fort som möjligt. Blockpolymerisationen kunde visserligen drivas så långt att bara 20 % av kloroprenen blev kvar i oreagerad form, men förfarandet var ändå omöjligt i teknisk skala, av ekonomiska och transporttekniska skäl och på grund av kloroprenångornas giftighet.

Blockpolymerisaten hade emellertid lovande tekniska egenskaper, och en tämligen originell metod utvecklades för att ändå framställa dem. Själva polymerisationen utfördes satsvis i en emaljerad gryta, och fördes endast så långt att produkten förblev flytande; en lösning av ungefär 25 % gummi i 75 % kloropren. Denna sirapstjocka smet pumpades över i en andra gryta där den blandades med stabiliseringsmedel. Den stabiliserade smeten göts i ett tunt skikt på ett rostfritt stålband som gick in i en tunnel där kloroprenen drevs av med ånga. Ånga och avdriven kloropren kondenserades, kloroprenet skildes av och gick tillbaka i processen. Det torra gummiskiktet – en knapp millimeter tjockt – drogs av från bandet av en smal stålaxel som roterade med en periferihastighet som var sju gånger bandets hastighet och i motsatt riktning mot bandets rörelseriktning. Gummifilmen sträcktes då och lossnade från bandet. Från stålaxeln överfördes det sträckta gummit direkt till en trärulle med några decimeters diameter, som låg och rullade ovanpå axeln. På denna trärulle bildades efterhand ett ganska tjockt skikt av hårt spänt gummi. När ungefär 10 kg hade samlats tog maskinföraren en morakniv och skar igenom gummiklumpen, som drog ihop sig med en smäll och flög iväg för att landa på fabriksgolvet några meter bort. Av alla processer i gummifabrikerna var det nog denna som fungerade med minst krångel, okonventionell och dramatisk som den var.

## *Slutord*

Vi har velat ge några glimtar från de svenska ansträngningarna att framställa syntetiskt gummi under krigsåren 1941–45. Vi har gjort det utan namns nämnande. Antalet inblandade var för svenska förhållanden mycket stort, och vi arbetade i märkvärdigt hög grad som ett kollektiv; all tillgänglig arbetsförmåga gick åt till att försöka få fram gummi, i det närmaste helt utan att det frågades vem som hittat på vad eller vems revir det ena eller andra ärendet hörde till. Att detta var möjligt berodde på att alla var övertygade om att saken var viktig och på att ingen såg verksamheten som annat än en beredskapstjänst som vi skulle lämna när kriget var slut. Viktigt var också att vi inte behövde slåss om anslag, alla resurser som överhuvudtaget kunde uppbådas ställdes till vårt förfogande utan prutande eller pekpinnar. Men viktigast var nog att vi alla var så unga.




The Svedberg närmade sig pensionsåldern, men var alltjämt i sin fulla kraft, hans närmaste man i gummiprojektet, dåvarande docenten Sven Brohult, hade vid denna tid nyss passerat 35-årsstrecket och framstod därmed som en fadersgestalt för oss aktivt arbetande, av

vilka knappast någon i mera ansvarig ställning hade fyllt 30 år. Att en skara ingenjörer och akademiker i 25-årsåldern, de flesta vänner eller bekanta sedan studieåren, anförtroddes att i så stor frihet och med så stora resurser genomföra ett svårt och viktigt projekt är förmodligen tämligen enastående. Hur märkvärdigt det var insåg vi själva knappast förrän efteråt. Nu, på 45 års avstånd, framstår det fortfarande som en unik och sällsynt erfarenhet.

*Källor* Dessa anteckningar skall ses som minnesbilder av händelser som utspelades för nästan ett halvsekel sedan. Någonstans finns naturligtvis skriftlig dokumentation, främst kanske i Statens Industrikommissions efterlämnade papper. Vi har inte gjort några ansträngningar att efterforska dem, och det är f ö troligt att de kritiska åren 1942–43 avsatt ganska obetydliga spår i handlingarna. Vi som arbetade i projektet var helt överens med våra uppdragsgivare i Industrikommissionen om att vi inte skulle skriva PM utan tillverka gummi. Under projektets senare faser inträdde mera normala förhållanden – på nyåret 1944 fick Svenska Gummiforskningslaboratoriet ett kansli – och från den tiden flyter dokumentationen rikligare.

I samband med försöken att intressera Du Pont för ett samarbete skrevs en rapport: "Production of Synthetic Rubber (Svedoprene) in Sweden 1941–45. Technical and Scientific Results". Stencil, Gummiforskningslaboratoriet 1946.

På The Svedbergs institution pågick arbetena över polymerisationsprocesserna och polymerisatens egenskaper med användning av ultracentrifugerna och annan specialutrustning. Resultaten av dessa arbeten sammanfattades 1946 i en diger stencilerad volym "Undersökningar över syntetisk kautschuk. Utförda vid Fysikalisk-kemiska institutionen, Upsala, under tiden november 1941–december 1946", som också innehåller en historik över de tidiga laboratorieförsöken med framställning av MVA och kloropren.

Dessa stenciler som finns tillgängliga på Tekniska Museet har vi rådfrågat när minnet behövt stöd under hopskrivandet av ovanstående.

Under 1944 igångsattes ett särskilt projekt under ledning av Ragnar Vestin med syfte att klarlägga vad som händer under MVA-syntesen, givetvis i förhoppning att man skulle få uppslag till bättre fabrikationsmetoder. Det fick man också, huvudsakligen dock för sent för att de skulle hinna komma till användning i fabrikerna. Resultaten av dessa arbeten, som i olika former fortgick långt in på 1950-talet, har i normal ordning publicerats i vetenskapliga tidskrifter. Detsamma torde vara förhållandet med många av de arbeten som utfördes vid The Svedbergs institution och vid Svenska Gummiforskningslaboratoriet efter fredsslutet. Allt detta faller emellertid utanför ramen för våra minnesanteckningar.

## Summary

During 1940–41, Sweden was cut off from the supply of rubber. Most critical was the supply of oil-resistant rubber vital for parts in aircraft engines.

In the autumn of 1941, the State Commission for Swedish Industry, a body formed to take care of and ration products necessary for Swedish industry, asked the famous Nobel Prize winner and expert in large molecules and polymers, The Svedberg, to undertake the development of an industrial process for oil-resistant synthetic rubber. Svedberg's choice was neoprene, developed and patented by Du Pont et Nemour in the US, one reason being that the raw material—calcium carbide and chlorine—were available in Sweden.

No contacts were possible but the basic patents were available and were expropriated according to Swedish law.

The process is a three stage operation:

1. Production of monovinylacetylene from acetylene.
2. Synthesis of chloroprene from monovinylacetylene and hydrochloric acid.
3. Polymerisation of chloroprene to synthetic rubber (which then has to be vulcanised by rubber factories).

By Christmas 1941, Svedberg was able to supply the State Commission with a small sample (7 g) of rubber.

During 1942–43, pilot plants in different sizes—50 g/hr, 1 kg/hr and 5 kg/hr—were developed and during 1944–45 two factories in Ljungaverk and Stockvik (near the town of Sundsvall) were started.

Svedberg engaged a great number of chemists, physicists, chemical and mechanical engineers for the development work. Nearly all of them were seconded from the military services.

The processes, although in principle simple, presented numerous difficult and unknown problems. The catalysts—highly corrosive hydrochloric saturated copper solutions solidifying at temperatures below +40°C—were difficult to handle with the type of construction materials available at the time. Part of the process was run at −70−−80°C which at that time were unknown temperatures for industrial production.

Acetylene, monovinylacetylene and some of the by-products are highly explosive and in the pilot plants explosions were an almost routine occurrence. In the plant at Ljungaverk, a powerful explosion in the −70°C part of the plant took the life of three persons.

Another source of trouble was that chloroprene tended to polymerize into rubber already in the process equipment.

The rubber finally produced was named Svedoprene and was of superior quality. According to the head of the Swedish Airforce, no aeroplane would have been in the air without this rubber. Automobile and bus tyres were also successfully produced. However after the war, it proved impossible to compete with imported rubber and production was discontinued.

# Hakon Brunius

## – ”Sveriges förste elektriker”

*Av Tord Jöran Hallberg*

Vem
- patenterade det första svenska systemet för tågsignalering?
- tillverkade den första svenska glödlampan?
- konstruerade Sveriges första elgenerator?
- startade det första svenska elektriska aktiebolaget?
- tillverkade den första svenska telefonen?
- var först i Sverige med att föreslå byggandet av ett telefonnät?

Svar: Hakon Brunius (1842–1902).

– Vem är det? undrar säkert många läsare, ty Brunius tillhör inte precis de uppmärksammade i den svenska elhistorien. Antingen nämns han inte alls, eller endast en passent i den av L M Ericssons, Televerkets och Aseas jubileumsskrifter dominerade litteraturen. Först 1989 har hans insatser som telefonpionjär uppmärksammats.[1]

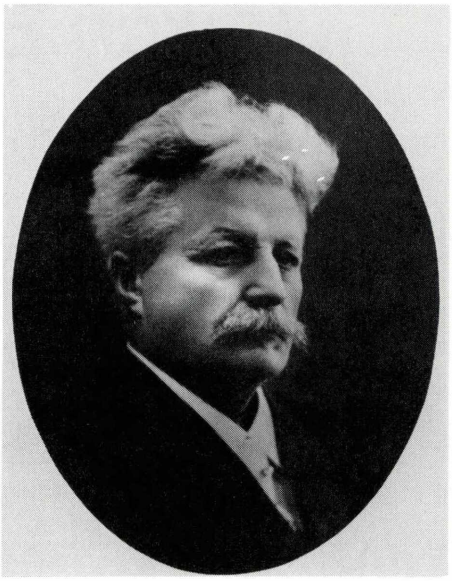
Orsaken till den långvariga tystnaden är säkert den, att han var uppfinnare och mångsysslare snarare än ekonom, och därför föga framgångsrik som företagare. Redan i sin livstid kallades han dock ”Sveriges förste elektriker”,[2] en titel som han verkligen gjorde skäl för.

*Teknik-intresset hemifrån*

Sitt tekniska intresse har Brunius hemifrån. Fadern var kapten vid Västgöta regemente i Lidköping, men drev en omfattande industriell verksamhet vid sidan av militärlivet. Bland annat startade han en textilindustri och ägde åtskilliga båtar, som gick i trafik mellan Vänern och Göteborg.

Hakon gick i skola i Skara, tog studenten i Uppsala och studerade sedan lantmäteri vid universitetet där. Sedan han avbrutit lantmäteristudierna, utbildade han sig till telegrafist och tog anställning vid Kungliga Telegrafverket, som då var landets enda användare av elektricitet. Efter ett år som assistent och vikarierande föreståndare för telegrafstationen i Skara, blev han SJ:s förste telegrafingenjör med ansvar för telegraflinjerna utmed järnvägarna Hallsberg–Göteborg och Katrineholm–Jönköping.

1868 lämnade han SJ och blev egen företagare, först i Hjo, sedan i Jönköping, där brodern Hjalmar hade en mekanisk verkstad för tillverkning av bl a vågar och tändsticksmaskiner. Även Hakon öpp-



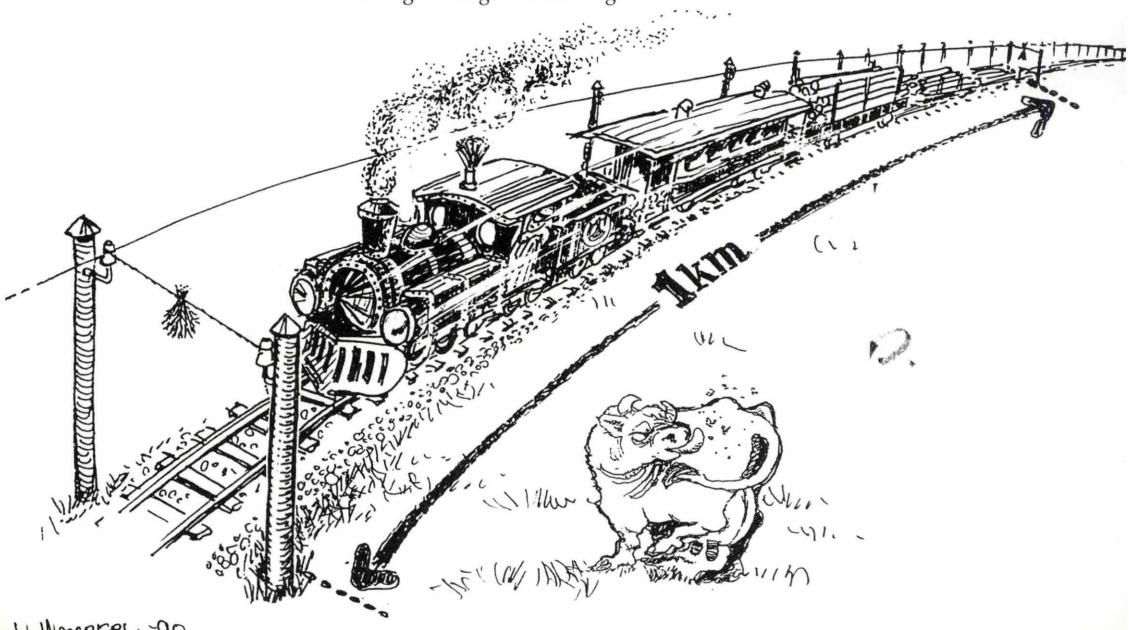
1. Hakon Birger Waldemar Brunius i 60-årsåldern. I sin krafts dagar var han slående lik Oscar I, livlig och pigg och en glad sällskapsbroder i bl a Smålands gille och Sällskapet W6. Foto TM.

nade en liten experimentverkstad och försörjde sedan under 1870-talet sig och sin växande familj – han fick så småningom åtta barn – som uppfinnare, teknisk konsult och lärare i telegrafi.[3]

*"Railway Protector"*

Under denna tid fick han, inspirerad av järnvägsolyckan i Sandsjö, idén att förbättra tågsäkerheten. Resultatet blev "Railway Protector"

2. Hakon Brunius system "Railway Protector" för förhindrande av tågkollisioner, patenterat 1876, var en sorts föregångare till ATC. Systemet byggde på att tåget med jämna mellanrum gjorde kontakt med en signalledning. Som kontaktdon tänkte sig Brunius i första hand en fot långa mässingsborstar. Teckning av Yngve Wassberg.



eller "bantågsbeskyddaren", första gången provad sommaren 1875 mellan Axvalls och Broddetorps stationer på järnvägen Lidköping–Skara–Stenstorp.[4]

Utmed järnvägen hängdes en signaltråd på de redan befintliga telegrafstolparna. På vissa ställen utmed banan anslöts "tvärtrådar" till signaltråden. Tvärtrådarna hängdes så högt, att tåget kunde passera under. Från tvärtrådarna hängdes kvastar eller borstar av mässingstrådar, som gjorde kontakt med en isolerad skena eller liknande borste på lokets eller tågfinkans tak.

Tvärtrådarna uppsattes med en kilometers mellanrum och dessutom i närheten av stationerna. Ett batteri i stationshuset levererade ström till signalledningen, så att man fick en elektrisk puls varje gång ett tåg passerade en tvärtråd. Pulserna gick till en skrivare i stationshuset, där man på så vis kunde avläsa tågens rörelser utmed banan. Tåg på kollisionskurs gav dubbel pulstäthet.

Om man ville stanna ett tåg, var det bara att vända på strömriktningen med en omkopplare i stationen. Strömmen gick då via tvärledningen och kvasten ner i loket, där en klocka ringde. Om lokföraren inte reagerade, kunde man tänkas stanna tåget automatiskt och slå på ångvisslan vid nästa tvärledning. Dessutom, menade Brunius, kunde man låta klaffbroar och andra hinder automatiskt stoppa annalkande tåg. Med en extra signalledning skulle man också kunna skilja på två olika tåg som var på väg åt samma håll.[5]

Försöken i Västergötland utföll till belåtenhet, och på vintern 1875–76 gjordes nya försök i Småland mellan Eksjö och Ormaryd. Verkställande direktören för järnvägen Nässjö–Oskarshamn intygade att "apparaten tillkännagav bantågets belägenhet för varje tiondels mil och ringde på en alarmklocka i loket när det stoppades. Det väckte min förvåning såsom utgörande den mest genialiska värdefulla uppfinning."[6]

### *Före sin tid*

Brunius fick patent på sin bantågsbeskyddare, byggde en modelljärnväg med miniatyrånglok och allt, och reste 1876 till Bryssel för att på "Internationella kongressen för hälsovård och räddningsväsende" visa sin uppfinning för en större publik.

Det berättas att montern besöktes av kung Leopold av Belgien. Brunius höll just på att demonstrera systemet för kungen, när han fick telegram. Han stoppade telegrammet i fickan, varvid kungen frågade:

– Ska ni inte läsa telegrammet?

– Ers Majestät, det ska jag göra när jag demonstrerat färdigt min uppfinning.

– Läs ni telegrammet, sade Leopold, varvid det visade sig vara ett meddelande om att Brunius fått ännu en son.

Leopold gratulerade hjärtligt barnafadern, och som ett minne av händelsen döptes sonen till Leopold.[7]

De utländska järnvägsbolagen visade ett välvilligt intresse för Brunius system, och den svenska regeringen anslog medel för experiment vid SJ. Trots upprepade försök och förbättringar, lyckades dock Brunius aldrig övertyga SJ om att systemet skulle fungera vid snöväder och isbildning.[8]

Som äkta uppfinnare var Brunius övertygad om motsatsen. Tack vare bidrag från stiftelsen Lars Hiertas Minne[9] fick han möjlighet att installera sitt system mellan Vänersborg och Öxnered på järnvägen Uddevalla–Herrljunga, där den enligt Brunius utan anmärkning fungerade från 1880 till 1882.[10]

Inte heller detta bevekade SJ, och även utomlands svalnade intresset. Modellen utställdes i Göteborg[11] så sent som 1885 och bevarades av Brunius ända till hans död, då den övertogs av en av sönerna. Någon försäljning blev det dock aldrig, vare sig hemma eller utomlands, till Brunius stora besvikelse.

"När i en kanske avlägsnare framtid", skrev han, "nödvändigheten fordrar anlitande av inrättningar att sätta stationspersonalen i stånd att giva ett ute å banan framrusande bantåg stoppsignal, kan det ju vara intressant att veta att dylika apparater fanns redan 1875."[12]

I denna "avlägsnare framtid" befinner vi oss först nu, sedan SJ äntligen infört ATC (automatic train control).

### *Försök med glödlampor – och lysrör?*

1878 utbasunerades nyheten, att Edison, berömd genom fonografen, hade löst problemet med "det elektriska ljusets fördelning".

Inspirerad av detta började Brunius experimentera, och i Jönköpings Tidning kunde man den 29 oktober 1878 läsa följande.

"Elektriskt ljus.

Ingenjör Hakon Brunius härstädes, som under senare tiden med mycken iver arbetat på förenklingar av det elektriska ljuset, med huvudsakligt syfte att kunna fördela detsamma i det oändliga och undvika de genom hastig förbrukning rätt dyrbara och besvärliga kolspetsarna, har härvid kommit till ganska förvånande resultat.

Då emellertid under senaste tiden tidningarna omtalat att stora framsteg härutinnan skulle vara gjorda i utlandet, ehuru ännu till sin natur hemlighållna, har han ansett sig böra ådagalägga, att en belysningsmetod, avvikande från alla hittills försökta, även finnes inom vårt land utarbetad. Han hade för den skull i går afton hemma hos sig inför vetenskapsmän och framstående teknici en sådan belysningsmetod praktiskt tillämpad, och väckte densamma största uppmärksamhet, då därigenom otvetydigt bevisades, att frågan om det elektriska ljusets fördelning i det oändliga och kolspetsarnas obehövlighet av honom funnit en praktisk lösning. Vi kan tillägga, att denna belysning, vars detaljer vi nu naturligtvis måste förbigå, blir ofantligt billig, ja, så billig, att den å platser, där vattenkraft finnes att tillgå, inskränker sig till räntan å anläggningskostnaden och en ringa kostnad för tillsyn."

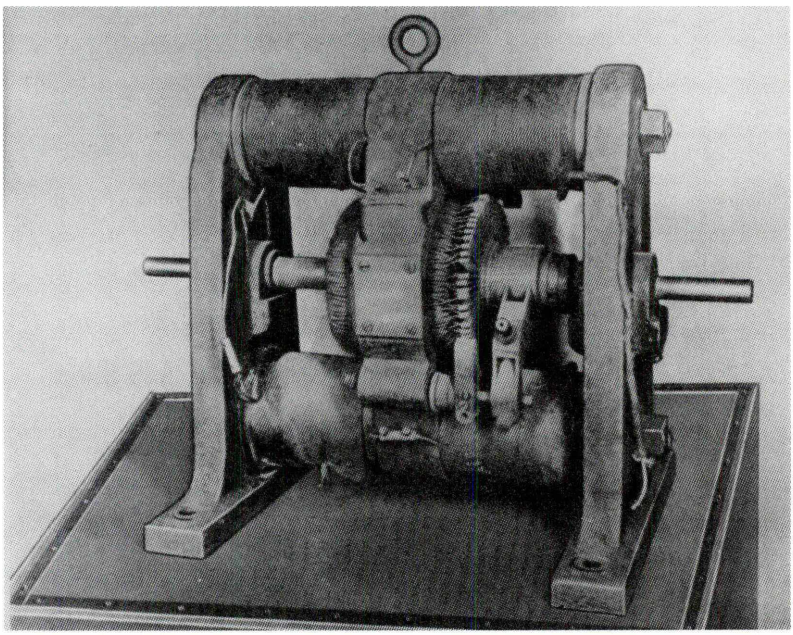
I artiklar om "Edisons elektriska ljus" i samma tidning 9–12 februari 1880 skriver Brunius att han i december 1878 köpt ett "ej obetydligt

parti platinatråd från hr Alfred Benzon i Stockholm och i januari 1879 från såväl Rejmyre som Kungälvs glasbruk införskaffat "glaskulor" med tre halsar, varav de två halsarna lämnade tillträde till var sin koppartråd, och den tredje fick några livliga 'kyssar' av luftpumpen".

I en självbiografisk notis skriver han vidare att "Jönköpings mekaniska verkstad upplystes hösten 1878 genom av mig anbragta små ljus, framställda medelst vitglödande platinaspiraler, men visade sig denna belysning mindre ekonomisk. Jag sökte då vinna målet genom luftomma glasrör, vilka gjordes lysande genom induktion från i närheten av desamma befintlig elektrisk växelström av hög spänning. De härvid iakttagna fenomenen var av största intresse och väckte hos några vid ett tillfälle närvarande vetenskapsmän den livligaste förhoppning om stor framtida betydelse...

Slutligen vill jag inte lämna obeaktat, att, enligt helt nyligen i tidningarna synliga meddelanden, man nu i Amerika upptagit den princip för elektrisk belysning, jag här ovan antytt såsom funnen redan 1879."

Årtalen är som synes motstridiga, men helt klart är att Brunius redan 1878 gjorde försök med ett slags föregångare till lysröret – eller kanske snarare glimlampan – och att han samma år eller året därpå gjorde försök med lampor med glödtrådar av platina. Båda idéerna



3. Dynamo av Gramme-typ, förvarad i Aseas museum och möjligen tillverkad av Hakon Brunius. Ur J Åkerman, Ett elektriskt halvsekel, Västerås 1933.

övergavs, glimlampan förmodligen på grund av dålig ljusstyrka, glödlampan emedan den enligt Brunius gav för dåligt ljusutbyte i förhållande till båglampan och hade för kort livslängd.

Det var just under dessa år, 1878–79, som Thomas Alva Edison och engelsmannen Joseph Swan oberoende av varandra lyckades utveckla fungerande glödlampor med koltrådar. Det dröjde dock till in på 1880-talet innan deras idéer började accepteras och till 1886, innan Robert Strehlenert startade Sveriges första glödlampsfabrik i Södertälje.

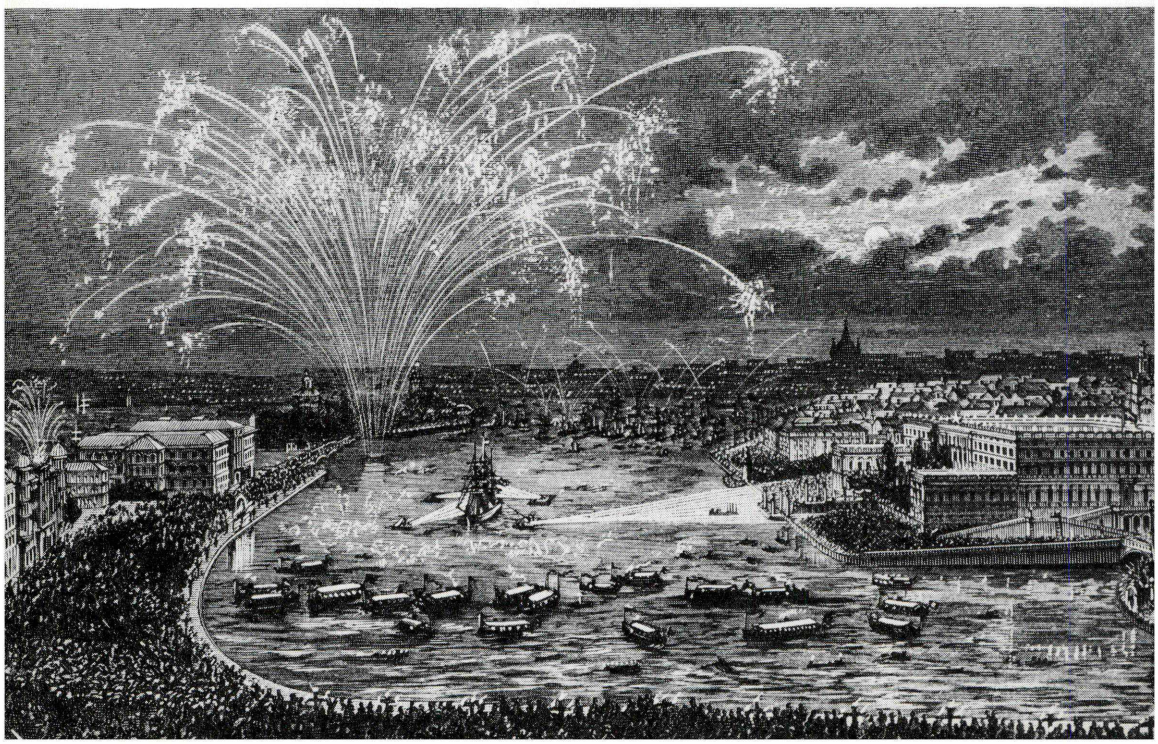
### *Första elgeneratorn*

Den 15 augusti 1879 meddelade Jönköpings Tidning:

"Stora Limugnen (värdshus i Jönköping) kommer i afton att stråla i elektrisk belysning. Framställaren av ljuset är naturligtvis ingen annan än den på detta område väl hemmastadde ingenjör Brunius."

I nästa nummer av tidningen läses att "den elektrisk belysningen var av utmärkt effekt och spred sitt klara ljus över dukade bord och talrika gäster samt trängde som solstrålar genom kastanjernas lummiga kronor och låg här och där som lysmaskar på syrénhäckar och gräsmattor. Ljuset, som var anbringat på toppen av musikpaviljongen och brann från kl 9 till 11, frambragtes medelst en fyra hästkrafters

4. Vegas infärd i Stockholm den 24 april 1880. För belysningen svarar här bl a fyra mindre båtar kring Vega. Förmodligen är ingen av dem ångaren Primus, som följde Vega från Trälhavet upp till Skeppsbron. Det är ovisst om Hakon Brunius ordnade även denna belysning från småbåtarna. Träsnitt av Robert Haglund. Foto Stockholms stadsmuseum.



lokomobil samt en elektricitetsmaskin av Grammes system och var så intensivt, att man kunde på ett avstånd av omkring 250 fot obehindrat läsa fin tryckt eller skriven stil.

En talrik, skådelysten och tacksam publik jublade sitt bifall till den lille livlige och pigge Brunius, som raskt klättrade på stegar och i träd för att ordna sina ledningar och elektriska kulor.

Ett kvickhuvud hade författat verser och travesterade ur Gluntarne:

Vad äro alla Nordströms ljus
mot en av Brunii dankar
och denna refräng gnolades allmänt under nattmarschen hemåt."

Det kan tilläggas att Nordström var den dåvarande föreståndaren för Jönköpings gasverk.[13]

Av artikeln framgår tydligt, att det på toppen av musikpaviljongen uppsatta "ljuset" var en båglampa. De "elektriska kulorna" tyder möjligen på att Brunius även gjorde prov med några av sina hemmagjorda glödlampor.

Bågljusanläggningar hade funnits i landet några år, men "elektricitetsmaskinen av Grammes system" var en nyhet, ritad av Brunius och enligt bevarad bokföring från 1879 tillverkad av Sandwallska gjuteriet i Jönköping. Priset för denna första svenska elgenerator var 488 kronor.[14]

### *Första fartygsbelysningen*

Brunius första mer stadigvarande elbelysning installerades på en ångare vid namn Primus.

Enligt en tidningsuppgift från 1890-talet[15] ska han ha gjort denna installation redan 1877 och därvid använt en generator och en båglampa som "tidigare kommit till användning vid det första utnyttjandet av elektriskt ljus för industriellt bruk, nämligen vid Heilmann & Stenleins järngjuteri i Elsass".

Brunius uppger själv att han installerat den "elektriska belysning, som från ångaren Primus kommandobrygga kastade sitt stadiga ljusknippe å den stolta Vega under dess färd från Trälhavet upp till Skeppsbron våren 1880 (Nordenskiöld anlöpte Stockholm den 24 april). Detta var mig veterligen första gången dylik belysning använts å i gång varande ångare, då tillfölje fartygets av propellern föranledda skakning stora svårigheter härför varit att övervinna".

I mars 1880 beviljade styrelsen för Lars Hiertas Minne "åt ingenjör Hakon Brunius ett nytt anslag av 1 500 kr för fortsättande av hans försök med den elektriska belysningens användande på lokomotiv och ångfartyg, varvid styrelsen ock särskilt beaktade lämpligheten av att de ifrågavarande undersökningarna finge utföras i sammanhang med de pågående försöken med hr Brunius s k Railway Protector".[16]




5. Räkning från Hakon Brunius & Co, Sveriges första elektriska aktiebolag, daterad 1887. Överst, enligt tidens sed, Brunius medaljer. Två silvermedaljer erövrades i Örebro 1883, de övriga på någon av mässorna i Jönkping 1875, Norrköping 1876, Bryssel 1876, Paris 1878 och Malmö 1881. Därunder företagets anläggningar i Kyrkekvarn, nuvarande Tidafors nordväst om Jönköping. Till vänster disponentbostaden, som ännu finns kvar, överst i mitten arbetarbostaden Blåsås med plats för tolv familjer. Till höger verkstadsbyggnaderna. Nederst i mitten stallet. Bilden från 1880-talet. Företaget tillverkade belysningsutrustningar flera år före Asea och konkurrerade med L M Ericsson under dess första verksamhetstid. Foto Telemuseum.

### *Sveriges första elbolag*

Trots anslagen hade Brunius svårt att försörja sig och den växande familjen på sitt uppfinnande. Hans verksamhet ansågs dock värd att satsa på, och i november 1880 registrerades Aktiebolaget Hakon Brunius & Co. Bolaget hade sitt säte i Göteborg och ”ändamål att vid Kyrkekvarns Fabriker, belägna i Vartofta härad av Skaraborgs län, tillverka elektriska maskiner samt driva träförädlingsrörelse”. Större

delen av aktiekapitalet, 100 000 kronor, satsades av grosshandlarna Jacob och Ludvig Elliot i Göteborg.[17]

Kyrkekvarn är det nutida Tidafors, beläget i Sandhems socken vid Tidan några mil nordväst om Jönköping, där Brunius nu blev disponent. Disponentvillan, byggd eller ombyggd på 1880-talet, finns ännu kvar.[18]

Brunius skriver att han "med nöje antog det tillfälle, som erbjöds att såsom fabriksdisponent för Aktiebolaget Hakon Brunius & Co vinna en stadigvarande sysselsättning, där mina redan gjorda erfarenheter kunde tillgodogöras och utvecklas.

För nämnda aktiebolags räkning anordnade jag vid Kyrkekvarn en fullständig mekanisk verkstad med järn- och metallgjuteri, men som jag hade till "åliggande att ägna hela min tid och hela mitt arbete åt verksamheten vid Bolagets fabriker" så gavs inget tillfälle att syssla med konstruktioner, som låg utom bolagets verksamhet och dessa gav i sanning full sysselsättning.

Från Kyrkekvarn utgick snart fabrikater av varjehanda slag, från ångmaskiner och gjutgods till de finaste instrument. Flera telefoncentraler med tillhörande vidsträckta telefonnät anordnades, såsom Jönköpings, Lidköpings och Borås. Flera större ljusanläggningar utfördes, såsom å Domnarvets järnverk, Dalsbruks stålverk i Finland, Motala Verkstad, Jönköpings tändsticksfabrik m fl och slutligen anlades för bolagets räkning en betydlig ljuscentral i Göteborg, dit bolagets hela verksamhet även flyttades..."

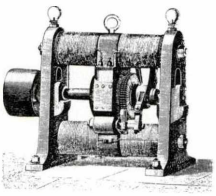
Här fanns grunden till ett Asea eller ett L M Ericsson, men disponenten beklagade att han inte också hade tid till annat!

Som typiskt för Brunius karaktär kan nämnas, att han vid ett tillfälle hade bjudit ett stort antal godsägare och bönder i trakten till middag i Kyrkekvarn, men glömt meddela hustrun Nanda. När gästerna började anlända i sina charabanger, uppstod därför en pinsam förvirring, som förvärrades av att Brunius inte var närvarande. Efter en tids letande hittade man honom i verkstaden, ivrigt sysselsatt med experiment.[19]

*Belysnings-kunder...*

I en lista från början av 1885 uppräknas Hakon Brunius & Co:s dittillsvarande anläggningar för elbelysning:

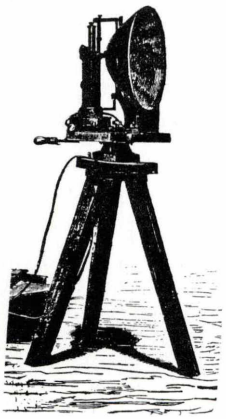
| Kund | Dynamo-typ | Antal glöd-lampor | Antal båg-lampor | Anlagd år |
|---|---|---|---|---|
| Ångaren Primus | E | | 1 | 1881 |
| Sandhems ångsåg | E | | 1 | 1882 |
| Lorensberg | E | | 1 | 1882 |
| Kyrkekvarn | A | 33 | | 1883? |
| Motala Verkstad | Maxim | 42 | | 1884 |
| Domnarvet | A (3 st) | 165 | 4 | 1883–84 |
| Dalsbruk, Finland | A | 232 | | ? |
| Carnegie | D | 37 | | ? |



Generatorerna av typ E, A och D var samtliga av "egen tillverkning", medan "Maxim" var av annat fabrikat. E beskrivs som "en kopia av de vanliga små Gramme-maskinerna", A som en "dynamo med grova ihåliga gjutjärnsmagneter och armaturen lindad såsom å Gramme-maskinerna", D som "mindre och med stående magnet, men för övrigt till principen lika med typen A".[20]

Av de nämnda generatorerna konstruerades förmodligen endast typen E av Hakon Brunius. 1882 blev nämligen Andrén & Co "affärsdisponenter" för Hakon Brunius & Co, vilket i praktiken innebar att de övertog ledningen. Delägare och konstruktör, senare verkställande direktör, i Andrén & Co var civilingenjören och arkitekten Anders J Atterberg. Inspirerad av Hakon Brunius satte han sig snabbt in i elektrotekniken och övertog efter hand Brunius roll som konstruktör av elgeneratorer.[21] Samarbetet tycks ha fungerat utmärkt – den ständigt rastlöse Brunius hade nog att göra med tillverkningen av generatorerna och med konstruktion av telefoner, som vid denna tid började bli en viktig produkt för Hakon Brunius & Co.

Beträffande kunderna, så är det möjligt att ångaren Primus endast nämns som "utfyllnad". En annan möjlighet är att den gamla tyska utrustningen i bolagets regi ersattes med en nytillverkad från Kyrkekvarn. I september 1881 rapporterade i varje fall Aftonbladet,[22] att "ångarna Gävle och Primus till långt in på natten var sysselsatta med lastning vid Skeppsbron under skenet från den i Primus placerade elektriska apparaten av ingenjör Brunius system".



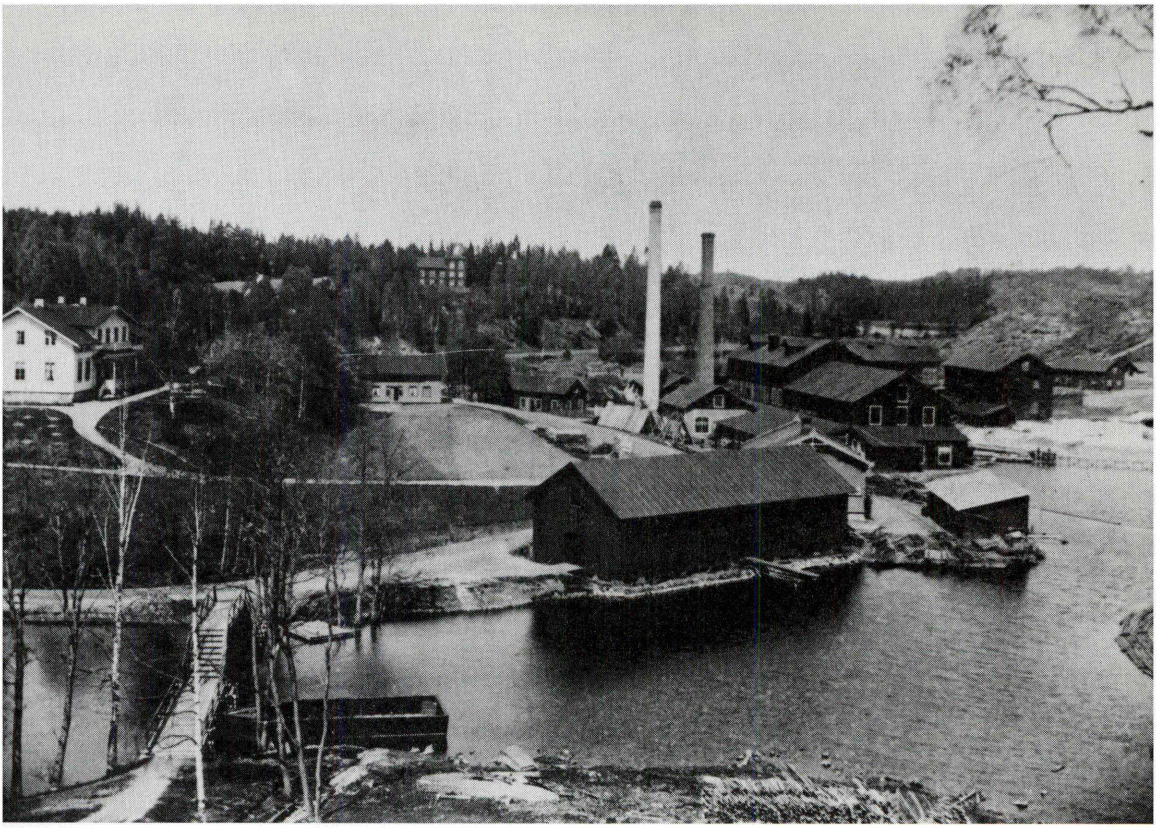
I oktober 1882 kunde man i DN[23] läsa att "elektrisk belysning var av ingenjör H Brunius i torsdags afton anordnad vid Sandhems ångsåg. Den använda lampan om 4 000 normalljus, hr Brunius egen uppfinning, var en av dem som användes under festligheten i Lund. Lampan har självmatande kolspetsar, och ljuset kostar omkring 15 öre i timmen utom drivkraften, som kräver tre hästkrafter. Ljuset var synnerligen stadigt och så intensivt, att man på över 1 000 fots avstånd kunde läsa den finaste stil". Folk i trakten ska ha vallfärdat långa vägar för att betitta "solen i Sandhem".

Hösten 1882 levererade Brunius även en ångdriven dynamo och en båglampa på 2 000 normalljus till Lorensbergs värdshus i Göteborg.

Atterbergs första uppgift, anläggningen i Domnarvet, hade lite större dimensioner. Här installerades inte mindre än tre elgeneratorer av typ A, 165 glödlampor, 4 bågljus och sammanlagt 7,5 km ledning, allt drivet av en 60 hästkrafters vattenturbin. Anläggningen, som då var den största i Sverige, påbörjades 1883 och blev färdig 1884.[24]

Andrén & Co upplöstes 1885, varvid Brunius med familj flyttade till Göteborg, dit Hakon Brunius & Co:s hela verksamhet nu förlades. Atterberg kvarstod som konsult och konstruktör för bolagets sista belysningsanläggningar, av vilka följande är kända.

– Jönköpings tändsticksfabrik



6. Tidafors sulfitfabrik kring sekelskiftet. Till vänster disponentvillan. Sulfitkokaren, som lär ha varit den andra i Sverige, installerades och förbättrades av Hakon Brunius 1888–89. Kapaciteten var ca 10 ton pappersmassa per dygn.

– Jönköpings första elverk, belysning i fem butiker (1886)
– Göteborgs elverk på Otterhällan, bågljusbelysning av hamnen (1887)

1888 uppgick Hakon Brunius & Co i Göteborgs Elektriska AB, varvid Hakon övergick till annan verksamhet.[25]

*...och konkurrens*

Som synes blev Hakon Brunius & Co långt ifrån något Asea, vilket väl åtminstone delvis berodde på konkurrensen.

Visserligen saknades sådan så gott som helt under företagets första verksamhetsår, men redan 1882 levererade J E Erikssons Mekaniska Verkstad i Stockholm belysningsanläggningar till Rydals bomullsspinneri i Seglora, Västergötland, Ljunggrens mekaniska verkstad i Kristianstad, Chalmerska Slöjdskolan i Göteborg, Skeppsbron, Vattenledningsverket, Norra Rangerbangården i Stockholm och Kockums Mekaniska Verkstad i Malmö – att jämföras med Brunius & Co:s leveranser till Sandhems sågverk och Lorensberg. Eriksson använde egna snabbgående ångmaskiner, direktkopplade till generatorer från Siemens och Halske, Berlin.[26]

1883 tillkom en mera känd konkurrent: Elektriska Aktiebolaget i Stockholm, sedermera omdöpt till Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget, exploatör av Jonas Wenströms generatorpatent.

Wenström tillverkade sin första generator 1882, tre år efter Brunius. Den beskrivs ofta som den första i Sverige.[27]

*Första motorn*

Försäljningen på 1800-talet tycks i stor utsträckning ha ägt rum på mässor, där på den tiden medaljer av olika grader utdelades. Från örebroutställningen 1883, där Hakon Brunius & Co erövrade två guldmedaljer, rapporterade industritidningen Norden bl a följande.[28]

"De dynamoelektriska maskinerna var av den vanliga Grammetypen, tillverkade vid Aktiebolaget Hakon Brunius & Co:s verkstäder vid Kyrkekvarn. Den ena maskinen drevs av en stående trecylinderångmaskin och var egentligen avsedd att användas för belysning medelst en stark båglampa med reflektor ombord på ångfartyg. Den medelst denna maskin utvecklade elektriciteten leddes i trådar till den andra dynamomaskinen, där den fick utveckla arbete för att pumpa vatten medelst en direkt tillkopplad rotationspump.

Så vitt vi vet är detta första gången krafttransport medelst elektricitet offentligt visats i Sverige. Också ådrog sig dessa maskiner stor uppmärksamhet av en mängd åskådare." På mässan utställdes också en originell ångmaskin, konstruerad av Atterberg.

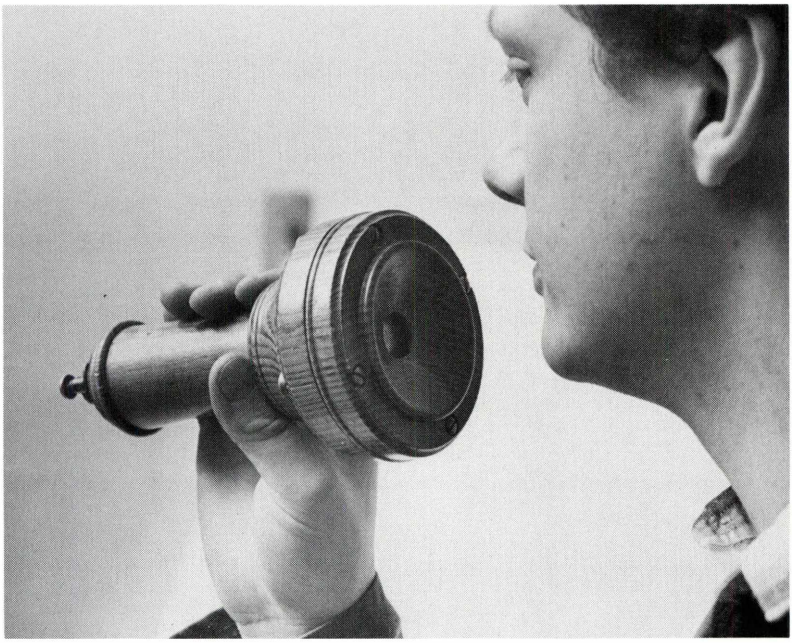
Demonstrationen upprepades på Sveriges första elektriska utställning i Göteborg 1885, där pumpen drev ett vattenfall och en springbrunn och samma generator lämnade ström till både pumpmotorn och ett antal glödlampor, en sak som mycket uppmärksammades i pressen.

Mera spektakulär var en liten bana med ett elektriskt lok, det första i Sverige. Som tillverkare nämns Hakon Brunius & Co, som konstruktör J A Atterberg.[29]

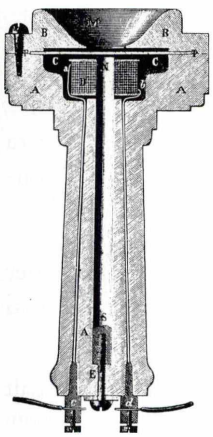
*Första telefonen*

Sveriges första telefon tillverkades av Hakon Brunius i november 1877, då familjen ännu var bosatt i Jönköping. Den 29 denna månad skrev Jönköpings Tidning under rubriken Telefon att:

"...hr Hakon Brunius, vars sinnrika uppfinningar vi vid flera tillfällen haft anledning att omtala, nu med ledning av de i tidningarna synliga notiserna om denna märkvärdiga uppfinning konstruerat en dylik apparat, som av flera personer härstädes blivit avprovad. Avståndet mellan de rum, som medelst denna hans apparat nu är förenade, är visserligen blott en kortare sträcka – rummen är belägna i två på ömse sidor om en större gård liggande hus – men uppgiften är löst och experimentet fullkomligt lyckat. Ej blott tal utan även sång och musik har medelst den elektriska ledningen ögonblickligen fortplantats till åhöraren i den andra byggnaden. Vi bör kanske nämna, att hr B:s konstruktion av telefonen är tämligen självständig, enär hr B, efter att förgäves ha försökt med den i tidningarna omtalade 'typmetallen', beslöt att i stället använda järn till vibrationsplåten. Denna telefon är, såvitt känt är, den första i Sverige tillverkade."



7. Sveriges första telefon, tillverkad i slutet av november 1877 och sedan använd vid vattenledningsverket i Jönköping. Foto Stefan Swedner.



Brunius telefon var, liksom den av L M Ericsson ett år senare tillverkade, ett rent plagiat – Bell hade försummat att ta patent i Skandinavien. Den bestod i princip av två hörlurar – man talade och lyssnade omväxlande i samma tratt – och var tämligen ljudsvag.

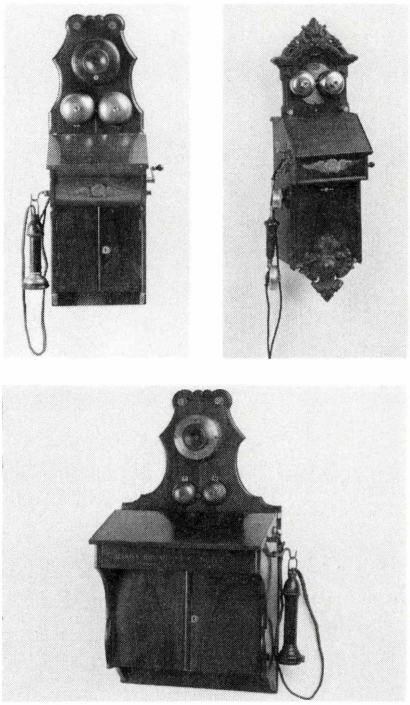
Det beskrivna försöket ägde rum mellan två studentlyor, tillhöriga bröderna Roos av Hjelmsäter.[30] "Någon tid därefter", skriver Brunius, "såldes dessa första telefoner till Jönköpings vattenledning och har för densamma begagnats för samtal mellan dess bassäng utom och kontor inom staden ända till nyåret 1892, då de av mig fick utbytas mot andra och skänktes då dessa till Nordiska muséet".

Nordiska muséet deponerade senare telefonerna i Telemuseum, där den ena luren återfanns 1989.

Efter de första telefonexperimenten ska Brunius ha gjort försök på längre avstånd med hjälp av SJ:s telegrafledningar och även installerat en ledning från disponentbostaden till stallet i Kyrkekvarn. Någon ringledning fanns från början inte, varför man fick vissla i luren när man skulle "ringa upp".

Då kusken inte hörde, ska Brunius irriterat ha öppnat fönstret och ropat "Falk, gå in i stallet, jag vill tala med dig".[31]

Brunius insåg dock mycket tidigt telefonens betydelse och föreslog redan i januari 1878 att man skulle anlägga ett telefonnät i Stockholm.[32] Förslaget var dock alltför tidigt väckt – det dröjde ännu några



8. Tre telefoner från Hakon Brunius & Co, förvarade i Telemuseum. Ingendera kan dateras exakt, men den övre utan vev och med galvanisk ringsignalknapp är säkert från början av 1880-talet. Den nedre vänstra är en något senare modell, den med mikrotelefon – kombinerad mikrofon och hörlur – "modernast". Eftersom Brunius telefontillverkning med säkerhet hade upphört 1892, är det troligt att Brunius var före L M Ericsson med mikrotelefonen, som f ö fanns i Frankrike och Tyskland redan i början av 1880-talet. Foto Peter Funck, Televerkets Fotokontor.

månader innan samma plan dök upp i USA – och det var först i september 1880, som amerikanska Bell kunde öppna den första växeln i Stockholm.

*"Tusen telefonskåp"*




När Brunius utvecklade sin första moderna telefon med ringsignal, mikrofon och hörlur är inte känt, men en god gissning är 1881, knappt ett år efter Ericsson.

I oktober 1881 meddelade nämligen "Hvad nytt" i Eksjö[33] att "Fabrikör Georg Aschan mellan sitt garveri och sitt kontor har uppsatt en av hr Hakon Brunius i Jönköping förfärdigad telefon och elektrisk ringledning, med vilken man efter att ha förvärvat någon vana och övning kan med vanlig röst, utan att behöva höja den, tala till en person från ettdera stället till det andra och därpå ögonblickligen erhålla svar".

I november samma år ska Hakon och brodern Hjalmar Brunius ha startat Jönköpings telefonförening, vars nät ägdes av Hakon Brunius & Co och sköttes av Hjalmar Brunius.[34]

I februari 1882 meddelade Västerviks Veckoblad[35] att "ett tusen telefonskåp har hos snickarnas i Jönköping möbelmagasin beställts av ingenjör H Brunius, vittnande om dennes betydande verksamhet på detta område".

Denna uppgift är sensationell och säger väl mer om Brunius optimism än om faktiska leveranser. L M Ericsson, som anses ha levererat

den absoluta merparten av Sveriges dåtida telefoner, tillverkade ca 500 apparater 1881, 1 600 1882.[36]

Enligt en samtida uppgift ska dock Brunius telefonapparat ha använts "icke obetydligt inom mellersta delen av södra Sverige", enligt en annan "huvudsakligen i västra Sverige, dock ej till så stort antal som Bells och Ericssons".[37]

Vilka nät – om det nu fanns några – som anlades av Brunius utöver de i Jönköping, Borås och Lidköping är tyvärr inte känt. Nätet i Borås byggdes 1882, det i Lidköping 1885. Sistnämnda år fanns det 60 abonnenter i Jönköping, 68 i Borås och 49 i Lidköping.[38]

1888 sålde Brunius & Co Jönköpings telefonnät till Stockholms Allmänna Telefonaktiebolag, varvid Hjalmar Brunius blev dess föreståndare. Priset var 4 000 kronor.[39]

Brunius aktiviteter på telefonområdet i övrigt avstannade mot slutet av 1880-talet. Tillverkningen upphörde senast 1892, förmodligen betydligt tidigare.[40]

## *Telefonpatent*

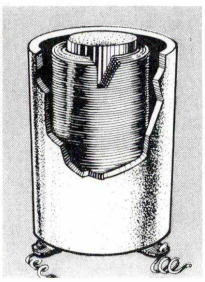
Brunius telefoner omnämns i den samtida brevväxlingen ibland som undermåliga L M Ericssons. Detta torde dock främst ha avsett detaljfinishen, där ju Ericsson var en mästare.

Härom skriver systern Ebba Brunius, telefonist i Lidköping, i ett brev 1897:

"Hakon var alltid snäll i läsning. Han tog student, lantmäteri och telegrafistexamen. Kom sedan in vid järnvägen. Att han övergav denna var nog mycket orätt av honom. Sedan har han kämpat rätt mycket i och för sina uppfinningar – men med ingen framgång, dock erkännande av vetenskapsmän!

Hans elektriska ljus, vilket belyste skeppsbron i Göteborg, fick beröm. Hans telefoner, ibland de första i Sverige, var ej dåliga, fast det felades arbetare, som gjorde dem väl. Här i Lidköping har vi nu Ericssons apparater, dock finns det en av Hakons allra första, som går lika bra som Ericssons. Under den tid Ericssons apparater varit här, har det ombytts trenne olika mikrofoner, då Hakons däremot är den gamla.

Ericssons telefonapparater är onekligen mycket väl gjorda och Ericsson är ju själv en utmärkt arbetare, som varit i många år på Öllers verkstad i Stockholm för tillverkande av telegrafapparater. Den stackars Hakon hade däremot svårt att få behålla sina arbetare, ty hade han väl övat upp dem, så överbetalade andra bolag dem."[41]



9. Den vanliga cylindriska elektromagneten – här i genomskärning – patenterades av Brunius 1883. Teckning av Yngve Wassberg.

1883 tog Brunius ut ett patent som avsåg "förbättringar av telefonapparater, bestående uti anordningen av en automatisk avkoppling för jordledningen å mellanstationsapparater samt i användning av en ny elektromagnet för hörtelefoner, ringklockor och nummertavlor å centralapparater".[42]

Den nya elektromagneten var i själva verket av den lättillverkade rör- eller burkformade typ, som består av en centrumstav med spole, bottenlock och rörformat hölje kring centrumstaven och spolen, allt

av mjukjärn. Typen är numera standard, bl a vad gäller drosslar, miniatyrtransformatorer m m.

*Kreativ filantrop*

När Hakon Brunius & Co 1888 köptes av Göteborgs Elektriska AB, tog Brunius sin mats ur skolan, flyttade tillbaks till Kyrkekvarn och byggde Sveriges enligt uppgift andra sulfitfabrik åt det nybildade Aktiebolaget Tidafors. Därvid gjorde han så många förbättringar, att bolaget kunde innehålla 6 000 kronor av utlovande ersättningar till patentinnehavaren.[43]

1892 flyttade han till Påskallavik i Kalmar län, där han blev chef för Emsfors pappersbruk. Sedan ägarna efter några år kommit på obestånd, slog han sig ner i Göteborg, där han efter kort tids sjukdom dog på Sahlgrenska sjukhuset 1902, 60 år gammal.

Att han var en stor människovän och mycket kreativ, framgår av följande lista[44] över hans tidigare ej nämnda uppfinningar:

- Brandvarnare för ladugårdar med anordning för automatisk frisläppning av kreaturen (1875).
- Elektriskt snabbstopp för maskinerna i en fabrik genom avslagning av huvudremmen (1876).
- Hjälpmedel mot klumpfot (1878).
- Hjälpmedel för döva (1878).
- "Anordning av propellern under sjögång."
- Maskin för tillverkning av torvbriketter (ca 1900).

Hjälpmedlet mot klumpfot, en sorts fot- och benträning med spiralfjädrar, beskrevs i dåtida läkartidningar i mycket positiva ordalag och användes allmänt fram till första världskriget, utan att Brunius begärde eller fick någon ersättning.

*Sveriges första "hörapparat"*

Hjälpmedlet för döva kom Brunius på, sedan han med hjälp av en svarv hade byggt en kopia av Edisons fonograf. Jag låter Brunius själv få sista ordet:

"För att utröna om även den stora svarven försattes i vibration genom gåspennans släpande mot metallringen, fästade jag i ena svarvbenet ett segelgarnssnöre, som förenades med botten å en vanlig mekanisk s k leksakstelefon och, ehuru denna avlägsnades till andra sidan av den stora gården, återgav, sedan snöret sträckts, högt och tydligt de ord som talats mot metallringen. Hela svarvens järnmassa var sålunda i vibration!

Min första tanke var nu den, att då måste även människoskelettet kunna försättas i samma vibration och möjligen göra hörselnerven mottaglig, om ock örats trumhinna vore skadad. Jag tog bleckmåttet, fastgjorde i dess botten i stället för stiftet en metalltråd, uppsökte en dövstum och anmodade henne att bita i tråden, under det jag talade mot bleckmåttet.

Aldrig ska jag glömma den glädje som återspeglades i hela hennes ansikte då hon hörde, vad jag sade henne. Hon, cirka 25-åriga H A, som hade lärt sig skriva, skrev å ett papper upp alla de ord hon sedermera ville höra, vilka alla i

överensstämmelse med hennes sinnesbeskaffenhet var av religiös natur och repeterade hon därefter dessa ord med rätt tydligt uttal.

Vid ett besök i Eksjö medtog jag en nu till utstyrseln något finare apparat, som av en därvarande läkare prövades å en ung, såsom dövstum ansedd dam med samma goda resultat, ja, så tillvida bättre, att hon genast med tydlig röst återgav de ord, som talades till henne. Hon var sålunda ej stum, men hade hennes fullständiga dövhet förut hindrat henne förnimma dylika ljud.

Mången gång har jag livligt önskat att få någorlunda ostörd ägna mig åt dessa apparaters komplettering, men tyvärr har jag därifrån varit förhindrad..."

## Noter

1. T J Hallberg: Svensk urtelefon hittad i källare, Ny Teknik 23/11 1989 s 48–49. K V Tahvanainen: Telego'biten Tele nr 4 1989 sid 66–67.
2. Industritidningen Norden 24/3 1893, citerad av Filip Hjulström i Sveriges elektrifiering, Geographica nr 8, Uppsala 1940 s 13.
3. Utredning om släkten Brunius, utförd ca 1900 och förvarad i KB under I b 68:9. Statskalendrar 1865–67. Telegrafstyrelsen BI:40:172, 46:36, Skara station 1864, Televerkets arkiv. E Erlandsson: Skara högre allmänna läroverks lärljungar 1826–69, Skövde 1925 s 214.
4. Hakon Brunius: Vördsam promemoria, meritförteckning 9 s, privatarkiv Gomer T Brunius, Övrabo, Eksjö (ej i KB).
5. Kommerskollegii arkiv, riksarkivet, patent 8/3 1876 och Falköpings tidning 10/5 s 10, där en artikel av Torsten Althin citeras. Althin hade för avsikt att skriva en biografi över Hakon Brunius (Brev A till Flygare 8/12 1955, Telemuseums arkiv).
6. Vördsam promemoria (not 4). Hvad Nytt? i Eksjö, citerad i Jernbanebladet, jan 1876 s 7–8.
7. G T Brunius, Eksjö, privat korrespondens 1989. O Prinzsköld: Exposition internationale et congrès d'hygiène et de sauvetage de 1876 à Bruxelles, Sthlm 1876 s 165. Torsten Hugo Leopold Brunius är enligt kyrkoböckerna född 10/9 1876 i Jönköping.
8. Jernbanebladet april 1878 s 21–23 och 28–30.
9. Stiftelsen Lars Hiertas minne, Sthlm 1903 s 37–38.
10. Vördsam promemoria (not 4) s 5.
11. Teknisk Tidskrift 1885 s 134.
12. Detta och alla efterföljande direkta citat av Brunius är, om ej annat anges, hämtade från Vördsam promemoria (not 4).
13. Jönköpings stads historia IV, Jönköping 1921 sid 338, där även tidningscitatet finns infört.
14. Axel Mollstadius: Sandwallska gjuteriet, Småländska kulturbilder, meddelanden från Jönköpings läns hembygdsförbund 1960.
15. Se not 2.
16. Se not 9.
17. Civildepartementets anm i statsrådet 5/11 1880 dnr 1401 och EII bgc:1 uppgifter om aktiebolag 1881, riksarkivet.
18. Falköpings Tidning 10/5 1959, telemuseums arkiv.
19. G T Brunius (not 4) privat korr.
20. Ingenjörsföreningens förhandlingar 1885 s 17. Årtalet för Lorensberg är hämtat ur Gösta Bodman (red): Tekniska Samfundet i Göteborg 1882–1932 s 350, för Motala Verkstad ur Teknisk Tidskrift 1884 s 24. I övrigt, se not 22–24.
21. Ingenjör A J Atterberg 70 år, Verkstäderna nr 4 1915 s 108 och intyg i Vördsam promemoria (not 4) s 8.
22. Aftonbladet 18/9 1881, citerad av Hjulström (not 2) s 15.
23. DN, riksupplagan, 9/10 1882.
24. Atterberg 70 år (not 21). Hjulström (not 2) s 21.
25. S Hammarstrand: Gas- och elektricitetsverken i Göteborg, skrifter utgivna till Göteborgs 300-årsjubileum, band 20, Gbg 1923 s 568–569. Uppgiften om Jönköpings elverk ur Jönköpings stads historia (not 13) s 338–339.

26. Rune Kjellander: J E Eriksson, Dædalus 1947 s 112.
27. Så t ex av den annars mycket tillförlitlige Hjulström (not 2) s 20.
28. Industritidningen Norden 24/8 1883.
29. Tekn samf i Gbg (not 20) sid 128 och Atterberg 70 år (not 21) s 108. Göteborgsutställningen är utförligt beskriven i Tekn samf i Gbg sid 118–130 och Teknisk Tidskrift 1885 s 84–86, 103–105, 134–136 och 153–156. Som exempel på det goda samarbetet mellan Atterberg och Brunius kan nämnas, att Atterberg höll föredrag om Railway Protector på utställningen.
30, 31. G T Brunius (not 4) privat korr.
32. Klas Sondén: Ett kapitel ur Sveriges telefonväsendes utvecklingshistoria 1876–1890. Nordisk Tidskrift 1892 s 275 och Vördsam Promemoria s 6.
33. Hvad Nytt? 13/10 1881, klipp i Thorsells verkstad, Aschanska gården, Gamla Eksjö.
34. Televerkets informationschef i Jönköping O Ryttberg privat korr. Samma årtal angivet av G T Brunius.
35. Västerviks Veckoblad 11/2 1882, excerpt för telefondir i Gbg 1923, Telemuseums arkiv.
36. Sondén (not 32) s 274.
37. C A Nyström: Handbok i telefoni, Sthlm 1885 s 129 och Sondén s 273–274.
38. Bihang till riksdagens protokoll 1886, andra kammarens tillfälliga utskotts (nr 2) utlåtande nr 26 s 36. Årtalet för Lidköping möjligen tveksamt. Enligt Skara Tidning 9/9 1882 (excerpt i Telemuseums arkiv) gjorde Brunius då ansträngningar för att bilda en telefonförening i Lidköping på basis av goda vitsord från Borås.
39. Smålands-Posten 13/3 1888, excerpt i ant bok 20, Telemuseums arkiv.
40. Sondén (not 32) uppger s 274 att Brunius telefoner "numera ej tillverkas vidare". Uppsatsen är tryckt 1892, men avser tiden fram till 1890.
41. Släkten Brunius (not 3).
42. Patent 5/6 1883 nr 194, Kommerskollegii arkiv, riksarkivet.
43. Vördsam Promemoria (not 4) s 8.
44. Brandvarnare och snabbstopp i Teknisk Tidskrift 1885 s 134, hjälpmedel mot klumpfot i läkartidningen Eira 1879 s 417–426, citerad i Vördsam Promemoria. Hjälpmedel för döva i Vördsam Promemoria, anordning av propeller och maskin för torvbriketter i Göteborgs Aftonblad 2–3/6 1902 (i Släkten Brunius, not 3).

*Hakon Brunius—"the first Swedish electrician".*


## Summary

Although almost unknown, Hakon Brunius made the first Swedish telephone in 1877 and the first Swedish electric generator in 1879. Already in 1878, he also proposed that a telephone network should be built in Stockholm.

At the same time as Edison and Swan were struggling with the incandescent lamp, Brunius made similar experiments. Dissatisfied with the result, he instead experimented with high voltage activated gas bulbs which seem to have been forerunners to the glow lamp or neon tube.

Finally Brunius started the first Swedish electric company in 1880. From this year on, the company delivered a number of telephone networks and lighting systems to different towns and companies in Sweden.

As a businessman, Brunius was not very successful. The reason probably was that he was too busy with new ideas. Except those mentioned above, he worked in the fields of medicine, factory safety, train safety etc.

# *Från trådlös telegraf till mobiltelefon*

*Av Olle Gerdes*

Vid slutet av år 1990 beräknar man att det i Sverige skall finnas 460 000 mobiltelefonabonnemang. En betydande och imponerande summa som skall jämföras med att man hösten 1981, då det nordiska helautomatiska mobiltelefonsystemet introducerades i Sverige, prognoserade 50 000 abonnemang vid årtiondets slut (siffrorna 45 000 resp 57 000 förekommer i olika sammanhang). En nästan ofattbar tillväxt som ideligen översteg de justerade prognostalen och föranledde en hektisk utbyggnad av basnätets trafikkapacitet. Allt visar på att det nordiska mobiltelefonsystemet som fick namnet NMT kom vid rätt tidpunkt. Efteråt ser man att tekniken men också tiden var mogen. Vägen hade likväl varit lång.

*Marconi*

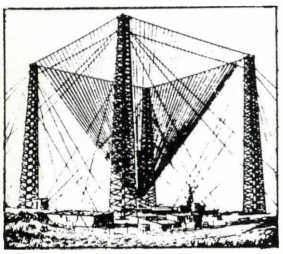


När Marconi för snart 100 år sedan genom sina experiment och demonstrationer visat hur den trådlösa telegrafen kunde överbrygga avsevärda sträckor förstod man snabbt vad detta skulle komma att betyda för fartygen på havet och sjöfarten. Före sekelskiftet gjorde den svenska flottan försök med trådlös telegraf och nådde förbindelse över flera kilometer i Stockholms skärgård. Fartygsradion som efter ett fåtal år av utveckling i början av seklet nådde långt bortom horisonten, är en tidig form av radiokommunikation med människor som färdas.




1919 gjordes i Sverige framgångsrika försök med radiotelefoniförbindelse till fartyg och luftskepp. Det är framför allt utvecklingen av elektronröret som möjliggjorde dessa framsteg. Elektronrörsutvecklingen hade skjutit fart på grund av radions ökade militära betydelse under första världskriget. Det skulle emellertid dröja till mitten av 1930-talet innan man på allvar tog upp verksamheten med radiotelefon till fartyg och använde för den tiden tillförlitlig och modern materiel. Radiotelefonsamtal började förmedlas via kustradiostationerna genom manuell expedition på i stort sett samma sätt som nuförtiden.

Under 1920-talet började man försöka med radiomottagning i bilar. Man hade kommit rätt långt ifråga om fordonens användbarhet och tillförlitlighet och biltrafiken för nytta och nöje ökade snabbt i USA. Så var även fallet i Europa och Norden. Rundradion hade gjort sitt

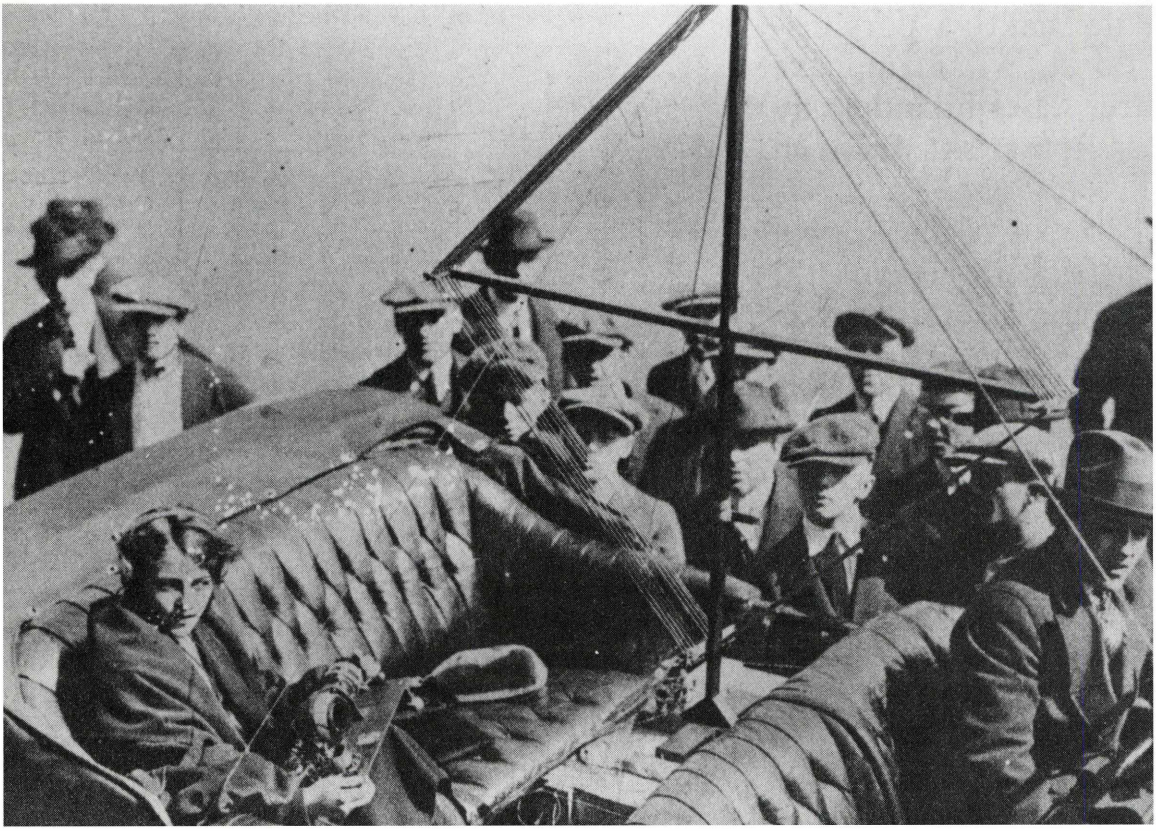


intåg och därmed kom intresset för att ha radiomottagaren med sig i bilen. Av bilder från 20-talet framgår att man till en början fraktade mottagaren med tillhörande batterier m m med sig i bilen och kunde lyssna i samband med uppehåll under färden. Bland annat var antennfrågan besvärlig. Man provade med ramantenner som gav någorlunda hanterliga anordningar. Andra problem var skakningar och vibrationer som skadade rör, förbindningar och komponenter. Till detta kom strömförsörjningen som emellertid efter hand ordnades så att den kunde ske från bilens batteri. Från slutet av 20-talet fanns i USA föregångarna till våra dagars bilradiomottagare. Antennfrågan löstes med hög förstärkning och korta antennspröt av varierande form. Radiostörningar från bilens tändsystem, generator etc måste undertryckas med störningsskydd och skärmning för att mottagningen skall vara godtagbar under färd.

*USA i slutet av 1920-talet*

I detta skede började man i USA använda sig av möjligheten att sända meddelanden till vägfarande med radiomottagaren inställd på särskilda frekvenser. Polisverksamheten i USA (det började i Chicago och Detroit) använde detta förfaringssätt till att dirigera polisbilarna. Det är alltså fråga om enkelriktad förbindelse från basstationen till fordonet. Den använda frekvensen var ca 2 MHz. En pådrivande

1. Mobil radio år 1923. Bilden ur tidskriften Radio:s första nummer.



faktor torde ha varit 20-talets gangsterjakter. Enligt uppgift fanns ungefär 400 polisbilar i Chicago utrustade med mottagare. (De amerikanska radiomottagare för hemmabruk som under 30-talet hittade vägen till Sverige, ofta med någon svensk sjöman, hade i regel frekvensband med beteckningen "Police" omkring 2 MHz på skalan. Det var m a o redan då populärt att lyssna på polisradiotrafik.)

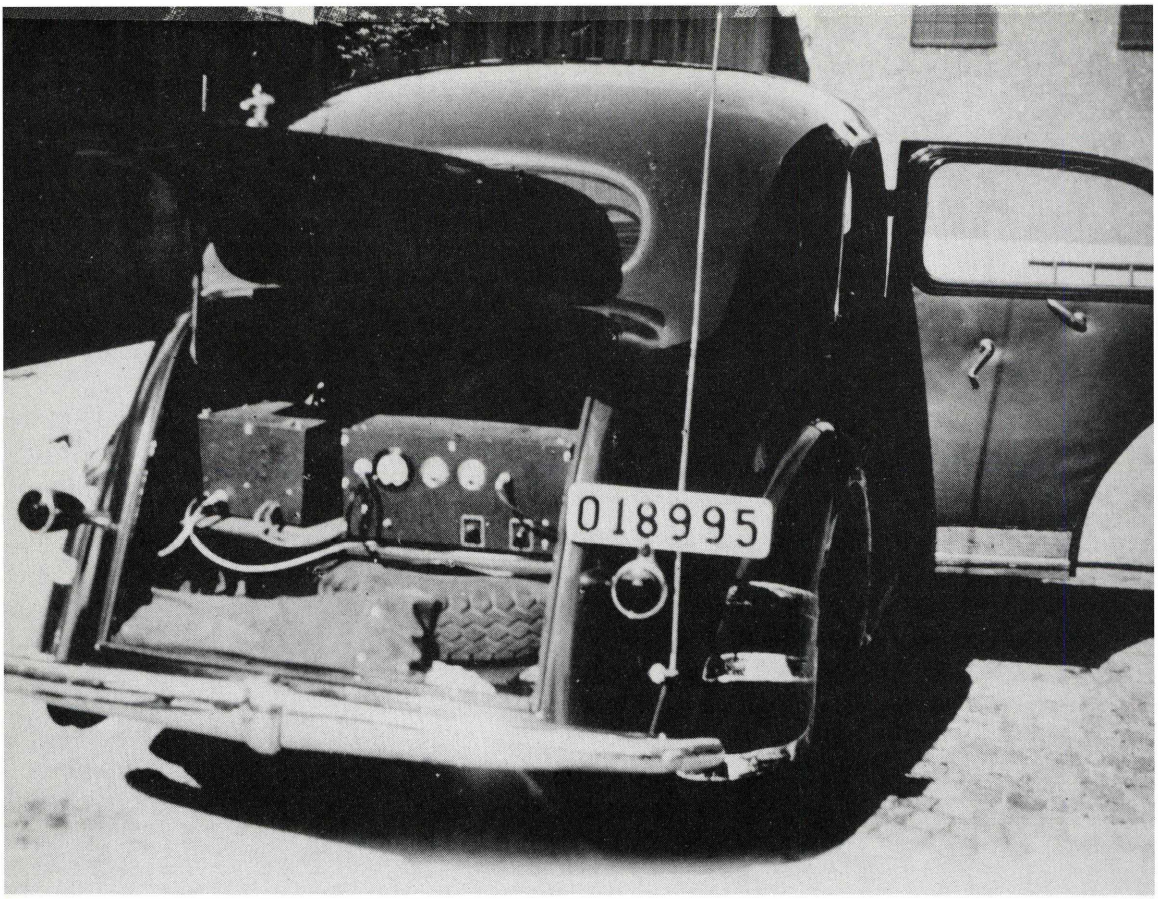
*Tidiga försök med landmobil radio i Sverige*

Under 1930-talet kom polisväsendets behov av landmobil radio att sätta sin prägel på den fortsatta utvecklingen. För Sveriges del började det enligt tillgängliga uppgifter med försök tidigt på 30-talet vid Enskedepolisen i Stockholm. Det gällde radioförbindelse med motorcykelpatruller men resultatet blev dåligt, kanske beroende på att den anskaffade utrustningen inte tålde skakningarna under färd.

I stället var det i Göteborg som de första stegen togs och därvid skall särskilt omnämnas dåvarande polismästaren i staden, den dynamiske Ernst Fontell. Stadens utveckling hade gjort att polisstyrkan inte kunde hålla jämna steg med de ökade arbetsuppgifterna. Införande av polisradio var en utväg som borde prövas bland övriga förbättrande åtgärder. Hösten 1933 gjordes försök med en radioanläggning som man skaffat från en större utländsk radiofirma. Anläggningen bestod av en huvudstation och en mindre enhet avsedd att monteras i bil. Våglängden var 147,5 meter (2033 kHz) och man kunde använda såväl telegrafi som telefoni. Försöken pågick omkring sju månader, varvid bilen avpatrullerade staden mellan kl 19 och 07 så gott som varje natt. Det visade sig att mycket goda förbindelser kunde erhållas med telegrafi även på långa avstånd från huvudstationen och att som regel ständig förbindelse kunde upprätthållas.

Trots stadens ogynnsamma terrängförhållanden och trots radiostörningar från ett utgrenat spårvägsnät kunde man med telegrafi erhålla god förbindelse med bilen praktiskt taget över allt i staden. Däremot erhölls sällan säkra förbindelser med telefoni. Radiokunnig personal vid polisverket, bl a sändaramatörer, fann emellertid att utrustningen borde kunna förbättras på olika sätt. Man hade också genom internationella kontakter fått kännedom om försök med polisradio i staden Nottingham, en stad med vissa likheter med Göteborg ifråga om folkmängd och utbredning. Där hade dessutom försök pågått ett par år. Genom dessa kontakter kunde man i egen regi bygga en ny basstation och två bilstationer av förbättrat utförande för fortsatta försök. Denna utrustning togs i bruk sommaren 1935. Efter en tid var man mogen för reguljär tjänst och ökade antalet radiobilar.

Polisverket i Göteborg kom att under lång tid ha en egen radioverkstad där man byggde och underhöll sin utrustning. Operativa krav och erfarenheter kunde snabbt återföras i form av modifieringar och förbättringar. Omkring 1938 övergick man mer och mer till telefoni. Till en början sände basstationen på telefoni och bilarna på




2. Radioutrustning hos göteborgspolisen i slutet av 1930-talet. T h antennspröt. Foto Göteborgs Polismuseum.

telegrafi men eftersom telefoni ökade trafikkapaciteten försågs alla enheter med telefonisändare. Då fanns i Göteborg åtta radiobilar inklusive reservenheter. Frekvensen var i detta skede 4165 kHz och man använde på bilarna en vertikal sprötantenn med förlängningsspole. Den använda frekvensen i kortvågsområdet medförde olägenheter i form av störningar från avlägsna sändare under den mörka delen av dygnet. Det fick man stå ut med. Frekvensen som sådan var internationellt fastställd för polisändamål. Vid den tiden användes den även av polisen i Norrköping.

*Stockholms radiopolis 1939*

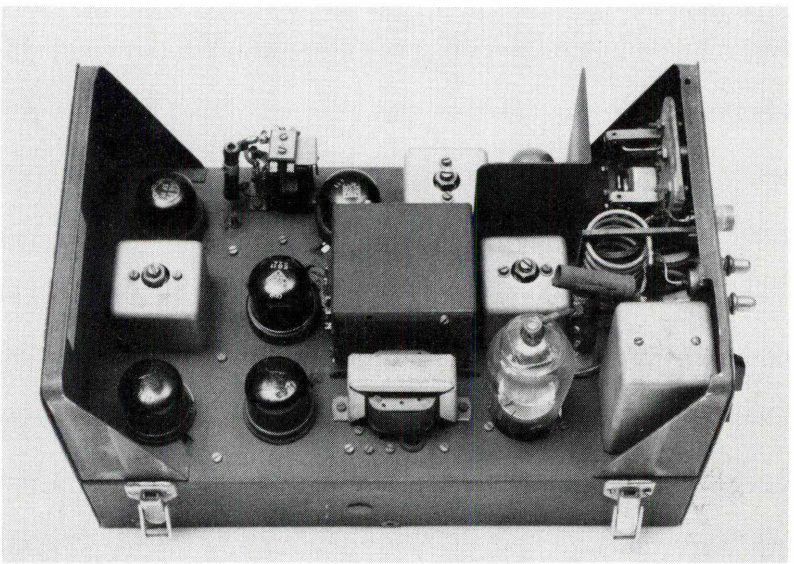
Nästa steg i utvecklingen av landmobil radio i Sverige är den utrustning som 1939 anskaffades för stockholmspolisen. Den var av amerikanskt ursprung och arbetade på 9-metersbandet (31,9 MHz). Arbetssättet var amplitudmodulerad telefoni. Erfarenheterna av att använda en våglängd på gränsen till ultrakortvåg var goda. Man fick en tillfredsställande täckning och man slapp störningar från främmande stationer under normala förhållanden. Till den goda täck-

ningen bidrog att det fanns två utflyttade mottagare, en i Bromma och en i Enskede förutom basstationen i polishuset på Kungsholmen. De extra mottagarna var permanent kopplade till radioexpeditionen via förhyrda ledningar. Särskilda telefonapparater hos polismästaren, intendenter kommissarier, talhytt etc var anslutna till en växel i radioexpeditionen. Eftersom man använde en enda frekvens och måste använda simplextrafik behövdes dessa speciella telefonapparater med möjlighet att skifta talriktning. Från begynnelsen fanns nio bilutrustningar.

*1940 till 1945*

Från tiden omkring 1940 skedde utvecklingen av system med frekvensmodulation (FM) i stället för amplitudmodulation (AM) som dittills varit det vanliga vid landmobila förbindelser på telefoni. Man hade klart för sig att FM erbjöd fördelar ur störningssynpunkt – de flesta störningar har amplitudkaraktär. Frekvensmodulation kräver emellertid relativt stort frekvensutrymme och hänvisades därför i dåvarande internationella frekvensplan (Kairo 1938) till ultrakortvågsområdet. För mobiltrafik anvisades bl a frekvenser omkring 40 MHz. Man använde vid denna tid ofta benämningen UK för ultrakortvåg. Den numera vanliga benämningen VHF blev allmän efter frekvenskonferensen i Atlantic City 1947.

1941 hade AGA en mobil utrustning för FM klar och under medverkan från dåvarande Telegrafstyrelsens Radiobyrå sattes en bilut-



3. Sändarenhet för landmobil radio, tillverkad av AGA, tidigt 1940-tal. Till utrustningen hörde separat kraftenhet och mottagarenhet. De tre enheterna hade samma yttre hölje. Mottagaren och sändarens lågeffektdel var bestyckade med Telefunkens stålrör. Foto Telemuseum.

rustning med tillhörande basstation i provdrift hos polisen i Göteborg. Avsikten var att jämföra de då använda systemen i Stockholm resp Göteborg med den nya FM-utrustningen. Den följande utvärderingen visade att FM-radio hade sådana fördelar att systemet rekommenderades för ett framtida, samordnat polisradioväsende i riket (SOU 1942:51).

AGA-utrustningen 1941 hade 50 W sändareffekt i basstationen och 20 W i den mobila. Frekvensen var enligt uppgift 40,15 MHz. Bilstationen erhöll goda antennförhållanden genom en vertikal kvartsvågsantenn, ca 1,9 meter lång mitt på biltaket. Ifråga om det tekniska utförandet i övrigt kan man notera att anodspänningen till sändaren i bilen erhölls via en s k allformator – en vibratoromvandlare av svensk tillverkning med bättre verkningsgrad och hållbarhet än dåtidens roterande omformare. Det kan vidare noteras att man hade kvar morsenyckel och tontelegrafi för användning i de fall man ville försvåra obehörig avlyssning.

UK-stationen användes parallellt med den äldre utrustningen i Göteborg under krigsåren. Troligtvis på grund av materialbrist och brist på pengar. 1944 gick man helt över till UK (andra generationens utrustning) och kortvågsmaterielen togs ur drift. Materielen behölls emellertid tills vidare intakt och överlämnades vid krigsslutet i renoverat skick till Göteborgs vänort Bergen.

*Andra världskrigets betydelse*

Under åren närmast efter andra världskriget ökade användningen av landmobil radio snabbt. Detta berodde i hög grad på den tekniska utvecklingen under kriget. I likhet med vad som hände under första världskriget medförde de militära behoven många nykonstruktioner och förbättringar inom radioområdet. Inom ramen för denna redogörelse kan hänvisas till bättre elektronrör och andra komponenter – inte minst ifråga om mekanisk hållbarhet. Kompaktare och mera genomtänkt uppbyggnad av apparaturen. Härigenom erhölls hanterliga dimensioner. Kretstekniken förbättrades och man lärde sig gå allt högre i frekvens med bibehållen funktionsstabilitet. Till signalstabiliteten bidrog att man lärt sig masstillverka styrkristaller med lämpliga egenskaper och till ett överkomligt pris. Konstruktioner och erfarenheter främst från USA:s användning av FM-radio inom armén togs snabbt tillvara för användning inom civil, landmobil radiokommunikation. I Sverige blev det, förutom polisväsendets bilar, brandbilar och ambulanser som nu försågs med kommunikationsradio.

Transportföretag, bl a taxi, insåg värdet i att kunna nå enheter under färd, och det uppstod rätt snart trängsel på tillgängliga frekvenskanaler. I storstadsområdena översteg snart efterfrågan av "firmafrekvenser" tillgången. Benägenheten att samutnyttja eller samverka var liten. Försök att samordna kommunala behov gjordes emellertid i en del fall vilket innebar att operatören i basstationen skulle ha

möjlighet att vidarekoppla förbindelsen till rätt organ; ambulanscentral, vattenverk, gatukontor etc. Det krävdes också anordningar för att den samtalande skulle kunna skifta talriktning på radioförbindelsen. Alternativt behövdes ett tvåfrekvenssystem med en frekvenskanal för vardera talriktningen hos radioförbindelsen. M a o en ökning av kanalbehovet.

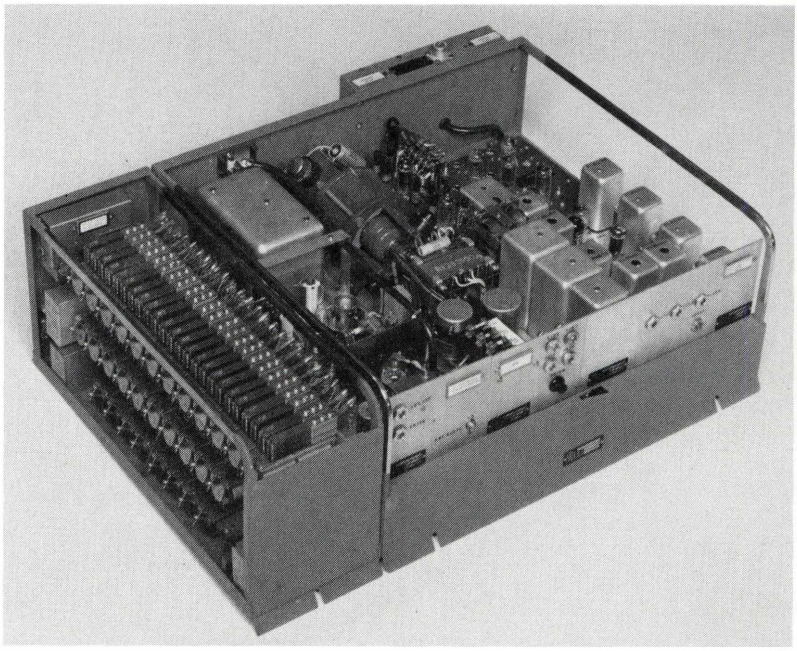
Antalet anläggningar i Sverige för landmobil radio var ännu vid mitten av 40-talet relativt litet – knappt 40. Sedan steg antalet mycket snabbt. Mot slutet av decenniet efterfrågade ägarna av radionät alltmer möjligheten till vidarekoppling på telefonnätet. I Sverige liksom i regel även i utlandet tilläts principiellt ej sådan anslutning. Undantag gjordes för allmännyttig verksamhet, i första hand tjänster för personskydd och materielskydd, skyddstjänst vid el- och vattenverk, spårvägar m fl. Synbarligen behövdes ett allmänt radionät som kunde utnyttjas gemensamt. Detta skulle också innebära hushållning med frekvenskanaler eftersom de utgör en begränsad resurs. Ett sådant allmänt radionät i televerkets regi låg närmast till hands och anslutning till telefonnätet skulle då bli en naturlig konsekvens.

*Televerket börjar försöksverksamhet*

Det är svårt att såhär efter 40 år i detalj spåra de tankegångar i slutet av 1940-talet som ledde till beslut hos telegrafverket om en försöksverksamhet med biltelefon. När frågan togs upp av telegrafstyrelsen fick civilingenjören Ragnar Berglund på radiobyrån och civilingenjören Sture Lauhrén på tekniska byrån uppdraget att utforma ett sådant nät. En del kalkyler visade att manuell trafik innebar betydande personalkostnader och man kom att inrikta sig på ett automatiskt biltelefonnät. En viktig funktion i ett sådant nät är att bilen skall kunna identifieras av basstationen resp kunna anropas selektivt vid samtal till bilen. Detta kunde ske genom att bilstationen erhöll ett individuellt kodnummer och identifikationen skedde genom att tonfrekventa impulser och impulsserier utväxlades mellan bilen och telestationen utan medverkan av den telefonerande. (I modern tid kallas denna procedur "handskakning".) Tonfrekvenser mellan 2800 och 4300 Hz, just ovanför talspektrum användes. I bilutrustningen ingick en reläenhet som via radioförbindelsen samverkade med och styrdes från telefonstationen. Den använda radiokanalen hade två frekvenser – en för vardera förbindelseriktningen (duplextelefoni). Systemet försågs med anordningar för taxering av samtalen på samma sätt som i det vanliga automatiska telefonnätet.

*System Lauhrén*

Systemet fick sitt namn efter konstruktören Lauhrén och var det första helautomatiska biltelefonsystemet i världen. Det hade ett antal intressanta egenskaper och blev internationellt uppmärksammat. Vissa konstruktionsdetaljer patenterades av Lauhrén. Den radiotekniska delen utformades av Berglund (se föregående) i samarbete med



4. Radioenhet med reläram, för mobilt bruk, system Lauhrén. Experimentutförande omkring 1952. I enheten motorgenerator för sändarens anodspänning. Foto Televerkets Fotokontor.

civilingenjören Ivar Ahlgren hos Svenska Radio AB som tillverkade radioutrustningen. En första provanläggning uppsattes i Stockholm i slutet av 1950. Anläggningen omfattade basstation med 2 dubbelriktade radiokanaler samt 5 biltelefoner. De använda frekvenserna låg i 160 MHz-bandet. Den fasta radioutrustningen monterades i ett vattentorn på Lidingö. Utrustningen var ansluten till telefonnätet via telefonstationen Lidingö villastad.

Provdriftens resultat medförde att televerket (namnbyte till TELEVERKET ägde rum 1953) beslöt att gå vidare och anordna två definitiva, helautomatiska biltelefonanläggningar, en i Stockholm och en i Göteborg. Det återstod emellertid ett rätt omfattande konstruktionsarbete och det kom att dröja fram till 1956 innan de två definitiva anläggningarna kunde tas i bruk för allmänheten. Under mellantiden pågick provdriften i Stockholm och de fem bilstationerna användes flitigt. En disponerades mestadels av tillverkaren, Svenska Radio AB. De övriga användes i olika tjänstebilar inom televerket. Mot slutet av provperioden utlånades enheterna till verksamheter utanför televerket. På olika håll ville man närmare undersöka nyttan av biltelefonen. Allmänheten hade också fått stifta bekantskap med nymodigheten på flera utställningar.

Särskilt uppmärksammad blev provsystemets användning i Stock-



5. Biltelefon system Lauhrén. Omslaget på tidskriften Populär Radio 1952.

holms läkarbilar från nyåret 1955. Stockholms läkarförening i samarbete med dåvarande Räddningskåren (Centralgaraget och Reymond Sjöqvist) organiserade en jourverksamhet under nätter och helger med särskilda läkarbilar. Staden indelades i fyra distrikt och i varje distrikt patrullerade en radiobil med chaufför och jourhavande läkare. Man fann klara fördelar med att doktorn kunde ringa direkt till sjukhus, apotek m m och inte minst värdefullt var att kunna ringa och tala om att man stod utanför porten och någon måste komma och öppna. Provsystemets materiel kom att användas under ett år och byttes när det definitiva systemet togs i drift våren 1956. Trots ett med tiden betungande underhåll av dessa tidiga biltelefoner var fältprovet i läkarbilarna till stor nytta. Områden med dåligt radioläge upptäcktes och kartlades och svagheter av olika slag i bilstationens radiodel avslöjades.

Ungefär samtidigt som de definitiva systemen togs i drift i Stockholm resp Göteborg infördes benämningen MOBILTELEFON.

De definitiva anläggningarna disponerade fyra samverkande radio-

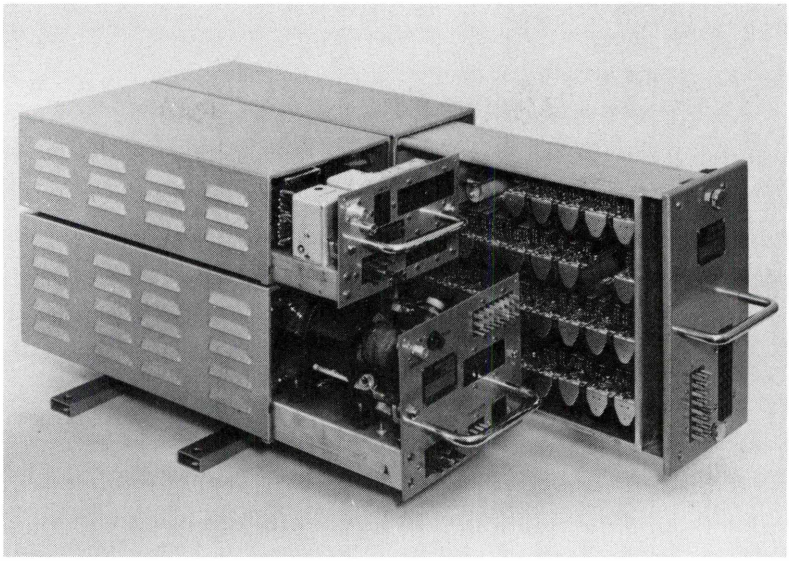


6. Sture Lauhrén demonstrerar radio- och relädelarna i sitt mobiltelefonsystem omkr 1950. Foto Televerkets Fotokontor.

kanaler för duplextelefoni enligt gällande frekvensplan. Det var samma frekvenser i 160 MHz-bandet i både Stockholm och Göteborg och systemet så utformat att en "Stockholmsbil" även fungerade om den befann sig i Göteborg. Från basstationen sändes bärvåg ständigt på samtliga kanaler och bilstationen sökte automatiskt kanal med bärvåg. Vid anrop från bil valde utrustningen i bilen en ledig kanal och vid anrop till bil fick bilen en kanalsiffra från basstationen. Genom att anrop till bil sändes på samtliga kanler utan att störa ev pågående trafik kunde man alltid nå avsedd bil och dirigera dess utrustning till en ledig kanal.

Fyra samverkande kanaler beräknades räcka för 100 bilar utan att besvärande spärr skulle uppstå vid högtrafik. Vid denna tidpunkt ansågs 100 mobiltelefoner vara en rimlig siffra inom ett basstationsområde. Räckvidden från basstationen i Stockholm var 2,5–3 mil beroende på var man befann sig i ytterområdet.

I det definitiva systemet tilldelades de anslutna bilarna nummer i en särskild femsiffrig nummerserie som började med siffrorna 95 och var



7. Radioenhet och reläenhet, system Lauhrén. Utförande år 1955. Utrustningen vägde ca 40 kg. Strömförbrukning i "viloläge" 5 A, vid samtal 18 A (gäller 12-voltutförande). I regel fick man förbättra bilens laddningsutrustning och skaffa större batteri. Foto Telemuseum.

gemensam för hela landet. Systemet var så utformat att det kunde bli landsomfattande och rymma totalt 1 000 abonnenter.

De mobila utrustningarna ägdes av televerket och hyrdes ut till kunderna på abonnemangskontrakt. Kostnaderna utgjordes av en inträdesavgift om 1750 kr samt abonnemangsavgift antingen 375 kr i kvartalet om allt underhåll ingick, eller 200 kr i kvartalet om underhållet betalades mot räkning i varje särskilt fall. Till detta kom samtalsavgifter som för vanlig telefon plus radiosamtalsavgift som var 6 öre var 20:e sekund.

Vid slutet av 1956 var antalet installerade mobiltelefoner i Stockholm 19 st och i Göteborg 8. Ett år senare fanns i Stockholm ett 50-tal och i Göteborg ett 30-tal. Ett tredje Lauhrén-system fanns också, nämligen det som var avsett för Stockholms kommunala verk – en specialanläggning som anskaffades av staden. I en första utbyggnad hade detta nät 3 kanaler och 50 bilar. De mobila enheterna var mycket lika dem som användes av televerket.

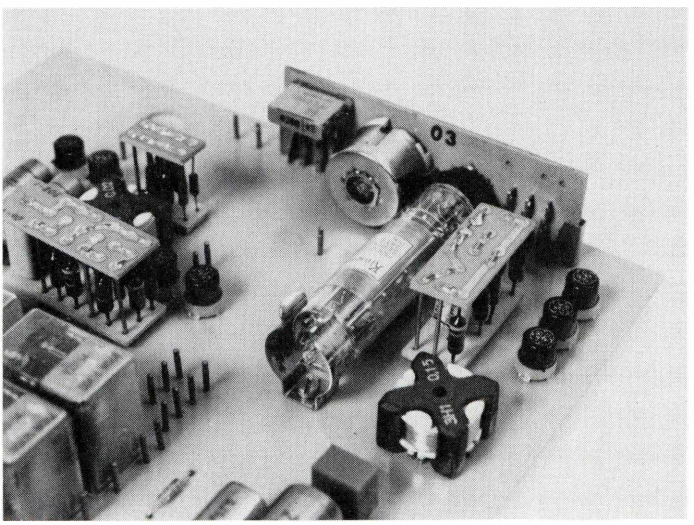
System Lauhrén kom att vara i drift till slutet av 1960-talet. Då fanns i Stockholm 69 abonnenter och 56 i Göteborg. Någon ytterligare utbyggnad med systemet blev inte aktuell. De mobila enheterna hade fram till nedläggningen gjort god tjänst, men var nu föråldrade och naturligtvis slitna och drog för mycket ström jämfört med de transistoriserade mobilstationer som framkommit i andra sammanhang.

*Berglunds system "enligt tonkodprincip"*

I mitten av 1950-talet hade civilingenjören Ragnar Berglund vid televerkets radiobyrå börjat experimentera med ett nytt mobiltelefonsystem "enligt tonkodprincip". Systemet som följdriktigt kom att benämnas "Berglund", byggde på en uppfinning av Berglund som innebar att en exklusiv selektionston identifierade mobilstationen. Selektionstonen sändes kontinuerligt under hela tiden en förbindelse var uppkopplad.

Berglunds princip är baserad på användningen av styrkristaller som fungerar inom tonfrekvensområdet. Två kristaller med i det närmaste samma frekvens användes på så sätt att den ena ingår i bilutrustningen och den andra finns på ett s k abonnentkort i basstationen. Kristallerna används för att bestämma frekvensen hos identifieringstonen resp i en tonselektiv krets. En sådan identifieringston, även kallad selektionston, utsänd från bilen, påverkar det "egna" abonnentkortets tonselektiva krets. Genom att där låta tonen vända och gå tillbaka till bilen i den använda radiokanalen erhåller utrustningen i bilen en kvittens på identifieringen. Bilutrustningen indikerar att exakt samma frekvens kommer tillbaka, ett villkor för att fortsatt radioförbindelse skall hållas uppkopplad.

Ovanstående motsvarar i stora drag förloppet vid anrop från bilen. Bilutrustningen valde automatiskt en ledig radiokanal och på det beskrivna sättet kopplades en bil via utrustningen i basstationen till en egen abonnentledning och telefonnätet uppfattade bilen som en vanlig telefonapparat. I och med att abonnentkortet påverkades av selektionstonen markerades "lyft telefonlur" mot telefonstationen som svarade med summerton ut mot bilen. Nummertagningen från bilen skedde med fingerskiva och tonpulser, som i abonnentkortet omfor-



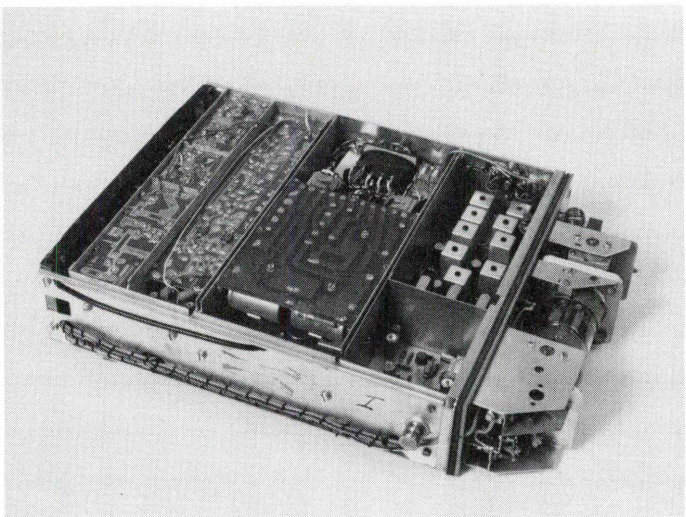
8. Detalj av abonnentkort, system Berglund. I glashölje styrkristall för selektionstonen. Foto Telemuseum.

mades till likströmspulser motsvarande en vanlig telefonapparat. Vid samtal till bilen aktiverades abonnentkortet när ringsignalen kom från telefonstationen varvid selektionstonen sändes ut över en särskilt markerad radiokanal och blev "igenkänd" i bilen och ringklocka eller summer gav signal. När man sedan lyfte luren i bilen, indikerades detta av abonnentkortet som i sin tur markerade "lyft lur" mot telefonstationen och man kunde samtala på vanligt sätt.

Bilarna tilldelades telefonnummer ur en nummerserie tillhörande en lämpligt belägen telestation i förhållande till basstationen. Från telestationen kom ett knippe abonnentledningar som slutade i varsitt abonnentkort i basstationen. Abonnentkortet kunde via ett slags "samlingsskenor" anslutas till någon av systemets samverkande radiokanaler.

Man erhöll en enkel uppbyggnad. I basstationen ingick förutom radiodelen "samlingsskenor" och abonnentkort, i bilen en relativt ordinär mobilradiostation för duplextrafik plus "en svart låda" mellan radioutrustning och manöverorgan – fingerskiva, mikrotelefon, strömbrytare och ett par indikeringslampor. Som man kan förstå av det föregående var tillsatsutrustningen utförd med kretskort. De aktiva elementen utgjordes av transistorer och ett fåtal reläer. De individuella selektionstonerna låg i området 5000–7000 Hz. Förfarandet med identifierings- eller selektionstoner patenterades av Berglund.

En provanläggning med två radiokanaler och tretton mobila stationer anordnades i Stockholm 1961. Inom upplåtna frekvensband valdes för radioförbindelsen 76–77,5 MHz för bas till mobil och 81–82,5 MHz för mobil till bas. Det s k duplexavståndet är 5 MHz vilket



9. Radioenhet tillverkad av AB Nordisk Teleproduktion (ANT) för system Berglund. Utrustningen är transistoriserad med undantag för sändarens drivsteg och slutsteg. Anodspänning erhölls från en transistoromvandlare i enheten. Foto Telemuseum.

innebär att sändningsriktningarnas frekvenser är tillräckligt åtskilda för att man med ett delningsfilter kan använda samma antenn för såväl sändning som mottagning samtidigt.

Efter ca ett års försöksdrift som visade att systemet fungerade väl, bestämdes om en fortsatt utbyggnad i Stockholm resp Göteborg. Provsystemets bilutrustningar var helt rörbestyckade och av ett utförande som förekom i andra sammanhang (SRA). För det nya "system Berglund" som skulle erbjudas abonnenterna på samma villkor som Lauhrén-systemet, beställdes hos AB Nordisk Teleproduktion (ANT) mobil radioutrustning som var transistoriserad med undantag för sändarens drivsteg och slutsteg. Därigenom nedbringades strömförbrukningen från bilbatteriet högst avsevärt. Ytterligare en generation utrustning (SRA) där även sändaren var heltransistoriserad kom att finnas under den tid systemet var i drift. Den officiella starten av Berglunds system ägde rum 1965.

Enligt det föregående ansågs Berglunds system färdigprovat 1962 och det fanns sålunda två fungerande mobiltelefonsystem i landet. Inget av dem var emellertid särskilt lämpat för utbyggnad till ett med tiden landstäckande nät. System Lauhrén kunde med kompletteringar användas på flera orter förutsatt att man förutom radiokanaler anlade den speciella telestationsutrustningen på orten ifråga. En eventuell utbyggnad föreföll emellertid kostnadskrävande.

### *1960-talet och Televerkets utredning*

Man hade klart kunnat konstatera ett intresse för mobiltelefoner och ett behov av fortsatt utbyggnad men valet av ett framtida system föranledde till en början tvekan och oenighet. Dessutom hade man konstaterat att 160 MHz var bättre ur störningssynpunkt än 80 MHz. Trots förekomsten av mera radiostörningar föreföll system Berglund, som använde 80 MHz vara mera tillförlitligt ur användarsynpunkt än system Lauhrén. Mycket visade mot att man i fortsättningen borde gå upp i frekvens och det är intressant att under 1964 notera prov och undersökningar av en mobilstation för 400 MHz-bandet. Troligen en av de första utrustningar med denna frekvens man närmare granskade med tanke på eventuell framtida användning av en för den tiden hög frekvens.

För att utreda och "med klarläggande av de tekniska och ekonomiska aspekterna på frågan, till styrelsen inkomma med förslag till lämpligt system för mobiltelefonanläggningar" tillsatte telestyrelsen 1962 en arbetsgrupp. Denna kom ordentligt igång med sitt arbete under 1964 i och med att dåvarande överingenjören, sedermera chefen för Televerket Radio Carl-Gösta Åsdal övertog ordförandeskapet.

Arbetsgruppen insåg från början att mobiltelefonen skall betraktas som ett specialfall av landmobil radio och att sålunda ämnesområdet i sin helhet ingick i uppdraget. Det betänkande som avgavs i augusti 1967 blev därför grundläggande för den fortsatta utvecklingen inom

områdena mobilradio, mobiltelefon och mobilsökning.

Nu 1990, 25 år efteråt, ser man hur betydelsefullt arbetet var och att gruppen visat stor klarsyn. Man hade bl a insamlat och studerat ett omfattande material om existerande mobiltelefonsystem runt om i världen vid tidpunkten idråga och konstaterade att det fanns mycket att bygga på men också att man måste kräva mycket mera av ett framtida, automatiskt system. Man bedömde det vara både önskvärt och nödvändigt att ett nytt automatiskt mobiltelefonsystem utvecklades och arbetsgruppen diskuterade ingående de tekniska och operativa aspekterna på ett sådant system. Detta arbete resulterade i en omfattande systemspecifikation ur vilken följande kan citeras:

"Mobiltelefon skall vara ett för publikt bruk avsett individselektivt mobilradiosystem så anordnat att trafikmöjligheter och handhavande i huvudsak överensstämmer med vad som gäller för telefontjänsten i telefonnätet.

Fordonsstationerna skall kunna trafikera en förutbestämd basstation (lokalsystem) eller samtliga i ett landsomfattande mobiltelefonsystem ingående basstationer (rikssystem).

Samtal skall kunna etableras mellan fordon och apparat ansluten till telefonnätet samt mellan fordon inbördes, i senare fallet via telefonnätet.

---

Kostnadsfrågan måste uppmärksammas. Målsättningen skall vara ett godtagbart system till rimlig kostnad, dvs systemet skall erbjuda en fullgod talförbindelse med en mot kostnaderna vägd signalinformation, talsekretess och signalsäkerhet.

---

MT-systemet skall vara anpassat till normala mobila radiostationer enligt telestyrelsens tekniska bestämmelser för landmobila radioanläggningar i frekvensband med 25 kHz kanalindelning.

---"

Vidare framgår det av specifikationen att systemet skall vara mångkanaligt och att i ett första utbyggnadsskede kommer totalt 16 kanaler att erfordras i fordonen. Signalschemat skall utformas för rimlig grad av säkerhet och snabbhet vid signalöverföringen. Signaleringen skall ske med tonkodade signaler inom talbandet. Specifikationen omfattar allt som allt 27 punkter. Målsättningen för arbetsgruppens förslag till mobiltelefontjänst var att verksamheten skulle kunna göras självbärande i ett tidigt utbyggnadsskede. För att kunna använda förhållandevis enkla och ej alltför kostnadskrävande utrustningar, gjordes en del kompromisser i fråga om systemets egenskaper. Möjligheterna till successiv förfining av tjänsten och därmed krav på en övergång till mera komplicerade anordningar hade emellertid också blivit beaktade. Utvecklingen av det föreslagna mobiltelefonsystemet "torde lämpligast ske i televerkets regi" eftersom man bedömde att tillverkningen av de enheter som inte var normal radioutrustning skulle vara mindre intressant för industrin.

Det framgår av betänkandet att antalet frekvenskanaler i mobilstationen utgör ett problem. Man var fortfarande hänvisad till att använda minst en styrkristall för varje kanal. Anordningar för frekvenssyntes fanns visserligen men ställde sig dyrbara och var först under 70-talet fullt utvecklade och i allmänt bruk.

Man eftersträvar ett landstäckande, gärna sammanhängande nät men är enligt systemförslaget t v beroende av talmaskinsbesked till abonnenten i bilen så man vet om riktnummer behövs. Den som ringer till bilen måste också veta i vilket riktnummerområde bilen befinner sig. Men i likhet med Lauhrén-systemet har bilen ett exklusivt telefonnummer som alltid är detsamma. Man är klart medveten om att tjänsten frekvensmässigt hamnar i 400 MHz-bandet men rekommenderar att utbredningsförhållandena inom detta band studeras närmare innan definitiv ställning tas.

Under tiden som utredningsarbetet pågick startas permanenta system av typ Berglund i Stockholm och Göteborg under 1965 och i Malmö under 1967. Arbetsgruppen konstaterar också under utredningens gång ett akut behov av mobiltelefontjänst. För att i någon mån täcka detta behov föreslår gruppen en utbyggnad av lokala nät enligt Berglunds system men rekommenderar återhållsamhet i utbyggnadstakten med tanke på att en utbyggnad av ett landsomfattande nät borde påbörjas så snart ett lämpligt mobiltelefonsystem enligt de föreslagna riktlinjerna blir tillgängligt. System Berglund, som i betänkandet gavs namnet MTB kom med tiden att omfatta 2 system i Göteborg med 4 resp 6 (samverkande) kanaler, ett system i Malmö med 4 kanaler och 2 system i Stockholm med vardera 6 kanaler. (Lauhrén-systemet fick benämningen MTL, som emellertid snart ändrades till MTA eftersom det var det första. Det kommande systemet enligt föreslagna riktlinjer blev följaktligen MTC.)

När arbetsgruppen för mobiltelefon hade avgivit sitt betänkande, godkände telestyrelsen de riktlinjer och förslag som betänkandet innehöll och verkets radiolaboratorium började i slutet av 60-talet arbeta med delarna i det tänkta nya systemet. I september 1968 besöker ett antal tekniker från telestyrelsen firman STORNO i Köpenhamn för studium av automatiska mobiltelefonsystem och man kan redan nu förutse att arbetet skulle bli omfattande och tidsödande och naturligtvis resurskrävande.

### *Nordiskt samarbete och system MTD*

På den nordiska telekonferensen 1969 i Kabelvåg, Lofoten togs ett betydelsefullt initiativ genom C-G Åsdal (se ovan) som tillsammans med ett par andra intresserade delegater föreslog att de nordiska teleförvaltningarna borde överväga frågan om ett gemensamt mobiltelefonsystem i framtiden. Ur protokollet kan inhämtas:

"Från svensk sida upplystes att man nu skall börja arbetet med utveckling av nästa generation bilradio (mobiltelefon). Detta är ett långsiktigt arbete som

knappast kan vara färdigt före slutet av 1970-talet. Då det skulle erbjuda stora fördelar om man kunde nå fram till en likartad offentlig landmobil tjänst i Norden, anses det värdefullt att man överlägger mellan länderna för att undersöka möjligheten av att komma fram till gemensamma systemlösningar."

På konferensen föreslogs en särskild (nordisk) arbetsgrupp och det konstaterades att det var önskvärt att gruppen snarast möjligt undersökte möjligheterna för standardisering av signalsystem bl a för selektivanrop i existerande offentliga (manuella) mobiltelefontjänster. Ländernas teleadministrationer ombads utse ledamöter i arbetsgruppen i en nära framtid och Sverige var villigt att kalla till ett första möte med gruppen.

Det fortsatta skeendet i Sverige kom nu att följa två linjer beroende på att efterfrågan av en mobiltelefontjänst utanför tätortsområdena var så påtaglig att det bedömdes angeläget att snabbt få igång en landsomfattande tjänst vilken vid denna tidpunkt måste göras manuell. I slutet av augusti 1969 tillsattes en projektgrupp för anordnadet av ett manuellt mobiltelefonsystem i början av 1970-talet. Systemet kom att gå under namnet MTD och var avsett som en interimslösning i väntan på det framtida, automatiska systemet. Genom att projektledaren för MTD, byrådirektören Håkan Bokstam, sedermera kom att utses till ordförande i den nordiska arbetsgruppen för ett gemensamt mobiltelefonsystem, kom interimslösningen att på ett ändamålsenligt sätt utformas med tanke på den fortsatta utvecklingen.

I ett manuellt system kopplar telefonister i särskilda betjäningscentraler samtal från telefonnätet till radioledet eller motsatt väg. Till varje betjäningscentral hör ett antal bas(-radio)stationer. Varje sådan är utrustad för ett antal frekvenskanaler, av vilka en är anropskanal och används vid den första kontakten mellan betjäningscentralen och mobiltelefonabonnenten. Basstationens övriga kanaler är trafikkanaler på vilka samtalen utväxlas. Omkopplingen till olika frekvenskanaler i bilen sker manuellt. Särskilda ledningar för varje kanal förbinder betjäningscentral och basstationer. (I enlighet med det föregående utgöres en kanal i detta sammanhang av en radiofrekvens för vardera talriktningen, ordnade i frekvenspar med ett bestämt frekvensavstånd mellan parets båda frekvenser.)

Från en vanlig telefonapparat kunde man nå en betjäningscentral genom ett särskilt anropsnummer (motsvarande riktnummerfunktionen). Varje mobiltelefon hade ett individuellt nummer och i systemets grundform ropade telefonisten ut numret över anropskanalen i den basstation inom vars område man förmodade att bilen befann sig. Vid svar från bilen beordrade telefonisten övergång till en ledig trafikkanal där expedieringen fortsatte. I ett senare skede med s k selektivanrop, slog telefonisten mobiltelefonens nummer med siffertangenter som styrde en tonkod som i sin tur tolkades av utrustningen i den

anropade bilen. Man behövde sålunda inte längre lyssna på en massa ovidkommande anrop i bilarna utan endast se till att man hade sin utrustning inställd på den aktuella anropskanalen. Vid anrop från bilen tryckte abonnenten på en särskild anropsknapp varvid telefonisten i betjäningscentralen fick en optisk signal, svarade muntligt och anvisade en trafikkanal för fortsatt expediering. Debitering av samtalsavgiften skedde manuellt genom telefonistens noteringar på ett samtalskort som sedan gick vidare i dåtidens system för teleavgifter.

### *MTD-systemet i drift 1971*

MTD-systemet togs i drift i slutet av 1971 och täckte till en början ett område i mellansverige. Den första betjäningscentralen blev Örebro. Utbyggnad av tjänsten skedde därefter etappvis under det följande året och ett stycke in på 1973. Övriga betjäningscentraler förlades till Malmö, Trollhättan och Sundsvall. Expeditionen samordnades med övrig manuell trafik i de dåvarande expeditionsborden för rikstrafik m m. Sedermera tillkom betjäningscentraler även i Göteborg och Karlstad. Förläggningen av betjäningscentralerna gjordes med hänsyn bl a till lokal- och personalsynpunkter. För kunden var förläggningen av centralerna i princip ointressant. MTD-systemet kom att vara i drift till någon gång under 1987.

10. MTD-systemets första betjäningscentral (Örebro). Centralen försågs i ett senare skede med system för datorstödd samtalsexpediering (i drift april 1979). Foto Televerkets Fotokontor.



Man kan naturligtvis fråga varför televerket så sent satte igång ett manuellt mobiltelefonsystem och orsakerna är flera. Ett par är redan berörda; kundtrycket från områdena utanför de stora tätorterna och det tidskrävande arbetet med att utveckla ett landstäckande, automatiskt mobiltelefonsystem. En effektiv marknadsföring av det manuella systemet under den tioårsperiod utvecklingen av det automatiska systemet krävde, bedömdes medföra en tillvänjning till mobil telekommunikation och resultera i en kundstock som kunde ge det kommande automatiska systemet en flygande start. Genom att televerkets förbindelsenät med åren fått en tillräcklig kapacitet var det lätt att samla många basstationer till ett fåtal betjäningscentraler varvid personalkostnaden vid lågtrafik blev rimlig. Dessutom kunde i de flesta fall betjäningscentralernas arbetsuppgifter samordnas med andra liknande uppgifter.

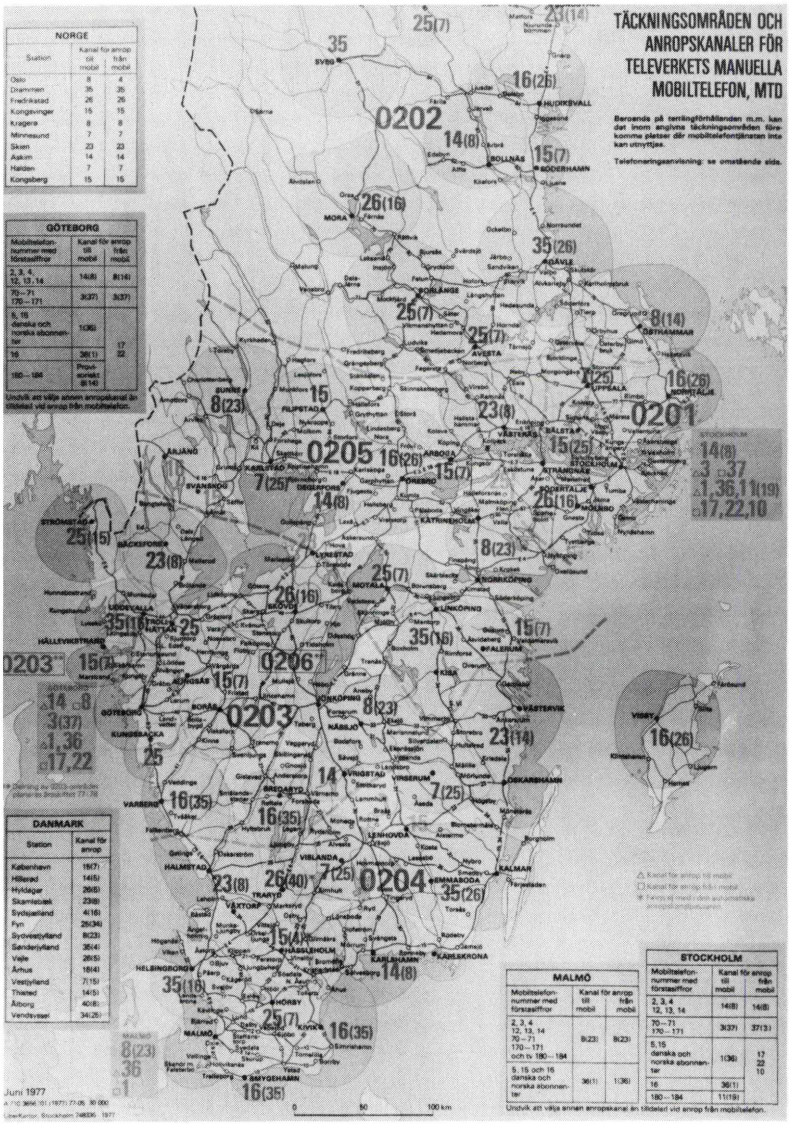
Basstationernas placering med täckningsområdena gränsande intill varandra förutsågs bli densamma som för ett framtida automatiskt system. Avgörande för detta var att man definitivt tagit ställning till 400 MHz-bandet. MTD erhöll frekvenser samordnade med de frekvenser som reserverades för det automatiska systemet i frekvensbanden avsedda för mobil trafik strax ovanför 450 MHz.

I MTD-systemet anskaffade abonnenten själv den mobila radiostationen från någon radioleverantör. Endast sådana utrustningar som var typgodkända av televerket fick anslutas till systemet. Detta förfaringssätt frångår alltså tidigare princip med uthyrning och vad som förordades i betänkandet 1967. Ändringen av bestämmelserna i detta avseende var emellertid ett klokt drag som medförde en friare marknad för mobila radiotelefoner till fördel för kunderna. Televerket skötte nummertilldelning, registrering m m. Kunden betalade en fast kvartalsavgift och samtalsavgifter. Samtalsavgiften debiterades den uppringande.

Kundintresset för MTD-systemet kom efter hand som lämpliga (godkända) mobilstationer introducerades på marknaden och vid årsskiftet 1973/74 fanns runt 2400 abonnenter. Basstationsnätet hade då kompletterats med 28 stationer och omfattade totalt 58 stationer. Som mest hade systemet drygt 19 000 abonnenter omkring 1980 och antalet basstationer var då 110.

Under hela tiden fram till mars 1983 fanns det ca 600 kunder i Stockholm, Göteborg och Malmö som föredrog och var nöjda med det lokala automatiska MTB-systemet på abonnemangsbasis. Dessa kunder erbjöds övergång med förmånliga villkor till abonnemang i det nya automatiska systemet när det kommit i drift.

Det gemensamma nordiska arbete tog sin början i januari 1970 och i sin första rapport året därpå anger arbetsgruppen hur den tagit sig an uppdraget.




11. MTD, exempel på täckningskarta med bl a kanalnummer för anrop resp trafik.

"Undersöka möjligheterna till framtida utbyggnad av kompatibla (jämförbara) nordiska offentliga mobiltelefonsystem..." (långsiktigt)
"Även undersöka möjligheten till kompatibilitet mellan existerande och planerade nordiska manuella system som en interimslösning..."

De existerande offentliga systemen i resp länder uppvisade sinsemellan sådana olikheter att egentlig kompatibilitet endast var möjlig i speciella fall. Gruppen undersökte därför möjligheterna till en sammanjämkning av eventuella kommande (kompletterande) manuella

system i Danmark, Norge och Finland med det landsomfattande manuella mobiltelefonsystem på 400 MHz-bandet som då var under uppbyggnad i Sverige.

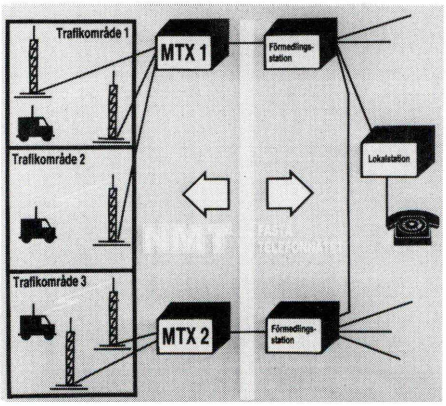
*Gemensamt nordiskt mobiltelefonsystem*

I fråga om ett långsiktigt system ansåg gruppen i denna första rapport att det borde vara automatiskt. Utvecklingen finge visa när och i vilken utsträckning kundintresset motiverar en långtgående automatisering, vilken bedömes kräva stora investeringar. Man ansåg vidare (1971) att "automatiska system kommer troligen som ett supplement till, snarare än direkt ersättning för de manuella systemen".

Eftersom det svenska manuella systemet och möjligen ett danskt system skulle sättas i drift 1971 eller snarast därefter fann gruppen det angeläget att till en början behandla frågorna om gemensamma frekvensband. I ett nordiskt system borde frekvensplaneringen ge abonnenterna möjlighet att nyttja tjänsten över stora geografiska områden, även över gränserna.

En särskild grupp av frekvensexperter från deltagarländerna utarbetade hösten 1970 ett förslag till frekvensplan för det interimistiska systemet. Gränsområdena Danmark–Sverige och Sverige–Norge där en samplanering var nödvändig, hade studerats i detalj. Det framgår av rapporten att denna frekvensplan blivit fastställd av de olika administrationerna. Även de juridiska frågorna i samband med att medföra och använda medförd mobiltelefonutrustning vid resor i nordiskt grannland löstes genom arbetsgruppens initiativ. (Knäckfrågan var tillstånd för utländsk bilist att medföra och utnyttja mobilstationens sändare.) Ytterligare ett antal frågor i samband med ett kompatibelt manuellt interimssystem behandlades av arbetsgruppen. Det gällde bl a nummersättning, debitering och system för selektivanrop. Man konstaterade avslutningsvis att det är möjligt att bygga ett gemensamt nordiskt manuellt system som en interimslösning. Man fann det också önskvärt att frekvensband i omedelbar anslutning till dem som expertgruppen föreslagit reserverades för ett framtida automatiskt system.

Arbetet med utformning av ett automatiskt mobiltelefonsystem avspeglas i arbetsgruppens återkommande rapportering. I 1973 års rapport fastslog man att ett *gemensamt* nordiskt system är den enda praktiskt tänkbara möjligheten att uppnå kompatibilitet mellan ländernas system. Det vidare arbetet baserades på denna uppfattning. Man bedömer att det tänkta automatiska mobiltelefonsystemet kan införas tidigast i slutet av 1970-talet. Arbetsgruppen antar att livslängden för ett system av detta slag kan uppgå till åtminstone 15 år och därför bör "systemets faciliteter bestämmas med hänsyn till de krav som abonnenterna kan förväntas ställa under 1980-talet". Gruppen ansåg att det nya systemet skulle utformas i överensstämmelse med de möjligheter modern kopplingsteknik kan ge vartefter sådan teknik




12. NMT, systembild. I mobiltelefonväxeln (MTX) överföres all signalering mellan systemen på ett sådant sätt att det fasta telefonnätet uppfattar mobiltelefonen som en vanlig telefonabonnent. Funktionsförbättringar och utökade möjligheter hos systemet sker uteslutande genom ändringar i MTX dataprogram. Mobilstationens programspecifikation bibehålles oförändrad.

införes i trådnätet. De preliminära operativa grundkraven innebar främst att mobiltelefonen skulle fungera som en vanlig automatisk telefon oberoende var man befann sig med bilen. Debitering av samtal skall ske hos den uppringande abonnenten (sedermera har ju 020-nummer förändrat detta). Bland de preliminära operativa grundkraven i övrigt kan nämnas att man skulle eftersträva samma säkerhet som i trådnätet ifråga om nummeröverföringen. Detta gäller i särskilt hög grad i samband med den automatiska taxeringen (debiteringen av samtal). Den enskilde abonnentens samtalshemlighet gentemot andra abonnenter skulle i möjligaste mån säkerställas.

För att göra telefonerandet oberoende av var bilen befinner sig under färd insåg man behovet av automatisk överkoppling av pågående samtal från en basstation till angränsande basstation då bilen körs från en basstations täckningsområde in i ett annat. Ett liknande krav är att uppringande abonnent skulle nå bilen enbart genom bilens telfonnummer och utan närmare vetskap om var den befann sig.

I sistnämnda sammanhang infördes begreppet *roaming* (av engelska roam = ströva, flacka omkring). Därmed avses en anordning som möjliggör för mobilabonnenten att flytta sig från ett basstationsområde till ett annat utan att systemet förlorar möjligheten att lokalisera bilen. Gruppen hade funnit vid studium av utländska system eller förslag till system, att i de flesta fall fanns någon form av roamingfacilitet och med hänsyn härtill förelåg starka skäl att förse det framtida nordiska systemet med denna anordning. Ännu vid denna tidpunkt var det oklart hur en uppdatering av lägesinformationen borde ske. Däremot framgår att det skall finnas "minne" i systemet.

I denna rapport till den nordiska telekonferensen 1973 avsåg arbetsgruppen att lägga fram ett ramförslag till ett långsiktigt system "med funktionsspecifikation och grov systembeskrivning". Det skulle emellertid föra alldeles för långt att här gå in på detaljer i de olika rapporterna. Vid denna tidpunkt har arbetsgruppen bearbetat

ett antal delar av det automatiska systemet och räknar med att det arbete som omfattar funktionsbeskrivning, numrerings- och dirigeringsprinciper nu blivit utfört. I frågor rörande nätstruktur och basstationsområdenas storlek avvaktar man resultatet av mätningar och fältprov som kommer att utföras av den svenska teleförvaltningen. Dessa mätningar och prov slutfördes under 1973.

*Industrin informeras*

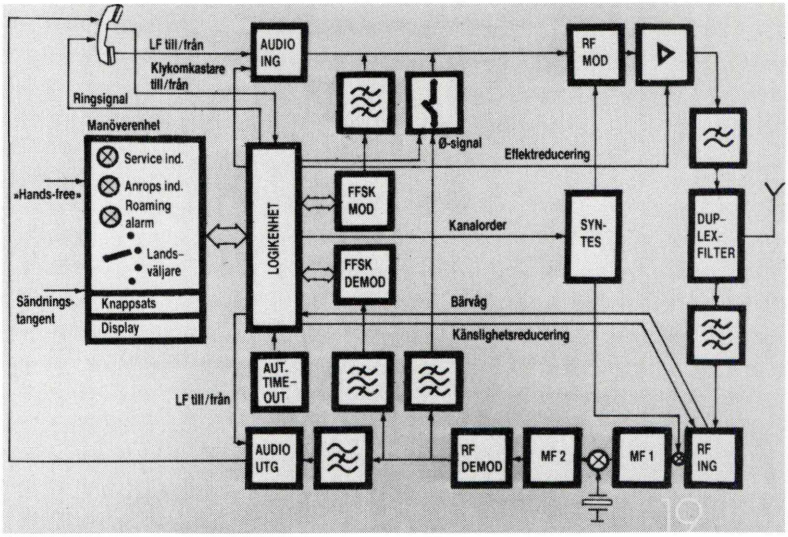
Det är intressant att notera att arbetsgruppen redan i detta tidiga skede ansåg det lämpligt att informera industrin om det pågående arbetet. Ett informationsmöte i detta syfte hölls hösten 1971 i samband med gruppens möte i Stockholm. Man inbjöd ett stort antal representanter för potentiella leverantörer och ett 40-tal företag från hela Norden var representerade när arbetsgruppen redovisade de preliminära operativa grundkraven på det automatiska systemet. Viktiga frågor av radioteknisk och telefonteknisk natur berördes också. Även i fortsättningen kom gruppen att informera om sitt arbete. Ett par år senare hade gruppen vid flera tillfällen haft kontakter med olika industriföretag och inbjudit dessa att kommentera gruppens förslag och bl a ange ungefärliga kostnadsramar för system enligt gruppens modell. Man hade också från gruppen efterfrågat tänkbara ändringar som kunde ge ekonomiska, tekniska eller praktiska fördelar. Gruppen hade konstaterat att mobilstationer, som framtagits för andra system, i några fall var så utförda att de blev intressanta att studera närmare.

I rapporten 1973 skisseras en tidsplan för det fortsatta arbetet. Systemlösningen beräknas vara klar under 1974 och därefter bör man enligt gruppen bygga ett provsystem i liten skala för att verifiera de systemtekniska principerna. Detta bedömdes ske under perioden 1975–77. Tidpunkten för en möjlig idriftsättning av det automatiska systemet anses vanskligt att uttala något om. Förutom tiden för gruppens arbete är man beroende av ett flertal svårbedömda faktorer. Man gissar – för optimistiskt som det skulle visa sig – på 1978–79.

*Datorer tar över*

Den närmaste tiden från slutet av 1973 ägnas åt gränssnittet basstation–mobilstation. Enkelt uttryckt gäller det att med ett antal tekniska anordningar ersätta samspelet mellan människa i bil och människa i betjäningscentral. Nätkonfigurationen är i många stycken samma som för det manuella systemet MTD. För att fortsätta att förenkla och dessutom gå händelserna i förväg kan man säga att en mikrodator i bilutrustningen ”samtalar” med en dator i telefonväxeln som ersätter betjäningscentralen. Språket är datorernas språk – nollor och ettor i olika kombinationer. Det hela förenklas något av att ett antal standardfraser ingår i ”konversationen”. Verkligheten innehåller emellertid avsevärda problem som krävde många mantimmar, t o m manår, att komma tillrätta med.

Den del av förbindelsen som går på radio blir utsatt för störningar




13. NMT, blockschemat för mobilstationen visar dess komplexa uppbyggnad utöver själva radiodelen (sändare resp mottagare).

och signalförvrängning av olika slag. När två personer samtalar i radiotelefon klarar man som regel en ganska hög nivå av störningar och/eller förvrängning. En strävan var därför att den automatiska signaleringen mellan bil och bas borde fungera vid samma störningsnivå som medger samtal. Valet av kodningsprincip för den numeriska signaleringen var därför av stor betydelse eftersom datorns förmåga att tolka en störd/förvrängd signal är ytterst ringa. Förutom binär signalering (med nollor och ettor) fanns i radio- och telefonsammanhang standardiserade tvåtonssignalering för knappsatser (CCITT) resp sekvenstonssignalering (CCIR) att välja. Arbetsgruppen ansåg sig behöva en ingående undersökning för att kunna värdera för- och nackdelar hos de olika metoderna. Gruppen ansåg vidare att en sådan undersökning dels krävde större resurser än vad gruppen förfogade över, dels lätt kunde brytas ut och behandlas separat. En utomstående konsultfirma (STORNO A/S i Köpenhamn) fick ett sådant uppdrag genom att den danska administrationen skrev kontrakt på samtliga deltagarländers vägnar och efter vederbörligt anbudsförfarande. Resultatet förelåg i en drygt 100-sidig rapport hösten 1973.

Vid de mätningar som blivit utförda visade sig samtliga system tillfredsställande för ändamålet och det bedömdes att det binära systemet inte skulle ställa sig dyrare än tonsignalsystemen vid den tidpunkt då det automatiska mobiltelefonsystemet kom att sättas i drift. Eftersom det binära signalsystemet har betydligt högre informationsöverföringskapacitet än de båda övriga, beslöt arbetsgruppen förorda ett binärt system för överföring av ”såväl styrsignaler som för

numeriska signaler". Det har ett betydande intresse att signaleringen kan ske snabbt och för att mera i detalj utreda med vilken hastighet signalering kunde ske, fick gruppen förvaltningarnas medgivande att uppdra åt konsulten att även undersöka signaleringshastighetens inverkan på överföringssäkerheten. Resultatet blev att en överföringshastighet av 1200 teckenelement per sekund (1200 Baud) ansågs lämplig med hänsyn till egenskaperna hos radiovian. Det fordrades emellertid dessutom en felkorrigerande kod för att ernå en överföringssäkerhet i paritet med vad som gäller för trådnätet. Utprovningen av sistnämnda blev en viktig deluppgift i systemprovet i ett senare skede.

*Rapport till 1975 års nordiska telekonferens*

I rapporten till 1975 års nordiska telekonferens fanns en fullständig systemspecifikation med detaljerade förslag till tekniska lösningar bl a av omkoppling till annan basstation under pågående samtal resp uppdatering av lägesinformation (roaming-funktionen). I en bilaga redovisas förslag till detaljerat signaleringsschema för allt som avses ske automatiskt i samverkan mellan mobilstation och bas. Arbetsgruppen konstaterar att det är möjligt att uppfylla de ställda systemkraven utan några krav på ändringar i de befintliga trådnäten. Vissa delar av den föreslagna lösningen kräver en relativt avancerad teknik, huvudsakligen i gränssnittet mobilstation – basstation/mobiltelefonväxel. För att verifiera att de valda lösningarna fungerar på avsett sätt ansåg gruppen det nödvändigt att genomföra ett gemensamt systemprov i begränsad skala innan systemet definitivt etablerades. Syftet med systemprovet var dels att säkerställa att de specifikationer, som kom att göras upp för mobilstationerna var nödvändiga och tillräckliga, dels att för industrins arbete med mobilstationerna visa att de tekniskt mera avancerade delarna av systemet var baserade på utprovad teknik. Genom provet skulle eventuellt erforderliga systemmodifieringar före verklig drift kunna genomföras utan större konsekvenser.

Gruppen ansåg det också nödvändigt att den gavs i uppdrag att styra planering och genomförande av systemprovet genom en projektgrupp samt att provet utfördes i en förvaltnings regi, ej av industrin. Motiven för denna uppfattning var bl a:

Genom sitt arbete med systemet hade gruppen skaffat sig ingående kunskaper som ej utan betydande tidsåtgång kunde överföras till industrin i form av en specifikation av uppdraget.

Det anbudsförfarande som skulle erfordras för val av ett utomstående företag skulle skapa ett konkurrensmoment som vid den tidpunkten skulle ha en ogynnsam effekt.

För ett projekt i industrins regi skulle möjligheterna att utföra eventuella kompletterande undersökningar försvåras.

Det skisserade arrangemanget möjliggjorde full öppenhet gentemot samtliga intresserade fabrikanter av mobiltelefonutrustning.



14. NMT, mobilstation av tidigt utförande (Svenska Radio AB). Stationen kunde även anordnas bärbar med batterikassett. Foto Telemuseum.

Här skall noteras att inga tekniska lösningar inom ramen för arbetsgruppens uppdrag belades med patent.

Gruppen skisserar nya tidpunkter för det fortsatta arbetet under förutsättning att telekonferensen godkänner gruppens förslag: Systemprovet bör kunna slutföras vid årsskiftet 1977–78. Vissa beställningar av utrustning bör kunna ske under första halvåret 1978, "...det automatiska systemet bör kunna sättas i drift i början av 1981".

Med arbetsgruppens rapport till 1975 års nordiska telekonferens har gruppen genomfört en betydelsefull del av sitt arbete. Utöver vad som här tidigare omtalats innehåller rapporten en ekonomisk analys som visar lönsamhet med ett automatiskt system vid alltmer ökade personalkostnader i samband med fortsatt manuell expedition. Gruppen har också under sitt arbete skaffat kännedom om förekommande moderna mobiltelefonsystem på andra håll i världen och därvid funnit att inget av dessa system varit direkt lämpligt att införa i Norden. Man har emellertid tagit vara på värdefulla idéer. Gruppen finner att det föreslagna nordiska systemet inte ställer sig dyrare än dessa andra system och dessutom uppfyller de grundläggande kraven.

Något bör sägas om arbetsgruppen. Dess officiella namn var Nordiska Mobiltelefongruppen (NTR 69–5). Antalet medlemmar varierade något men synes mestadels ha varit tre från resp land. Namnen på deltagarna varierar något i olika skeden. Ordförande var Håkan

Bokstam och sekreterare Thomas Haug, båda från svenska televerket. Gruppen hade regelbundna sammanträden några dagar på hösten och på våren omväxlande i någon av de nordiska huvudstäderna. Dessemellan hölls ett flertal informella möten med begränsat antal deltagare och information utväxlades per brev och telefon.

Utöver arbetsgruppen fanns undergrupper och specialister. Det nordiska mobiltelefonsystemet är resultatet av ett team-work där kunnigt och engagerat folk från såväl radiosidan som telefonsidan hos de nordiska teleförvaltningarna medverkade. Till detta kom de impulser som erhölls vid samråd med industrin.

*Formellt beslut om systemprov*

Den nordiska telekonferensen 1975 uttalade i ett formellt beslut

- att systemprov skulle genomföras i Sverige
- att de fyra förvaltningarna skulle dela på kostnaden för provet
- att kompletterande utredningar om gränssnittet mobiltelefon – telenätet skulle göras.

Med hänsyn till hur antalet abonnenter i resp lands manuella mobiltelefonnät alltmer ökade var man enig om att det var mycket viktigt att klara en systemstart 1981 för det gemensamma nordiska mobiltelefonsystemet. Det uttalas också att den nordiska mobiltelefongruppen har utfört ett stort och viktigt arbete med sikte på en gemensam nordisk automatisk mobiltelefontjänst. Systemförslaget som beskrivs i gruppens rapport "förefaller grundligt bearbetat och genomtänkt utifrån de tekniska möjligheter som existerar eller kommer att föreligga innan systemet sätts i drift".

Det finns 1975 vissa farhågor i samband med framtagandet av mobiltelefonväxeln och uppdragsgivarna vill ha med en simuleringsmodell av växlen i systemprovet. Vid tidpunkten fanns den programminnesstyrda växeln AKE-13 (Ericsson) som tänkbart alternativ, men ett fåtal år senare sattes den första AXE-växeln i drift och denna typ av växel kan utrustas och programmeras att utföra mobiltelefonväxelns funktioner.

Så var det alltså dags att ta itu med systemprovet som skulle genomföras utan onödigt dröjsmål och så snart nödvändiga förberedelser var genomförda. För genomförande av de systemtekniska proven tillsattes en särskild projektgrupp. Projektet skulle genomföras i regi av radiolaboratoriet vid svenska televerket i samarbete med norska televerkets forskningsinstitut. En styrgrupp bestående av representanter från de fyra nordiska länderna bildades för projektet.

En deluppgift under föreberedelserna var att skaffa utrustning som funktionsmässigt motsvarade basstation resp mobilstation. Det blev i form av "experimentbygge" som till största del gjordes vid radiolaboratoriet under ledning av två unga civilingenjörer, Jay Bergstrand och Henrik Rosenlund. Provsystemet kom att omfatta tre basstationer

och ett tiotal mobilstationer. Basstationerna utplacerades i stockholmsområdet på ett för provet lämpligt sätt. Mobilstationerna i experimentutförande bestod av ett antal enheter som fick plats i baksätet i en bil. Själva radioenheterna (sändare resp mottagare) var modifierade enheter av MTD-utförande med "frekvenssyntes". Styrenheten i mobilstationen tillverkades av komponenter för logikuppbyggnad såsom mikroprocessorer etc. Lämpliga sådana komponenter började vid denna tid komma i marknaden.

I radiolaboratoriets lokaler i Farsta anordnades experimentväxeln som bestod av en väljarmatris som styrdes från en dator. Till matrisen var 10 abonnentledningar från telefonnätet anslutna, motsvarande de 10 mobilstationerna och ut från matrisen ledningar till resp basstationer. Experimentväxeln innehöll dessutom enheter för att ta emot ringsignal och annan information från telefonnätet att tillföras styrdatorn. Med hjälp av tillsatsanordningar kunde styrdatorn "ringa upp till telefonnätet" (lyfta telefonlur och fingerskiveimpulsera etc). Mot basstation/mobilstation fanns s k modem för mottagning och sändning av binärkod som innehöll information till och från styrdatorn.

Programvaran till styrdatorn utvecklades hos televerkets forskningsinstitut i Oslo. Forskarna Björn Löken och Nils Tolleshaug ansvarade för detta arbete. Den styrdator man valde – NORD 12 – var programkompatibel med en större maskin hos televerket i Oslo. Därigenom kunde man reducera behovet av kringutrustning vid datorn i Farsta och ha hjälpmedlen för programutveckling koncentrerade i Oslo.

Man kan som regel räkna med besvärligheter och betydande förändringar innan programvara av detta slag är helt färdig. Därför måste hjälpmedlen medge att programmeringen går snabbt och är lätt att förstå. Detta innebär att man måste tillgripa vad man kallar högnivåspråk för programmeringen och därtill en jämförelsevis kraftfull dator. Ställningstagandet var motiverat då man ansåg att en rationell disponering av personalresurserna utgjorde den viktigaste faktorn för att projektet skulle genomföras framgångsrikt. Arrangemanget med de två datorerna gjorde att man i Farsta kunde göra praktiska prov med delar av programmet samtidigt som man i Oslo ändrade eller letade fel i andra programdelar.

Provverksamheten kom efter hand igång men det var ett tids- och resurskrävande arbete som preliminärt uppskattats till ca 1800 dagsverken. Det var nödvändigt att i detalj utprova signaleringen mellan mobiltelefonväxeln, basstationen och mobilstationen. Sättet att överföra den binära informationen måste noga utprovas. När provverksamheten väl var igång kunde man börja utarbeta specifikationer till systemets olika delar. Specifikationerna kom emellertid att justeras och bearbetas flera gånger och det är först i slutet av år 1978 som man skriver kontrakt om inköp av växlar och basstationsutrustning. Då

fanns så att säga alla bitar att bygga med. Dessutom var man säker om att komponenter som tålde de stora temperaturvariationerna i bilen skulle bli tillgängliga för konstruktion av logikdelen (mikrodatorn) i mobilstationen.

I slutet av sommaren 1978 gjordes en framgångsrik demonstration med provsystemet. Ordföranden i arbetsgruppen, Håkan Bokstam, hade några månader tidigare omkommit i en trafikolycka och fick ej uppleva framgången. Hans efterträdare blev Thomas Haug i svenska televerket. Haugs effektiva ledning av det fortsatta arbetet hade stor betydelse för projektets lyckosamma genomförande. Betydelsefulla insatser gjordes också under hela utrednings- och utvecklingsarbetet av Östen Mäkitalo, från 1975 överingenjör och chef för radioutvecklingen vid svenska televerket. Både Mäkitalo och Haug erhöll 1987 Svenska Ingenjörsvetenskapsakademiens guldmedalj för sina bidrag vid utvecklingen av NMT. Som tidigare blivit nämnt, gjorde dock många kunniga och engagerade personer i de fyra deltagande länderna ett förtjänstfullt arbete.

Från åren 1979/80 föreligger ett antal omfattande rapporter om olika aktiviteter i samband med systemprovet. Från televerket i Finland bidrog man med att konstruera en systemsimulator som kom att bli systemlikare.

*Faktaredovisning 1978*

I en faktaredovisning inom svenska televerket i december 1978 står benämningen NMT (Nordisk Mobiltelefon) för det nya automatiska systemet och man har därmed frångått benämningen MTC för Sveriges del. Redovisningen omtalar att den första mobiltelefonväxeln (förkortat MTX) med en 1:a utbyggnadskapacitet om 10 000 nummer kommer att tagas i trafik i Stockholm maj 1981. Danmark, Norge och Sverige har valt ett av Ericsson offererat växelsystem av AXE-typ.

Något försenat startar man våren 1981 en provperiod med mobiltelefonväxeln i Stockholm. I juni övertogs denna första växel från leverantören. En andra MTX med samma utbyggnadskapacitet togs i trafik i Göteborg maj 1982. Sedan maj 1981 provades NMT-systemet av televerket med ett större antal mobiltelefoner och basstationer.

Slutlig teknisk kravspecifikation för mobilstationer utgick under 1980 och typprovningen startade i början av 1981. Televerkets provsystem ställdes till mobilstationsleverantörernas förfogande för testverksamhet. I slutet av september 1981 fanns typgodkända mobiltelefoner av fem olika fabrikat och kort därefter tillkom ytterligare fem vilket visar intresset hos tillverkarna. Priset vid tidpunkten var ca 15 000 kronor och uppåt. I likhet med vad som gällde för MTD kom den mobila NMT-stationen att med något undantag ägas av abonnenten.

Vid starten av MNT var inträdesavgiften i systemet 300 kronor, abonnemangsavgiften 400 kronor per kvartal och trafikavgiften 20 öre

för varje period om 4 sekunder dvs 3 kronor per minut. Trafikavgiften var densamma inom hela Norden. Systemet täckte vid starten Stockholm och Mälardalen samt Göteborg och Malmö jämte ett flertal orter längs Norrlandskusten och i mellansverige. På grund av den stora kundtillströmningen fick utbyggnadsprogrammet snabbt revideras.

Den 1 oktober 1981 invigde kommunikationsminsitern den svenska delen av det nordiska automatiska mobiltelefonsystemet i närvaro av bl a de fyra generaldirektörerna från de nordiska televerken. Sverige och Norden hade fått ett av världens förnämligaste system för landmobil radiotrafik.

## Slutord

Med facit i hand och vetskapen om det starka genomslag mobiltelefontjänsten fått och det stora intresse systemet rönt i omvärlden, ser man återigen hur visionärer och eldsjälar åstadkommer storartade resultat fastän vägen mången gång förefallit lång och problemen svårbemästrade.

Ett varmt tack till Carl-Gösta Åsdal som läst manuskriptet och lämnat värdefulla synpunkter och kommentarer, och till Henrik Rosenlund som låtit mig få tillgång till hans handlingar och dokument och även bidragit med personliga hågkomster.

## Källor

Handlingar ur Televerkets Centralarkiv och Televerket Radio:s arkiv.
Handlingar hos Polismuseet, Göteborg.
Artiklar av S Lauhrén, R Berglund och H Bokstam, tidskriften TELE åren 1951, 1952, 1953, 1955, 1972.
Artiklar ur tidskriften POPULÄR RADIO nr 6 1939 och nr 4 1952.
Proceedings of IRE maj 1962.
Landmobil radiokommunikation, betänkande avgivet av arbetsgruppen för mobiltelefonsystem, augusti 1967.
Rapporter till Nordiska telekonferensen 1970–1980.

## *From wireless telegraphy to mobile telephone*

## Summary

The end of 1981 witnessed the opening of the Swedish section of a new, completely automatic mobile telephone common for the whole of the Nordic region. The system which has been given the name NMT [Nordic Mobile Telephone], is the result of a ten year development project and is a cooperative venture by the Nordic telecommunication authorities.

Events after 1981 demonstrate that the NMT system had outstanding properties and it received a highly positive reception in Sweden and in the Nordic region in general. At the end of the present year (1990) it was reckoned that there were 460 000 mobile telephone subscribers in Sweden. The system has aroused great interest and has achieved success internationally.

The present account deals with the early development of land based mobile radio communication in Sweden and the work which since the end of the 40s has been carried out by the Swedish Telecommunications Administration [*Televerket*] in the domain of mobile telephones.

Marconi realised a century ago what wireless telegraphy would mean for shipping. In the mid 1930s serious use began to be made of radio telephones on vessels at sea. It is widely considered that the early history of landbased mobile radio communication is one of "police pioneering".

In 1933, experiments were made with police radio in Gothenburg and from 1935 onwards there was a regular service with a number of radio cars. Transmission took place on shortwave frequencies and initially radio telegraphy was employed. The early 1940s saw the introduction of telephone equipment and frequency modulation on radio frequencies around 40 MHz. Tranmission on this range of frequencies thereby allowed a solution of the car antenna problem. Frequency modulation (FM) in additon provided relatively interference-free reception. An effort was made to keep abreast of technical developments in radio which were accelerated by the second world war. At the end of the 1940s the demand for frequencies for the landbased mobile radio network increased as did the demand for its further connection to the telephone network. A general radio network which could be used in common implied a more effective use of the frequency spectrum since the frequency channels constitute a limited resource.

At this juncture the Swedish Telecommunications Administration considered that the time was ripe to begin experiments on mobile telephones and work concentrated on devising an automatic system. It became the first fully automatic mobile telephone system in the world and was named after its designer, S Lauhrén. The system was based on the then current relay technique and aroused international interest. An experimental installation was set up in Stockholm in 1951. Definitive installations were built in Stockholm and Gothenburg and went into public service in 1956. The system used radio frequencies in the 160 MHz band.

In the mid 1950s, R Berglund at the Telecommunications Administration's Radio Department presented his "tone code principle" which meant that a particular selection tone was exclusively identified with the mobile station. Berglund's system allowed a simplied construction with *inter alia* the use of transistors as active components. An experimental installation was set up in Stockholm in 1961 and the official start of the permanent system in Stockholm and Gothenburg took place in 1965. A further system of this type was introduced in Malmö in 1967. The mobile stations were transistorised with the exception of the transmitters' driving stage and final stage. Berglund's system was suitable for local networks but not for countrywide extension. Lauhrén's and Berglund's systems were used side by side throughout the 60s. The need for a countrywide mobile telephone system became increasingly urgent. The Telecommunications Administration set up a working group under C-G Åsdal, later chief for *Televerket Radio*, to draw up guidelines for a countrywide mobile telephone network. The group's report in August 1967 formed the foundation for subsequent developments. An extensive material dealing with mobile telephone systems both at home and abroad was collected and studied. On the basis of this material and the internal knowledge at the disposal of the Administration, the desirable and imaginable properties of a new, automatic mobile telephone system were specified.

At the end of the 60s, work began on the development of parts of the new system. At the same time, the demand for a mobile telephone system outside the major centres of population was so great that it was opportune to build up

a countrywide service as quickly as possible. The only possibility at this time was a manually serviced system and one such was put into operation at the end of 1971.

At the 1969 Nordic Telecommunications conference at Kabelvåg, Lofoten, a new initiative was taken by C-G Åsdal who together with other interested delegates proposed that the Nordic telecommunications authorities should consider the question of a common mobile telephone system in the future. A conference decision resulted in a Nordic Working Group which with the assistance of various subgroups and specialists, consultants etc was able during the 70s to create the preconditions for a common Nordic system, partly designed this system and after 1975 carried out a system test. The chairman in this working group was H Bokstam from the Swedish National Telecommunications Administration and at his decease at the beginning of 1978, his place was taken by T Haug who had been secretary to the group.

From 1971, the Working Group has reviewed its deliberations and the ongoing work in regular reports to the Telecommunications Conference every other year. The latter—when appropriate—provides its opinion or decides about the future work of the Group. It became more or more clear that the NMT ought to be put into operation during 1981 because of the steadily increasing number of subscribers using the manual system. It was judged that the costs and problems occasioned by a growing number of operator personnel would increase rapidly. The users of the manual system however had become aware of the mobile telephone's potential and it was reckoned that this would give the new system a flying start.

The system tests proved to be demanding in terms of time and resources and went on from 1975 to 1978. The aim was to ensure that the specifications for the mobile stations arrived at were necessary and sufficient. There was also a desire to demonstrate for industry that the technically more advanced parts of the system were based on tried-and-tested technology. Clients wanted moreover to have a simulation model of the exchange included in the system test since in 1975 there were a number of unknowns about how a mobile telephone exchange should be designed. A few years later, however, the first AXE-exchange went into operation and it was concluded that the necessary preconditions for a good mobile telephone exchange had been satisfied. At the end of 1978, contracts were signed for the purchase of exchanges and base station equipment. The definitive technical demand specifications for mobile stations were issued in 1980 and the testing of various types began at the beginning of 1981. When the system was officially inaugurated in Sweden on 1 October 1981, there were five different makes of approved mobile telephones and shortly afterwards these were joined by a further five which shows the interest among manufacturers.

# Penningmandel och Gudaspis

## Om chokladhistoria och chokladteknik

*Av P Gunnar Andersson*

"Ack, välsignade pengar!" – utropade Petrus Martyren från Angleria i ett brev till påven Clemens VII och fortsatte: "Dessa pengar ger inte bara en underbar och nyttig dryck, de skyddar ägaren mot att hänge sig åt djävulsk girighet, ty de kan inte hopas eller lagras länge." De pengar den helige mannen syftade på var kakaobönor.

När den guldtörstige spanjoren Cortez bröt sig in i Montezumas skattkammare, fann han till sin häpnad stora högar av kakaobönor. Det var nämligen så, att lydrikena erlade en del av sin tribut till härskaren i form av den högt skattade kakaon. Cortez fann sådana pengar obekväma, de var inte gångbara hemma i Spanien.

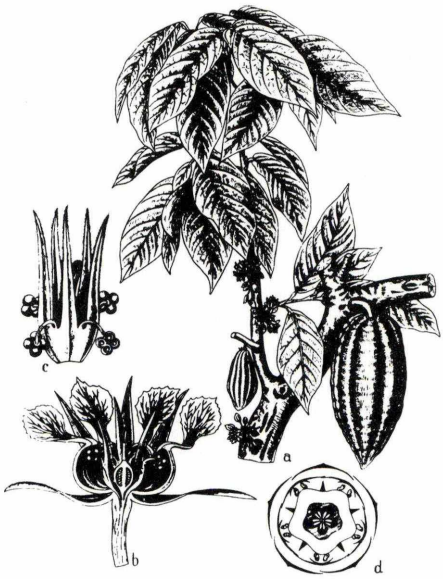
I aztekernas rike i Mexico fungerade kakaobönor en gång som ett behändigt betalningsmedel. På torget kunde man för tio bönor köpa en kanin eller en flickas gunst för natten. För hundra bönor fick man en slav eller en hustru. Botanisterna kallade först kakaon penningmandel, *Amygdalæ pecuniariæ*. Linné tog fasta på kakaons gudomliga ursprung i aztekernas mytologi och döpte kakaoträdet till gudaspis, *Theobroma Cacao*. Det kan också tolkas som ett uttryck för den uppskattning choklad hunnit få i 1700-talets Europa.

*Odling ger skörd*

Från kakaons hemland vid Orinocos och Amasonflodens källflöden hade Mellanamerikas indianer tagit med sig kakaoträdet till nya bosättningar. Redan för tusen år sedan hade kakaon fått rotfäste på Yucatanhalvön i södra Mexico.

Kakaoträdet kan endast odlas inom ett smalt bälte kring ekvatorn. Det är nämligen synnerligen krävande i fråga om klimat och jordmån. Bladen är stora och glansiga. Vackra skära blommor tittar fram lite varstans på stammens bark och på de grövre grenarna. Grentopparna skulle aldrig orka med att bära de tunga gurkliknande frukterna. De klenare grenarna får därför aldrig några blommor.

De mogna frukterna har en vacker gulbrun färg. De skärs ned med knivar på långa skaft. De hopsamlade frukterna öppnas med ett



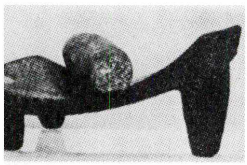

1. Kakaoträdet (Theobroma cacao).

knivhugg. Fram kommer ca 50 mandelformade kärnor, kakaobönor, inbäddade i saftigt fruktkött. Bönorna krafsas fram ur det tjocka fruktskalet och samlas i högar. Det sockerhaltiga fruktmoset kring bönorna börjar jäsa. Socker omvandlas till alkohol och ättika. Temperaturen stiger i bönhögen ända till 55 grader. Detta sätter igång biokemiska processer inuti bönan. De från början blekrosa kärnorna antar efter några dagars jäsning en chokladbrun färg. Samtidigt förbättras smaken påtagligt, varför jäsningsprocessen har en avgörande betydelse för kakaobönornas användbarhet som chokladråvara. På kärnornas färg kan man avläsa jäsningens effekt. Den viktiga proceduren tar ca en vecka, därefter torkas bönorna i solen eller i torkningsanordningar, så att de blir lagringsdugliga och kan skeppas till förbrukarländerna.

Ända till slutet av 1800-talet importerade Europa all kakao från Central- och Sydamerika. Först på 1880-talet planterades kakao på Guldkusten, nuvarande Ghana. Västafrika har sedan under många år dominerat världens kakaobönproduktion, som är 2 100 000 ton. Elfenbenskusten är idag det främsta kakaolandet där. Västafrika svarar för 2/3 av världsskörden. Brasilien bidrar med 1/4. I Afrika odlar småbönder kakaoträd i idyllisk blandning med bananer och olika träd. I Brasilien får Bahiaområdet allt större betydelse. Odlingen sker där på stora plantager med träden i välordnade rader som i en stor fruktodling. Det är inte att förvåna, att avkastningen per träd där är avsevärt högre än i Afrika.

### *Blodröd choklad*

Det var just i Mexico som europeer först kom i kontakt med kakao. Den hårdföre spanjoren Hernando Cortez lyckades med ett fåtal krigare erövra aztekerkungen Montezumas mäktiga rike. Året var 1519. Montezuma mottog de spanska inkräktarna överraskande vänligt, ty han trodde att Cortez var den gud, som enligt sägnen skulle komma från öster.



2. Mexikansk malsten för kakao. Ur Bourgaux.

De spanska inkräktarna fann till sin förvåning, att Montezuma och hans hov med välbehag drack en blodröd, fradgande dryck, som kallades *chocolatl.* De fick också se hur drycken bereddes.

Rostade, skalade kakaobönor maldes med en stenkavel på en säregen malsten, *metatl.* Den var buktig, konkav, och hade fötter, så att man kunde värma den med en träkolsfyr under. Samma typ av malstenar kan man ännu i dag se i Mexico, där de användes för utkavling och bakning av det mexikanska majsbrödet *taco.*

Den finrivna massan vispades energiskt till fradga i dryckeskärlen med en konstfullt snidad trästav. Det tillsattes hett vatten, honung, majsmjöl, vanilj, spansk peppar och andra kryddor och dessutom det blodröda växtfärgämnet *anatto* (bixin). Det förde tanken till aztekernas vana att dricka av blodet vid sina ruskiga människooffer.

### *Länge en spansk hemlighet*

De spanska erövrarna i Mexico fick snart smak för den märkliga drycken chocolatl. De tog med sig kakaobönor, recept och beredningsmetoder till Europa. Chokladdrycken bereddes sedan på mexikanskt sätt dock utan spansk peppar och blodröd färg. Spanjorerna behärskade de kakaoproducerande länderna och höll den exklusiva njutningen av choklad för sig själva i nästan 100 år.



3. Mexikanska kvinnor rostar och mal kakaobönor, 1500-talet.

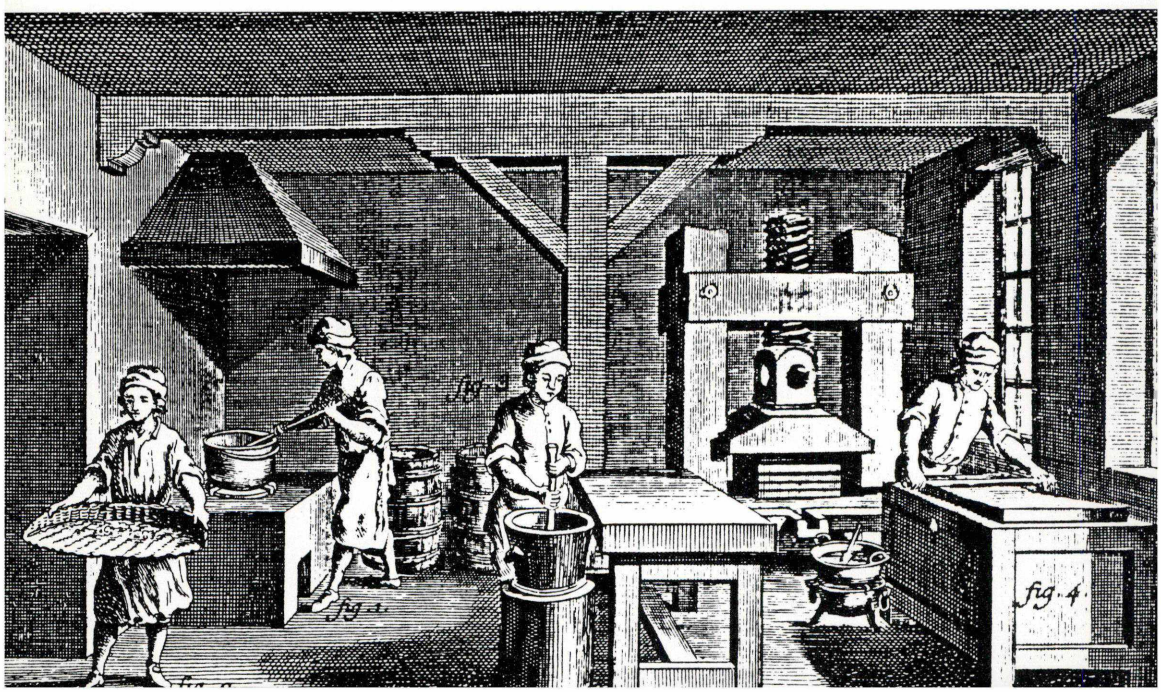
Rapport om den populära chokladdrycken nådde påven Pius V. Han blev 1569 serverad en kopp, men han fann drycken så avskyvärd, att han ansåg det vara uteslutet att någon skulle kunna ta för vana att dricka den, därför var det inte nödvändigt att bannlysa chokladen under fastan!

Med tiden bröts det spanska chokladmonopolet. Italienaren Antonio Carletti tog 1606 efter en långvarig Spanienvistelse receptet på choklad med sig hem. Några årtionden senare började kaféerna i Florens och Venedig servera en choklad, som vann berömmelse över hela Europa.

Det egentliga genombrottet för choklad kom med de franska drottningarna. Ludvig XIII förmälde sig 1615 med Anna av Österrike, dotter till den spanske kungen Filip III. Drottning Anna kunde inte avstå från choklad i sitt nya land, men hon drack den mest i en mindre krets. Större spridning fick chokladdrycken genom Ludvig XIV:s drottning Maria Teresia. Även hon var en spansk prinsessa. Hon tog med sig sin speciella chokladkokerska La Molina till Paris. Och nu blev choklad högsta mode i de förnämsta kretsarna i Frankrike.

Chokladdrycken spred sig i Europa. Kaffehus fanns redan litet varstans. De hade inte alltid det bästa rykte. Nu uppstod det på 1600-talet i London och i Amsterdam nästan lika många chokladhus som kaffehus. Den förnäma publiken föredrog chokladhusen, som hade bättre anseende. Medan de förmögnare njöt drycken på chokladhusen, kunde enkelt folk köpa choklad på apoteken att ta till som läkemedel i nödens stund.

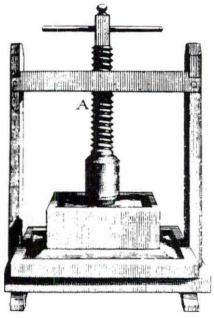
4. Chokladtillverkning i Frankrike enligt Diderot och D'Alembert 1763.





5. Chokladverkstad i början av 1800-talet.

### *En holländares utpressning*



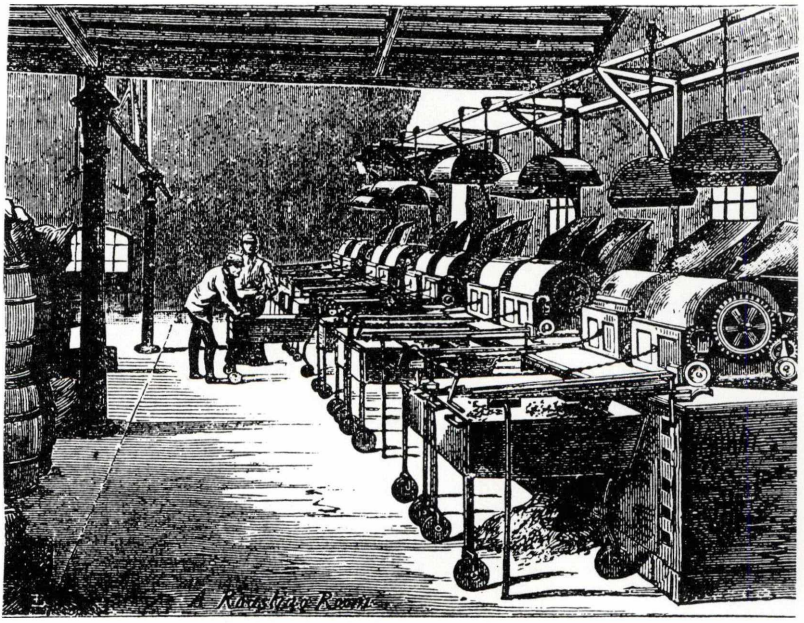

6. Chokladpress.

Den tidens choklad bestod enbart av de malda kakaobönorna, den var obehagligt besk. Socker eller honung tillsattes vid tillagningen av drycken. Oaptitliga fettpärlor simmade i mängd på ytan. Kakaobönan innehåller hela 55 % fett. Det var inte alla magar, som tålde den feta chokladen.

Holländaren *C J van Houten* fann 1827 ett sätt att göra kakaodrycken mera smaklig. Han fyllde den smälta kakaomassan i en press och klämde ut en stor del av fettet, som har det trevliga namnet *kakaosmör*. Kvar i pressen blev en kaka, som han malde till ett pulver. Idén fungerade, det blev inga fettpärlor i koppen. Pulvret gav dock bottensats i drycken. van Houten trodde, att det skulle gå att göra kakaopulvret lösligt genom alkalitillsats. Han använde pottaska (kaliumkarbonat), som neutraliserade sura ämnen i kakaon. Smaken blev bättre. Kakaopulvret höll sig väl något bättre svävande i drycken, men förblev ändå olösligt. Alkaliserat kakaopulver är en vanlig handelsvara och går under beteckningen *Dutched cocoa*.

### *Äntligen en riktig chokladkaka*

Före van Houtens uppfinningar var det enda de första chokladfabrikanterna hade att erbjuda en kakaomassa i block, som raspades och smältes i vatten eller mjölk tillsammans med socker och kryddor till en mäktig och grynig dryck. Ingen ville äta kakaomassan direkt. Den var allt för bitter. Sötades chokladen med socker, gick den inte att forma till kakor. *Joseph Fry* i Bristol fann 1847 på att öka fetthalten i



7. Interiör från Fry's chokladfabrik 1884.

chokladen genom tillsats av kakaosmör, dvs biprodukten från pulverfabrikerna. Blandningen av kakaomassa, socker och kakaosmör gick nu att forma till välsmakande kakor. Ätchokladen var uppfunnen.

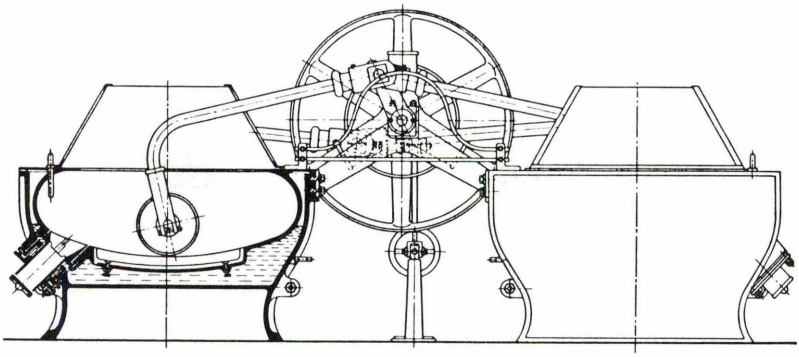
*Gala-Peter gjorde stor succé*

Schweizaren Daniel Peter hade i mitten av 1800-talet övertagit en ljusfabrik. Affärerna gick dåligt. Talgljusen hade fått en besvärande konkurrens av de nymodiga fotogenlamporna. Peter fick då rådet av sin svåger chokladfabrikanten Caillér att gå över till chokladtillverkning. För att få framgång ville Peter göra något extra. Han fastnade för idén att kombinera den schweiziska mjölken med de importerade kakaobönorna och sockret.

Men det var faktiskt inte så enkelt att förena den vattenhaltiga mjölken med kakaomassa i en chokladkaka. Lösningen nådde han i samarbete med Henry Nestlé i Vevey. Denne hade börjat tillverka kondenserad mjölk, dvs mjölk, som inkokats i vakuumpannor tillsammans med socker. Efter åtta års experimentmödor lyckades Peter 1875 få fram en säljbar mjölkchokladkaka. Den såldes under namnet Gala-Peter och blev en stor succé inte minst i utlandet och bidrog starkt till att Schweiz fick renommé som Europas chokladland.

*Musslans hemlighet*

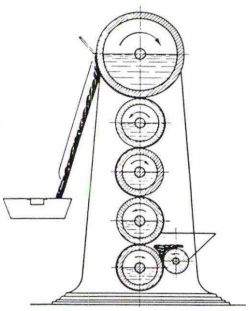
Apotekaren *Roderich Lindt* i Bern tillverkade i sitt apotek även choklad. I den helt hantverksmässiga tillverkningen utfördes malningen av chokladen med hjälp av en kavel på en buktig stenplatta



8. Conchmaskin.

precis som på aztekernas tid. Lindt ville mekanisera malningen. Han byggde 1880 en maskin, ett stort plåtkar, där bottnen var en buktig stenplatta. På denna drevs en stenvals fram och åter i chokladmassan. På grund av maskinens skålformade botten, som i någon mån påminde om ett musselskal, kallade Lindt sin maskin *conch*, ett ord som har med de romanska språkens ord för mussla och konkavitet att göra.

I conchen blir den från början gryniga chokladen len och slät. Vid malningen av chokladen splittras visserligen socker och kakaopartiklar i många småpartiklar, men dessa pressas samtidigt samman ungefär som pulvret i en komprimerad huvudvärkstablett. Vid den kraftiga bearbetningen i conchen tvingas partiklarna isär. Kakaosmöret går in mellan dem. Partiklarna kan glida mot varandra. Chokladen blir mera lättflytande och smälter behagligt vid förtäringen. Minst lika viktig är smakförändringen. Den fram- och återgående valsen åstadkommer ett ljudligt plaskande och en intensiv luftning av chokladen. Icke önskvärda ämnen som ättika, fukt m m i kakaobönorna luftas bort. Efter ett par dygns plaskande och böljegång i conchen blir den från början gryniga och fräna chokladen len och välsmakande. Conchningen är således en mycket betydelsefull process vid chokladtillverkning.



9. Äldre valsverk för choklad.

### *Maskiner ersätter malningens mödor*

När man på 1800-talet sökte ersätta handmalningen av choklad med maskiner tillgrep man i första hand stenkvarnar, uppbyggda på samma sätt som gamla spannmålskvarnar. Ofta arrangerades de i kaskad med tre kvarnar i följd. Den tyska maskinfabriken *Hermann Bauermeister* införde 1896 valsverk med stålvalsar för finmalning av chokladen. Man vann därigenom kapacitetsökning och jämnare malningsresultat. Vanligen kombineras fem valsar placerade vertikalt över varandra.

### *Hantverk blir industri*

Apotekarnas hantverksmässiga chokladframställning och sockerbagarnas mångsidiga hantering började mot slutet av 1800-talet att




10. Annons i Vecko-Journalen 1924.




ersättas av uppväxande industrier. I Sverige etablerade sig exempelvis Cloetta 1872, Mazetti 1888 och Svea Choklad 1887. Men även om man då sökte ersätta ett och annat av handarbetet med maskiner, kan man ändå säga, att den tidens fabriker bedrev hantverk i stor skala. Man hade dessutom ambitionen att tillverka allt vad en sockerbagare kunde hitta på och drogs därför med ett varusortiment på flera hundra artiklar, som var och en tillverkades endast i små kvantiteter.

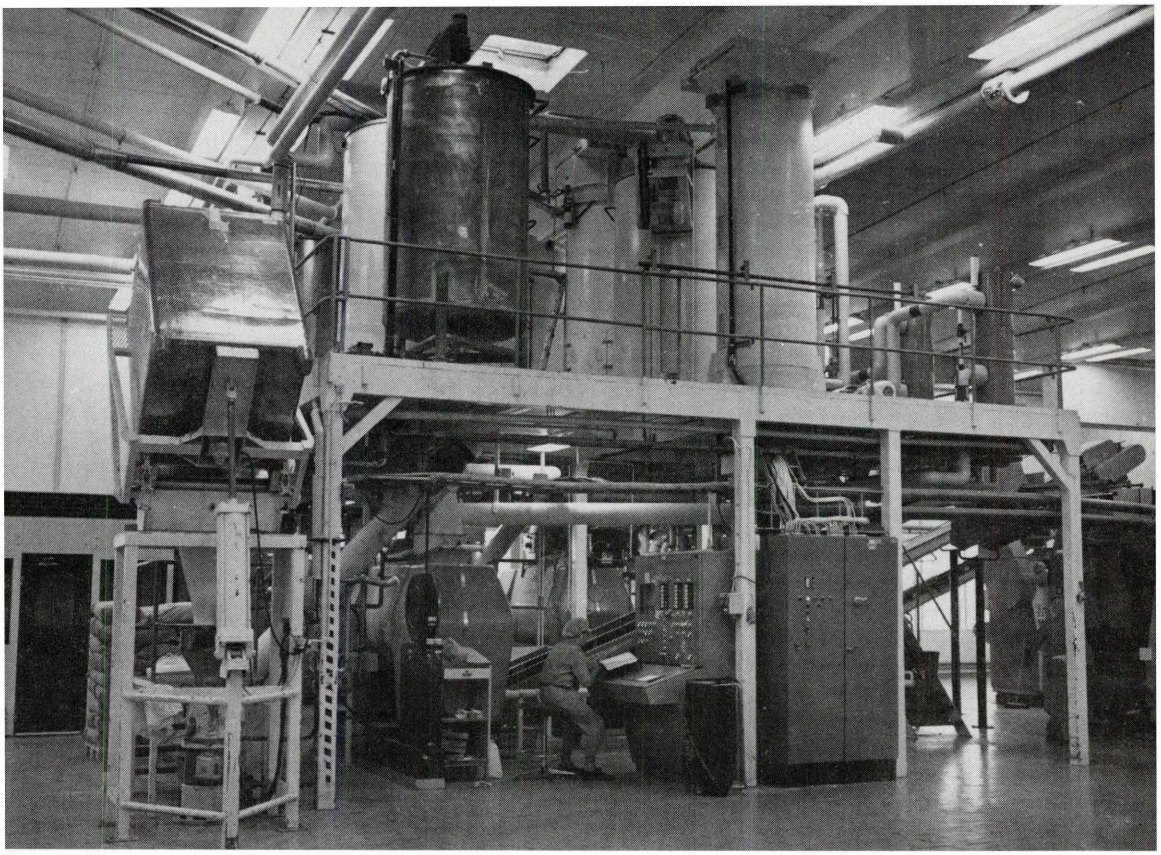
Den tidens hantverksmässiga produktionsmetoder har i nutiden ersatts av avancerad teknik och en tillverkning i sinnrika maskiner i imponerande processindustrier.

### *Så här gör Marabou*

Yngst bland våra stora chokladföretag är Marabou, som samtidigt är den ledande chokladfabriken och störst i Norden. Marabou sysselsatte 1989 1 692 anställda med chokladtillverkning och producerade 42 000 ton chokladvaror med ett försäljningsvärde av 1 511 miljoner kronor. Marknadsandel i Sverige 40 %.

Produktionen sker dels i Sundbyberg och dels i en nyare, större fabrik i Upplands Väsby. Tillverkningen kan i korthet beskrivas så här:

Efter ankomstkontroll och rensning mellanlagrar Marabou kakaobönorna i silos. Bönorna rostas kontinuerligt i en schaktrost, hetluft blåses från sidan genom bönorna i schaktet. Vattenhalten minskar under rostningen till ca 1–2 % och aromen utvecklas. Det värdelösa cellulosaskalet kring kärnan avlägsnas. Kärnan, som innehåller hela



11. Satsnings- och blandningsstation för chokladmassa. AB Marabou, Upplands Väsby. Foto Kay Danielson, TM.

55 % fett (kakaosmör) males till en brun kakaomassa. I viss utsträckning kompletterar Marabou den egna kakaomassan med annan massa köpt från utländska fabriker.

Andra stora råvaror är kakaosmör, mjölkpulver och socker.

Fabriker, som tillverkar kakaopulver, får som sidoprodukt det värdefulla kakaosmöret, som är en mycket viktig chokladråvara. Kakaosmöret är en nödvändig komponent. Det ger chokladen korrekt konsistens och smältbarhet vid förtäringen. Leverans sker i tankbilar från Holland.

Mjölkchoklad består till 1/4 av mjölkpulver, som framställts av helmjölk och torkats enligt spraymetoden. Marabou förbrukar mjölkprodukter motsvarande produktionen från 7 000 kor.

Socker levereras från svenska betsockerbruk. Kristallsockret (K5) males till pudersocker vid fabriken före blandning med övriga ingredienser. Marabous sockerförbrukning motsvarar 3 000 hektar sockerbetsodling.

### *Blandning*

Råvarorna pumpas eller blåses i rörledningar till blandarstationen, där de automatiskt uppväges av vågar programmerade enligt respektive

recept. Kakaomassa, pudersocker, mjölkpulver och kakaosmör knådas intensivt till en degliknande massa. Denna transporteras vidare på band till valsningsavdelningen.

*Valsning*

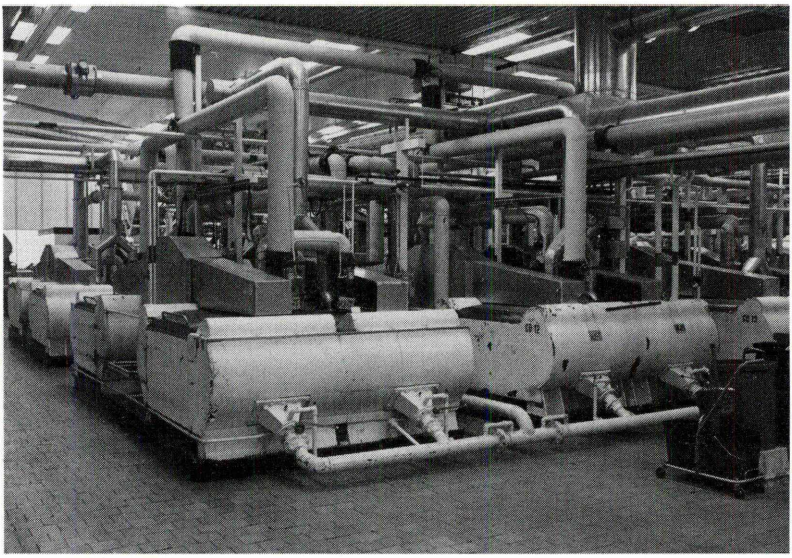
Valsningen har främst till uppgift att reducera storleken på fasta partiklar i chokladmassan, så att våra tungor inte längre har möjlighet att känna dem som strävhet i chokladmassan. Till chokladens kvalitetsegenskaper hör att den skall kännas slät och len i munnen. Tröskelvärdet för vad tungan kan känna går vid en partikelstorlek på ca 0,025 mm.

Denna finmalning sker på valsverk. Där tvingas chokladmassan i omgångar in i smalt mellanrum mellan kraftiga valsar, som roterar med olika varvtal. Skjuvkrafterna vid valsningsprocessen alstrar stor värmeutveckling. Det är nödvändigt att kyla valsarna. De är ihåliga och genomströmmas av kylvatten. Ett valsverk omfattar fem valsar liggande ovanpå varandra.

Rotationshastigheten ökar successivt från den nedre valsen och är således högst på den översta valsen. Chokladen går i kontaktytan över på den snabbare valsen och vandrar på så sätt som en film uppåt på valsarna och avskrapas som flingor av en längsgående kniv på den översta valsen. Chokladflingorna hamnar på ett transportband, som för dem till den fortsatta behandlingen.

12. Valssalsinteriör vid AB Marabou, Upplands Väsby. Foto Kay Danielson, TM.





13. Conchsalen vid AB Marabou, Upplands Väsby. Foto Kay Danielson, TM.

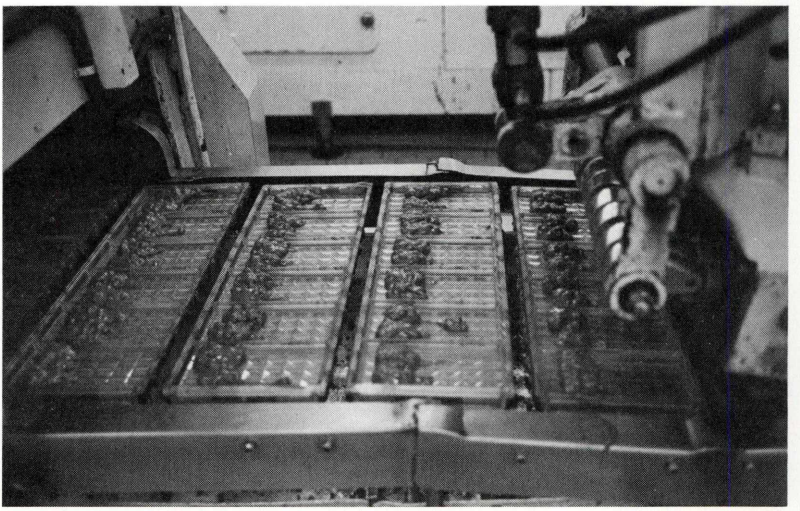
*Conchning*

De valsade chokladflingorna löses först upp till en flytande chokladmassa. Detta sker genom värmning, kraftig bearbetning och tillsats av kakaosmör och lecitin. Lecitin är ett emulgeringsmedel som används för att göra chokladmassorna mera lättflytande. Det är ett naturligt ämne som huvudsakligen utvinns ur sojabönor. Sedan vidtager en märklig process, som kallas *conchning*. Den har mycket stor betydelse för chokladens kvalitet. Smaken utvecklas och förbättras. Konsistensen blir len och behaglig. Bäst resultat erhålles i s k långconchar. Chokladmassan bearbetas där i ett rektangulärt kar av en tjock stålrulle. Den rör sig fram och åter i karet, så att chokladmassan ändrar riktning ca 40 gånger i minuten. Den slungas upp längs de uppåtböjda gavlarna och faller ner igen med ett dovt plask. Behandlingen innebär en kraftig luftning av chokladmassan och därigenom får chokladen en mildare, angenämare smak.

Efter färdigbehandling i conchen är chokladmassan klar att använda för formning av chokladkakor eller för att bilda chokladöverdrag på marsipanbitar och andra s k inlägg vid tillverkning av praliner och stycksaker som Japp och Dajm.

*Temperering*

Fettet i chokladen, kakaosmöret, kan beroende på hur det kyls och behandlas stelna och kristallisera i flera polymorfa modifikationer med olika smältpunkt. De med lägre smältpunkt är instabila, de omlagras lätt under viss värmeutveckling, så att fett kan tränga ut till chokladens yta och ge en grå beläggning eller en matt yta. Den högsmältande stabila modifikationen krymper kraftigt vid stelnandet.



14. Detalj av formningsmaskin. Gjutmaskin och delvis fyllda formar. AB Marabou, Upplands Väsby. Foto Kay Danielson, TM.

Därigenom släpper de färdiga chokladkakorna lätt från formarna. Chokladen blir hård och spröd och får önskvärd smältbarhet.

Därför styr man chokladens stelnande genom att före formningen förse den med kristallgroddar. Detta sker i automatiska s k tempereermaskiner. Där kyls chokladmassan under livlig omrörning, så att kristaller av olika modifikationer bildas. Sedan värms massan, så att de instabila kristallerna smälter, men de stabila blir kvar. Detta sker vid ca 32° för mörk choklad och ca 29° för mjölkchoklad. När chokladen sedan kyls i formarna, fungerar de kvarvarande kristallerna som groddar, som styr bildandet av fettkristaller av den stabila modifikationen.

*Formning*

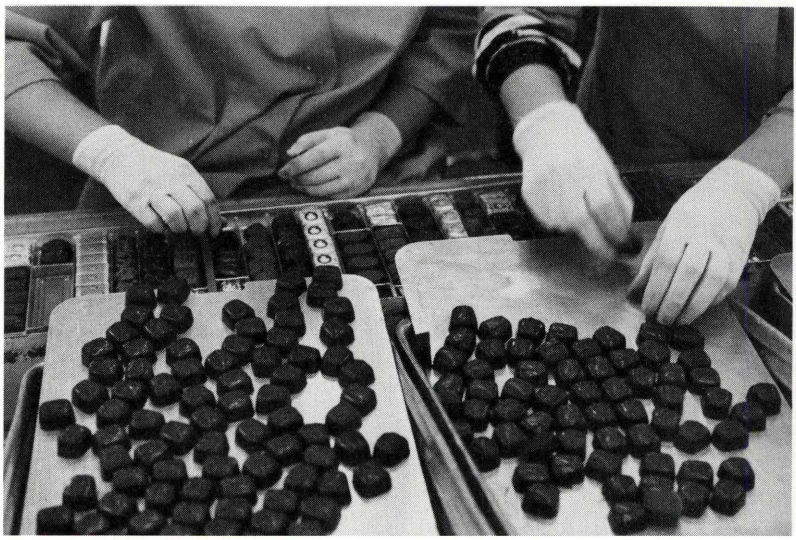
Gjutmaskinens ställbara kolvar mäter av exakt mängd tempererad chokladmassa i varje form. Gjutmaskinen svänger, så att dess munstycken i gjutögonblicket följer de passerande formarna. Dessa är numera vanligen av slagtålig polykarbonatplast. Tidigare användes formar av förnicklad plåt. Formarna sitter inspända i kedjor, som kontinuerligt går genom formningsmaskinens olika avdelningar. Chokladen är vid gjutningen ganska tjockflytande. Den lägger sig som en hög i formen. Formarna passerar därför kraftiga vibratorer. Skakningarna får chokladen att flyta ut och att bilda en plan yta. Formarna fortsätter sedan in i en kylbana, där de möter en till ca + 10° nedkyld luft under ca 20 min. Chokladen stelnar då till hårda kakor. Formarna vänds upp och ned och skakas igen. Kakorna släpper då formen och faller ner på plåtar, som matar ut dem ur formningsmaskinen.



15. Chokladkakorna lämnar gjutmaskinen för att matas in i inslagningsmaskinerna. AB Marabou, Upplands Väsby. Foto Kay Danielson, TM.

*Packning* När kakorna lämnar formningsmaskinen passerar de en metalldetektor, som avslöjar eventuella metallföremål i chokladen. De felaktiga chokladkakorna matas automatiskt ut från bandet och blir föremål för en särskild undersökning. De normala chokladkakorna matas sidledes in på en rad packmaskiner, som snabbt förser dem med aluminiumklätt pappersomslag. De inslagna chokladkakorna samlas automatiskt i små butikskartonger. Dessa travas i sin tur i stora pappkartonger på truckpallar, som fraktas ut på lagret.

*Praliner* En del praliner tillverkas i formar. Dessa har fördjupningar som motsvarar den blivande pralinens form. Först fylls fördjupningarna helt med choklad. I nästa steg vänds formen upp och ned. En stor del av chokladen rinner ut, men kvar efter formytan blir en tjock hinna av choklad. Formarna går vidare in i en kylbana. Chokladen stelnar och bildar ett skal (*hylsa*) i formen. Denna har vänts rätt igen. En gjutmaskin doserar en mer eller mindre flytande fyllning i hylsan. Formen försvinner in i en andra kylbana. Fyllningen blir därigenom fastare. Formen passerar sedan under ett värmeelement. Kanterna på chokladhylsan smälter, så att en hopsvetsning sker, när chokladmassa spacklas över pralinformarna. På så sätt får pralinerna en tät botten. En passage genom en tredje kylbana får bottnen att stelna. Formen vändes och pralinerna skakas ur. De samlas på plåtar i transportlådor i väntan på packning.



16. Handpackning av Fortuna-praliner. AB Marabou, Upplands Väsby. Foto Kay Danielson, TM.

*Överdragning*

Sk *inlägg* som marsipan, kola, Dajmknäck m m kan täckas helt med choklad genom *överdragning*. De fasta inläggsbitarna matas på ett galler in i en ridå av tempererad chokladmassa, som formligen regnar ner över bitarna och täcker dem på alla sidor med choklad. Bitarna skakas efter ridån, så att överflödig choklad rinner av genom gallret.

De chokladöverdagna bitarna kan automatiskt förses med dekor eller mönster på ytan genom beröring med lämpligt verktyg eller påblåsning med luftstötar. Sedan går de vidare in i en kylbana, där de under ca 10 minuter kyls till ca + 15°. Chokladöverdraget stelnar och pralinerna eller stängerna plockas av vid slutet av kylbanan för att mellanlagras i transportlådor i väntan på packning.

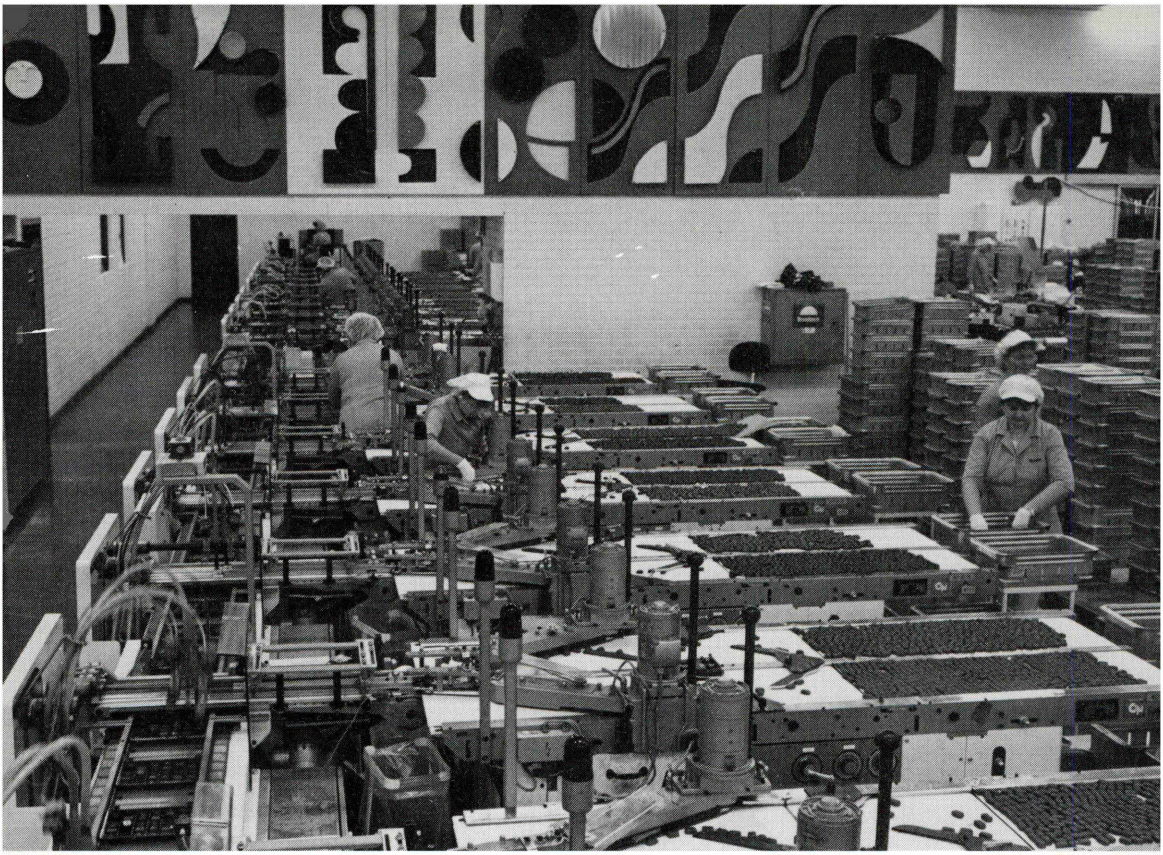
*Pralinpackning*

Pralinaskar med mera komplicerat sortiment som Fortuna packas för hand av arbetslag vid band. För Alladin- och Paradispralinerna gäller att de dels packas i större serier dels att de olika storlekarna (250, 500, 750 och 1000 g) sammansättes av moduler om 250 gram. De packas med hjälp av ett batteri av robotarmar.

Från transportlådorna matas varje pralinsort för sig fram på ett band, som ordnar och fixerar pralinerna i en rad. En robotarm med sugkopp lyfter upp den enskilda pralinen och placerar den på den förutbestämda platsen i det plasttråg, som utgör modulen. Efterhand som modulen avancerar på bandet fylls den ena pralinsorten efter den andra i på sina bestämda platser. Ett litet arbetslag gör en kontroll att alla praliner kommit på plats och kompletterar vid behov. Plastmodulerna med sitt kompletta pralininnehåll överföres i de välkända papp-

17. Packningsband för Fortuna-praliner. AB Marabou, Upplands Väsby. Foto Kay Danielson, TM.

18. Samling av inslagna praliner i lådor. AB Marabou, Upplands Väsby. Foto Kay Danielson, TM.



19. Robotlinje för automatisk packning av Aladdin-praliner. AB Marabou, Upplands Väsby. Foto Kay Danielson, TM.

askarna. Askarna får cellofanomslag och packas i transportkartonger helt automatiskt. Så är även pralinerna klara att åka till det kylda höglagret i väntan på utexpediering.

*Lagring*

Varje truckpallskartong förses med ett identifikationskort med streckkod för registrering i lagrets datacentral (Digital Equipment PDP 11/44). Pallarna vandrar på transportbanor till det kylda höglagret (System Schindler-Digitron). Där kan lagras 22 140 pallar i 15 nivåer i den 25 m höga byggnaden. Temperatur +5° eller +15°. Datacentralen registrerar varje palls läge i det väldiga lagret. Vilken pall som helst kan när som helst plockas fram av den datastyrda, automatiska lyftmaskinen inne i höglagret, när datan får order om utleverans. Det är ingen svårighet att följa den ledande principen: Först in – först ut. Inga varor kan glömmas bort och stå och bli gamla i lagret. För övrigt garanterar den låga lagringstemperaturen, att kvaliteten inte förändras under lagringen.

**Källor** P Gunnar Andersson: Chocolatl, penningmandel och gudaspis (i Gastronomisk Kalender 1987).
Albert Bourgaux: Quatre siecles d'histoire du cacao et du chocolat. Bruxelles 1935.
H Finke: Handbuch der Kakaoerzeugnisse.
Rolf Italiander: Xocolatl. Ein süsses Kapitel unser Kulturgeschichte. Hamburg 1980.
Wolf Mueller: Seltsame Frucht Kakao. Hamburg 1957.
Helge Rubinstein: Chokladboken. Värnamo 1983.

## *The history of chocolate and its production*

**Summary** The cocoa tree is indigenous to the Amazon region. It is demanding as regards climate and soil and can only be grown in a belt around the equator. The fruit is cut down with long knives and slit open. Inside are to be found fifty or so almond shaped cocoa beans. After undergoing a fermentation process in the tropics, they are dried before shipping to the consumer countries.

Europeans first came in contact with cocoa beans and chocolate when in 1519 the Spaniard Hernando Cortéz conquered the kingdom of the Aztecs in Mexico. There cocoa beans were used as the raw material for a much liked drink but also as money in various business transactions. The Spanish conquistadores took the cocoa beans and the habit of drinking chocolate back to Spain. Chocolate as a drink gradually spread over Europe. During the nineteenth century various inventions led to the foundation of the modern chocolate technology. In 1827 the Dutchman C J van Houten pressed the fat from the cocoa mass and produced cocoa powder and cocoa butter respectively. In 1847, the Englishman Joseph Fry added extra cocoa butter to a mixture of cocoa mass and sugar and in this way was able to produce chocolate in bar form. Daniel Peter of Switzerland discovered in 1875 a way of combining cocoa with milk in a milk chocolate bar. In 1880 Roderich Lindt—also from Switzerland—constructed the first conch which improved the taste and consistency of the chocolate. In 1896 the German mechanical engineering firm Hermann Bauermeister built a rolling mill with steel rollers for the refining of chocolate.

The old confectioner's handicraft has become an industry. In Sweden's largest chocolate factory, Marabou, the chocolate beans are roasted in a shaft roaster. The husks are taken away and the beans are ground. The cocoa mass is mixed with sugar, dried milk and cocoa butter. The mixture is then refined by means of a rolling mill. The taste and consistency is improved by the use of the conch. The chocolate is made into bar form in plastic moulds or used for coating filled chocolates. The finished chocolates are packed in boxes by robots. The boxed chocolate products are then stored for delivery at + 5°C in a computerised automatic 25 metre high storehouse.

# *Litet flyghistoria – hur det började*

*Av Knut Fristedt*

Det är nu mer än 200 år sedan den första ballonguppstigningen med människor ombord företogs, knappt 140 år sedan det första bemannade luftskeppet flög och snart 90 år sedan den första egentliga flygningen med ett motordrivet flygplan styrt av en pilot genomfördes. Pionjärtiden började någon gång i tidig historia och kan anses sträcka sig fram till 1909, en tidpunkt då såväl flygplanet som luftskeppet funnit sin form. Utvecklingen därefter har inneburit att flygplans prestanda, tillförlitlighet och säkerhet ökat enormt och att luftskeppet konkurrerats ut av flygplanet som kommunikationsmedel i luften. Gasballongen försvann i stort sett under första världskriget, och varmluftsballongen har återuppstått i vår tid.

De första av människor gjorda föremål som flög med hjälp av aerodynamiska krafter var drakar och bumeranger [1, 2, 18]. Draken som är urtypen till flygplansvingen fanns i Kina f Kr och man har anledning tro att personbärande drakar användes för militär spaning och på handelsfartyg. Till Europa kom draken under 1500-talet. Det är höljt i dunkel hur Australiens urinvånare kunde komma på idén att förse bumerangen med en välvd profil. Det dröjde ända till 1800-talets början innan man i Europa visste att den välvda profilen är bättre än den plana, när man vill åstadkomma ett bra glidtal (förhållandet mellan lyftkraft och motstånd).

Nedan beskrivs några av de insatser och händelser som påverkat flygteknikens utveckling under pionjärtiden.

*Leonardo da Vinci*

Italienaren Leonardo da Vinci (1452–1519) [3, 4], känd som konstnär och vetenskapsman, ansåg att man skulle kunna lösa flygningens problem genom att imitera fåglarnas flykt. Han trodde att fågeln flöt på luften till följd av luftens kompressibilitet (sammantryckbarhet) och att den tog sig fram på ett fjärilssimsliknande sätt. Han förleddes därigenom att tro att människans muskelstyrka var tillräcklig för att driva ett slagflygplan (ornithopter).



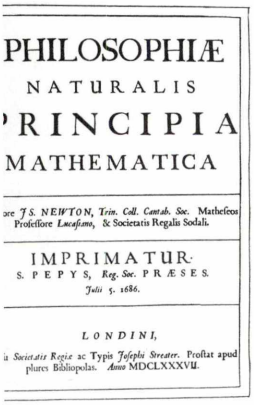
Han gjorde aldrig några glidförsök, och hans efterlämnade noter och skisser fick inget inflytande på utvecklingen. De samlades systematiskt först på 1930-talet.

Leonardo da Vinci hade klart för sig att de aerodynamiska krafter

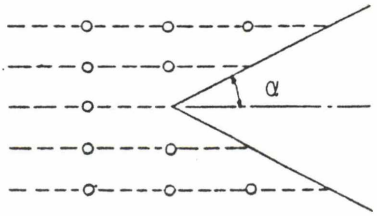
som uppstår på en kropp till följd av en luftström enbart beror på hastighetsskillnaden mellan kroppen och luften. De blir således lika för en kropp som rör sig med given hastighet genom stillastående luft och en stillastående kropp som träffas av en luftström med den givna hastigheten. Detta förhållande använder man sig alltid av vid tillämpning av resultat från vindtunnelförsök.

*Isaac Newton*

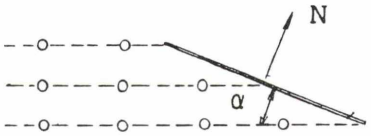
Den engelske vetenskapsmannen Isaac Newton (1642–1727) [3, 5], känd från sin iakttagelse av det fallande äpplet, intresserade sig också för motståndet hos kroppar i strömmande medier. Hans intresse för strömningsmekanik var inte flygtekniskt utan skeppstekniskt betingat. Under 1600-talet hade rena segelfartyg börjat att dominera sjöfarten, och därmed blev det viktigt att nedbringa fartygens skrovmotstånd. I sin bok "Principia" (1687) visade Newton att motståndet hos en kropp är proportionellt mot strömningsmediets densitet, mot kvadraten på den relativa hastigheten och mot kroppens storlek och form. För inkompressibla medier tillämpas detta fortfarande.


PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA
IMPRIMATUR
S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.
Julii 5. 1686.
LONDINI,

Däremot lyckades han ej formulera en hållbar teori för beräkning av kroppars motstånd i motsvarande medier. Han antog att mediet tankemässigt kunde ersättas av ett antal jämnt fördelade, lika stora, fasta partiklar som rörde sig parallellt och som vid kollisionen mot en kropp förlorade sin impuls vinkelrätt kroppens yta och sedan fortsatte parallellt med ytan (fig 1). Teorin [4], som kallas Newtons sinuskvadrat-lag, ger endast tryckkrafter och brukar beskyllas för att ha fördröjt flygteknikens utveckling, emedan den grovt underskattar den lyftkraft som i verkligheten uppstår på en plan platta med anfallsvinkel (fig 2). Hade Newton haft rätt skulle det inte löna sig att bygga flygplan. Då hade man fått nöja sig med friflygande ballonger och luftskepp.



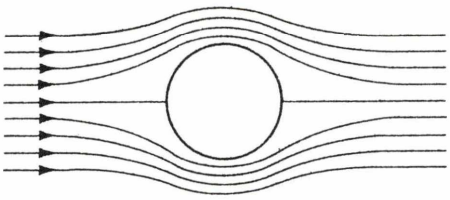

1. Newtons modell med en parallell ström av partiklar som träffar en kon. Efter kollisionen fortsätter de längs konens mantelyta.



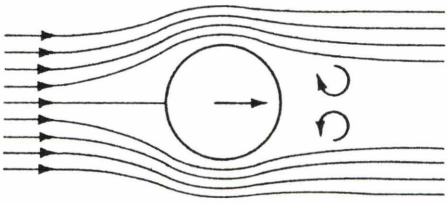

2. Newtons teori tillämpad på en plan platta med anfallsvinkel [4]. Normalkraften = densiteten × (hastigheten × sin α)$^2$ × vingytan.

*Klassisk strömningsteori*

Vid 1700-talets mitt skapades den klassiska inkompressibla strömningsteorin, där man betraktar strömningen som ett kontinuerligt medium och där man försummar viskositetens inflytande. Detta



3. Strömningen kring en cylinder enligt d'Alemberts överläggningar [5].



4. Strömningen kring en cylinder, så som den i verkligheten ser ut [5].

motiverades med att de viskösa krafterna måste vara försumbart små vid sidan av övriga krafter i medier som vatten och luft. Vid denna tid var man också klar över att strömningen viker av, när den närmar sig en kropp, och sveper parallellt med kroppens yta och inte stöter mot som Newton förutsatte. Man insåg därmed att den kraft som strömningen utövar på kroppen måste vara lika med statiska trycket i strömningen.

*Jean leRond d'Alembert*

Den franske matematikern Jean leRond d'Alembert (1717–1783) [3, 4, 5] utgick från en impuls- och en kontinuitetsbetraktelse och sökte beräkna motståndet hos en 2-dimensionell kropp (fig 3). Till sin förvåning fann han att det blev noll, och i en avhandling från 1749 säger han att han ej kan förklara detta. Vi kallar idag denna skenbara orimlighet för d'Alemberts paradox och vet att den beror på att man inte kan försumma de viskösa krafterna närmast kroppen (fig 4).

d'Alembert utförde under 1777 en serie motståndsmätningar på skeppsmodeller och konstaterade att Newtons teori stämde någotsånär endast när vinkeln $\alpha$ (fig 1) låg inom området 50° till 90°.

*Daniel Bernoulli*

Schweizaren och matematikern Daniel Bernoulli (1700–1782) [3, 4, 5] tillskrivs en av den inkompressibla teorins viktigaste samband eller Bernoullis ekvation. Han förklarade den med att säga att summan av rörelseenergi och lägesenergi längs en strömlinje är konstant. Formuleringen ingick i hans bok "Hydrodynamica", publicerad 1738, och är där inte i den form vi tillämpar nuförtiden.

*Leonard Euler*

Schweizaren Leonard Euler (1707–1783) [3, 4, 5] var en av 1700-talets giganter inom teoretisk mekanik. Euler generaliserade d'Alemberts arbete och formade de ekvationer vi idag använder för att beskriva en friktionsfri (ideal) strömning kring en kropp. Han insåg också att

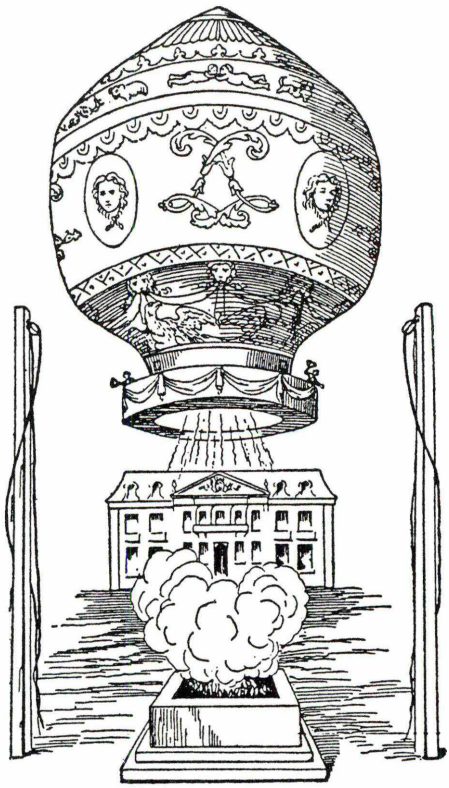
tryck är en punktegenskap som kan variera inom strömningen. Han formulerade om Bernoullis ekvation till den form vi numera använder.

*George Stokes*

Navier-Stokes ekvationer, så som de skrevs ner av den engelske professorn George Stokes (1819–1903) år 1847, är en utvidgning av den klassiska teorin till att också omfatta viskositetens (friktionens) inverkan [3, 5]. Olyckligtvis har man ej kunnat finna någon lösning till detta system av differentialekvationer annat än i 1-dimensionella fall, och den tidiga flygtekniken hade därför ingen nytta av det. Det är först i och med superdatorernas ankomst som man med hjälp av numeriska metoder kunnat skaffa sig "allmänna lösningar" på strömningstekniska problem.

*Bröderna Montgolfier*

Det var den friflygande ballongen, vars verkningssätt kan förklaras med Arkimedes princip, som först förde upp en människa i luften. De båda fransmännen Joseph (1740–1810) och Etienne (1745–1799) Montgolfier [1, 6, 7, 8], verksamma som pappersfabrikörer, experimenterade i början av 1780-talet med varmluftsballonger. De konstaterade att om man höll en påse upp och ner över en eld så steg påsen



5. Montgolfiers första varmluftballong för bemannad flygning [8].

uppåt när den släpptes. Förklaringen till detta, att varm luft har lägre densitet än omgivande kall luft, kom ej förrän ett par år senare.

När bröderna efter en period av experiment ansåg sig kunna bygga ballonger stora nog att bära ett par människor ansökte de om tillstånd för detta hos Ludvig XVI. Kungen medgav detta och bestämde samtidigt att två straffångar skulle utgöra passagerarna. Att två brottslingar skulle få den ovanskliga äran av att vara de första människorna i luften upprörde två adelsmän, Francis Pilâtre de Rozier (1757–1785) och Laurent d'Arlandes. Efter diverse hovintriger blev de utsedda att medfölja ballongen istället.

För ändamålet byggde bröderna Montgolfier och en kollega en ballong (fig 5) med ungefär 15 m diameter av väv och papper. Runt den nedre öppna halsen på ballongen fanns en ringformad spånkorg för de båda passagerarna. Under halsen hängde i kedjor en eldkorg. Besättningen kunde kasta in mera bränsle (spritindränkt halm) under färden för att underhålla ballongens lyftförmåga.

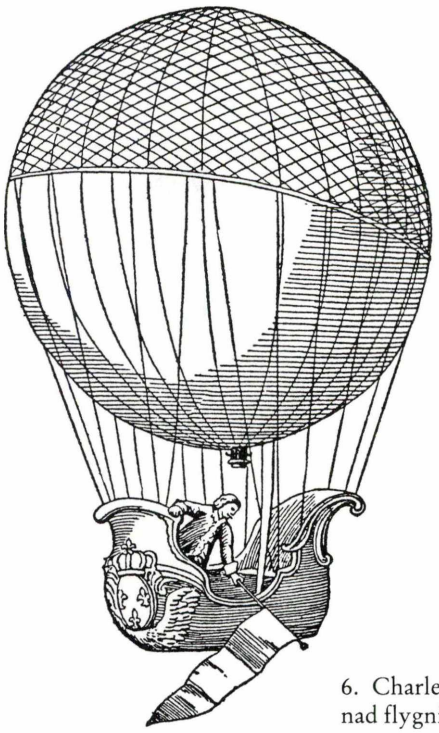
Efter att tidigare med ballongen förankrad ha lärt sig att reglera dess stigning och sjunkning genom att variera elden, steg de båda männen ombord den 21 november 1783. Man kastade loss, ballongen steg till några 100 m höjd och svävade bort. Av jämviktsskäl kunde de två männen ej se varandra, och konversationen blev med nödvändighet något högljudd. Under färden orsakade gnistor några små eldsvådor, som dock släcktes med medfört vatten och tvättsvampar. Efter 25 minuter beslöt de sig för att landa trots att två tredjedelar av bränslet återstod. Den flugna distansen blev 9 km från startplatsen i Bois de Bologne till nuvarande Place d'Italie i Paris.

I juni 1784 gjorde de Rozier i en varmluftballong en uppstigning i Versailles i närvaro av Gustaf III, som var på besök hos sin kollega Ludvig XVI.

### *Jacques Charles*

Under 1783 experimenterade den franske fysikern Jacques Charles (1746–1823) [1, 6, 7, 8] med ballonger fyllda med den lätta gasen väte. Under hösten lät han bygga en ballong (fig 6) med 9 m diameter och med en gondol för två personer hängande under. Ballongen innehöll tre konstruktionsdetaljer, som därefter skulle återkomma på alla gasfyllda ballonger. Den hade ett hål i botten, där gasen kunde läcka ut om den expanderade till följd av soluppvärmning eller sjunkande omgivningstryck. Ballongens stigning reglerades genom att barlast kastades. Detta innebar att man före starten lastade ombord så mycket sand att ballongen nätt och jämnt svävade. För att kunna sänka ballongen när man ville landa fanns i toppen en ventil för evakuering av gas. Den betjänades av en lina åtkomlig från gondolen.

Den 1 december 1783, 10 dagar efter de Roziers och d'Arlandes flygning med varmluftsballong, steg Charles och hans medhjälpare Ainé Robert i Tuileriträdgården i Paris ombord på den avvägda



6. Charles första vätgasballong för bemannad flygning [8].

ballongen. Sand slängdes ut och ballongen steg så småningom till 3 km höjd enligt en medförd barometer. Efter 35 min landade man i byn Nesle 43 km från startplatsen. Robert lämnade gondolen och Charles fortsatte ensam ytterligare 5 km. Av obekant anledning företog han aldrig mer någon ballongfärd.

Redan året därpå (1784) utfördes den första ballongflygningen i Sverige [9]. En gasballong med en katt som passagerare flög från Observatoriekullen på Norrmalm till någonstans på Värmdö.

Det blev snart uppenbart att gasballongen var överlägsen varmluftsballongen som också snabbt försvann från scenen. Följande siffror belyser olika gasers lyftförmåga [6]:

| | |
|---|---|
| 100° varm luft | 0,35 kg/m$^3$ |
| Vätgas | 1,2 ,, |
| Lysgas | 0,7 ,, |
| Helium | 1,1 ,, |

Uppgifterna visar att en varmluftsballong måste vara avsevärt större än en vätgasfylld ballong vid samma lyftförmåga. Under 1800-talet byggdes i många större städer gasverk. Lysgas blev billig och lättåt-

komlig. Helium fanns inte tillgängligt i större mängder förrän under 1920-talet. Man hittade då i Amerika naturgaskällor med relativt stora mängder av denna gas.

### *Ballongfärd över Engelska kanalen*

Den första luftfärden mellan två länder gick över Engelska kanalen [2, 6]. Fransmannen Jean Pierre Blanchard (1753–1809) och amerikanen John Jeffries (1744–1819) startade den 7 januari 1785 från Dover med en vätgasballong försedd med luftåror och en handdriven propeller. En läcka uppstod under färden, och de tvingades slänga allt löst överbord inklusive de flesta av sina klädesplagg. Efter 2 1/2 timmes flygning landade de i Foret de Felmores på franska sidan [10].

### *Ballongflygningens första offer*

Kanalflygningen inspirerade Pilâtre de Rozier att bygga en hybrid bestående av en övre gasballong och en undre varmluftsballong [1, 2, 6]. Tanken var att detta skulle ge en lättare styrning av ballongens vertikala rörelse än med endast barlast. Den 15 juni 1785 startade de Rozier och Jean Romain från Boulogne för att flyga över kanalen till England. Strax efter starten, när de befann sig på cirka 400 m höjd, exploderade vätgasballongen. I fallet omkom båda och blev ballongflygningens första offer [10].



7. Garnerins fallskärm [10].

Fransmannen Jacques Garnerin (1770–1825) företog den 22 oktober 1797 i Paris historiens första fallskärmshopp från ett flygande föremål [2, 10], när han hoppade från en ballong på 900 m höjd. Den paraplyliknande fallskärmen med 12 m diameter (fig 7) vecklade ut sig som beräknat, och Garnerin dalade ner på jorden i sin korg. Händelsen var en stor succé. Garnerin kom senare på att man kunde dämpa en kupolskärms pendlingar genom att öppna ett hål i kupolens topp.

### *Ballongfärd över Öresund*



LUFTSEGLING.

I morgon Söndag d. 6 dennes företager undertecknad, i sällskap med en Herre, som sig dertill anmält, *för första gången före min afresa,*

EN LUFTRESA

från TIVOLI å Kgl. Djurgården, med den

KOLOSSALA BALLONGEN

SAMSON.

*Ballongens ifyllande med vätgas* får beskådas från kl. 6 e. m., då lokalen öppnas, till kl. ½ 8, då uppstigandet försiggår under kanonsalut och fanfarer.

*Före uppstigandet* uppsändas flera hundra *mindre Ballonger*, för att utröna den stora Ballongens blifvande bana.

Under den tid ifyllandet försiggår utföres

STOR CONCERT

af Kongl. Andra Lifgardets hela Musik-corps, under anförande af dess Direktör Hr FREDRIC SJÖBERG.

*Entrée-biljetter säljas*, à 16 *sk. bko st.* och *hälften för Barn*, i *Biljett-kontoren vid ingången.*

*De personer, som utom Tivoli beskådа luftseglings-representationen, täcktes godhetsfullt erlägga frivilliga afgifter i de med mitt namn och sigill försedda bössor, som å Djurgården kringbäras; och erhåller en hvar, som erlägger en sådan afgift, ett kort såsom qvitto.*

JOSEPH TARDINI,
Luftseglare från Italien.

Den första ballonguppstigningen i Sverige med en svensk ombord (Per Ambjörn Sparre) företogs den 13 juli 1851 från Tivoli på Djurgården i Stockholm. Ägare till ballongen, som bar namnet Samson, och förare var italienaren Joseph Tardini [11, 12].

Efter sitt besök i Sverige reste Tardini till Danmark och genomförde den 15 augusti den första ballongfärden över Öresund. Startplats var Tivoli i Köpenhamn och 21 min senare landade han i trakten av Landskrona.

Under slaget vid Fleurus den 26 juni 1794 använde den franska republikanska armén en förankrad spaningsballong för första gången [10]. Under 1800-talet skaffade många länder ballonger för militära ändamål. Den mest kända användningen torde ha varit under Paris 4 mån långa belägring i samband med det tysk-franska kriget 1870–71, då fransmännen skapade en riktig luftbro. 67 ballonger sändes iväg från Paris under belägringen med 163 människor, över 2 miljoner

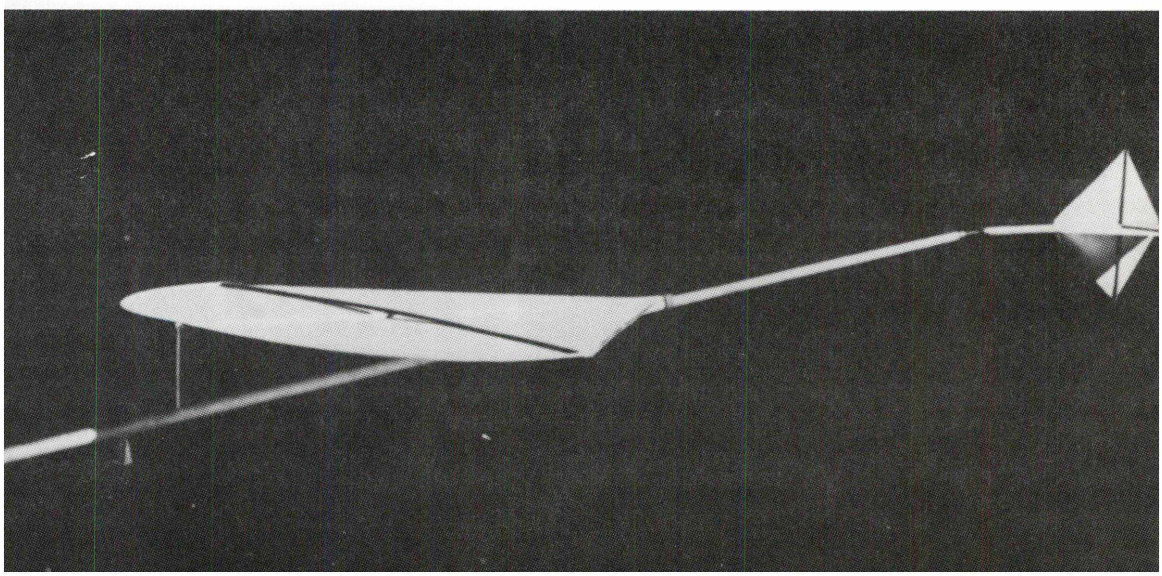
brev och 393 brevduvor som sedan återvände med meddelanden i den andra riktningen [6].

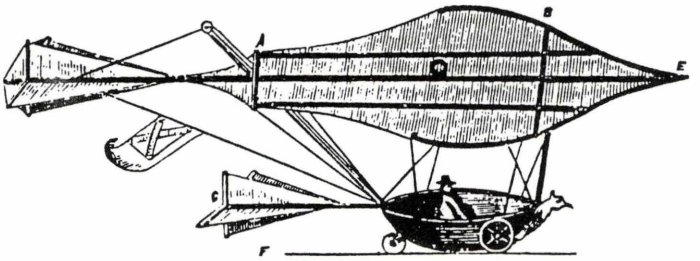
*George Cayley*

Engelsmannen George Cayley (1773–1857) anses vara uppfinnare till vad vi idag kallar flygplan [2]. 1799 gjorde han en skiss på en ännu bevarad silverplatta, där han delade upp den resulterande luftkraften på en symbolisk vinge i en lyftkraftskomponent och en motståndskomponent. Han sa också att om vingen bär en given vikt så måste en horisontell kraft övervinna vingens motstånd. I motsats till slagflygarna som förutsatte att erforderlig lyftkraft och dragkraft kunde produceras samtidigt av en rörlig vinge, ansåg Cayley i viss likhet med Emanuel Swedenborg, att man borde dela upp funktionerna på en fast vinge och en drivande anordning. För den senare föreslog han åror. Ett motiv till detta kan ha varit hans iakttagelser av hur fåglar flyger. Som den förste i historien dokumenterade han att fåglar åstadkommer sin dragkraft genom vridning av vingspetsfjädrarna i takt med att vingarna rör sig upp och ned.

Cayley visste från experiment med modeller på en roterande arm (1804) [4] att Newtons teori gav minst en storleksordning för små lyftkraftsvärden på en plan platta vid små anfallsvinklar. Han ansåg att existerande aerodynamiska teorier inte var till någon nytta och att man var hänvisad till experiment. 1804 gjorde Cayley en glidplansmodell (fig 8), som anses vara den första flygande flygplansmodellen [13]. Den plana vingen hade ett sidoförhållande (spännvidd genom medeldjup) på mindre än ett och följaktligen ett mycket dåligt glidtal, 18° eller ungefär 3. Vid denna tidpunkt hade man inte klart för sig att ett litet sidoförhållande gav stort inducerat motstånd (motstånd på grund av lyftkraft). Det skulle dröja till början av 1900-talet innan begreppet inducerat motstånd var definierat och ytterligare en tid

8. Cayleys glidplanmodell från 1804. Drygt 1 m lång [13].





9. Cayleys fullskaleglidplan från 1853. Så som man tror det såg ut [5].

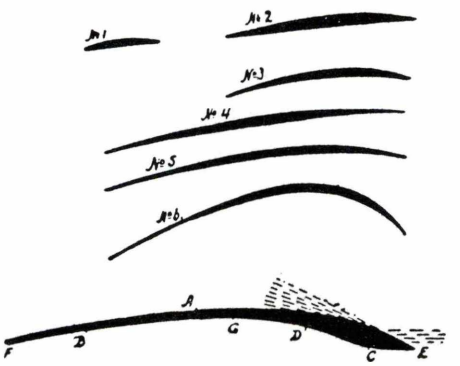
innan ordet skulle användas [4]. Modellen var försedd med en inställbar korsformad stjärt som gjorde den statiskt längdstabil och V-form på vingen gav lateral stabilitet.

Cayleys senare experiment visade att en välvd profil ger ett bättre glidtal än en plan och att en kropps motstånd minskar när den strömlinjeformas. Han visade också att den aerodynamiska kraften angriper en lyftande yta långt framför ytans geometriska tyngdpunkt. 1853 lät Cayley tillverka och prova ett bemannat glidflygplan (fig 9) som flög ungefär 150 m efter start från en sluttning [10]. Det hade två korsformade stjärtar, en fast och en som kunde manövreras med en spak. En replik av detta plan flög 1971, bogserad efter en bil.

*Herbert Wenham*

I ett föredrag, hållet 1866, visade engelsmannen Herbert Wenham (1824–1908) [13] att fåglars vingprofiler var välvda och framtill förtjockade och att de erhöll det mesta av sin lyftkraft från framdelen. Av detta drog han slutsatsen att en vinge skulle ha stor spännvidd och liten korda. Slutsatsen var riktig, och numera vet vi att skälet är att vingens inducerade motstånd sjunker med ökat sidoförhållande.

1871 byggde Wenham tillsammans med John Browning historiens första vindtunnel [14]. Den bestod av en 3 m lång trälåda med tvärsnittet 0,21 $m^2$. En ångmaskinsdriven fläkt pressade luft genom



10. Phillips patenterade profiler från 1884 och 1891 [5].

tunneln. 2-dimensionella vingmodeller placerades i tunnelns utlopp. Motståndet och lyftkraften mättes med enkla balansvågar.

*Horatio Phillips*

Engelsmannen Horatio Phillips (1845–1926) är känd för att ha lagt grunden till den moderna dubbelsidiga vingprofilen (fig 10) [2]. Genom vindtunnelförsök konstaterade han att den största delen av en profils lyftkraft kommer från undertrycket på profilens översida. Hans patentskrifter (1884, 1891) visar att han nog ej förstod ur fysikalisk synpunkt hur undertrycket uppstår.

*Felix du Temple*

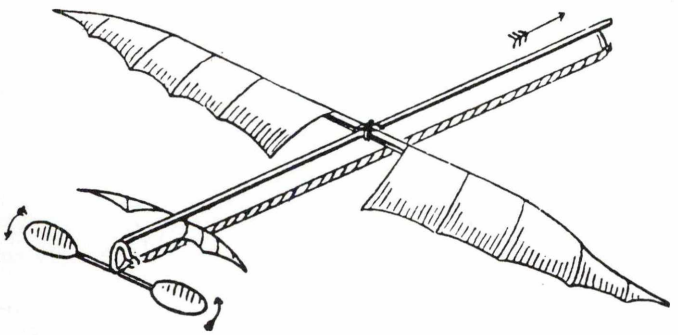
Till den franske marinofficeren Felix du Temple (1823–1898) går äran att som först i historien ha lyckats flyga med en motordriven modell (1857–58) [2]. Motorn var först ett urverk och senare en ångmaskin. Han byggde därefter en fullskalemodell med, som man tror, en varmluftsmotor. 1874 startade den utför en ramp och gjorde ett luftburet hopp på ett okänt antal meter. Det var ingen riktig stationär flygning. Försöket måste ha varit avskräckande för det upprepades ej.

Senare under 1800-talet gjordes liknande hopp av ryssen Mozhaiski (1884) och fransmannen Ader (1890). Den senare lyckades starta från plan mark och hoppa cirka 50 m. Han hade dock ingen kontroll över planet.

*Alphonse Pénaud*

Fransmannen Alponse Pénaud (1850–1880) är känd för att han upprepade Cayleys stabilitetsresonemang utan att känna till dennes skrifter [13]. Han satte upp villkoret för hur ett flygplan med stjärt kunde ges statisk egenstabilitet i längdled och demonstrerade detta med hjälp av en gummimotormodell i Tuileriträdgården i Paris den 18 augusti 1871. Modellen i fig 11 flög därvid 40 m på 11 sek [2]. Pénauds metod att åstadkomma egenstabilitet fick senare ett mycket stort inflytande på den franska flygplansutvecklingen under 1900-talets första årtionde.

Alphonse Pénaud blev bara 30 år. Tuberkulos i benen gjorde honom lam och han begick självmord.



11. Pénauds egenstabila modell från 1871 [13].

*Osborne Reynolds*

I samband med undersökningar (1883) gällande omslag från laminär (linjär) till turbulent (oregelbunden) strömning i rör införde Reynolds, professor vid University of Manchester, som ett karakteristiskt tal förhållandet mellan tröghets- och friktionskrafterna i strömningen [4, 5]. Senare 1908 kallades detta förhållande för "Reynolds tal" till hans ära.

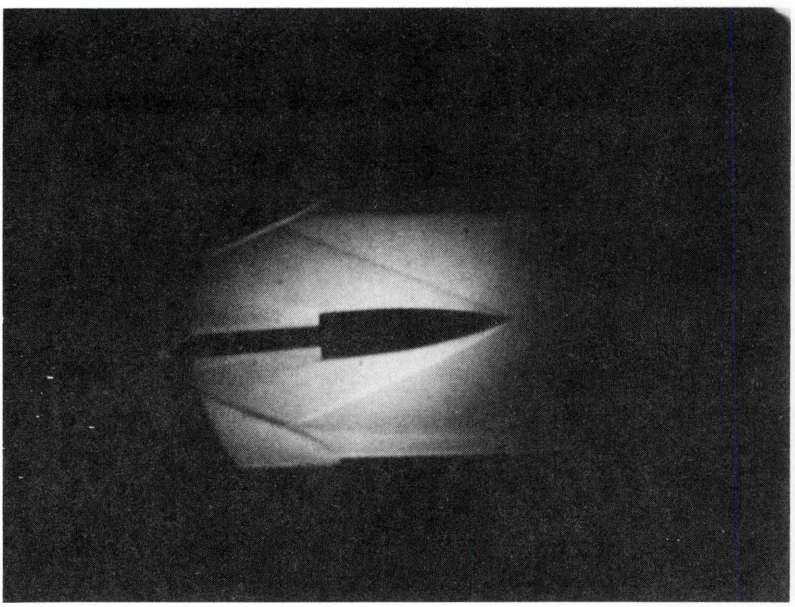
Reynolds tal är idag en mycket viktig parameter när man skall jämföra och tillämpa resultat från vindtunnelmätningar.

*Kompressibel strömning*

Ett teoretiskt korrekt uttryck för beräkning av ljudets hastighet, en viktig parameter inom ämnet kompressibel strömning, publicerades 1816 av den franske matematikern Pierre Simon de Laplace [4].

Österrikaren Ernst Mach (1838–1916) [28] var den förste som visuellt visade (1887) att en gevärskula som rör sig med överljudsfart skjuter en kompressionsstöt framför sig [15]. Fig 12 är ett exempel på en sådan stöt. Han visade också att parametern v/a (färdhastighet genom ljudhastighet) är en karakteristisk storhet för kompressibel strömning. 1929 kallade Jacob Ackerett vid ETH i Zürich parametern för Machtal till Ernst Machs ära. Machtalet är en mycket viktig storhet vid tolkning av resultat från försök i transsoniska och överljudsvindtunnlar.

Teorin för en rak stöt i en strömning presenterades i ekvationsform för första gången 1870 av skotten John Macquorn Rankine (1820–



12. Exempel på en sned stöt vid överljudsströmning.

1872). Sneda kompressionsstötar och expansionsvågor i överljudsströmning förklarades 1908 av professor Ludvig Prandtl (1875–1953), verksam i Göttingen, och hans elev Theodor Meyer [4].

*Teori för lyftkraft*

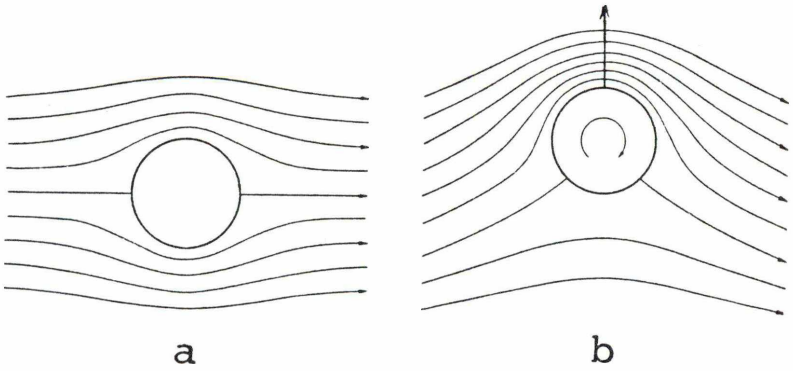
När Newtons teori tillämpades på en plan vinge med anfallsvinkel inom ett för flygning aktuellt område $\alpha<15°$ visade det sig att den endast gav ~1/30 del av jämförande experiment [4]. Den klassiska teorin från d'Alembert och Euler var ännu sämre. Den gav ingen lyftkraft alls. Sådana teorier var flygplansbyggarna givetvis inte betjänade av [3].

En vändpunkt kom i och med att lord Rayleigh år 1878 sökte efter en förklaring till varför en skruvad tennisboll avvek från sin ursprungliga riktning. Han förstod att tennisbollens rotation genom friktion orsakade en cirkulerande strömning som överlagrades den rätlinjiga rörelsen.

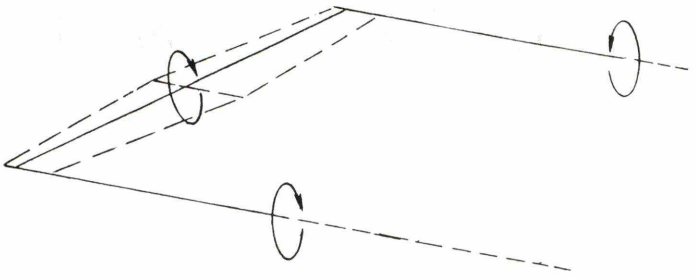
Han beslöt sig för att studera strömningen kring en 2-dimensionell cylinder och utgick från Eulers ekvationer [4]. Han bekräftade d'Alemberts resultat, enligt vilket inga krafter påverkar en kropp utsatt för friktionsfri, likformig strömning, och fann att om man överlagrade en cirkulerande strömning så uppstod en kraft vinkelrätt mot den ursprungliga linjära strömningen (fig 13).

Den engelske biltillverkaren och hobbymatematikern Frederick Lanchester (1878–1946) [3, 4, 5] födde idén att simulera den lyftande vingen med en virvel (fig 14). Han visade på ett svårtillgängligt sätt, att den energi man måste tillföra för att driva virveln framåt återfinns som en nedsvepning i området bakom den bundna virveln (vingen). Han presenterade detta epokgörande resultat 1894 i en avhandling som refuserades av "the Physical Society". Han återkom med en beskrivning i sin bok "Aerodynamics" av år 1907.

1911 publicerade Ludwig Prandtl i Tyskland ett motsvarande




13. Ideal strömning runt en cylinder utan (a) och med (b) en överlagrad cirkulerande strömning [4].



14. Hästskovirvel enligt Lanchester.

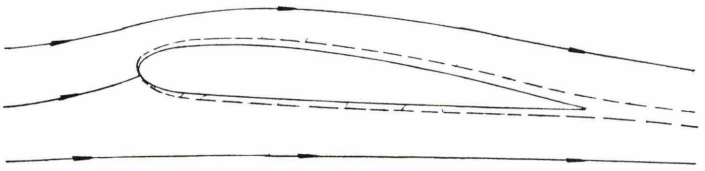
arbete, som genom sin klarhet kommit att bli ledande. Motståndet på grund av lyftkraften kallas numera för inducerat motstånd. Beteckningen infördes 1918 av tysken Max Munk [3, 4].

Den tyske matematikern Wilhelm Kutta (1867–1944) [4, 5] sökte efter en förklaring till varför en välvd profil har lyftkraft även vid anfallsvinkeln noll. Han visade i ett arbete från 1902 om 2-dimensionella profiler att detta kunde förklaras om man antar modellen att styrkan hos en överlagrad cirkulation bestäms av att strömningen skall vara parallell med vingprofilen i bakkanten både på över- och undersidan. Att strömningen i verkligheten också uppför sig på detta sätt visste Kutta genom experiment. För en 2-dimensionell profil var detta samma resultat som Lanchester kom till.

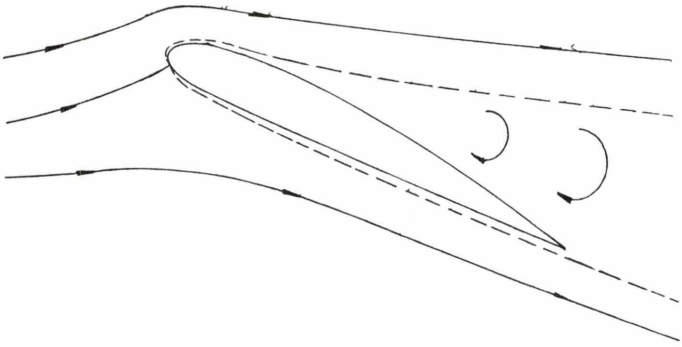
Oberoende av Kutta bevisade den ryske professorn Nikolai Joukowski (1847–1921) [4, 5] samma sak. Han formulerade dessutom ett samband mellan lyftkraft och cirkulation i matematisk form.

*Teori för gränsskikt*

1904 publicerade Ludwig Prandtl sitt epokgörande arbete "Über Flüssigkeitsbewegung bei sehr kleiner Reibung" [3, 4, 5]. Han införde här begreppet "gränsskikt" (fig 15), som innebär att strömningsmediet häftar fast vid kroppen och att strömningshastigheten på ett kort avstånd från kroppen har sitt fulla värde. Den stora hastighetsändringen i det tunna gränsskiktet ger stor verkan även om viskositeten är liten. Gränsskiktet innebär att strömningen ej kan sluta sig efter en kropp utan att ett mindre eller större avlöst område bildas. Resultatet blir ett formmotstånd, vars källa ej finns i kroppens nos utan i de virvlar som bildas på baksidan. Gränsskiktsteorin visade sig också kunna förklara varför en vinge överstegras när anfallsvinkeln växer över ett kritiskt värde (fig 16).



15. Prandtls antagande om ett gränsskikt närmast vingen (kroppen).

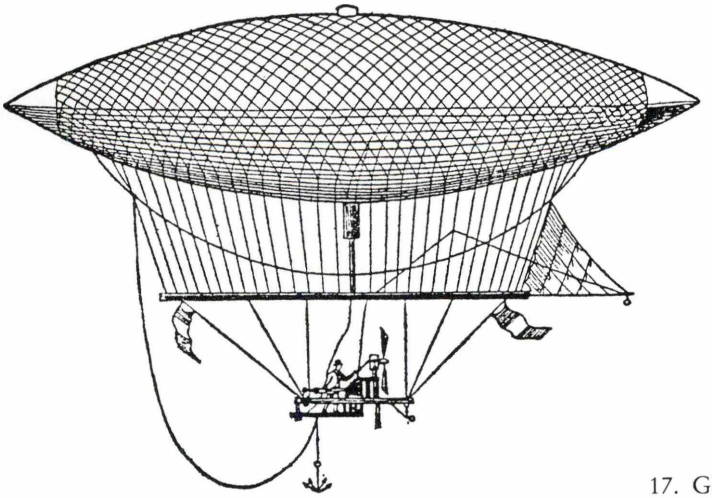


16. Vinge med avlöst gränsskikt. Överstegring.

Prandtls arbete innebar att man kunde beräkna strömningsfältet utanför ett gränsskikt med klassisk friktionsfri teori och strömningen innanför gränsskiktet med Navier-Stokes ekvationer med olika slag av förenklingar. Att finna sådana approximationer har sysselsatt vetenskapen fram till vår tid. 1909 kunde man på teoretisk väg förklara hur lyftkraft och motstånd kunde tänkas uppstå. Kunskaperna kom emellertid för sent och var för svårtillgängliga för att inverka på de flygplan som byggdes under pionjärtiden.

*Henri Giffard*

Efter framgångarna med ballongflygning vid början av 1800-talet och tiden därefter väcktes många förslag till styrbara luftskepp. Fransmannen Henri Giffard (1825–1882) [8] byggde det första riktiga luftskeppet (fig 17). Det var fyllt med lysgas och en 3 hk ångmaskin drev en skjutande propeller. Den 24 september 1852 startade han från Hippodromen i Paris och flög med 8 km/h en 27 km lång sträcka. Motorstyrkan var otillräcklig för att svänga skeppet runt och återvända till startplatsen. Han fick vänta tills vinden mojnat.



17. Giffards luftskepp från 1852 [8].

*Ferdinand von Zeppelin*

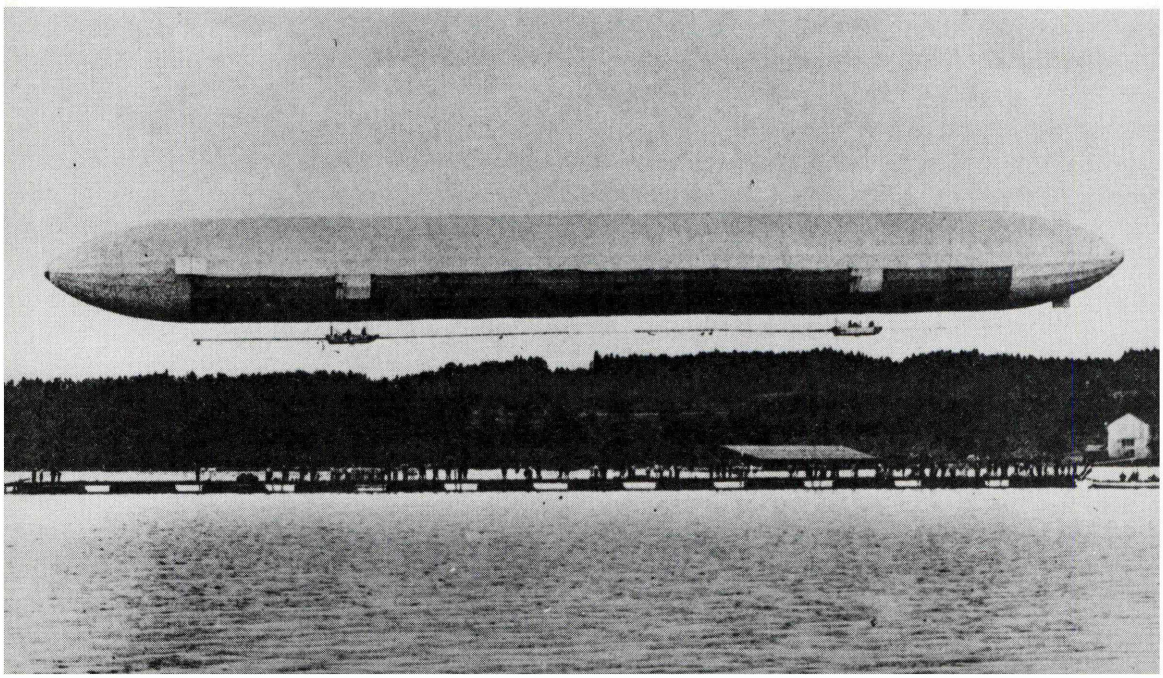
Under 1800-talets senare del utvecklades olika typer av luftskepp i flera länder. Framgångarna kom dock först i och med "zeppelinaren", uppkallad efter dess skapare Ferdinand von Zeppelin (1838–1917) [6, 7, 24].

Efter en lång karriär som militär och diplomat började von Zeppelin 1891 att förverkliga sina planer på att bygga ett luftskepp. 1895 fick han patentet "Lenkbaren Luftfahrzeug mit mehreren hintereinander angeordneten Tragkörpern" beviljat. Han fick också som gåva ett område vid Bodensjön, där en flytande luftskeppshall uppfördes.

Fig 18 visar LZ1 som byggdes under tiden 1897–1900. Skeppet hade en längd av 128 m och en diameter av 11 m. Det bestod av en stel fackverkskonstruktion av duraluminium, som omslöt 17 vätgasfyllda säckar. LZ1 flög för första gången den 2 juli 1900. Flygningen varade ungefär 20 minuter och 5 personer var med ombord. Året efter skrotades LZ1 av finansiella skäl; von Zeppelins tillgångar var tömda. Han hade försökt intressera den tyska krigsmakten men fått avslag. Det dröjde därför till 1906 innan LZ2 var färdigt. Under en provflygning inträffade ett motorfel som framtvingade en nödlandning. Därvid förstördes skeppet av en stormby.

Von Zeppelin tänkte nu dra sig tillbaka från luftskeppsbyggandet. Den tyska krigsmakten hade emellertid vaknat och övertalade von Zeppelin att fortsätta. Den hade fått klart för sig att man både i Frankrike och England arbetade med militära luftskeppsprojekt och ville inte vara sämre. LZ3 byggdes på 9 månader. Vid de inledande proven (1907) fraktades 11 personer en sträcka av 110 km på 2 tim 17 min. Detta var en stor succé. Von Zeppelin fick nu i uppdrag att

18. LZ1 vid sin premiärflygning 2 juli 1900.



bygga ett skepp som skulle kunna hålla sig i luften 24 tim non-stop. Detta LZ4 blev klart i juni 1908. Efter att ha företagit en 12 tim färd startade man den 4 augusti för att utföra en 24 tim flygning. Motorkrångel tvingade till en nödlandning, varvid skeppet förstördes genom en brand. Många människor omkom.

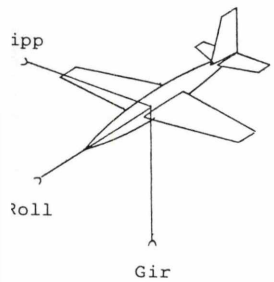
En insamling möjliggjorde för von Zeppelin att fortsätta sitt utvecklingsarbete, och så småningom fick han också en stor prissumma för den första genomförda 24 tim flygningen. Han bildade också "Deutsche Luftschiffart Aktiengesellschaft", som under de närmaste åren byggde 5 skepp och blev historiens första flygbolag för passagerare och frakt.

### *Slutet av 1800-talet*

Problemet med det motordrivna flygplanet stod inför sin lösning vid slutet av 1800-talet. Den begynnande bilindustrin hade skapat förutsättningar för att bygga lätta motorer [2, 13].

Redan Cayley insåg att utan en tillräckligt lätt motor skulle motordrivna flygplan inte kunna flyga. Den enda motortyp som var tillgänglig vid 1800-talets början var emellertid ångmaskinen, och den var alldeles för tung. Ångmaskinen i det första riktiga luftskeppet (Giffard) vägde 50 kg/hk, och vid 1800-talets slut vägde "lätta" ångmaskiner 10 kg/hk.

En ny era inleddes när fransmannen Etienne Lenoir 1862 byggde sin lysgasmotor av 2-taktstyp. Kring 1890 hade utvecklingen resulterat i att bensindrivna 4-taktsmotorer framställdes för att användas i bilar. Kring år 1900 trodde man att bilmotorer direkt skulle kunna användas i flygplan, men det visade sig att de var för tunga och att speciellt anpassade motorer måste byggas. Bilmotorn blev emellertid en förebild ända tills den luftkylda stjärnmotorn skapades [7].



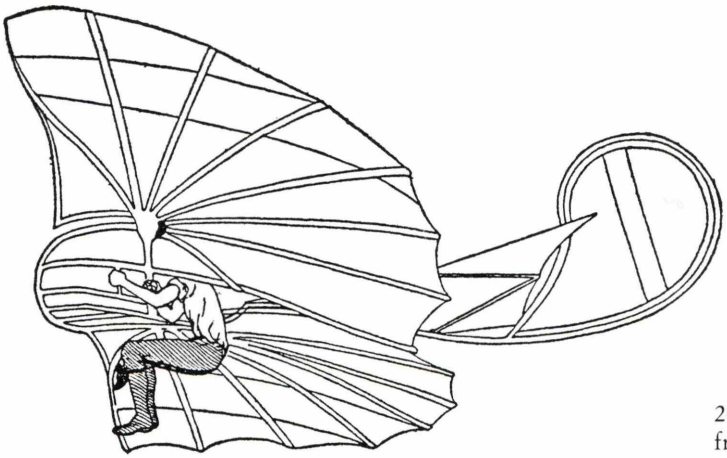
19. Flygmekaniska rörelseaxlar.

Handboksmässiga hållfasthetstekniska beräkningsmetoder och materialkunskaper fanns tack vare brobyggnads- och järnvägstekniken [16] och empiriska aerodynamiska beräkningsmetoder började komma fram. Teoretisk strömningsteknik var fortfarande till ingen nytta. Man kände till begreppet statisk stabilitet från flygning med modeller (fig 19) men hade inte klart för sig att styrbarhet i luften var beroende av stabilitetsgraden [4]. Inte heller visste man hur en luftpropeller skulle beräknas, trots att väderkvarnar av den europeiska modellen funnits sedan 1200-talet.

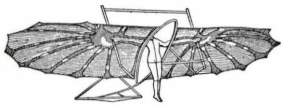
Till detta hade verkstadstekniken skapat starkt stål och billigt aluminium, svetsteknik och kullager [13].

### *Otto Lilienthal*

Den tyske ingenjören Otto Lilienthal (1848–1896) [2, 17] var den förste i historien som gjorde systematiska glidflygningar för att, som han själv uttryckte det, "lära sig att möta luftens oregelbundenheter". Alla hans plan var av typen hängglidare. Detta innebar att han ej hade några rörliga roder utan styrde genom att förflytta tyngdpunkten i

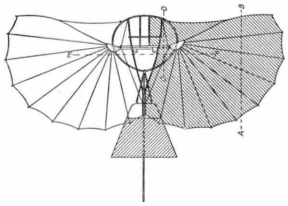


20. Lilienthals hängglidare från 1896 [8].



förhållande till de bärande ytorna. I realiteten förflyttade han sin egen kropp i förhållande till planets struktur. Endast egenstabila plan kan styras på detta sätt. Fig 20 visar typen 11 som av Lilienthal kallades "Normalsegelapparate".

Lilienthal använde en roterande arm för att mäta luftkrafter på plana och välvda profiler och fann, liksom tidigare Phillips, att de senare hade ett bättre glidtal, speciellt i kombination med en tjock vingnos. Han studerade också fåglars flykt, hade klart för sig hur de åstadkom sin framåtdrivande kraft och skrev 1889 boken "Der Vogelflug als Grundlage der Fliegerkunst".



Från 1891 utförde Lilienthal glidflygningar från naturliga och konstgjorda kullar och kom upp i flyglängder på 300 m. Söndagen den 9 augusti 1896 var en solig men blåsig dag med häftiga vindbyar, och Lilienthal företog flygningar med sin typ 11. En vindby överstegrade höger vinge, planet sidgled brant åt höger och slog i marken. Följande dag avled Lilienthal till följd av sina skador. Vid sin död hade han utfört cirka 2 500 glidflygningar.

Lilienthals slutmål var motorflygning. Han trodde emellertid att lösningen låg i att söka efterlikna fåglarnas konstruktion. Vid sin död arbetade han på ett ångmaskindrivet slagflygprojekt.

### *Percy Pilcher*

Den skotske mariningenjören Percy Pilcher (1867–1899) [2] var liksom Lilienthal medveten om att vägen till motorflygning gick via övningar med glidflygplan i luften. Han besökte Lilienthal i juni 1895 och flög därvid dennes plan.

Pilcher byggde och flög glidflygplan under 4 1/2 år. Han gjorde upptäckten att alltför stor V-form på vingarna gjorde hängglidare manöverodugliga i byig vind. Han använde en lina och springande hästar för att komma upp i luften. Hans längsta flygning var 225 m.

En regnig höstdag den 2 oktober 1899 demonstrerade Pilcher sin glidare "Hawk". Vid den tredje flygningen var dukklädseln genomvåt och tung. Stjärten bröts av när planet befann sig på 10 m höjd och det störtade på nosen. Två dagar senare var Pilcher död. Det skulle dröja nästan 10 år innan England ånyo var med i leken.

*Samuel Pierpoint Langley*

Professor Samuel Pierpoint Langley (1834–1906) [1, 2, 3, 18] var en erkänd auktoritet inom astronomi och matematik när han 1887 utnämndes till sekreterare vid Smithsonian Institution i Washington DC, USA. Som ledare för institutionen kunde han välja sitt eget verksamhetsområde och använda sig av institutionens resurser.

Efter mätningar av vingars egenskaper på en stor ångmaskinsdriven, roterande arm och prov med gummimotordrivna modeller byggde han 1896 en modell med en 1 hk ångmaskin. Den startades med en fjäderdriven katapult och flög som längst 1 200 m. Efter dessa lyckade försök beslöt sig Langley för att sluta med flygtekniska experiment.

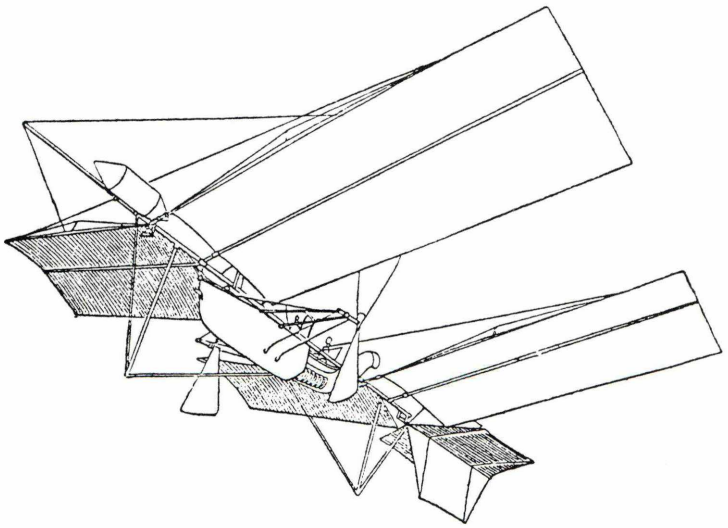
Emellertid utbröt det spansk-amerikanska kriget 1898 och Langley uppmanades av War Department att utveckla ett personbärande flygplan för militär spaning. Han fick ett anslag av 50 000$ att spendera. Kriget hann dock sluta långt innan maskinen var färdig.

Langley beslöt sig för att använda en bensinmotor och att börja med en modell i skala 1:4. Som assistent anställde han en ung akademiker Charles M Manly. Langley ansåg motorn vara projektets mest kritiska komponent och beställde 1898 två motorer från biltillverkaren Balzer, en för fullskaleplanet om 12 hk och en nedskalad version för modellen. Följande år levererade Balzer en luftkyld, roterande 5-cylindrig motor som dock endast lämnade 8 hk under kort tid. Manly byggde om motorn till en vattenkyld, stationär motor och lyckades höja effekten till fabulösa 52,4 hk. Detta gav en vikt av 1,8 kg/hk, ett värde som inte överträffades på 10 år.

1:4 modellen började provas i juni 1901, men först i augusti 1903 kunde den flyga på ett godtagbart sätt. Den blev därmed historiens första bensindrivna flygplan.

Langleys fullskaleplan [5] hade två lika stora vingar i tandem, en korsformad stjärt och ett sidroder. Det hade i princip samma utseende som modellen från 1896 (fig 21). Vingarna hade kraftig V-form för stabilitet i rollplanet, och planet var egenstabilt i vertikalplanet (i tipp). Motorn drev två skjutande propellrar i främre vingens bakkant. För styrning kunde stjärten röras i vertikalplanet och sidorodret i horisontalplanet. Spännvidden var 14,5 m och vikten 340 kg.

Den 7 oktober 1903 satte sig Manly i förarsitsen som befann sig under den främre vingen och omedelbart framför motorn och de snurrande propellrarna. Planet stod på en katapult på taket av en husbåt på floden Potomac. Runt omkring fanns många småbåtar med



21. Langleys ångmaskinsdrivna modellplan från 1896 [8].

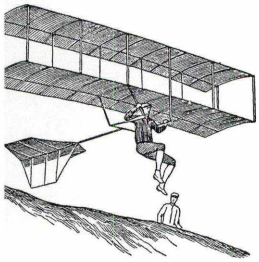
journalister som bevakade händelsen. Katapulten utlöstes, planet rörde sig framåt, ett av de främre vingstagen hakade i en pinne på katapulten [5]. Planet lämnade husbåtens tak med för låg fart och föll ner i vattnet. Manly räddades våt men oskadd. Efter reparation gjordes ett nytt försök den 8 december samma år. Kalla vindar skakade planet på husbåtens tak, och isflak simmade omkring på Potomac. Kl 16:45 signalerade Manly att han var klar för start. Fjäderkatapulten utlöstes, bakre vingen vek sig, planet intog ett vertikalt läge och föll baklänges ner i floden. Manly kom upp under ett isflak men kunde simma till fritt vatten och tas upp i en båt [18].

Detta var slutet på Langleys flygförsök. War Department drog in sitt anslag, han förlöjligades av pressen och dog som en besviken man den 27 februari 1906. I efterhand kan man fråga sig vad som hänt om Manly kommit upp i luften. Varken han eller Langley hade någonsin utfört glidflygningar, och de hade inte den ringaste kunskap om hur flygplanet skulle ha reagerat på roderrörelser. Dessutom saknade planet styrorgan i rollplanet. Och hur skulle Manly ha kunnat landa? Nio dagar senare flög bröderna Wright med Flier I.

### *Octave Chanute*

Octave Chanute (1832–1910) [18, 19] var född i Frankrike och kom som 6-åring till USA. Han fick en god teknisk utbildning och blev expert på järnvägsanläggningar och brokonstruktioner. Efter 1891 ägnade han sig åt flygteknik. Han var medveten om att man måste börja med glidflygningar för att lära sig stabilisera och styra ett flygplan. Fig 22 visar den typ av hängglidare som Chanute utvecklade tillsammans med sin assistent Augustus Herring och som den senare och några andra flög med under 1896–97 från sanddynerna på sjön Michigans södra strand. Chanutes bestående tekniska insats var det

förstagade biplanet, ett koncept som stod sig långt in på 30-talet. Strukturen är olämplig ur motståndssynpunkt men utomordentligt stark i förhållande till sin vikt.



22. Chanutes hängglidare från 1896 [8].

Chanute samlade systematiskt flygteknisk information och gav 1894 ut boken "Progress in Flying Machines". Han påverkade flygteknikens utveckling genom sina föredrag och publikationer och genom att han, via internationell brevväxling, blev en viktig teknikförmedlare.

Chanute var fransktalande och det var genom honom i samband med ett par föredrag inför Aéro Club de France [20] som man i Frankrike fick kännedom om bröderna Wrights framgångsrika glidflygningar under 1902. Vid dessa föredrag beskrevs också systemet att skeva vingarna för styrning i roll. Chanute var bröderna Wrights förtrogne, och kontakten mellan dem bröts först vid Chanutes död.

### *Bröderna Wright*

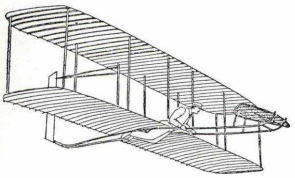
De amerikanska bröderna Wilbur (1867–1912) och Orville (1871–1948) Wright öppnade 1892 i Dayton en verkstad för reparation och tillverkning av cyklar [5, 18, 20]. Avkastningen från denna verksamhet betalade deras flygtekniska experiment fram till 1906 och byggandet av historiens första praktiska flygplan Flier III.

Bröderna var tekniskt begåvade men hade ingen formell teknisk utbildning. Wilbur Wright var tidigt flygintresserad och fick genom tidskrifter vetskap om Lilienthals glidförsök och också om hans död. Han studerade fåglar i flykt och skrev senare till Chanute att han var övertygad om att dessa använder mer positiva och effektiva metoder för att återställa sin jämvikt än förflyttningar av tyngdpunkten, och att han kommit till slutsatsen att de styr i rollplanet (fig 19) genom att vrida vingspetsarna.

1899 skrev Wilbur till Smithsonian Institution och bad om anvisning på flygteknisk litteratur. Han kom härigenom i kontakt med Langleys och Chanutes böcker liksom översatta delar av Lilienthals bok. Orville greps också av flygintresse, och tillsammans byggde de i augusti 1899 en biplansdrake förstagad enligt Chanutes idé och försedd med ett främre höjdroder. Med hjälp av två linor kunde de skeva vingstället och fann att detta återställde störningar i rollplanet. Detta var en av de mest betydelsefulla upptäckterna i flygplanets utvecklingshistoria [20].

Bröderna Wrights slutmål var att motorflyga, men de hade den riktiga uppfattningen att man måste börja med glidflygningar för att lära sig behärska styrning i byigt väder. De hade också uppfattningen att planet skulle vara instabilt i tipp och roll, så att föraren med hjälp av roder i varje ögonblick kunde "flyga" planet. Från början trodde de också att man bara behövde styra i tipp och roll. Som provplats valde de Kill Devil Hill på atlantkusten. Platsen bestod av mjuka sanddyner och det blåste nästan ständigt från havet.

### *Glider 3*



23. Wrights Glider 3 från 1902 [8].

Proven med Glider 3 (fig 23) under hösten 1902 blev en succé. Mer än 800 flygningar på upp till 250 m genomfördes, och bröderna blev skickliga piloter. Men innan dess hade de råkat ut för många problem.

Till en början använde de sig av aerodynamiska profiler och data, publicerade av Lilienthal och Langley, men fann att dessa gav plan med dåliga glidtal. De byggde därför en egen vindtunnel med en våg för lyftkraft och motstånd i sin cykelverkstad och provade över 200 vingmodeller [6, 14]. De lärde sig att vingprofilens välvning ej får vara för stor om ett bra glidtal skall uppnås, och att vingens sidoförhållande skall vara så stort som möjligt. Vingskevningen på Glider 2 gav också en obehaglig överraskning. När man sökte häva en rollrörelse genom motsatt skevning svängde planet och utförde en sidglidning. Orsaken var vad vi idag kallar skevroderbroms, och bröderna trodde sig kunna bota detta genom att införa en fast vertikal fena. Åtgärden fungerade dock först sedan man gjort fenan styrbar (Glider 3). Att detta berodde på att roll- och girrörelser alltid är kopplade visste man ej då. Den nya frihetsgraden komplicerade emellertid manövreringen.

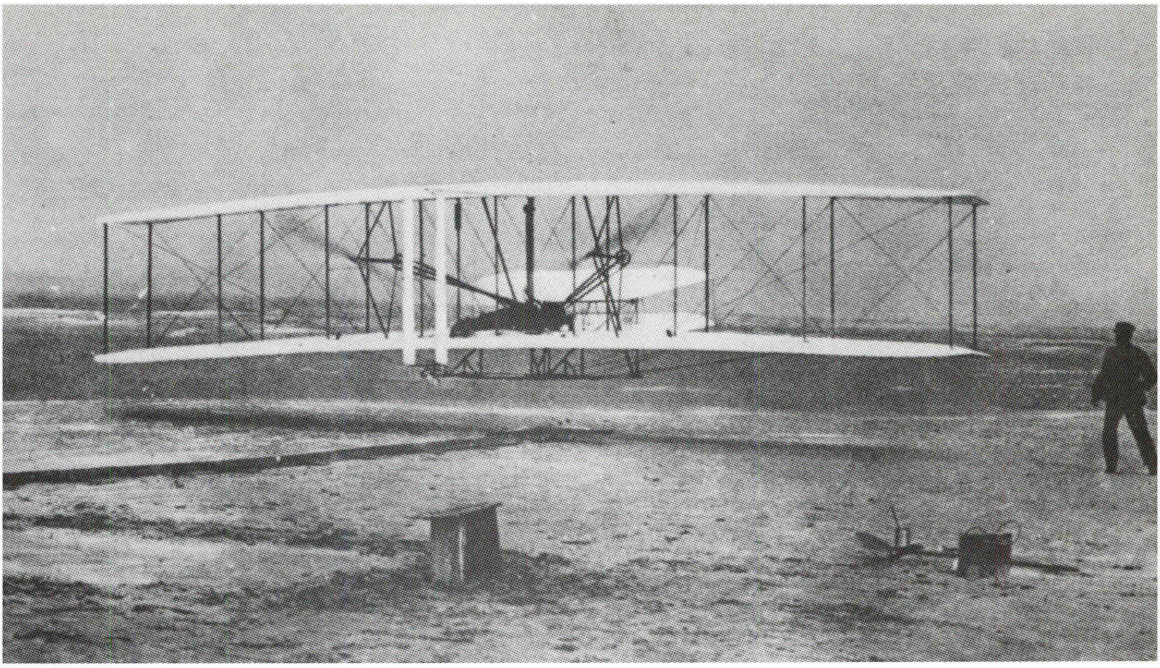
Piloten låg på undervingen och styrde höjdrodret med en spak. En höftsele påverkade skevningen när piloten flyttade sin kropp till höger eller vänster. Man kopplade nu också sidroderrörelsen till selen och fick ett system som påverkade planets rörelser kring alla tre axlarna. Det blev nu möjligt att också göra svängar. Uppmanade av Chanute lämnade bröderna in en patentansökan den 23 mars 1903 gällande sitt styrsystem med tillämpning på Glider 3 [6]. Patentet beviljades den 22 maj 1906.

### *Flier I*

Efter framgångarna med Glider 3 ansåg Wrights sig mogna att bygga ett motordrivet plan. Strukturen blev en förstorad Glider 3 med samma vingbelastning (vikt/vingyta), men med både nosroder och fena av biplantyp [20]. Vingarnas förstagning ändrades så att endast bakkanten rörde sig vid skevningen. För starten konstruerades en 18 m lång träskena utmed vilken planet kunde röra sig på en tralla. Landningen skulle ske på två långa medar. Att bröderna ej försåg sitt plan med ett par cykelhjul kan ha berott på att hela området kring Kill Devil Hill var lös sand, men också på att man ville spara vikt. Spännvidden var 12,3 m, sidoförhållandet 6,25 och vikten 340 kg. Materialet var trä och duk.

Efter att ha sökt köpa en tillräckligt lätt motor från någon biltillverkare men misslyckats, konstruerade och byggde Orville och deras ende anställde mekanikern Charles Taylor en 4-cylindrig, vattenkyld motor som bara kunde köras vid ett varvtal. Den vägde 7 kg/hk och gav vid prov 12 hk effekt. En bilmotor användes som förebild. Framställningstiden var endast fyra månader [6].

Motorn drev genom en kedjetransmission två skjutande, motroterande propellrar sittande bakom vingstället. Wilbur svarade för pro-



24. Flier I har just lyft från startskenan den 17 december 1903 kl 10:35 och börjat historiens första riktiga motorflygning. Orville Wright var pilot [19].

pellerkonstruktionen. Efter att ha studerat tillgänglig litteratur om marina propellrar kom han till slutsatsen att han måste skapa sig en egen beräkningsmetod. Han antog att 2-dimensionell snitteori skulle gälla och använde profildata som tagits fram i vindtunneln [6]. Han måste ha känt till att en långsamtgående propeller har en bättre verkningsgrad än en snabbgående, för han valde att driva propellrarna med 1/4 av motorvarvtalet för att därigenom kunna använda en stor propellerdiameter. Den resulterande verkningsgraden, 66 %, uppnåddes inte av andra propellertillverkare förrän 1909.

*Första motorflygningen*

I september 1903 var Flier I färdig och fraktades till Kill Devil Hill. I december var man klar att pröva planets flygförmåga. Den 17 december skulle bli en historisk dag. Några vittnen från räddningsstationen vid Kill Devil Hill hade just anlänt, när Orville Wright la sig tillrätta på vingen till Flier I. Motorn startades, propellrarna ven och kl 10:35 lyfte planet från träskenan efter 12 m rullning i en kall motvind om cirka 10 m/s [19, 20]. I samma ögonblick togs den historiska bilden i fig 24. En pendlande flygning började på upp till 3 m höjd och efter 12 sek eller 36 m gjorde Orville en ofrivillig landning. Hastigheten mot vinden uppskattades till 45 à 50 km/tim och den flugna sträckan i förhållande till vinden till 150 à 160 m. Orsaken till pendlingarna i vertikalled och den ofrivilliga landningen var för stor känslighet hos höjdrodret. Detta var historiens första flygning vid vilken en maskin, bärande en man, startat med hjälp av sin egen motor och flugit framåt

utan hastighetsförlust och landat på ett område, beläget på samma höjd som startplatsen.

Den fjärde flygningen denna dag utfördes av Wilbur och slutade, också den, ofrivilligt efter 59 sek eller 256 m. I förhållande till luften flög han ungefär 800 m. När planet släpats tillbaka till startplatsen greps det av en vindby, slog runt och blev vrak. Flier I skulle aldrig mer flyga.

*Flier II*

Hemkomna till Dayton började bröderna bygga Flier II, som i stort var en Flier I med starkare motor. Kill Devil Hill hade övergivits, och man flög nu från en plats öster om Dayton kallad Huffman Prairie. 80 flygningar (varav en 5 min lång), med en sammanlagd flygtid av 45 min 5 sek, företogs under 1904. Den första flygningen i sluten cirkel utfördes den 20 september. Den bevittnades av A J Root, som skrev om den i sin tidning "Gleanings in Bee Culture" den första januari 1905 [20].

Huffman Prairie var ett trångt område, och för att inte vara beroende av nyckfulla vindförhållanden kompletterades startskenan med en katapultanordning i form av en draglina som påverkades av en fallande vikt i ett torn. Idén kom från Chanute.

*Flier III*

Den 23 juni 1905 tog man i bruk Flier III, som skilde sig från II genom att höjdroder och fena flyttats ut en meter var. Propellrarna var ytterligare nedväxlade och motoreffekten höjd till 24 hk. Fram till den 16 oktober företogs 49 flygningar på sammanlagt 3 tim 5 min. Den längsta var 39 km och tog 38 min 3 sek. Den utfördes den 5 oktober med Wilbur som pilot. Under sommaren ersattes den kombinerade skev-sid-rodermanövreringen med två oberoende manöverorgan. Därmed blev Flier III historiens första praktiska flygplan [20].

Flygningarna under 1904 och 1905 bevittnades av lokalbefolkningen men ignorerades i stort av pressen. Flygningen den 5 oktober bevittnades dock av 15 personer och rapporterades i "Dayton News and Post" [18].

Det sökta patentet var ännu ej beviljat, och för att behålla sina hemligheter lämnade bröderna ej ut foton av planet och tillät inte några inspektioner. Under 1905 erbjöds US Government vid två tillfällen att köpa en utvecklad Flier III men avvisade anbuden. Bröderna lämnade då samma erbjudande till England och Frankrike men fick avslag även där.

*Wrights flyguppehåll*

Den 16 oktober 1905 upphörde bröderna Wright med sina flygningar och tog inte upp dem igen förrän den 6 maj 1908. Wilbur Wright lämnade en redogörelse över brödernas flygverksamhet till tidskriften L'Aerophile, organ för Aéro Club de France, som publicerade den i januari 1906. Informationen misstroddes av många fransmän och gav

upphov till ett "anti-Wright-parti" [20], lett av Gabriel Voisin och Ernest Archdeacon, som baktalade och förringade Wrights insatser.

Archdeacon kunde inte acceptera att inte fransmännen var först och han hade stort inflytande som ordförande för Aéro Club de France. Voisin gick så långt att han i sina memoarer förnekade att bröderna gjort riktiga motorflygningar före 1908. Sina egna insatser antidaterade han för att ge sken av att han varit först [20].

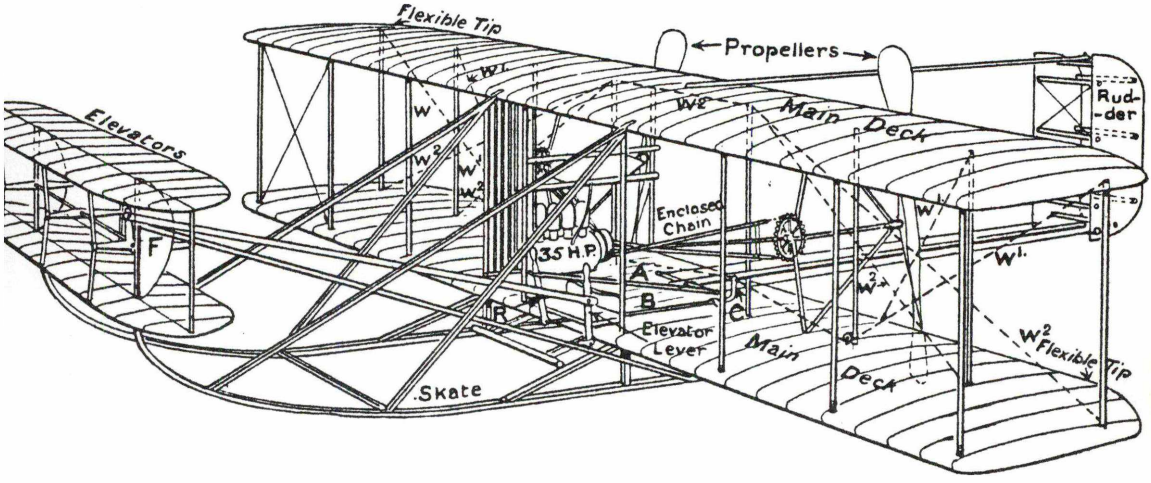
*Wright A*

Under 1906–07 byggdes i Dayton tre flygplan av typ Wright A (fig 25). Typen skilde sig från Flier III genom att piloten satt upp på vingens framsida med en passagerare vid sidan och att planet hade dubbelkommando. Motorstyrkan var höjd till 30 hk. Fortsatta försäljningsförhandlingar resulterade i en överenskommelse med US Army och en med ett franskt syndikat i början av 1908.

Efter träningsflygningar vid Kill Devil Hill med Flier III våren 1908 avseglade Wilbur Wright till Franrike för att utföra de stipulerade kontraktsflygningarna. Den 8 augusti visade han sitt plans överlägsna manöverförmåga inför en samlad fransk expertis. Det franska tvivlet på brödernas tidigare prestationer skingrades. Pressen var entusiastisk, och endast några få ledande personer inom "anti-Wright-partiet" fortsatte att nedvärdera dem [20]. Wilburs eleganta svängar övertygade också fransmännen om att man måste kunna styra i rollplanet, en funktion som fransmännen hittills negligerat.

Under de följande 4 1/2 månaderna genomförde Wilbur över 100 demonstrationsflygningar med en sammanlagd flygtid av 26 tim. Den längsta var 125 km och utfördes i regn och rusk på 2 tim 20 min. Ett

25. Wright A från 1907 [7]. Spännvidd 12,5 m, sidoförhållande 6,25, vikt 450 kg, motoreffekt 30 hk.



höjdrekord om 108 m sattes den 18 december. Därmed var licensavtalet med det franska syndikatet klart.

Den 3 september 1908 började Orville Wright en serie provflygningar vid Fort Myer med den Wright A som US Army beställt. 10 flygningar utfördes, den längsta med en varaktighet av 1 tim 14 min, vilket var den första flygningen i historien på över en timme, före den 17 september. Denna dag startade han med US Armys kontrollant, löjtnant Thomas Selfrige, som passagerare. Under flygningen inträffade ett propellerhaveri, som ledde till en störtning från 15 m höjd. Löjtnant Selfrige blev motorflygningens första offer och Orville fick tillbringa ett par månader på sjukhus innan han kunde flyga igen [20].

*Ferdinand Ferber*

1898 började den franske artillerikaptenen Ferdinand Ferber (1862–1909) experimentera med drakar, inspirerad av Lilienthals glidförsök [6]. Han fick genom Chanute kontakt med bröderna Wright, en kontakt som sporadiskt uppehölls till Ferbers död [19]. Han insåg glidflygningens betydelse och byggde fem glidplan fram till 1904, de senare liknande Glider 2 men utan vingskevning, en funktion han ej förstod. 1904 gjorde han sin glidare egenstabil genom att tillfoga en bakre stabilisator. Planet flög dåligt, men konfigurationen kom att få stort inflytande på den fortsatta franska utvecklingen. Även hans försök att bygga motordrivna plan misslyckades.

Ferber hade betydelse huvudsakligen som informatör och inspiratör. 1909 köpte han ett Voisinplan med vilket han omkom den 22 september 1909 [20].

*Alberto Santos-Dumont*

Alberto Santos-Dumont (1873–1932) kom 18 år gammal från Brasilien till Paris [2, 17]. Han hade till synes obegränsade ekonomiska tillgångar. Santos-Dumont skulle studera bilar och ballonger, men det blev luftskeppen som fångade hans intresse. Henry Deutsch de la Meurthe, fotogenmagnat och flygintresserad, hade satt upp ett pris om 100 000 fr till den som kunde flyga från StCloud till och runt Eiffeltornet och tillbaka på 30 min. Den 19 oktober 1901 flög Santos-Dumont med sitt skepp nummer VI den stipulerade sträckan på 29 min 31 sek. Hälften av prispengarna skänkte han till Paris fattiga och hälften till sin markpersonal.

Han blev intresserad av motorflygplan och utförde med ett plan, kallat XIV:bis, den första europeiska flygningen den 23 oktober 1906. Flygsträckan blev bara 60 m varför ett nytt försök gjordes den 12 november. Den tillryggalagda sträckan blev nu 240 m och flygtiden 21 sek [20]. Platsen var övningsfältet Bagatelle i Bois de Bologne. Planet var av anktyp, med vinge och stabilisator utformade som låddrakar. Låddraken, som var utomordentligt stabil, hade uppfunnits av australiensaren Lawrence Hargrave 1893 [13]. En 50 hk motor drev en primitiv propeller. Planet flög endast en gång till och hade

inget inflytande på den tekniska utvecklingen.

"Anti-Wright-partiet" gjorde ett stort nummer av dessa flygningar och Aéro Club de France lät sätta upp en minnessten, som fortfarande står kvar på platsen för flygningarna och som har inskriptionen [21]:

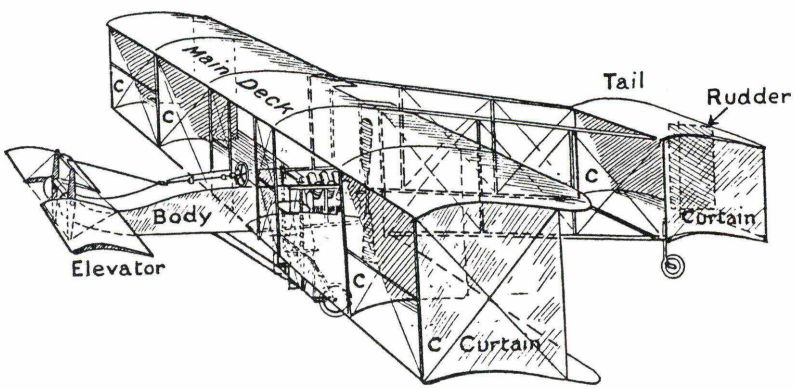
> "Här satte Santos-Dumont den 12 november 1906 under Aéro Club de France kontroll det första världsrekordet i flygning. Flygtid 21,2 sek, sträcka 220 m."

När denna sten sattes upp hade Wilbur Wright redan flugit 39 km non-stop. 1928 – 25 år efter brödernas flygningar 1903 lät Orville Wright resa en 12 m hög granitpelare på Kill Devil Hill för att minna om deras bedrifter [22].

Santos-Dumont blev aldrig någon framgångsrik flygplanstillverkare. 1909 byggde han sitt sista plan, och hans ackumulerade flygtid kunde räknas i minuter. 1910 drabbades han av multipelskleros och slutade med flygning.

### *Gabriel Voisin*

Fransmannen Gabriel Voisin (1880–1974) studerade arkitektur, när han 1904 anställdes av Ernest Archdeacon (1863–1957) för att utföra prov med dennes glidplan, byggt med Glider 2 som förebild [20]. En alltför stor vingprofilvälvning och ingen vingskevning gav planet så dåliga egenskaper att det övergavs efter en kort tids användning. Gabriel Voisin och hans bror Charles byggde 1905 två pontonförsedda glidplan av låddraketyp [2] med främre höjdroder à la Wright för Archdeacon och Louis Blériot. De bogserades efter motorbåt och havererade efter korta flygningar. Efter detta utfördes inga systematiska glidförsök i Frankrike.




26. Voisin från 1907 [7]. Spännvidd 12,5 m, sidoförhållande 6,25, vikt 550 kg, motoreffekt 50 hk.

1907 fick Voisin ett motorplan med låddrakeutseende färdigt (fig 26) [7]. Det gjorde ett 60 m hopp den 30 mars med Charles Voisin som pilot. Planet var mycket egenstabilt utom i rollplanet och kunde flygas endast i myckert lugnt väder. Styrförmågan var ringa och Gabriel Voisin, som ej själv flög sina plan, insåg ej att rörelser i lateralplanet fordrade styrning i både gir och roll.

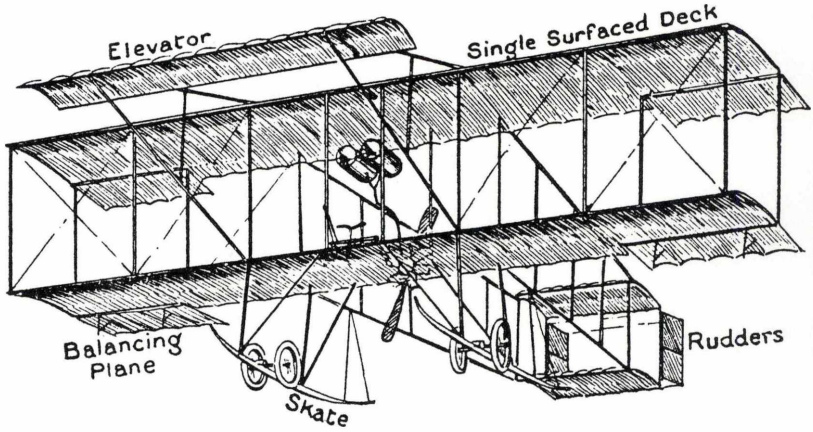
*Henri Farman*

Den i Franrike naturaliserade engelsmannen Henri Farman (1874–1958) var konstnär, tävlande cyklist och racerbilist innan han gav sig flyget i våld. Han vann tävlingen Paris–Wien 1902 som fabriksförare för Panhard [13].

1907 köpte Farman ett Voisinplan och flög den 9 november som förste europé en dryg minut. Farman införde ändringar på sitt plan och döpte successivt om det till Voisin-Farman I, II och III.

Med varianten I utförde han den första cirkelflygningen i Europa [5]. 1904 hade de la Meurthe satt upp 50 000 fr som pris till den som först flög en cirkel med omkretsen en kilometer. Den 13 januari 1908 vid Issy-les-Molineaux under överseende av kontrollanter från Aéro Club de France startade Farman, gjorde med hjälp av endast sidroder en vid flatsväng och återvände till startplatsen. Sträckan blev 1 500 m och flygtiden 1 min 28 sek. Flygningen betecknades av Archdeacon som historiens första flygning, där piloten återvänt till startplatsen [20], trots att motsvarande flygning gjorts av bröderna Wright redan 1904.

Farman insåg efter Wilburs uppvisning den 8 augusti 1908 att framgångsrik flygning inte kunde uppnås utan rollstyrning. Av hållfasthetsskäl kunde han emellertid inte applicera Wrights vingvridningssystem utan införde istället stora skevroder (Voisin-Farman III).




27. Farman III från 1909 [7]. Spännvidd 10 m, sidoförhållande 5, vikt 520 kg, motoreffekt 50 hk.

I princip var detta ingenting nytt. Små skevroder för som man sa "rollbalansering" hade utan framgång använts sedan 1904. Det nya i situationen var att de gjordes stora nog för styrning i rolled [20].

Följande år 1909 övergav Farman Voisin och startade en egen framgångsrik flygplanstillverkning. Fig 27 visar det första planet [7]. Det var egenstabilt enligt det europeiska konceptet, men stabiliteten var reducerad till en sådan nivå att god styrförmåga erhölls. Det hade skevroder och var det första praktiska europeiska flygplanet.

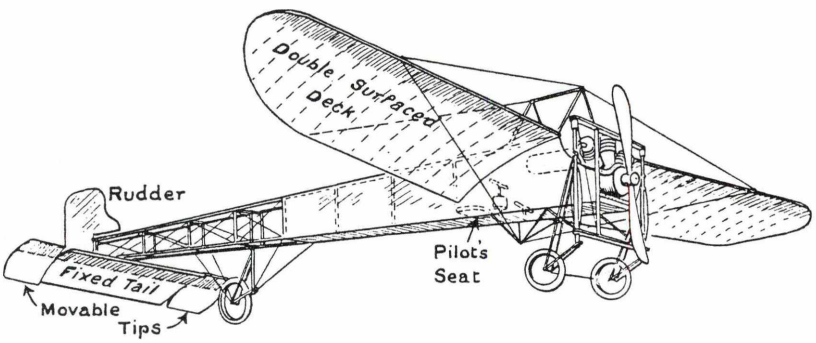
*Louis Blériot*

Fransmannen Louis Blériot (1872–1936) [23] var ingenjör och tillverkade acetylengaslampor för bilar innan han började med flygning. 1905–07 samarbetade han med Voisin men gick sedan sin egen väg. Han hoppade från den ena konfigurationen till den andra men kom så småningom fram till det egenstabila monoplanet med dragande propeller. Efter Wrights uppvisning insåg också Blériot nödvändigheten av rollstyrning, och i sitt nästa projekt, Blériot XI [7], kopierade han Wrights vingvridningsidé. Flygplanstypen (fig 28) blev känd genom Blériots flygning över Engelska kanalen 1909.

*Samuel Cody*

Amerikanaren Samuel Cody (1861–1913), från början cirkusartist, blev i slutet av 1800-talet intresserad av drakar och patenterade 1901 en manbärande konfiguration, bestående av tre drakar och under dessa en sits.

I december 1903 strax före bröderna Wrights första motorflygningar färdades Cody med hjälp av sitt draksystem från Dover till Calais bogserad av en motorbåt [13]. Detta var första och enda gången någon tagit sig över Engelska kanalen på detta sätt. Han engagerades av British Army för att bygga manbärande drakar. Hans experiment resulterade så småningom i "the Army Aeroplane Nr 1", som flög som första motordrivna plan i England 460 m den 16 oktober 1908.




28. Blériot XI från 1909 [7]. Spännvidd 8,6 m, sidoförhållande 5, vikt 340 kg, motoreffekt 24 hk.

*Louis Breguet*

Fransmannen Louis Brequet (1880–1955) [24] hade en högskoleutbildning inom elektroteknik. 1905 började han att konstruera en helikopter, som provades den 29 september 1907. Den lyfte med sin förare men måste stabiliseras av 4 man. Därför anser man att fransmannen Paul Cornu, som utan assistans lyckades lyfta den 13 november 1907, skall anses vara historiens förste helikopterflygare [10]. Den praktiska helikoptern kom dock ej förrän vid 1930-talets slut.

Breguet började sedan med vanliga flygplan och hade 1909 prototypen klar till ett biplan med dragande propeller. En efterföljare till denna var B1, Sveriges första med statliga medel anskaffade militärplan [6].

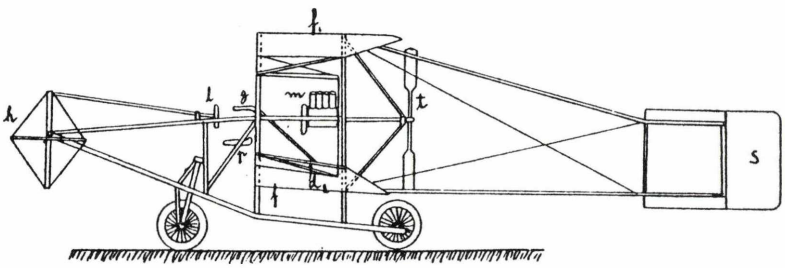
*Glenn Curtiss*

AEA eller Aerial Experiment Association instiftades 1907 av Graham Bell (1847–1922), telefonens uppfinnare, och hans maka med uppgift att bygga fem flygplan till organisationens medlemmar, bland vilka Thomas Selfrige och Glenn Curtiss (1878–1930) ingick [5].

Curtiss hade ingen formell utbildning och öppnade år 1900 en cykelreparationsverkstad. Han började bygga motorcyklar och utvecklades till en skicklig motorkonstruktör. Detta var skälet till att Bell ville ha honom med i AEA, men han blev efter en kort tid också AEA:s flygplanskonstruktör. Efter Selfriges död den 17 september 1908 vid olyckan i Fort Myer upplöstes AEA, och Curtiss fortsatte på egen hand. Han byggde "Golden Flier" och deltog med denna som representant för Aero Club of America vid flygmötet i Reims 1909 (fig 29) [6]. För att undvika en konflikt med bröderna Wright valde Curtiss att använda skevroder för rollstyrning. Han blev emellertid stämd av bröderna Wright för patentintrång, och 1914 avkunnades en dom av USA:s högsta domstol till Wrights förmån.

*År 1909*

Under 1909 ändrades utvecklingen. Wrightplanens överlägsenhet i fråga om manövrerbarhet upphörde när andra flygplanstillverkare införde vingvridning eller skevroder för kontroll i roll och minskade



29. Curtiss June Bug förebild för Golden Flier från 1909 [6]. Spännvidd 8,9 m, sidoförhållande 6,3, vikt 250 kg, motoreffekt 40 hk.

egenstabiliteten i tipp. Sådana plan var lättare och säkrare att flyga då de inte behövde styras aktivt hela tiden [20].

För bröderna Wright började en serie processer kring deras patent, som inte tog slut förrän vid första världskrigets utbrott. Under tiden dog Wilbur i tyfus den 30 maj 1912. Det sista Wrightplanet byggdes 1915 [19]. Sedan en tid hade man då anammat det europeiska egenstabila systemet och även infört skevroder och hjullandningsställ.

Årets händelse var Blériots flygning över Engelska kanalen [25]. Daily Mail utlyste 1909 ett pris på 1 000£ till den som först flög över Engelska kanalen i ett motordrivet flygplan. Den 25 juli kl 4:35 på morgonen startade Blériot med sin typ XI från Baraques nära Calais. Han flög på 125 m höjd över havet delvis i dimma, siktade Dover Castle och landade, efter att ha passerat genom en öppning i den vita klippväggen, i Northfall Meadows. Sträckan 37,6 km tog 42 min 30 sek att tillryggalägga. Vid landningen bröts landningsstället och propellern sönder. Tiden efter fick Blériot över 100 beställningar på sin typ XI.

Den första flygningen i Sverige med ett motordrivet flygplan ägde rum på Ladugårdsgärde [26]. Den gula maskinen, en Voisin-Farman III tillhörande ett danskt konsortium, kom per järnväg till Stockholm. Torsdagen den 29 juli 1909 kl 3:30 på morgonen gjorde piloten, fransmannen Legagneux, en flygning runt Gärdet. Den första officiella flygningen ägde rum den 2 augusti i närvaro av Gustaf V. Flygningen var inte imponerande, ett 3 minuters pass på 4 à 5 m höjd.

1909 hade flygplanen i princip fått de konfigurationer som än idag är aktuella, monoplanet respektive biplanet med sjärt och dragande propeller. Blériots kanalmaskin var en typisk representant för monoplanet och nykomlingen Breguet för biplanet. Gnomes 7-cylindriska, luftkylda, roterande stjärnmotor debuterade [7]. Den vägde 1,5 kg/hk och presterade 50 hk. Den skulle komma att bli ledande under många år och var orsaken till att flygare på den här tiden luktade ricinolja och hade fullt med svarta stänk i ansiktet. Detta år kom också en fransk propeller (Chauviére) med en verkningsgrad jämförbar med Wrights 1903-modell.

Fram till 1909 hade flygplanskonstruktörerna knappast någon nytta av teoretisk strömningslära [3]. Genom speciellt Prandtls insatser skulle detta komma att ändras radikalt inom en nära framtid. Inom teoretisk flygmekanik lade professor G H Bryan redan 1904 fram sitt arbete "The Longitudinal Stability of Aerial Gliders" [4, 27], där han gav den första matematiska framställningen av villkoren för flygplans statiska och dynamiska stabilitet i vertikalplanet vid små störningar. I sitt fortsatta arbete gjorde han en motsvarande analys för de övriga frihetsgraderna. Han fann teoretiskt, liksom bröderna Wright tidigare praktiskt, att ett flygplans rörelser i gir och roll är kopplade. Hans bok "Stability in Aviation" från 1911 fick ett mycket stort inflytande

på den kommande utvecklingen. Bryans linjäriserade rörelseekvationer tillämpas än idag.

Bästa prestanda vid utgången av 1909 [7, 10]:

| | | |
|---|---|---|
| Flygplan: | Distans non-stop | 234,5 km |
| | Tid non-stop | 4 tim 18 min |
| | Hastighet | 80 km/tim |
| | Höjd | 830 m |
| Luftskepp: | Distans non-stop | 965 km |
| | Tid non-stop | 37 tim 40 min |
| | Hastighet | 40 km/tim |
| | Höjd | 1 500 m |
| Ballong: | Distans non-stop | 950 km |
| | Höjd (från 1901) | 10 800 m |

Vid denna tid var det inte självklart att flygplanet skulle bli det dominerande framtida transportmedlet i luften. Många tillmätte luftskeppet större chans. Gasballongen var redan vid 1900-talets början fullt utvecklad. Den användes som sportredskap och förankrad för militär spaning.

*Svenska insatser*

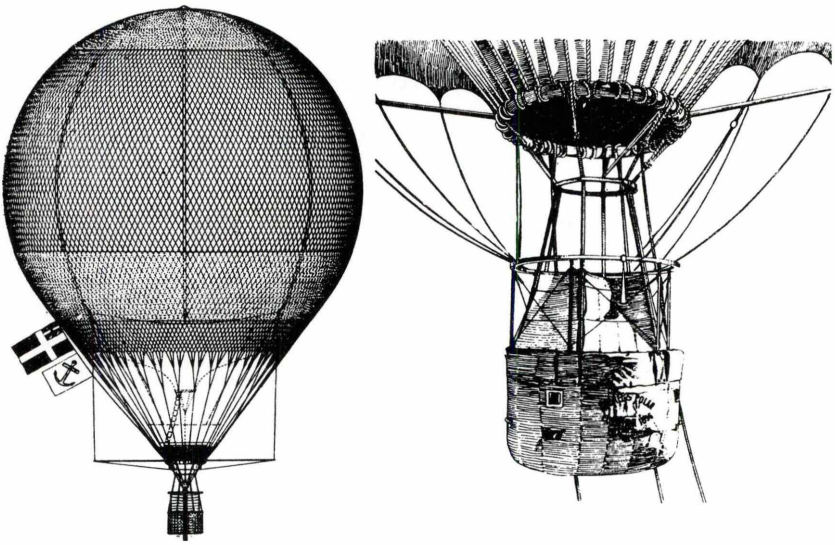
För att ge en samlad bild av de svenska insatserna under den aktuella tidsperioden har de förts ihop under en gemensam rubrik. Med ett undantag har de haft ringa inflytande på den flygtekniska utvecklingen.

*Emanuel Swedenborg*

Naturvetaren och uppfinnaren Emanuel Swedenborg (1688–1772) publicerade 1714 ett förslag till ett flygplan, bestående av en välvd fast bäryta och ett par luftåror [33]. Han var medveten om att en människas muskelkraft ej kunde räcka till för att höja sig upp i luften med hjälp av vingslag. Han förordade att planet skulle dras upp i luften med en lina och sedan utföra en glidflygning som kunde korrigeras med årorna. Kunskaper om flygplans stabilitet saknades vid denna tid liksom uppgifter om hur en vinge får goda aerodynamiska egenskaper. Projektet blev aldrig utfört. Hade Swedenborg fortsatt och lärt av erfarenheterna kunde han ha blivit historiens förste glidflygare.

*Salomon August Andrée*

Det första och hittills enda försöket att nå Nordpolen med ballong gjordes av Salomon August Andrée (1854–1897) [6, 32]. Han räknade med att flyga sträckan Spetsbergen–Berings Sund via Nordpolen på 30 dygn med medelhastigheten 7,5 m/s. Den verkliga hastigheten blev 2 m/s, och han kom endast 16 % av den avsedda sträckan. Ballongen, som döpts till Örnen (fig 30), lyfte kl 13:46 den 11 juni 1897 från Virgo Bay på Spetsbergen. Efter någon kilometer förlorades en stor del av släplinorna, som tillsammans med en uppsättning segel skulle användas för att styra ballongen.

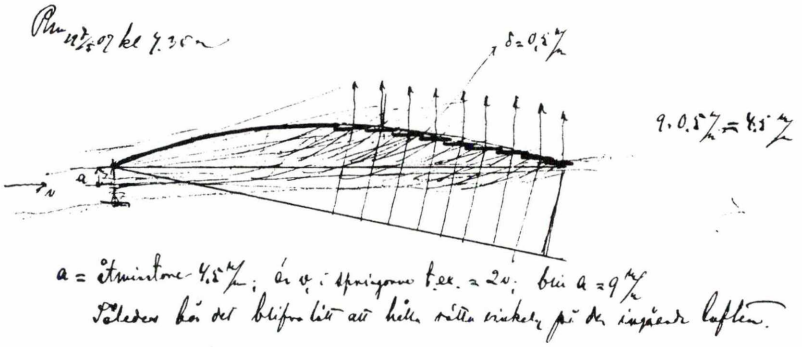


30. Andrées polarballong med gondolen i närbild [35].

1930 hittades kvarlevorna av Andrée och hans båda följeslagare Nils Strindberg och Knut Fraenkel. Av Andrées dagbok framgår [32] att ballongen redan efter något dygn började stöta i isen. Trots att all tillgänglig barlast slängdes överbord måste man överge ballongen kl 7:22 på morgonen den 14 juli efter mindre än 3 dygns färd i mestadels dimma och duggregn. Man kom ungefär 1/3 av sträckan till Nordpolen men i alltför östlig riktning. Enligt [6] uppgick gasförlusten redan före starten till 84 kg/dygn mot beräknade 1,67 kg/dygn. En färd utan isbark och väta skulle möjligen ha kunnat pågå ett par dygn till. Nordpolsfärden var Andrées 12:te ballongflygning. De övriga två hade ännu mindre övning.

*Gustaf de Laval*

Ångturbiner, gasturbiner, raketmotorer och överljudsvindtunnlar innehåller alla Lavalmunstycken. Dessa konvergenta-divergenta



31. Spaltad vinge i Gustaf de Lavals anteckningsbok 1901. TM.

munstycken som producerar överljudsströmning uppfanns 1888 [5] av svensken Gustaf de Laval (1845–1913) [28] i samband med hans utveckling av ångturbiner för mycket höga varvtal.

Mindre känt är att uppfinnaren de Laval också intresserade sig för flygteknikens problem. Kring år 1900 undersökte han vingars lyftkraft (fig 31) och kroppars motstånd liksom egenskaper hos propellrar i en vindtunnel [31]. Om undersökningarna utnyttjats inom flygtekniken är okänt liksom vart tunneln tog vägen.

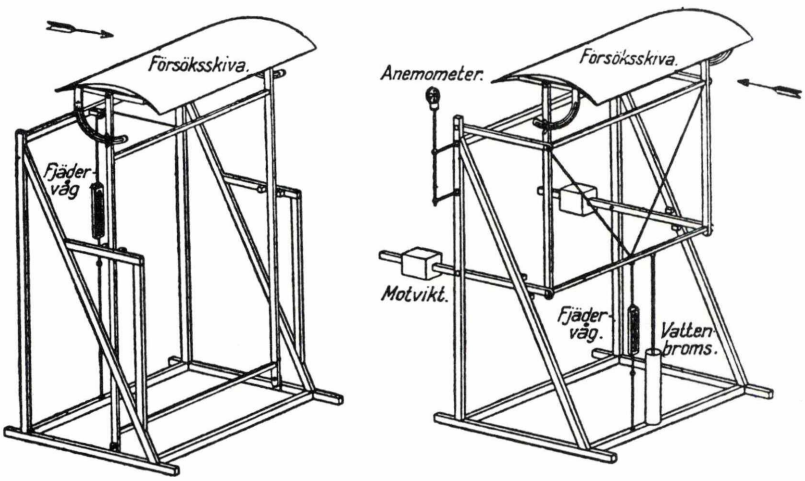
*Johan Erik Cederblom*

Johan Erik Cederblom (1834–1913), fram till 1899 professor i maskinlära med ångteknik vid KTH [34], är känd som pionjär inom vattenburen centraluppvärmning av bostäder.

1895 började han att experimentellt bestämma lyftkraft och motstånd som funktion av anfallsvinkeln hos vingar med olika grad av välvning. Han kände till klassisk strömningsteori och förstod att den ej kunde ersätta experiment. Han gjorde sina mätningar i naturlig vind med hjälp av apparaturen i fig 32. För att erhålla möjligast horisontella luftström höll han till på låga berghällar långt ute i sjöar. Senare, 1908, använde han istället en 4 m lång vindtunnel med tvärsnittet 1 $m^2$.

1902 utförde Cederblom liknande mätningar i en vattentunnel. Hans idé var att en båt försedd med bärplan skulle vara ett bra ekonomiskt alternativ till deplacementsbåten, speciellt om man också satte på ett par vingar som övertog den bärande funktionen när farten blev tillräckligt hög.

1895 gjorde Cederblom förberedande propellerförsök sedan han i




32. Apparatur för mätning av lyftkraft och motstånd hos välvda plattor i naturlig vind [34].

likhet med Wilbur Wright inte kunnat finna en färdig beräkningsmetod för luftpropellrar. Han fortsatte dessa experiment under 1903–04 och gav ut en propellerteori 1907.

### *Carl-Rickard Nyberg*

Carl-Rickard Nyberg (1858–1939) var en självlärd tekniker som 1881 uppfann blåslampan och startade en framgångsrik industri kring denna [29, 30].

Han började sin flygtekniska verksamhet ungefär 1890, och 1899 hade han utarbetat ett projekt, som stannade på papperet [17]. Samma år lärde han känna Cederblom och det är möjligt att denne hjälpte honom med hans nästa projekt Flugan, som stod färdig 1904. Planet hade en lätt ångmaskin och provades tjudrat i en rundbana men kunde inte lyfta med sin förare. Inför sitt nästa projekt kallat Nyberg 3, började han 1908 att göra försök i en vindtunnel [31] med mätsträckan 0,3 × 0,3 m. Projektet blev aldrig byggt och 1910 upphörde Nyberg med flygtekniska experiment. Vindtunneln finns bevarad på Tekniska Museet.

### *Källor*


1. Garber, P E, The National Aeronautical Collections. Smithsonian Institution Press, Washington DC 1956.
2. Gibbs-Smith, C H, Aviation—An historical survey, 2nd ed. Science Museum, London 1964.
3. Giacomelli, R, Aerodynamic Theory, Vol 1, Historical Sketch. Julius Springer, Berlin 1934.
4. von Kármán, T, Aerodynamik. Interavia, Genf 1956.
5. Anderson, J D Jr, Introduction to Flight, 3rd ed. McGraw-Hill, New York 1989.
6. Samuelson, G, Flygandets teknologi. En berättelse och antologi. Saab-Scania, Linköping 1976.
7. Williams, A, Engineering Wonders of the World. Vol III, Thomas Nelson. New York 1910.
8. Uppfinningarna, Del 1. Baltiska förlaget, Malmö 1926.
9. Rydberg, S, Svensk teknikhistoria. Gidlunds, Hedemora 1989.
10. Mason, F K, Air Facts and Feats. Guiness Superlatives Ltd, London 1970.
11. Winge, G, Kring luftfärderna över Stockholm 1851. Flyghistoriskt Månadsblad 1–2 1983.
12. Waernberg, J, Winge, G, Kring luftfärderna över Öresund för 130 år sedan. Flyghistoriskt Månadsblad 11 1981.
13. Andrews, A, Back to the Drawing Board. David & Charles Abbot, London 1977.
14. Goin, K L, Evolution and Use of Wind-Tunnels. AIAA Student Journal, Feb 1971.
15. Anderson, J D Jr, Modern Compressible Flow. McCraw-Hill, New York 1982.
16. Timoshenko, S P, History of Strength of Materials. McGraw-Hill, London 1953.
17. Holmqvist, C E, Flygning. Albert Bonniers förlag, Stockholm 1940.
18. Hallion, R P, Test Pilots. Smithsonian Institution Press, Washington DC 1988.
19. Ångström, T, Bröderna Wright och Octave Chanute. Dædalus 1949.
20. Gibbs-Smith, C H, The Rebirth of European Aviation. Science Museum, London 1974.
21. Hägglöf, I, Drömmen om Europa. Norstedt, Stockholm 1987.
22. Weick, F W, From the Ground Up. Smithsonian Institution Press, Washington DC 1988.
23. Louis Blériot. Z Flugwiss 7 (1959), Heft 12, s 369.
24. Ferdinand von Zeppelin, Louis Breguet. Z Flugwiss 4 (1956), Heft 12, s 393 och 395.

25. Gregory, W H, Portraits of Flight. McGraw-Hill, Switzerland 1985.
26. Kindberg, N, Flygmaskinens debut i Sverige. Flyghistoriskt Månadsblad 1 1972.
27. Lighthill, M J, Mathematics and Aeronautics. JRAS, July 1960.
28. Ernst Mach, Gustaf de Laval. Z Flugwiss 5 (1957), Heft 12, s 378 och 379.
29. Westerberg, R, Flugans vingar återfunna. Flyghistoriskt Månadsblad 12 1979.
30. Kindberg, N, Svensk flygindustri genom tiderna 1. Dædalus 1965.
31. Petersohn, E G M, Flygtekniska Försöksanstaltens tillkomst 1940. FFA, Stockholm 1965.
32. Andersson, J G, Hur vi erövrade jorden, Del 1. Saxon & Lindström, Stockholm 1953.
33. Löfkvist, H-E, Några kommentarer till E Swedenborgs flygplansprojekt. Dædalus 1988.
34. Cederblom, E, Ur professor J E Cederbloms efterlämnade papper. Almqvist & Wiksell, Uppsala 1920.
35. Uppfinningarnas bok, II. Stockholm 1901.

## *Aeronautical history—how it began*

**Summary** Aeronautical progress is the result of many events. Some were of great importance while others were odd phenomena. Contributions from the time of Leonardo da Vinci to the year 1909 are reviewed in the text. Theoretical fluid dynamics had marginal importance during the period considered and aeronautical developments were entirely dependent on practical achievements.

The first man-carrying airborne vehicle was the free-flying balloon. It was later followed by the dirigible airship. The car engine paved the way for powered flight but it was too heavy to be used directly in aircrafts. Successful powered flight started with Flier I built and flown in 1903 by the Wright brothers. They also built the first praktical aeroplane in 1905. Progress in Europe lagged behind and the first practical aeroplane did not appear there until 1909.

By 1909, the gas balloon had long been used for military reconnaissance and sport, the airship was on the point of being introduced as a means of transportation and the aeroplane had in principle achieved its final configuration. Subsequently there was an immense improvement in the aeroplane's performance, reliability and safety; the gas balloon disappeared; and the airship was outdone by the aeroplane.

# Oskarshamnsverket I

## En pionjärinsats i svensk kärnkraftutbyggnad

*Av Olle Gimstedt*

Den svenska elförsörjningen är nu till ungefär lika delar baserad på vattenkraft och kärnkraft, vilka tillsammans svarar för cirka 95 % av den totala elproduktionen i landet. Av kärnkraften kommer 80 % från anläggningar med kokarreaktorer (BWR) av svensk konstruktion. Den första reaktorn av denna typ var den som installerades i det första blocket, Oskar I, (O I), i Oskarshamnsverket. Det beställdes år 1965 av kraftföretaget OKG. Reaktortillverkare, tillika huvudleverantör av hela anläggningen, var ASEA (sedermera ASEA-ATOM) med STAL-LAVAL som tillverkare av turbindelen. O I togs i kommersiell drift i februari 1972, och har sålunda nu, 1990, drygt 18 års total drifttid bakom sig. Anläggningen har under denna tid producerat över 50 TWh el. Under de senaste femton åren av reguljär drift har dess tillgänglighet för elproduktion varit över 80 %. Utöver att vara den första i en serie svenska kärnkraftanläggningar förtjänar den därför väl sitt betyg som en pålitlig "arbetshäst" i det svenska kraftsystemet. I anslutning till följande beskrivning av Oskar I kommer även de krav och överväganden som på sin tid låg till grund för dess utformning att redovisas, liksom även i vilken utsträckning dessa uppfyllts och visat sig vara korrekta, detta mot bakgrund av erfarenheterna från driften.

### *Historisk bakgrund*

I Sverige hade före 1945 inte bedrivits någon forskning med anknytning till den år 1939 upptäckta fissionsprocessen. Detta kan i och för sig synas märkligt eftersom en av de fysiker, nämligen Lise Meitner, som medverkat i att påvisa denna process varit verksam inom landet från fyrtiotalets början fram till år 1945. Efter Japan-bomberna i augusti 1945 skedde emellertid en mycket snabb mobilisering av tillgängliga resurser i form av framstående forskare och tekniker. Ordet mobilisering är i sammanhanget nog så relevant, eftersom det ju var de militära aspekterna som i första hand påkallade uppmärksamhet. Den verkningsfulla atombomben syntes erbjuda möjligheter för ett litet land att möta hot från en aggressiv granne. I färskt minne fanns då den nesa man fått utstå genom de eftergifter som vi under kriget tvingats till av Hitlers Tyskland.



1. Oskarshamnsverket I, beställt 1965, färdigbyggt 1970. Reaktorns första kriticitet (självunderhållande kedjereaktion) äger rum den 12 december 1970. Foto ur OKG bildarkiv.

De första åtgärderna skedde i regi av nyligen inrättade försvarets Forskningsanstalt (FOA). För planläggning av forskning inom området tillsattes Atomkommittén i november 1945. Enligt de direktiv för denna som utfärdades av dåvarande ecklesiastikministern Tage Erlander gällde det emellertid att "främst finna lämpliga metoder för tillgodogörande av atomkraften för fredliga ändamål". Kommittén satte som mål att alstra atomenergi ur svenska råvaror för att uppnå självförsörjning, detta genom framställning av uran ur mellansvensk skiffer och genom att bygga "atomenergistaplar". För genomförande av programmet bildades 1947 det halvstatliga AB Atomenergi (AE).

Sveriges första reaktor, forskningsreaktorn R 1, byggdes 1951–54 under ledning av Sigvard Eklund. Denne, som tidigare bl a verkat som forskare vid Nobelinstitutet och 1945–50 varit chef för FOA's kärntekniska avdelning, var nu forskningschef i AE. R 1-reaktorn, som använde från Frankrike inlånat uran och tungt vatten från Rjukan i Norge, färdigställdes i juli 1954, och därmed hade Sverige definitivt inträtt i atomåldern. (Det franska uranet kunde återlämnas sedan man fått fram eget från AE's extraktionsverk i Kvarntorp, vilket stod färdigt 1953). Den fortsatta utbyggnaden av AE's forskningslaboratorie- och utvecklingsresurser skedde fr o m 1955 i Studsvik. Härmed hade linjerna dragits upp för vad som kom att kallas "den svenska linjen", dvs natururan-reaktorer modererade med tungt vatten. För en mera utförlig beskrivning av denna epok i svensk kärnenergihistoria hänvisas till uppsatser av Sigvard Eklund[1] och Karl-Erik Larsson[2].

Arbetet med utveckling av svenska tungvattenreaktorer, skildrat av Harry Brynielsson i *DÆDALUS*[3], fortsatte under de följande åren fram till 1970. Dess främsta resultat var idrifttagningen av Ågesta kraftvärmeverk år 1964.

Det svenska atomenergiprogrammet hade baserats på tre förutsättningar, vilka återspeglade förhållandena under atomålderns första decennium, nämligen

a) bränsleförsörjningen måste baseras på naturligt uran, eftersom uran, naturlig eller anrikat, ej stod till förfogande genom import.
b) teknisk-vetenskaplig information beträffande fissionsprocessen, reaktorkonstruktion, urananrikning samt tillverkning och hantering av bränsle var svåråtkomlig eftersom den var hemligstämplad av de fyra atomvapenmakterna. I USA reglerades detta genom MacMahon-lagen.
c) Sverige förbehöll sig handlingsfrihet beträffande egna atomvapen.

Genom president Eisenhower's framgångsrika agerande såväl på hemmaplan genom ändring av MacMahon-lagen som i december 1953 inom FN skapades förutsättningar för atomenergins fredliga utnyttjande i internationell skala, kopplat till ett kontrollsystem för förhindrande av spridning av atomvapen. Milstolpar i denna utveckling var den första Genève-konferensen 1955 i FN's regi och tillkomsten av det internationella atomenergiorganet IAEA år 1957. Nu frisläpptes mängder av hittills hemlighållna data av USA, England, Sovjetunionen och Frankrike. Detta, tillsammans med löften om försäljning av anrikat uran, skapade ett decennium som Bertrand Goldschmidt, framstående kärnfysiker och sedermera ansvarig för de internationella relationerna hos franska Commissariat à l'Energie Atomique, kallade *l'europhorie atomique*[4].

Nu öppnades för Sveriges del helt nya möjligheter. Man var inte längre bunden av de begränsningar som de ovan angivna ursprungliga förutsättningarna innebar. Tillgång till anrikat uranbränsle gjorde det

möjligt att utforma enklare reaktorkonstruktioner, man kunde som moderator använda vanligt vatten (som nu kallades "lättvatten" för att särskiljas från tungvatten). Bränslebyten behövde inte ske under drift meddelst komplicerade omladdningssystem, såsom var fallet vid kraftreaktorer som drevs med naturligt uran, utan detta kunde göras en gång om året i samband med avställning för revision och översyn.

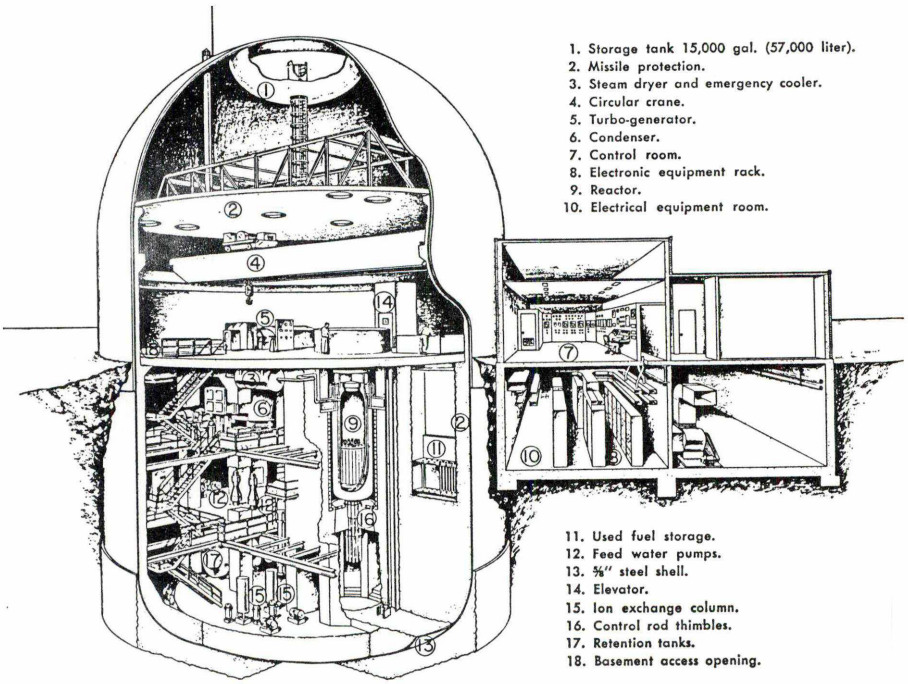
Den tredje av de tidigare huvudförutsättningarna för det svenska programmet, nämligen att bevara möjligheten för anskaffande av egna atomvapen, började även att ifrågasättas. I stället för att vara en tillgång för det svenska försvaret kunde atomvapen vara en belastning, i och med att de avsevärt ökade risken för ett preventivangrepp. Därjämte, och detta utgjorde måhända det främsta skälet för att avstå från dessa vapen, så låg det i Sveriges intresse att man via FN etablerade ett kollektivt säkerhetssystem mot spridning av atomvapen (vad som blev Non Proliferation Treaty, NPT) med IAEA som verkställande organ. Det skulle emellertid komma att dröja ända till 1968 innan riksdagen beslutade att Sverige inte skulle gå vidare på atomvapenlinjen. Detta ledde till svenskt undertecknande av NPT år 1970.

### *Kraftindustrins val av reaktortyp*

Före 1954 hade de icke-statliga svenska kraftföretagen visat atomenergin en ganska förströdd uppmärksamhet. Man såg visserligen framför sig ett alltmer ökande behov av elproduktionsresurser, men man ansåg att detta i första hand borde täckas genom fortsatt utbyggnad av vattenkraft. Vissa svårigheter härför förelåg emellertid på grund av invändningar från naturvårdshåll mot exploatering av outbyggda älvar. De låga bränslepriserna gjorde också oljeeldade kondenskraftverk intressanta med hänsyn till dessas betydligt lägre anläggningskostnader, men olja som bränsle innebar samtidigt ett större utlandsberoende. Man var därför inte främmande för att atomkraften kunde komma in som en ny produktionskälla, men bedömde detta ligga kanske 15–20 år framåt i tiden, och nöjde sig med att följa utvecklingen genom att ingå som delägare i AB Atomenergi och avdela viss personal dit som auskultanter. (För Vattenfall var situationen delvis annorlunda eftersom statsmakterna förutsatte dess medverkan när det gällde atomkraftproduktion i prototypanläggningar konstruerade av AE).

Under år 1954 kom kraftföretagen mot bakgrund av den internationella utvecklingen att ägna atomkraften ett ökande intresse, vilket efter Genèvekonferensen 1955 resulterade i att särskilda atomkraftavdelningar skapades för uppföljning av tekniken och projekteringsarbete. Hos de större enskilda och kommunala kraftföretagen skedde detta genom att man bildade Atomkraftkonsortiet AKK med dess driftbolag AB Atomkraftverk. Detta skeende är beskrivet av förf dels i Svenska Kraftföreningens publikationer[5], dels i en historik om kraftföretaget OKG[6].

Vid inventering av reaktortyper lämpliga i samband med kraftproduktion startade man vid årsskiftet 1955/56 inom AKK från scratch. Detta innebar att man utöver den svenska tungvattenlinjen även beaktade möjligheten av att använda i utlandet utvecklade reaktorer. Därför studerades programmen i USA och England. I USA arbetades det ursprungligen utefter många linjer samtidigt, såsom lättvattenreaktorer av både tryckvatten- (PWR) och kokartyp (BWR), natrium- resp gaskylda grafitmodererade reaktorer, organiskt modererade och kylda reaktorer, homogena reaktorer (uran i lösning i tungvatten), natrium-kaliumkylda snabba reaktorer m fl, vilka redovisats vid Genève-konferensen i en mångfald rapporter. England hade valt gasgrafitreaktorer av Magnox-typ som första generation av kraftreaktorer. Aktiv marknadsföring bedrevs av amerikanska och engelska systemleverantörer, som regel i samarbete med svenska tillverkande




2. EBWR – Experimental Boiling Water Reactor – var den första kraftgenererande direktcykel kokarreaktorn. Den var nummer sex i en serie experimentanläggningar som byggdes av den amerikanska Atomenergikommissionen (AEC) vid Argonne National Laboratory i Illinois. Termiska effekten var 100 MW, ångan användes bl a för att driva en 5 MW turbin. Den togs i drift i början av 1957. All information om EBWR var öppet tillgänglig genom "Atoms for Peace"-programmet, bl a via kurser för utländska tekniker. Hit sökte sig också ett flertal svenska tekniker från såväl tillverkare som kraftföretag. UN Publication, No 1956, IX 1 Vol 3.

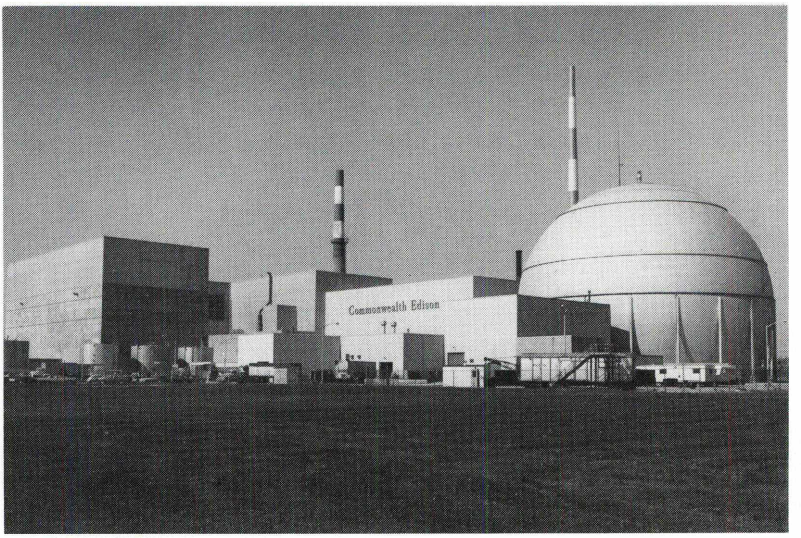
företag, och AKK erhöll preliminära offerter på anläggningar med effekter inom området 50–200 MW.

Intresset kom ganska snart att koncentreras på de amerikanska lättvattenreaktorerna PWR och BWR. Härvid vägde givetvis tungt det förhållandet att det svenska utvecklingsarbetet praktiskt taget helt låg inom området för vattenreaktorer, och att man därmed inom landet för sådana hade tillgång till expertis, laboratorier och provningsinstallationer. Detta var en nödvändig förutsättning för att man med framgång skulle kunna ge sig in i ett kraftreaktorprojekt. Man uppställde dessutom kravet att den första reaktorn skulle vara av en typ som utprovats i reguljär kraftverksdrift, vilket ej var fallet med tungvattenreaktorn. Detta ledde till att det omkring 1958 stod klart för AKK och dess delägare att det enda realistiska alternativet till den svenska reaktorlinjen representerades av de amerikanska lättvattenreaktorerna. Om man valde denna lösning kunde anskaffningen ske antingen genom direktimport, eller, vilket för en svensk beställare vore att föredraga, genom ett "joint venture" mellan svensk och amerikansk leverantör.

Vid slutet av 1958 fanns av tryckvattenreaktorer, PWR – förutom de hemligstämplade u-båtsmaskinerna samt en mindre kraftproducerande anläggning av "package"-typ för US Army – endast Shippingport om 60 MW eleffekt i drift. Huvudleverantör var Westinghouse, och driften ombesörjdes av kraftbolaget Duquesne Light Co. I framskridet byggnadsstadium befann sig även två större kraftstationer om cirka 150 MW, vilka skulle komma att tas i drift 1961–62.

När det gällde kokarreaktorer, BWR, var basen ännu smalare. Förutom en serie experimentreaktorer fanns vid Argonne National Laboratory i drift prototypreaktorn EBWR om 20–100 MW termisk effekt, försedd med en turbingenerator om 5 MW eleffekt. Dessutom hade General Electric (GE) i Vallecitos tagit i drift sin egen experimentanläggning, VBWR, om 50 MW termisk effekt som gav ånga till kraftbolaget Pacific Gas & Electric's (PG&E) turbin om 5 MW. I det närmaste färdigställd var den hos GE av kraftbolaget Commonwealth Edison Co på "turnkey"-basis beställda anläggningen i Dresden, Illinois. Den hade en eleffekt av 200 MW och sattes i drift 1960. Under byggnad befann sig även två 50 MW-anläggningar, av vilka en som byggdes för PG&E i Humboldt Bay i norra Californien skulle komma att i flera avseenden bli en prototyp för kommande generation av GE's BWR-reaktorer. Den skulle emellertid komma i drift först 1963.

AKK hade under dessa första år hunnit med en omfattande inventering över tänkbara förläggningsplatser. Denna ledde så småningom till valet av Simpevarp vid ostkusten 20 km norr om Oskarshamn. En koncessionsansökan för "Simpevarps atomkraftverk" ingavs av AKK i maj 1959, baserad på en preliminär offert från General Electric. Den




3. Dresden Nuclear Power Station, ca 80 km sydväst om Chicago, byggdes av General Electric för kraftföretaget Commonwealth Edison. Stationen hade en kokarreaktor av dualcycle-typ som gav en netto eleffekt av 200 MW. Den togs i drift 1960, och var den första BWR-anläggningen för kommersiell kraftproduktion. Foto ur USCEA bildarkiv.

åtföljande beskrivningen visade en kraftstation av samma typ som den ovannämnda Humboldt Bay. Den elektriska effekten angavs till 50–60 MW.

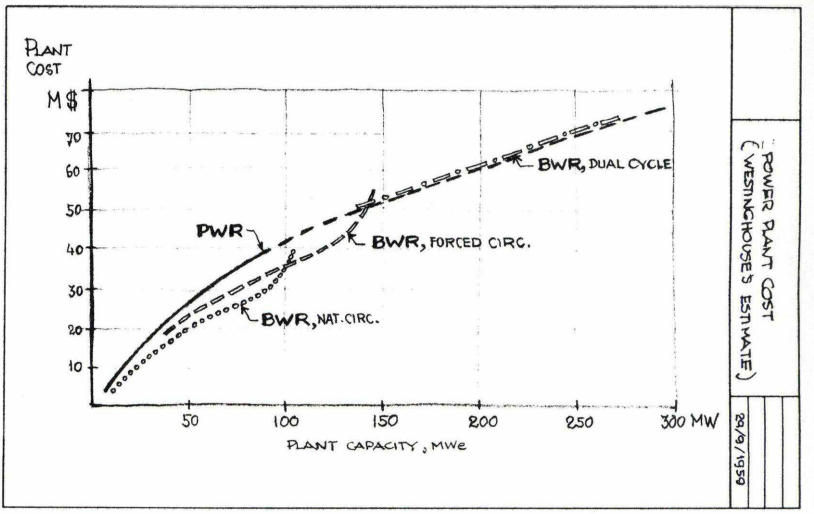
Att man kommit fram till en BWR-reaktor hade sin grund i följande överväganden:

– Den största fördelen med BWR är att reaktorångan användes direkt i turbinen. Man behöver därför inga ånggeneratorer, och vid samma admissionstryck till turbinen blir arbetstrycket i reaktorn endast hälften så stort som vid PWR.

– Vatten i två-fas medger kylning medelst naturlig cirkulation (inga cirkulationspumpar erforderliga) vid effekter åtminstone upp till 100 MW el.[7]

Dessa förhållanden skulle leda till lägre anläggningskostnader, vilket också PWR-leverantören Westinghouse var medveten om, se exempelvis diagrammet, fig 4, även om man för effekter över 150 MW ansåg sig helt konkurrensmässig.

En annan sak som vid jämförelsen mellan BWR och PWR talade till fördel för den förra var den lägre initialanrikningen hos bränslet och därmed lägre slutanrikning efter bestrålning. Därmed borde inte upparbetning av det utbrända bränslet vara erforderlig ur ekonomisk synpunkt. Man slapp sålunda osäkerheten med denna process, som förutsatte en marknad för det utvunna plutoniet.




4. Kostnadsjämförelse mellaN PWR och BWR enligt en intern Westinghouserapport 1959.

Att man valde 50–60 MW effekt motiverades av att detta syntes vara en praktiskt minsta storlek för att ge väsentliga erfarenheter för den fortsatta atomkraftsatsningen ifråga om upphandling, byggande och drift av kommersiella verk.

*Vägen till en svensk reaktorleverantör*

Anbudsförfrågan utsändes av AKK och offerter erhölls i mitten av 1960 från två leverantörsgrupper, dels ASEA/NOHAB med General Electric som underleverantör för reaktordelen, dels Allis-Chalmers/Kockums. (Allis-Chalmers var då engagerade i Sverige som leverantörer för AE's materialprovningsreaktor R2 i Studsvik, vilken använde anrikat uran och vanligt vatten). Inget av anbuden uppfyllde AKK's önskemål om pris och garantier, men med den sistnämnda leverantörsgruppen som konsult inleddes av AKK fortsatt detaljprojektering vilken pågick ett par år.

Under tiden hade ASEA tagit sitt engagemang inom atomområdet under omprövning, vilket hittills till övervägande del varit inriktat på den svenska tungvattenlinjen, och funnit att en egen satsning på BWR var motiverad. Detta ledde till att ASEA år 1963 till AKK/AKV offererade en 60 MW-anläggning av egen konstruktion. Anbudet befanns så fördelaktigt att AKK-styrelsen beslöt rekommendera delägarföretagen att godkänna en beställning. Den totala kostnaden för projektet beräknades till cirka 130 Mkr. Detta innebar en inte direkt räntabel investering av 70 Mkr, om värdet av kraften bestämdes av kostnaden för oljekondenskraft vid rådande pris på olja, ca 70 kr/$m^3$. Om ingen ökning av oljepriset inträffade skulle detta bli AKK's kostnad för inträdesbiljetten till den kommersiella atomkraftutbygg-

nad som man bedömde bli aktuell att sätta igång någon gång i mitten av 1970-talet. Tillräcklig anslutning erhölls emellertid ej från delägarna, endast ca 60 % av andelstalen uppnåddes.

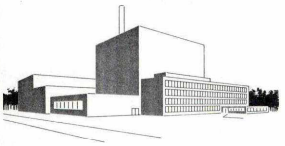
Vid årsskiftet 1963/64 skedde emellertid en total omsvängning i synen på atomkraftens ekonomi. Det amerikanska kraftbolaget Jersey Central, ingående i koncernen General Public Utilities, beställde i december 1963 hos General Electric ett 520 MW atomkraftverk av BWR-typ, Oyster Creek. Totalkostnaden, 68 millioner $, för turnkey-leveransen var sensationellt låg och innebar med kol- eller oljekraft konkurrenskraftig atomkraft. Detta gav anledning till att bedöma som sannolikt att stora lättvatten-reaktorer skulle vara ekonomiskt motiverade i AKK-gruppens system redan 1970, alltså betydligt tidigare än man förut räknat med.

I mars 1964 begärde AKK från ASEA anbud avseende turnkey-leverans av det första blocket om minst 300 MW nettoeffekt i ett kärnkraftverk om två enheter. Reaktorn skulle vara av BWR-typ. Man angav att förutsättningen för att anbudet skulle bli föremål för fortsatt behandling var att det bekräftade antagandet om med konventionell kondenskraft ekonomiskt likvärdig kärnkraft. (Från och med nu gick man över till benämningen "kärn" i stället för det vetenskapligt inkorrekta "atom", vilken kommer att ske även i denna uppsats). Detta villkor innebar att även om man exklusivt förhandlade med ASEA skulle konkurrensmomentet bibehållas, i detta fall med en fossileldad anläggning. Det nya projektet kallades Oskarshamnsverket. Genom ett nytt konsortialavtal ombildades AKV till Oskarshamnsverkets Kraftgrupp AB – sedermera OKG AB.

När det gällde 60 MW-projektet hade man, som ovan beskrivits, från beställarens sida godtagit en av ASEA självständigt utvecklad reaktor. När det nu gällde en minst fem gånger större anläggning låg det närmast till hand att ASEA skaffade sig ett licensavtal med General Electric. Detta företag hade nu tillgång till fem års drifterfarenheter från Dresden-stationen om 200 MW, ett par års dito av 50 MW-verken Humboldt Bay och Big Rock Point, och man hade just startat upp den italienska 150 MW Garigliano-stationen av Dresden-typ. Nu pågick utvecklings- och konstruktionsarbetet för 500 MW-anläggningarna Oyster Creek och en nybeställd replik härav vid Nine Mile Point för kraftbolaget Niagara Mohawk Co. Dessa borde utgöra goda förebilder för Oskarshamnsverket. De diskussioner som ASEA förde med GE hade varit besvärliga och dragit ut på tiden, och utsikterna för det svenska företaget att uppnå ett tillfredsställande licensavtal verkade avlägsna. ASEA's ledning, som av sina kärnkrafttekniker blivit övertygade om att man hade erforderlig kompetens för att tekniskt ro i land det stora projektet utan stöd av amerikansk licens, tog då beslutet att man skulle gå fram med egen konstruktion. Detta skulle givetvis komma att innebära investeringar bl a i egna prov-

ningsanläggningar, samarbetsavtal med AB Atomenergi beträffande utveckling och provning av bränsle samt ett betydande ekonomiskt risktagande. Man begärde besked av OKG huruvida ASEA skulle godkännas som huvudleverantörer av en anläggning med en reaktor av egen konstruktion. OKG gav ett positivt svar, vilket ledde till ett preliminärt anbud å en 400 MW-anläggning i slutet av 1964. Detta var tillräckligt attraktivt för beställaren för att man skulle gå vidare.

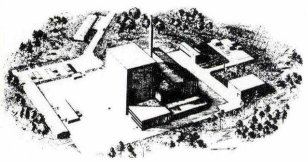
*Beställningen av O I*



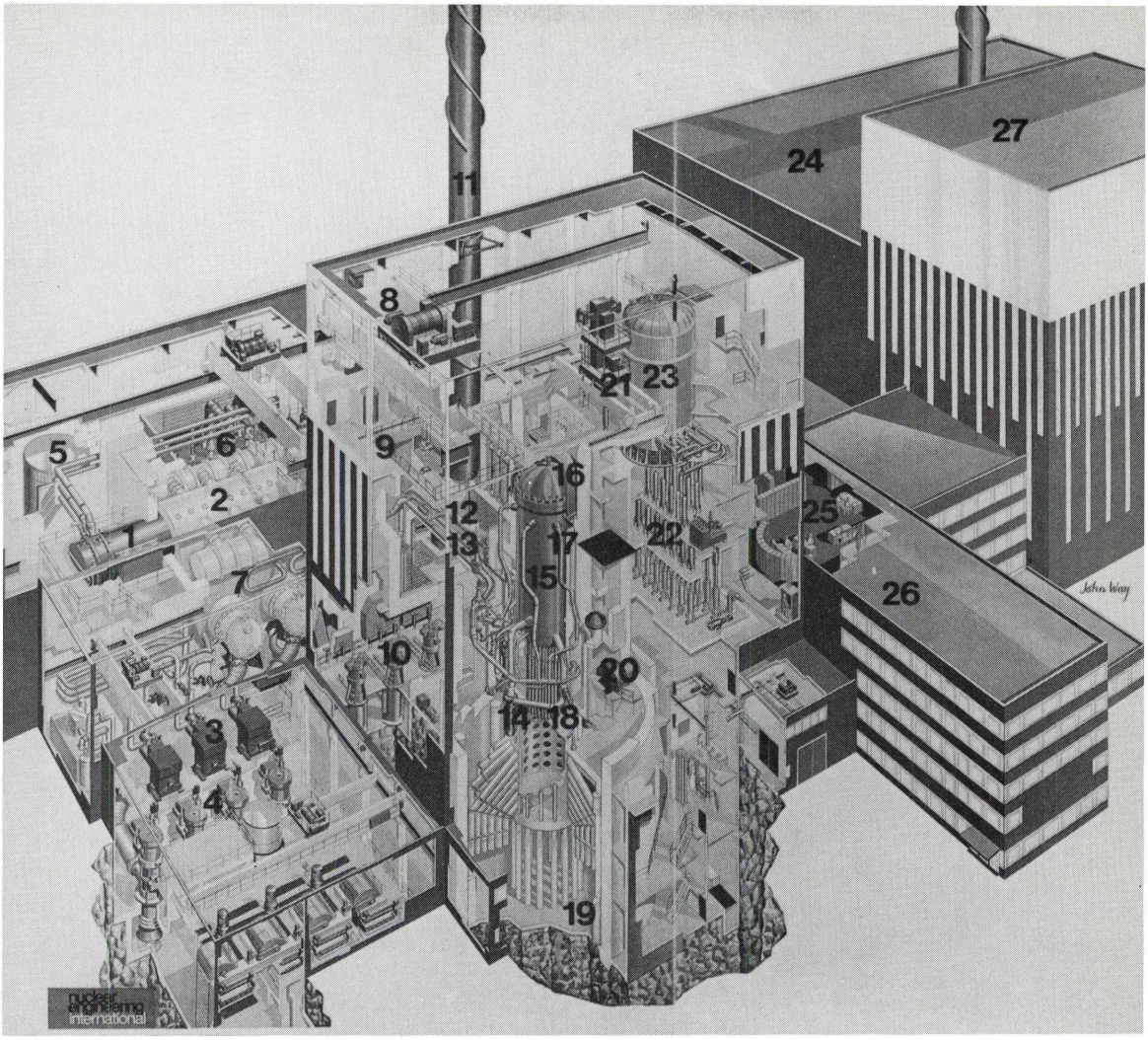
ASEA lämnade i april 1965 ett definitivt bindande anbud, vilket efter fortsatt granskning och förhandlingar resulterade i beställningsbrev från OKG den 14 juli samma år. Koncessionsansökan inlämnades av OKG en vecka senare. Beställningsbrevet fullföljdes genom ett slutligt kontrakt, som undertecknades i mars 1966 efter det att Atomdelegationen tillstyrkt OKG's koncessionsansökan. Koncession beviljades av regeringen i april, och den 7 juni skedde startskottet i Simpevarp.

Härmed hade ett av de största projekten i den svenska industriutvecklingens historia igångsatts. Det gällde att bygga vad som skulle bli Sveriges största kraftverksenhet med användning av en teknik som ännu var under utveckling. Företaget var djärvt, såväl för leverantören som beställaren, vilka bägge tog stora, ehuru kalkylerade, risker. Visserligen hade man facit till problemet: amerikanerna hade visat att kraftproduktion i kommersiell skala kunde ske med BWR-reaktorer, men någon full information om de bakomliggande konstruktionsförutsättningarna kunde man utan licensavtal inte få från General Electric eller deras beställare. Leverantören ASEA kunde stödja sig på vad som offentligt framkommit genom det amerikanska federala kärnenergiprogrammet samt på de erfarenheter man skaffat sig på hemmaplan genom sin medverkan i det svenska utvecklingsarbetet på tungvattenområdet, och genom både sitt eget och beställarens tidigare projektarbete med det mindre BWR-alternativet. Många av de reaktorfysiska och värmetekniska problem som uppställde sig när man valt att direkt satsa på en anläggning i kommersiell storlek kunde dock endast lösas genom att ASEA själva skaffade fram data via experiment- och provningsanläggningar.

Det stora utvecklingssteget avsåg emellertid inte bara kärnkrafttekniken, även de s.k. konventionella systemen ställde krav på nykonstruktion. Detta gällde inte minst turbingeneratoraggregatet. Det största som hittills levererats av STAL-LAVAL och ASEA var Stenungsund om 270 MW, och det gällde sålunda nära en storleksfördubbling av denna typ av radialaxialturbin. Härtill kom nya arbetsförutsättningar i form av hög fukthalt i den direkt från reaktorn kommande mättade radioaktiva ångan.



För beställaren OKG låg risktagandet på ett annat plan än hos leverantören, för vilken ju risken begränsades till kontraktsbeloppet.

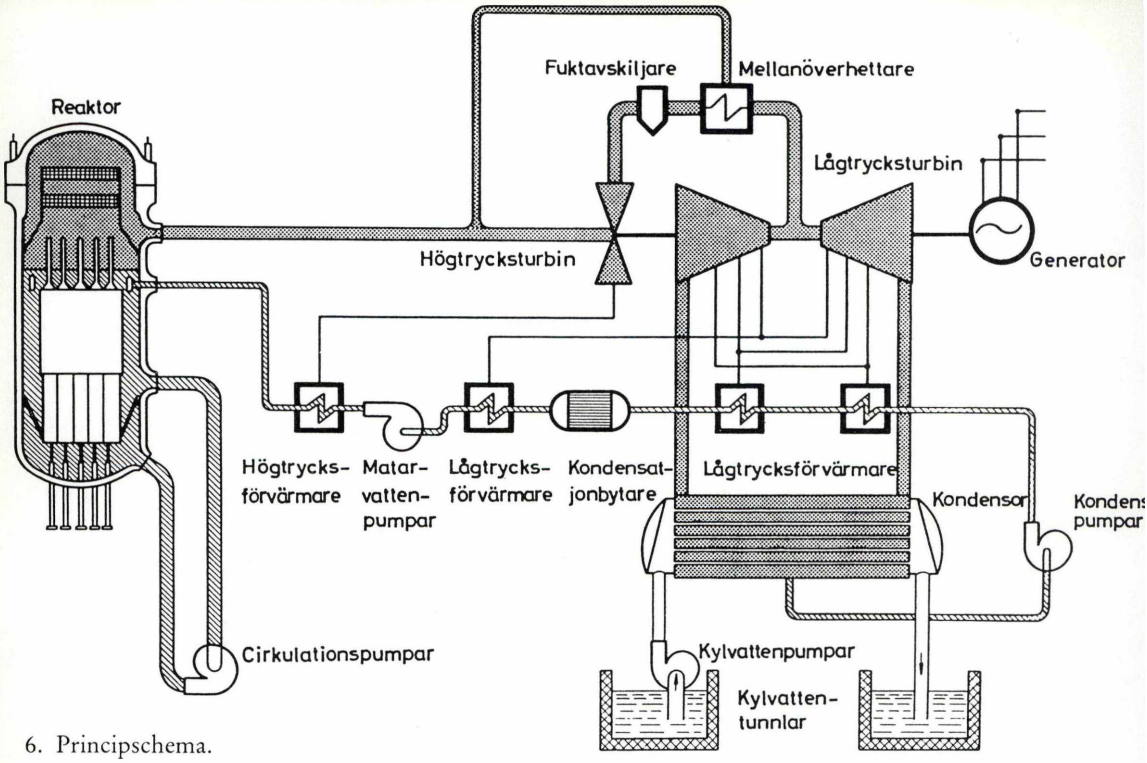



5. Oskar I i transparent perspektiv.

Oskarshamnsverket skulle nämligen för de i OKG ingående kraftbolagen år 1971 komma att representera omkring 10 % av deras totalt installerade effekt, och en längre försening eller ett misslyckande skulle leda till mycket stora kostnader för att anskaffa eller köpa ersättningskraft, kostnader som i värsta fall skulle kunna flerfaldigt överstiga kontraktssumman. Som yttersta konsekvens, nämligen om tillräcklig ersättningskraft ej stod att erhålla, kunde delägarföretagen komma i ett läge där de inte skulle kunna uppfylla sin leveransskyldighet gentemot kraftabonnenterna, ett livsvillkor för ett kraftbolag.

### O I-anläggningens huvuddrag

Anläggningens utformning visas i ett "transparent" perspektiv i fig 5. Det förutsattes redan från början att en utbyggnad med ett andra block – inte nödvändigtvis identiskt med det första – skulle ske, och

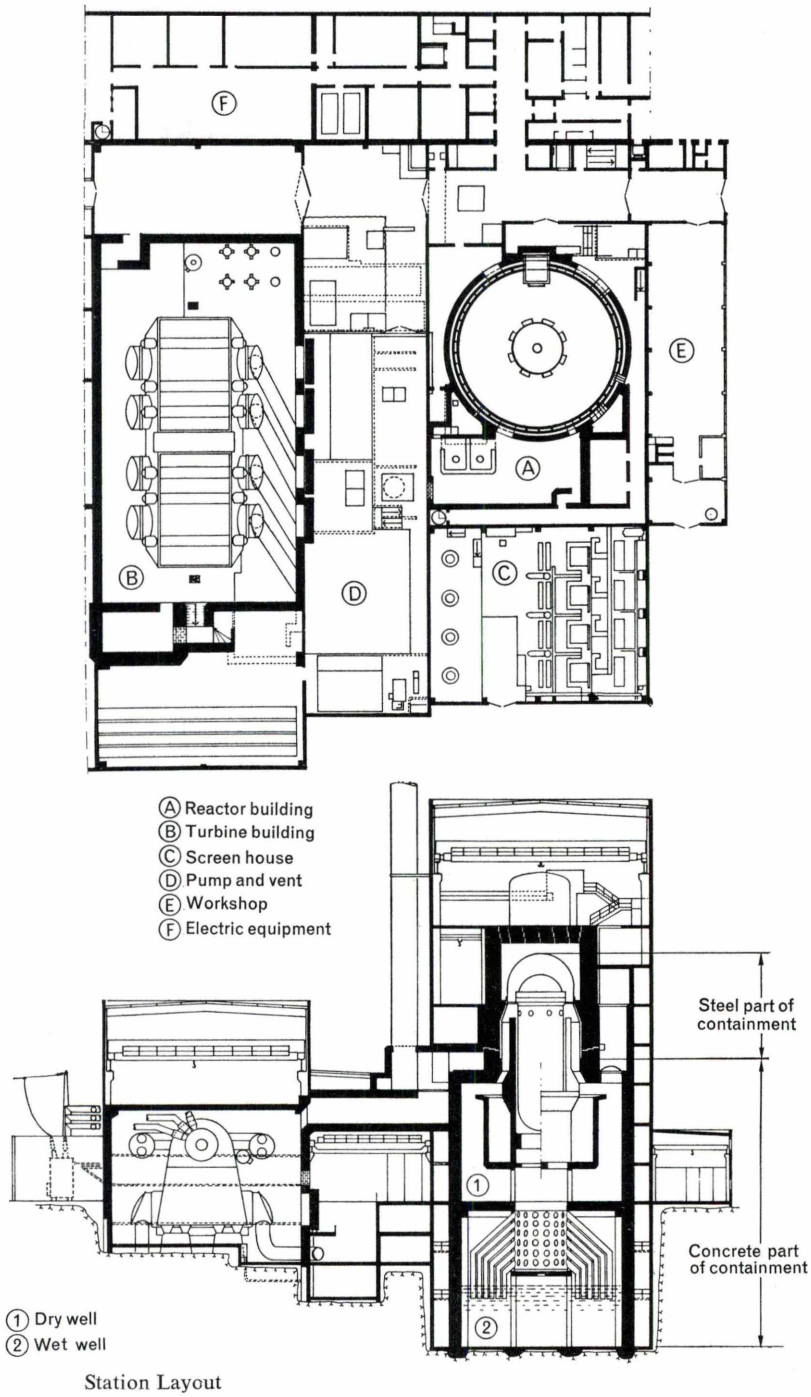



6. Principschema.

layouten var utformad med hänsyn härtill. Principschemat för anläggningen framställdes förenklat i fig 6, ett mera konventionellt flödesschema visas i fig 18.

Stations-layouten och tillämpningen av den s k PS-principen för reaktorinneslutningen framgår av fig 7. Inneslutningen har formen av en stående betongcylinder, som upptill ansluter till ett tryckkärl av stål. PS-principen, som innebär trycknedsättning, "Pressure Suppression", vid haveri i primärkretsen, utnyttjar en tudelning av inneslutningskärlet, en övre, "dry well", och en nedre, "wet well". I den förra befinner sig reaktorkärlet och de trycksatta reaktorsystemen. I den nedre har man dels en vattenbassäng, dels ett gasfyllt utrymme. Från "dry well" sticker ett antal grova rör ner under vattenytan i "wet well's" bassäng. Vid ett brott på ett trycksatt rör kommer en blandning av ånga, gas och vatten att strömma ner i dessa rör, varvid ångan kondenseras och gasen går över i "wet well"-utrymmet och höjer trycket där. Det experimentella underlaget för dimensionering av systemet hade tagits fram i USA av General Electric (GE) och kraftbolaget PG & E i samband med konstruktionen av Humboldt Bay-stationen.

Den anläggning som projekterats av ASEA var i många hänseenden en naturlig utveckling av den linje som börjat i Argonne National Laboratory och sedan fortsatts av GE. Den kan karakteriseras av beteckningen direktcykel BWR med forcerad cirkulation; $UO_2$-




7. Stations-layout. Reaktorinneslutningens inre diameter 19 m.

bränsle med Zircaloykapsling. Den skiljde sig avsevärt från det enda större kraftverk, Dresden, från vilket det fanns någon längre drifterfarenhet. Dresden-stationen hade "dual-cycle" ångflöde med separat ångdom, bränslepatroner med 6×6 stavgitter samt konventionell reaktorinneslutning i form av en stålsfär. Oskarshamnsverket var mera lik de nya anläggningar som GE nu byggde (Oyster Creek och Nine Mile Point, vilka skulle komma i drift 1969) och offererade. ASEA hade emellertid kommit fram till lösningar som i jämförelse med de amerikanska var betydande förbättringar. Bland dessa kan märkas bränsleelement med 8×8 stavar, absorbatorstavsblad med borrade borkarbidfyllda kanaler, styrdonsmanövreringssystem med kombination av elektro-mekaniskt styrsystem för normaldriften och hydrauliskt snabbstopp, samt ångseparatorer av cyklontyp. Detta redovisas närmare under p 6 nedan. Nytänkandet gällde även stationslayouten och det konstruktiva utförandet av reaktorinneslutningen i förspänd betong, där PS-principen fick en utformning som senare har blivit normerande för BWR-reaktorer världen över.

När det gällde val och specifikation av material har ASEA's konservativa inställning visat sig vara befogad. Detta har lett till att många problem som andra reaktortillverkare råkat ut för, har undvikits. Huvuddata framgår av tabell 1.

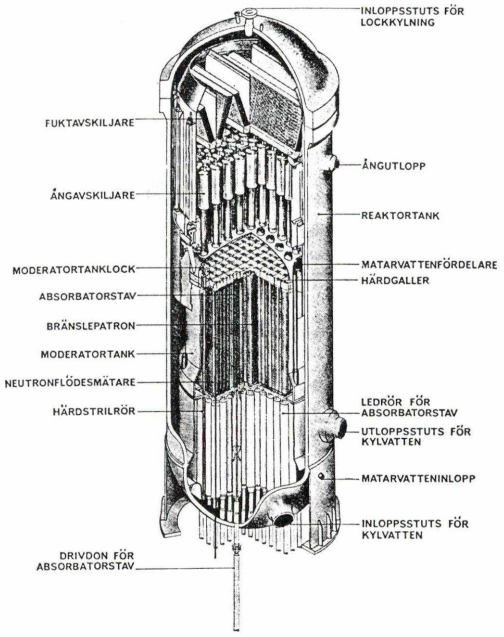
*Tabell 1*

| | | |
|---|---|---|
| Termisk effekt | MWth | 1 375 |
| Elektrisk effekt | MWel netto | 440 |
| Drifttryck | bar | 70 |
| Ångtemperatur | °C | 286 |
| Cirkulationsflöde i reaktorn, max | kg/s | 7 000 |
| Huvudcirkulationspumpar | antal | 4 |
| Reaktortank, inre diameter/höjd | m | 5,0/17,6 |
| Bränsleladdning | ton $UO_2$ | 90 |
| Effekttäthet | kW/kg U | 17 |
| Bränslepatroner | antal | 448 |
| Styrstavar | antal | 112 |
| Reaktorinneslutning, "dry well" | $m^3$ | 3 600 |
| Reaktorinneslutning, "wet well" | $m^3$ gasvol | 2 000 |
| D:o konstruktionstryck | bar | 4,5 |
| Total byggnadsvolym | $m^3$ | 200 000 |

*Reaktor med hjälpsystem*

En principskiss av reaktorn visas i fig 8. Reaktorvattnet cirkuleras med ett cirkulationstal av cirka 10, dvs 10 gånger så mycket vatten pumpas genom härden som det utgående ångflödet räknat i kg/s.

Ångan som bildas i härden avskiljs från vattnet medelst av ASEA




8. Reaktorn.

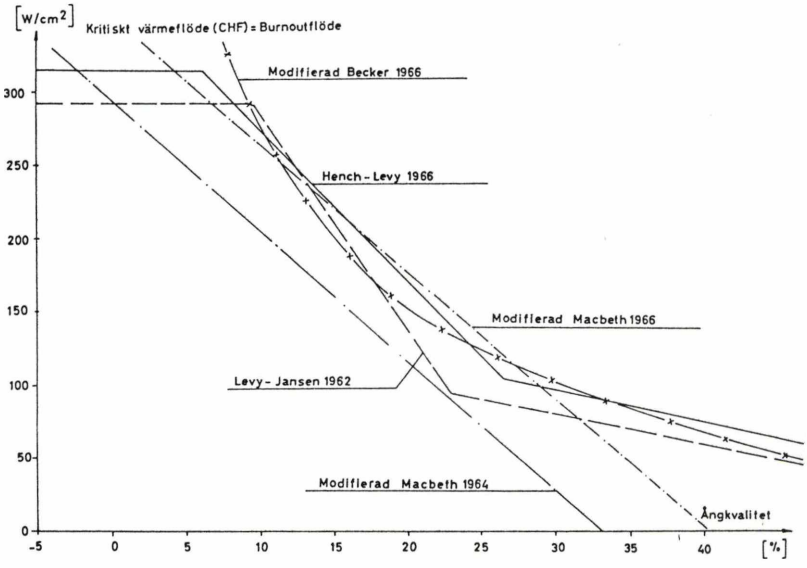
utvecklade ångseparatorer av cyklontyp och torkas innan den från reaktorkärlet leds direkt till turbinen.

*Konstruktionsförutsättningar för reaktorsystemet.*
*Forsknings- och utvecklingsarbete.*
Genom de omfattande insatser som gjorts i Sverige i samband med arbetet på tungvatten-linjens Ågesta- och Marvikenprojekt hade man inom ASEA ett gott utgångsläge när det gällde kokarreaktorn för OKG. När man på allvar började studera lättvattentekniken en bit in på 1960-talet ställdes företagets tekniker inför utmaningen att inhämta ett minst femårigt försprång som amerikanska reaktortillverkare hade skaffat sig. Här kom nu till oerhörd stor nytta den generösa inställning som amerikanska regeringen visade när det gällde att fritt ställa till förfogande de data och erfarenheter som framkommit under det forsknings- och utvecklingsarbete och från de experimentanläggningar som bekostats helt eller delvis med offentliga medel. Det gällde i första hand vad som skedde vid Argonne National Laboratory. Stor nytta hade man också av OKG's amerikanska konsulter, Nuclear Utility Services (NUS), som på ett konstruktivt och positivt sätt granskade ASEA's konstruktioner. Däremot kunde man givetvis inte få alla data som framkommit vid de av enskilda företag bekostade projekten, såsom exempelvis Vallecitos-reaktorn och Dresden-stationen, och under GE's utvecklingsarbete för de nybeställda kärnkraftverken Oyster Creek och Nine Mile Point.

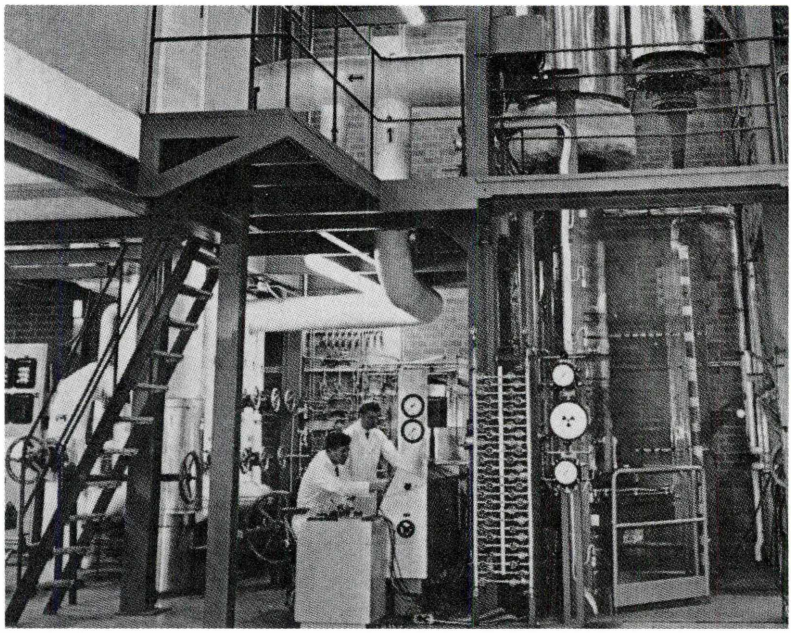
Det var därför nödvändigt att genomföra ett omfattande eget utvecklings- och provningsarbete med användning av inom landet befintliga resurser samt tillskapa nya sådana.[8]

För de reaktorfysiska härdberäkningarna hade man inga större svårigheter att ta fram egna program. I jämförelse med tungvatten-natururanlinjen erbjöd också anrikat uran en mycket större frihet i konstruktionsarbetet. Eftersom en ledande princip för detta arbete var att se till att man hade ordentliga marginaler på den säkra sidan, hade man stor nytta av att man vant sig vid de hårda restriktioner ifråga om neutronekonomi som den tidigare inriktningen inneburit. Det var emellertid också nödvändigt att i egna experimentuppställningar få beräkningarna verifierade. Detta skedde bl a i R2-0-reaktorn och KRITZ-uppställningen i Studsvik. Bestrålningsprovning av bränslestavar skedde i Studsviks R2 samt i Halden-reaktorn i Norge och i Ågesta.

Det var inom områdena hydrodynamik och värmeöverföringsteknik som egna provningsanläggningar var som mest nödvändiga för det pågående konstruktionsarbetet. Värmetekniken bygger på empiriska samband såväl för tillämpningar inom kärnkrafttekniken som inom andra områden. Som exempel kan man ta ett stort antal burnout-korrelationer,[9] dvs empiriska samband som anger det kritiska värmeflödet som funktion av olika system-parametrar, se fig 9. Det krävs därför alltid ett omfattande experimentarbete för att kunna verifiera




9. Jämförelse mellan olika burnout-korrelationer vid systemparametrar typiska för en lättvattenkokare. Det krävs omfattande experimentarbete för att få fram de samband som gäller i den konstruktion man avser utveckla. Cnut Sundquist, ABB-ATOM.



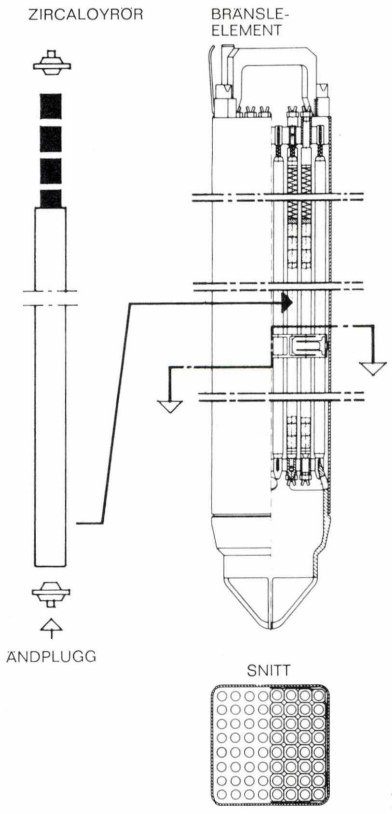
10. ASEA-ATOM's testrigg FRIGG i Västerås, som togs i drift 1966. Här kan elektriskt uppvärmda fullskaliga bränsleelement testas under tryck upp till 100 bar. Den tillgängliga eleffekten är 9 MW. Foto ur ABB-ATOM bildarkiv.

dessa samband, eftersom försöksresultaten är starkt betingade av de parameterkombinationer för vilka de framtagits. Även om prov i en reaktor ger realistiska förhållanden, så hade man tyvärr begränsade möjligheter till mätningar. Därför gjordes kretsförsök med elektriskt upphettade attrapper såväl i Studsvik som hos ASEA i Västerås. Försök med fullskaleattrapper utfördes på den senare platsen i den nya FRIGG-kretsen, som togs i drift 1966. Kretsen som har 9 MW tillgänglig eleffekt vid upp till 100 bars tryck förseddes med en omfattande instrumentering, bl a för mätning av ångvolymen (void) med gammastrålar.

När man så småningom kommit så långt som till driftprovningsskedet, gav mätningar på fyra instrumenterade bränslepatroner insatta i själva O I-reaktorn synnerligen värdefulla erfarenheter. Här kunde man mäta neutronflöde och voidhalt vid varierad strypning. ASEA-ATOM hade nämligen varit förutseende nog att förse härden med lösa, utbytbara strypningar vid ingången till bränslepatronerna. (Till skillnad mot GE som hade fasta dylika.)

*Bränslepatroner; härduppbyggnad*[10]

Bränslepatronen är uppbyggd av 64 bränslestavar i ett 8 x 8 gitter vilka är inneslutna i ett höljerör av Zircaloy-4 med kvadratiskt sektion, se

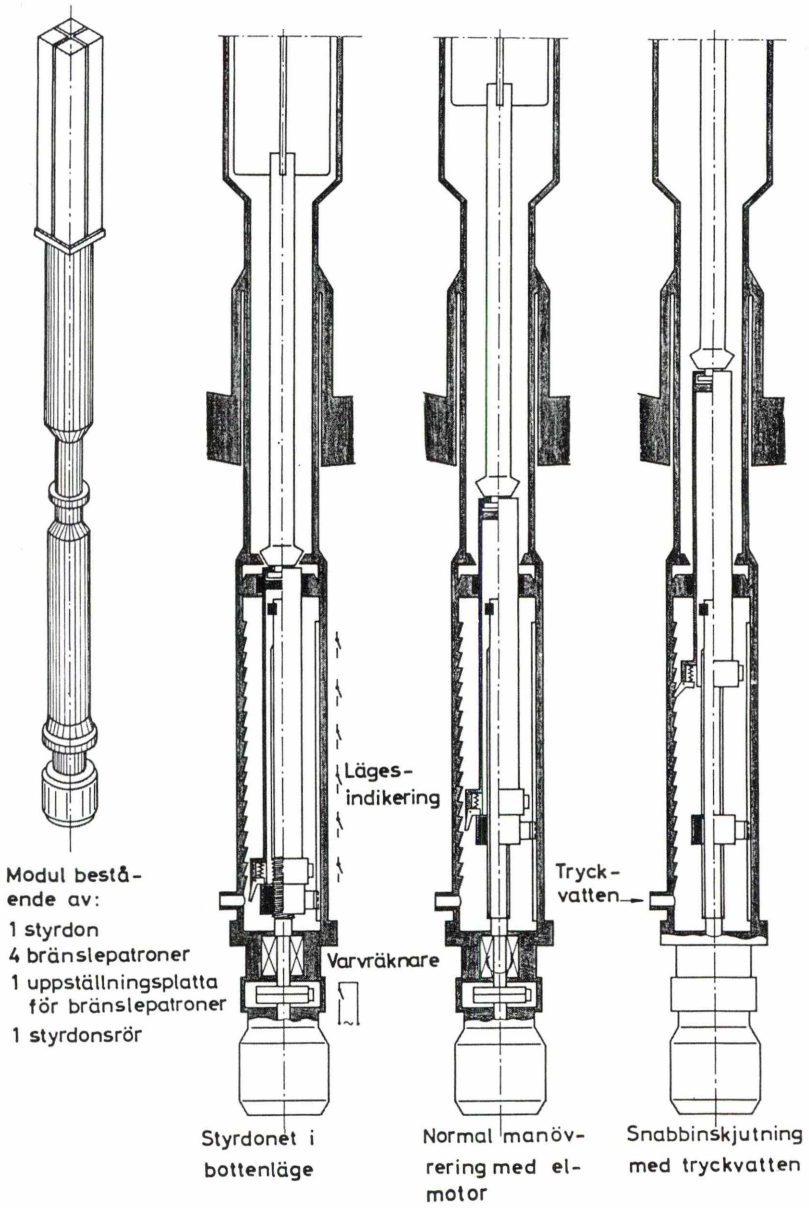



11. Bränsleelement.

fig 11. Ett styrstavsledrör bildar tillsammans med fyra bränslepatroner en modul, som framgår av fig 12. Huvuddata framgår av tabell 2.

*Tabell 2*

| *Anm* | | |
|---|---|---|
| Bränslematerial | $UO_2$ | |
| Medelanrikning 1:a härd | vikt-% | 2,0 |
| Medeleffekt per patron | MW | 3,1 |
| Kapslingsmaterial | Zircaloy-2 | |
| Kapslingens tjocklek | mm | 0,8 |
| Bränslestavar, ytterdiameter | mm | 12,25 |
| Centrumavstånd mellan stavar | mm | 16,3 |
| Genomsnittlig ytvärmebelastning | $W/cm^2$ | 34 |
| Maximal ytvärmebelastning | $W/cm^2$ | 100 |
| Burnout-marginal | | 1,7 |
| Bränslets medeltemperatur | °C | 625 |
| Bränslets centrumtemp, max | °C | 1 900 |
| Medelutbränning i initialhärden | MWd/ton U | 15 000 garanti |
| Medelutbränning i härd nr 2 | MWd/ton U | 22 000 garanti |




12. Styrdon. Normal manövrering med elmotor. Snabbinskjutning med tryckvatten.

I jämförelse med GE's bränsle innebar visserligen ASEA's 8 × 8 gitter en högre tillverkningskostnad. Detta kompenserades mer än väl av kostnadsminskningen på grund av den högre effekttätheten. Ändå var burnout-marginalen större i ASEA-bränslet.

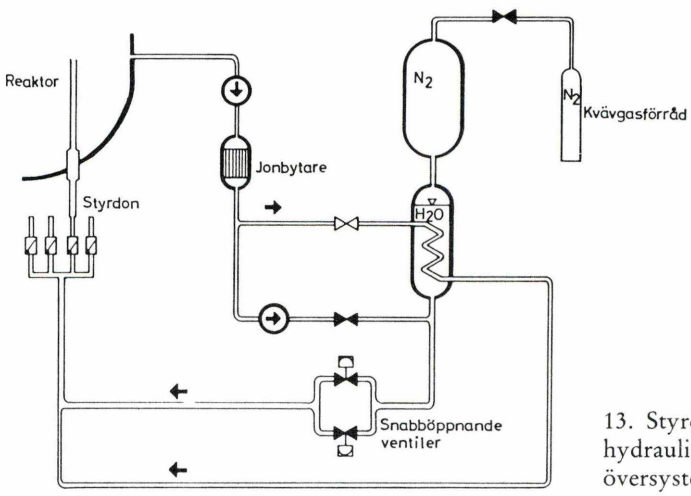
Ur kraftekonomisk synpunkt bör i det svenska kraftsystemet med dess stora andel av vattenkraft bränslebyte ske årsvis i samband med

avställning för översyn. Vid fortfarighetstillstånd i driften – approximativt efter den den tredje omladdningen – förutsattes därför omladdning av 20 % av härden per år. Detta innebär schematiskt att härden skulle komma att bestå av fem delar av olika ålder. För att uppnå optimal neutronekonomi valde man därför i O I att för initialladdningen simulera detta förhållande vid fortfarighetstillstånd genom att i denna använda bränslepatroner med fem olika anrikningar, varierande från 1,4 % till 2,6 %. (Detta sofistikerade förfarande har man frångått i senare reaktorer.)

*Styrdon*

Reaktoreffekten varieras normalt genom ändring av cirkulationspumparnas varvtal. För verkets start och avställning samt för att styra effektfördelningen i reaktorhärden användes korsformiga styrstavar. Vid snabbavstängning av reaktorn användes ett hydrualiskt system. ASEA's konstruktion för Oskarshamnsreaktorn har en extra säkerhet genom att den till skillnad från vad som användes i GE's kokarreaktorer har ett system för normal, långsammare manövrering, som är av en helt annan princip, nämligen elektromekanisk, och därmed fullständigt oberoende av det hydrauliska snabbinskjutningssystemet. Drivdonet är uppbyggt av elmotor med kuggväxel, skruv, mutter, kolvstång och styrrör samt lägesindikeringsutrustning. Normalt vilar kolvstången på muttern och förflyttar sig alltså med denna. Vid snabbinskjutning påverkas kolvstången av hydraultrycket, varvid den tillsammans med styrstaven skjutes uppåt och lämnar sitt läge på muttern. Utformningen av styrdonets hydraulsystem framgår av fig 13.

Styrstavarnas absorbatordel är korsformig och utförd svetsad i rostfritt stål med i bladen borrade horisontella kanaler som fylls med

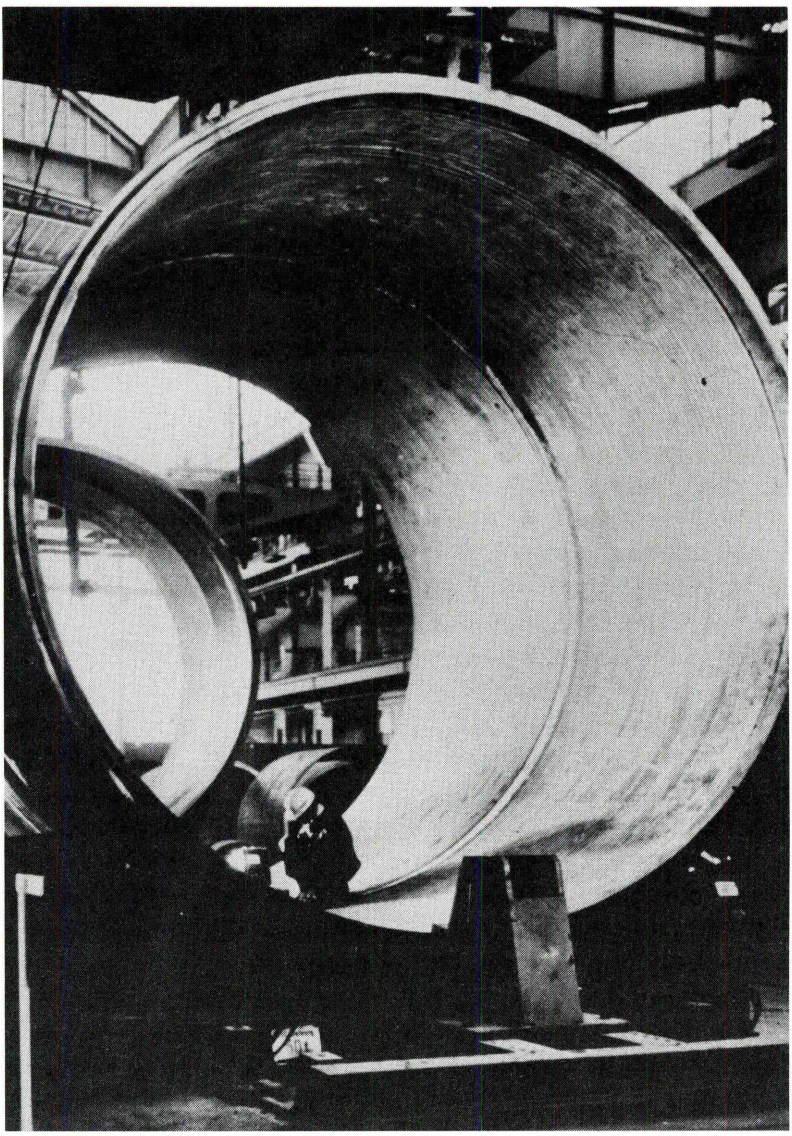



13. Styrdonens hydrauliska manöversystem.

borkarbid. Hålen är öppna inåt mot det centrala hålrummet som bildas av de hopsvetsade bladen. Detta ger utrymme för det helium som bildas vid bestrålningen. Detta är, som ovan angetts, en originalkonstruktion av ASEA-ATOM.

*Reaktortanken*

Anbud intogs från olika utländska tillverkare. Med hänsyn till godstjockleken, 131 mm, och totalvikten 400 ton (dubbelt så mycket som



14. Tillverkning av reaktortanken hos GuteHoffnungshütte i Oberhausen. Påläggssvetsning av rostfritt i ett mantelsvep. Foto ur ABB-ATOM bildarkiv.

Marviken-tanken, tillverkad i Degerfors) fanns vid denna tid ej tillräckliga inhemska verkstadsresurser. Ordern gick till det tyska företaget GuteHoffnungshütte AG (GHH).

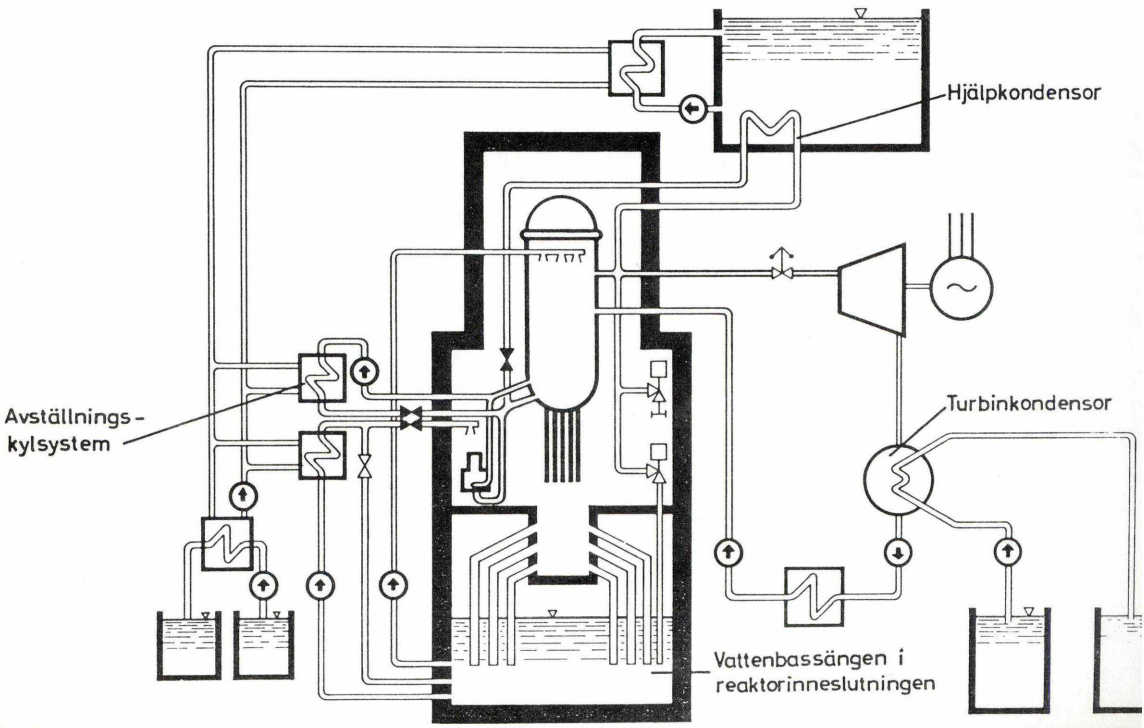
Materialet i tanken var ett Mn-Mo-legerat tryckkärlsstål enligt den amerikanska specifikationen för ASTM A 302 Grade B, ett välbeprövat material som använts i ett stort antal tankar. Alla vatten- och ångberörda ytor pläterades med rostfritt stål av 18/8-typ.

Den cylindriska manteln hos tanken uppbyggdes av fyra svep, tillverkade av plåtar som bockats till cylindrisk form och svetsats i längdriktningen med elektroslaggmetoden. Svepen svetsades samman med maskinell pulverbågsvetsning. Bottengaveln och locket uppbyggdes av pressade och hopsvetsade plåtar.

Kraven på material och tillverkningsmetoder var noga specifiserade i samband med upphandlingen av tanken, och uppföljning av tillverkningen skedde kontinuerligt av ASEA och OKG. På inrådan av OKG's konsult NUS anlitades även expertis från South Western Research Institute (SWRI), San Antonio, Texas. Det visade sig att GHH ej i tillräcklig grad insett innebörden av beställarens krav – bl a hade man ej inplanerat normalisering av mantelsvepen – vilket ledde till avsevärda förseningar i förhållande till avtalets tidsplan.

Parallellt med tanktillverkningen tog man fram metoder och utrustning för återkommande inspektion av reaktortanken. Här gjordes en pionjärinsats av SWRI i samarbete med Tekniska Röntgencentralen,

15. Reaktorns hjälpsystem: tillgängliga värmesänkor.



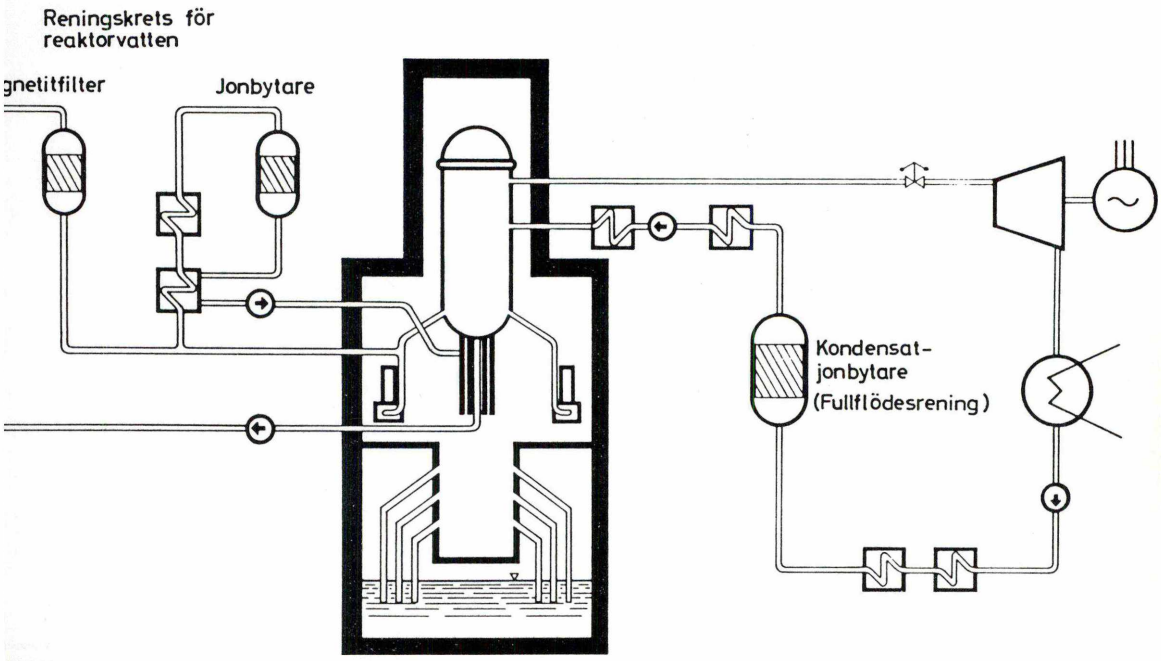
TRC, genom att få fram en utrustning för automatisk inspektion med ultraljud.[11] Denna användes också för en första "finger-printing" av tanken för att få relevanta ingångsdata.

*Reaktorns hjälpsystem*
Till dessa räknas följande system.

1. Huvudsystem
   Omfattar system för matarvatten, forcerad cirkulation, avblåsning samt hjälpkondensor.
2. Kylsystem m m
   Omfattar kylsystem för avställd reaktor, sprinkler system för primärutrymme, d:o för reaktorhärden, kyl- och reningssytem för bränsleförvaringsutrymme, system för reaktorvärmning och för stationens hetvattenförsörjning samt tempereringssytem för reaktortankens lock.
3. Reningssystem för reaktorvatten och för kondensat.
4. Anläggningar för bortförande och behandling av radioaktivt avfall
   System för radioaktiva avloppsgaser, system för behandling av vätskeformigt aktivt avfall, utrustning för behandling av fast aktivt avfall samt dekontamineringssystem.
5. Övriga system
   Omfattar system för borinsprutning, för dränage, för läckövervakning samt yttre hydraulsystem för drivdon.

Här är ej platsen att beskriva förutsättningarna för eller utformning av alla dessa system. Som illustration visas i fig 15 en bild av de viktigaste

16. Reaktorns hjälpsystem: vattenrening i primärkrets.



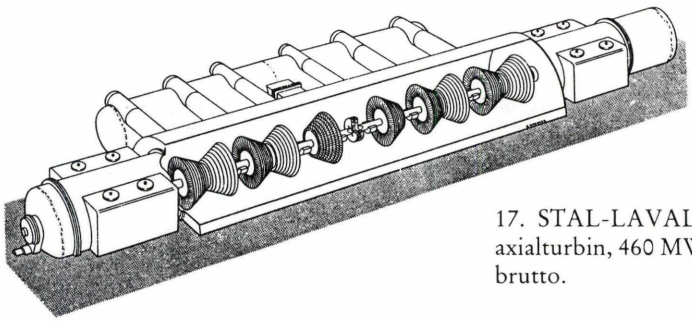
kylsystemen, och i fig 16 vattenreningssystemen. I övrigt hänvisas till ASEA-ATOM's specialrapporter.

Systemkomponenterna upphandlades efter omsorgsfull utvärdering av leverantörernas kapacitet och kvalitetssäkringsrutiner. Av större komponenter kan nämnas huvudcirkulationspumparna från engelska Hayward Tyler och matarvattenpumparna från tyska KSB. Rörmontaget utfördes av Mannesman AG.

*Reglersystem och kontrollutrustning*

Reglering av den från ett kärnkraftverk utmatade effekten sker medelst reglering av neutronflödet, eftersom den termiska reaktoreffekten är direkt proportionell mot detta. Vid konventionella kondensverk möts variationer i belastningen genom manövrer i turbinpådraget. Vid en tryckvattenreaktor kan regleringen ske på samma sätt, eftersom en ökning i turbinpådraget sänker temperaturen i ånggeneratorerna och därmed temperaturen i primärkretsen. Detta kommer på grund av den negativa temperaturkoefficienten att öka reaktoreffekten, som följer belastningen utan nämnvärd översväng. Man talar om att reaktorn är "slav till turbinen". Vid en kokarreaktor med direkt cykel är emellertid förhållandena annorlunda på grund av den negativa void (ånghalt) -koefficienten, ett ökat turbinpådrag ger en sänkning av trycket, större ångblåsor, sämre moderering och en minskad effekt. Effektregleringen måste därför ske på annat sätt. Detta ledde till den s k dualcycle-principen som begagnar sig av variation av underkylning i härdinloppet, och som användes i GE's första kommersiella reaktorer Dresden och Garigliano. Vid en direktcykelkokare använder man i stället systemet "turbinen slav till reaktorn". Detta innebär att alla order om ändrad stationseffekt passerar via reaktorn, turbinen tar den ånga som reaktorn producerar på så sätt att reaktortrycket hålles konstant. Det normala sättet för reglering av reaktoreffekten är ändring av kylflödet genom reglering av varvtalet hos huvudcirkulationspumparna, i andra hand sker det genom manövrering av absorbatorstavarna.

O I kan med pumpreglering regleras kring effektens ärvärde inom ett effektintervall av 30 % av detta värde. Effektreglersystemet består av en effektregulator och en turbinregulator. Effektregulatorn påverkar hydraulkopplingar till en frekvensomformare, kopplad till huvudcirkulationspumparnas motorer. Styrsignal erhålles under normal drift antingen genom automatisk order från det yttre nätets frekvens eller genom en manuell börvärdesändring av operatören. Turbinregulatorns uppgift är att hålla reaktortrycket konstant. Styrsignalen utgörs av differensen mellan aktuellt och önskat tryck i reaktorn.



17. STAL-LAVAL's radial-axialturbin, 460 MW el brutto.

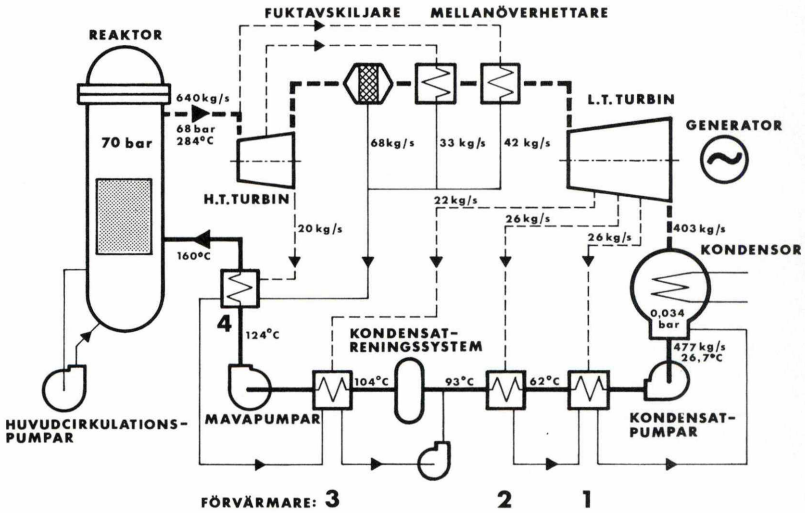
*Turbin-generator-anläggningen*

Turbinen för O I är av STAL-LAVAL's kombinerade radial-axialtyp för 3 000 r/min. Den består av en högtrycksturbin av motrotationsradialtyp och 10 parallella lågtrycksturbiner (5 på vardera axeln) av axialtyp. Se fig 17. I överföringsrören mellan radialdelen och axialdelarna är fuktavskiljare och mellanöverhettare inbyggda. Turbinrotorerna är kopplade till var sin generator. Dessa är konventionellt vätgaskylda och generatorns statorlindning är direktkyld med vatten. Hela aggregatet uppbärs av kondensorn jämte två generatorpallar. Huvuddata framgår av tabell 3 samt flödesschemat fig 18.

*Tabell 3*

| | | |
|---|---|---|
| Märkeffekt | MW | 460 |
| Nettoeffekt | MW | 440 |
| Nettoverkningsgrad | % | 32,1 |
| Ångflöde | kg/s | 640 |
| Fukthalt i primärånga | % | 0,5 |
| Ångdata, tryck/temp | bar/°C | |
| före högtrycksturbin | | 68/284 |
| efter högtrycksturbin | | 6,7/163 |
| i kondensor | | 0,038/28 |
| Avloppsskovelns längd | mm | 730 |
| Kondensor: material | aluminium-mässing (1979 bytt till titan) | |
| flöde | $m^3/s$ | 20 |
| temphöjning | °C | 11 |
| dumpningskapacitet | % | 110 |
| Förvärmare | | |
| lågtryck | antal | 3 |
| högtryck | antal | 1 |
| Turbingeneratoraggr längd | m | 51 |

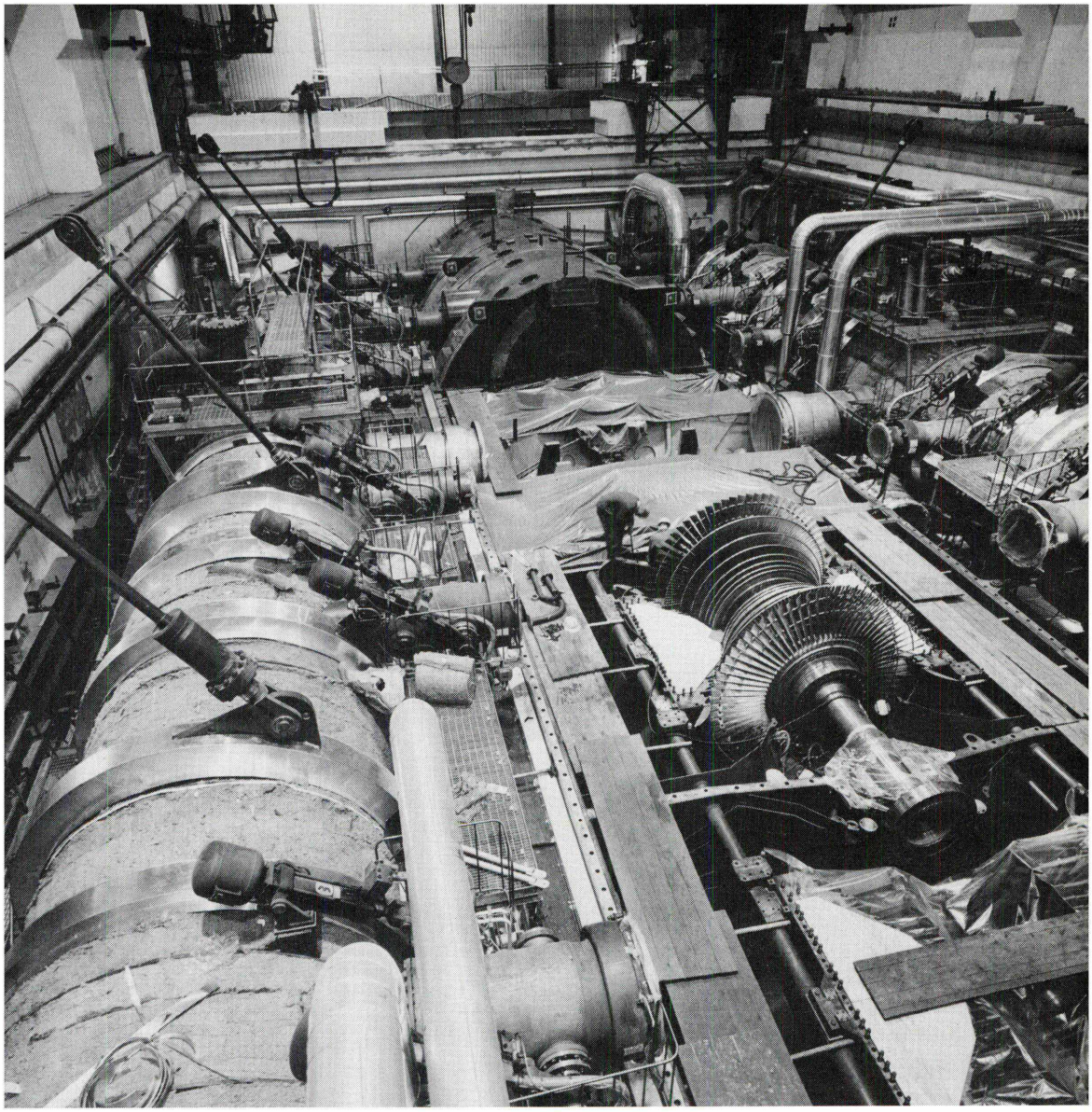
Ett speciellt drag för den turbin som skall drivas med ånga från en direktcykel kokarreaktor är att turbinlasten följer reaktorns ångpro-




18. Flödesschema.

duktion på sätt som beskrivits i föregående avsnitt. För att klara snabba nätstörningar måste därför färskångan dumpas direkt till turbinkondensorn. Detta löses med ett system av 10 dumpventiler med en sammanlagd kapacitet av 110 % av ångflödet vid full effekt. Beställarens krav på denna turbin- och dumpventilreglering var hårda, ett nätbortfall måste klaras utan att reaktorn stoppas och turbinen skall kunna upprätthålla husturbindrift, dvs klara stationens eget behov. Vidare skulle man kunna av- och pålasta 60 MW momentant genom omkastning av ångflödet mellan turbinen och dumpventilerna vid uppbyggnad av eget nät med endast O I-blocket. Vid utvecklingsarbetet för dumpventilerna hade man redan en utgångspunkt i de försök som utförts för liknande anordning i Marvikenprojektet.

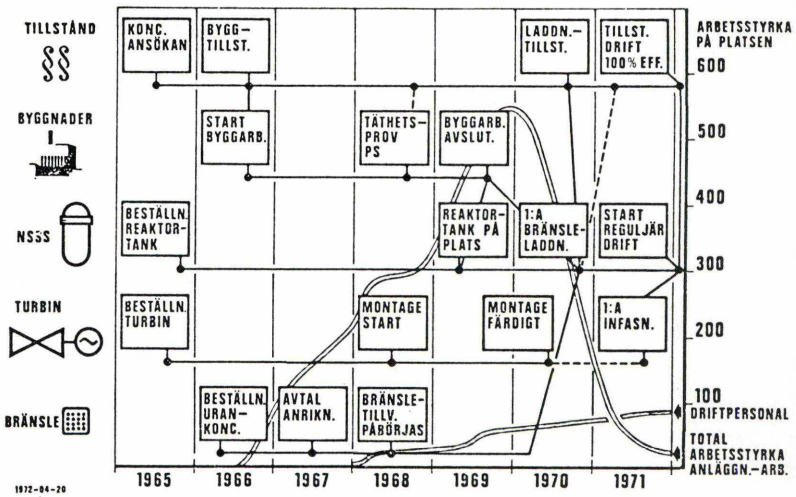
STAL-LAVAL's turbinkonstruktion byggde på kombinationen av företagets unika radialturbin av Ljungströmtyp med axialturbinsteg av konventionellt slag. Man hade successivt lyckats gå upp i storlek ända upp till 270 MW vid Stenungsundsverket, men steget upp till O I's 460 MW inklusive omkonstruktionen för nukleär mättad ånga var ganska djärvt. För att möta befarade problem härrörande från den mättade ångan hade högtrycksdelen byggts upp på ett sofistikerat sätt med material motståndiga mot erosion. Vidare hade stor omsorg lagts ned på god dränerbarhet. Resultatet kom emellertid ej att motsvara förväntningarna och kraftverkets driftstillgänglighet under de första åren blev mycket lidande av ständiga turbinstopp. Efter vidtagna ändringar och förbättringar kom dock maskinen från mitten av år 1975 att uppvisa mycket tillfredsställande driftresultat, se vidare nedan under p 9.



19. Montage av turbinen. Totallängd 51 m. Foto ur OKG bildarkiv.

*Byggnadsskedet och idriftsättningen. Slutkostnad*

De viktigaste milstolparna i *byggnadsskedet* framgår av den översiktliga *tidplanen* fig 20. Härav framgår att den totala tiden från starten av byggnadsarbetena på platsen i juni 1966 till driftstart med kontrakterad effekt i början av 1972 var drygt 5½ år. Detta synes mot bakgrund av dagens förhållanden var en god prestation, framför allt som det rörde sig om ett förstlingsverk, men enligt det ursprungliga avtalet skulle faktiskt leveransdagen ägt rum halvtannat år tidigare. Planen visar huvudsektorerna tillståndsbehandling, byggnader, reaktordelen, turbindelen och bränsle.

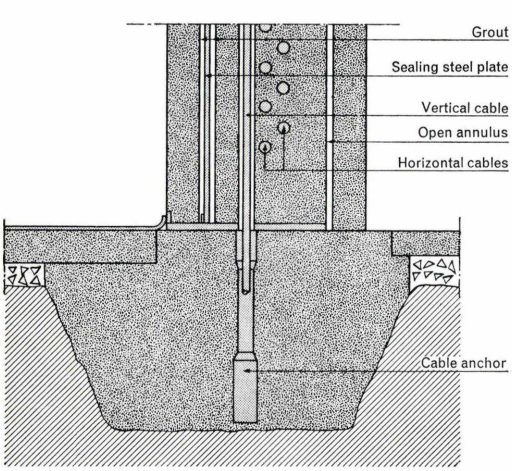



20. Tidplan.

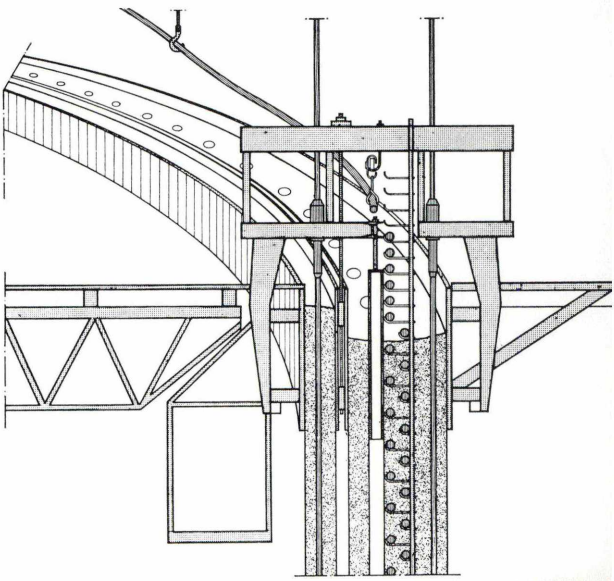
*Byggnadsarbetena* med Armerad Betong som entreprenör genomfördes i god ordning. Bland de tekniskt sett avancerade byggnadsdelarna märktes framför allt reaktorinneslutningen i betong med dess koncentriska väggar med spalt för tätplåt, utförd med hjälp av glidformsgjutning. Se fig 21. Metoden patenterades av entreprenören, och användes senare i flera andra anläggningar.

*Reaktor med hjälpsystem* blev den tidsstyrande sektorn. Här blev,

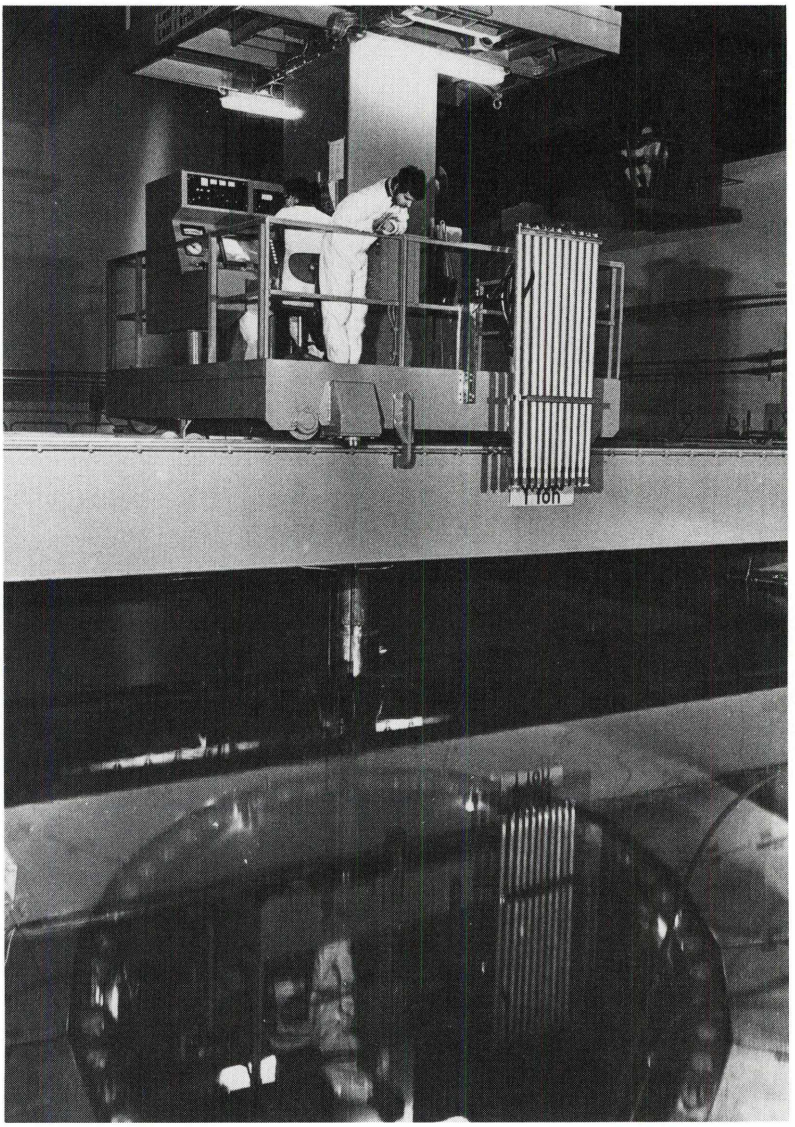
21. Reaktorinneslutningen. Glidformsgjuten, förspänd betong. Total väggtjocklek 1,3 m, med två koncentriska slitsar, varav den yttre bibehålls öppen. I den inre placerades tätplåt som tillverkades i ringar vilka successivt hopsvetsades och sänktes ned uppifrån. Därefter groutades mellanrummet.




Detail of containment wall and bottom joint



Slip form arrangement for containment wall



22. Laddning av reaktorn. För att uppnå kriticitet behövdes 17 bränslepatroner, helt enligt de reaktorfysikaliska beräkningarna. Foto ur OKG bildarkiv.

som tidigare beskrivits, GHH's leverans av reaktortanken försenad med 10 månader. Vidare tog idrift-tagningen från första kriticitet, som ägde rum i december 1970, betydligt längre tid än som ursprungligen förutsetts. Nu efteråt kan man medge att den tidsförlängningen utnyttjades väl genom att OKG's driftpersonal under detta skede fick möjlighet att i detalj lära känna stationen och lära sig de olika systemens och komponenternas egenheter. Detta kom så småningom att ge utdelning i mycket fin driftstatistik.

23. Hamnen kom väl till pass. Här ses dels fartyget "Regina" där många rörmontörer var logerade, dels pensionerade fregatten "Gävle", vars pannor gav ånga för den första intrimningen av turbinen. Foto ur OKG bildarkiv.


Kärnkraftsbyggen i slutspurt

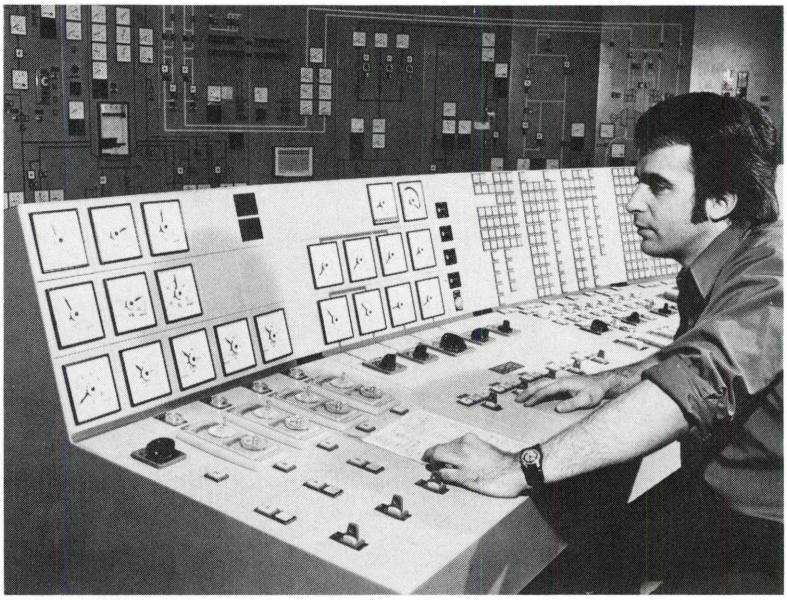
*Oskarshamn blir först*


Kärnkraftsepoken inledd

*Start i Oskarshamn*

*Turbinen* kunde monteras färdig i tid, men saknade då ånga för provning. Detta avhjälptes delvis genom att ASEA från marinen inköpte den utrangerade fregatten "Gävle", vars pannor kunde ge ånga som räckte till att köra med 5 % av fulleffekt, tillräckligt för balansering av maskinen. System som krävde ånga med rätta driftdata fick dock vänta på provning tills reaktorn kom upp i högre effekt. Då uppträdde diverse krångel, bl a vibrationer i turbinpådragssystemet. Det skulle sedan visa sig att turbinen skulle komma att svara för den största avbrottsfrekvensen hos stationen, se vidare därom i avsnitt 10.

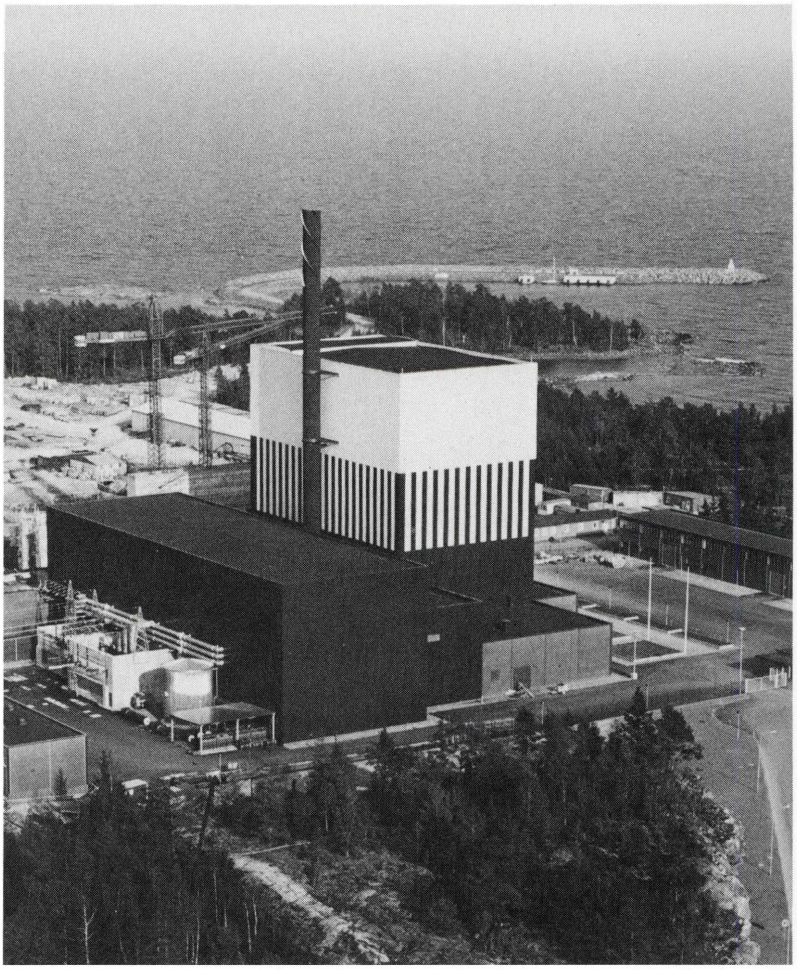
Första infasning på kraftnätet skedde den 19 augusti 1971. Tillverkningen av *bränslet* påbörjades i maj 1968 i ASEA's bränslefabrik i Västerås. Den hade organiserats med tillämpning av de tillverkningsmetoder som med framgång använts vid AB Atomenergis (AE) tillverkning av bränsle för Ågesta- och Halden-reaktorerna. Den 1 januari 1969 bildades bolaget ASEA-ATOM, till vilket AE's bränsleavdelning överfördes. Detta nya företag övertog ASEA's avtal med OKG.



24. Första infasningen på kraftnätet ägde rum i augusti 1971. I mars 1972 uppnåddes 420 MW effekt, vilket då var svenskt rekord för ett kraftblock. Så småningom kom man upp i 460 MW brutto, vilket gav bonus åt leverantören. Foto ur OKG bildarkiv.

Dessförinnan hade uranet anskaffats av OKG genom inköp 1966 av urankoncentrat från Utah Mining & Construction Co, dess konvertering till hexafluorid hos Allied Chemical och anrikning av amerikanska Atomic Energy Commission (AEC). Det sistnämnda skedde enligt ett avtal som var det första som AEC tecknat med ett enskilt kraftföretag. AEC's ordförande, svenskättlingen och nobelpristagaren Glenn Seaborg, uttryckte vid undertecknandet 1967 sin tillfredsställelse över att detta skedde med "one of our good friends abroad", och att det var ett bevis på den vikt man fäste vid USA's nya policy att genom legoanrikning tillhandahålla anrikat uran för kraftprojekt utomlands.

År 1972 kunde vid Svenska Kraftverksföreningens årsmöte i april – ett traditionsrikt evenemang för landets energifolk – rapporteras att Sveriges första kommersiella kärnkraftverk kommit i drift med över 400 MW effekt.[12] Den 18 maj skedde den högtidliga *invigningen* av Oskarshamnsverket, som förrättades av Konung Gustaf VI Adolf i närvaro av ledande representanter för myndigheter, tillverkande industri samt inländska och utländska expertorgan. Det var det andra tillfället i historien som ett statsöverhuvud invigde ett kärnkraftverk. Första gången var när drottning Elizabeth II invigde det engelska Calder Hall år 1957.



25. Oskar I står färdigt och byggnadsarbetena för Oskar II är redan i full gång. Foto ur OKG bildarkiv.

Den totala kostnaden för O I, inklusive första bränsleladdning, högspänningsutrustning, etablering och installationer på förläggningsplatsen samt räntor på externt kapital under byggnadstiden, uppgick till 493 Mkr.

*Driftserfarenheter. Ombyggnader och förbättringar*

De tre första driftåren kännetecknades av många mindre barnsjukdomar och några större tekniska fel. Inom den senare kategorin kan följande i korthet beskrivas.

Det som först kom att allvarligt påverka produktionen var ett flertal skador på och omkring *turbinens ångpådrag* med utmattningsbrott på grund av vibrationer. Det visade sig svårt att finna källan till dessa vibrationer. Efter ett omfattande undersökningsprogram vari

bl a medverkade en av STAL-LAVAL tillkallad utomstående expert, en professor i strömningsteknik med kyrkorglar som hobby, kunde denne konstatera likheten med orgelpipor i form av resonans-svängningar mellan ett av ånginloppen och ventilbalken. Genom pluggning av detta inlopp och förstärkning av ventilbalken var problemet löst.

Inte mindre än fem gånger under tidsperioden 1972–75 havererade *radialturbinen* mer eller mindre allvarligt. Genom en radikal konstruktionsförändring av den inre skovelringen, den tillverkades nu som massivt stålgjutgods och togs i drift i september 1975, har maskinen skött sig exemplariskt (i maj 1990 ca 85 000 drifttimmar).

*Kondensorns* ursprungliga tuber av aluminiummässing utbyttes på grund av tilltagande läckage mot titan 1979.

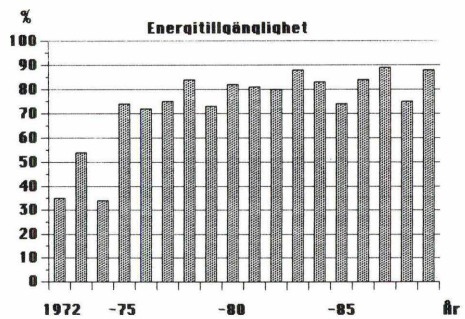
Vid den årliga revisionen och bränslebytet 1974 upptäcktes sprickor i *fördelningsringen för reaktorns matarvatten.* Denna måste omkonstrueras och utbytas, vilket krävde omfattande arbete med hjälp av speciella strålskyddsanordningar i den aktiva miljön och innebar fyra månaders extra produktionsbortfall under detta år.

Reaktorns *fuktavskiljare* visade vid de återkommande inspektionerna ett begynnande sprickmönster, varför en ny omkonstruerad sådan tillverkades och insattes i samband med revisionsavställningen 1980.

Utöver sådana felfunktioner av systematisk natur som här illustrerats mötte man givetvis ett otal smärre komponentfel, exempelvis hos ventiler – det finns 6 500 sådana – som kontinuerligt måste rättas till. Felfrekvensen kunde dock efter hand sänkas till en acceptabel nivå.

*Energi-tillgänglighet*

Detta reflekteras i förbättring av kraftverkets *energitillgänglighet*, dvs tillgänglig produktionskapacitet i förhållande till den teoretiskt möjliga. Denna, som de första tre åren låg mellan 35 och 54 %, steg 1975 till ca 70 % och har efter 1980, med undantag för något enstaka år, legat över 80 %. Se fig 26. Den var 1987 och 1989 så hög som 89 resp 88 %, vilket är nära det praktiskt möjliga med hänsyn till erforderlig årlig avställningstid för bränslebyte och revision.




26. Efter de första tre driftåren har stationen uppvisat mycket goda driftresultat. Energitillgängligheten har i medeltal varit över 80 %.

*Säkerhetshöjande åtgärder*

De övergripande förutsättningarna för konstruktionsarbetet var hög säkerhet och tillförlitlighet. Eftersom Oskarshamnsverket var det första kärnkraftverket i kommersiell skala i Sverige och samtidigt det första kraftverket av ASEA-ATOM's konstruktion fanns i detta tidiga skede ej etablerade konstruktionskriterier att tillgå i den omfattning som senare har blivit fallet. Man tvingades därför att själv välja sådana, avseende redundans, vilka felfunktioner som skall behärskas, procedurer för periodisk provning etc.

Ett exempel härpå är vad som har kommit att kallas den svenska *trettiominutersregeln*, som tillkommit för att förebygga mänskligt felhandlande. Enligt ordalydelsen i leveransavtalet för O I innebar den att "sådana manöveråtgärder, som erfordras för tryggandet av anläggningens såväl momentana som omedelbart förestående säkerhet, skall utföras med automatik. Med omedelbart förestående menas här förhållandena under 30 minuter efter en störning. Härför erforderlig utrustning och kriteriegivande organ skall hållas åtskilda från den egentliga kontrollutrustningen och skall ingå som en integrerad del i totala säkerhetssystemet".

Säkerhet är ett självklart intresse för kraftföretaget eftersom störningar och skador leder till avställningar och därmed stora kostnader för produktionsbortfall. Händelser som skulle kunna leda till omgivningskonsekvenser har som regel långt dessförinnan orsakat företaget mycket stora kostnader. Strävan att förebygga sådana händelser leder därför i praktiken till ökad omgivningssäkerhet. OKG's organisation hade från början byggts upp i syfte att uppnå en god säkerhetsstandard, kontinuerlig säkerhetsgranskning och rapportering av säkerhetsmässiga händelser. Denna rullande säkerhetsgranskning ledde successivt till ett antal korrektiva åtgärder.

Som exempel på en av de tyngre av dessa kan nämnas den ombyggnad som benämndes *projekt kabelseparering*. Under den fortsatta kärnkraftutbyggnaden i landet framkom betydligt större krav på separering av el- och kontrollutrustning än vad som förelåg under slutet av 1960-talet, bl a för att få ett bättre brandskydd av passiv karaktär. Man bestämde sig därför för att genom ombyggnad få upp O I till modern standard. Detta innebar att all säkerhetsmässig utrustning som krävdes driftklar i samband med stora störningar i den centrala eldelen kom att matas och styras från en separat reservkontrollbyggnad. Samtidigt härmed installerades ett nytt hjälpmatarvattensystem med kraftmatning och styrning från denna byggnad.

Denna och liknande åtgärder har medfört att Oskar I nu efter 18 års tjänst helt uppfyller de säkerhetskrav som man successivt infört för nya anläggningar. Detta bekräftas även av de utlåtanden som avgetts av Statens Kärnkraftinspektion, samt av en internationell expertgrupp i IAEA's regi som under 1989 företog en genomgripande genomgång av anläggningen.

*Teknisk livslängd*

Detta leder till frågan om anläggningens tekniska livslängd. Ett generellt villkor för konstruktionsarbetet var att denna skulle vara minst 40 år. Detta innebar givetvis inte att samtliga komponenter måste ha denna livslängd, man gör en optimering av förhållandet mellan initialkostnad och kostnad för utbyte efter viss drifttid. På vissa anläggningsdelar är givetvis kravet entydigt, exempelvis för byggnadsstommen och däri fast inmonterade installationer, dvs delar som kan utformas motståndskraftiga mot åldring och förslitning. Detsamma gäller de delar av primärsystemet som är så placerade eller utformade att de skulle bli mycket kostsamma att utbyta bl a på grund av att de blivit starkt aktiverade under bestrålning.

Den viktigaste enskilda komponenten är här *reaktortanken*. Hänsyn togs sålunda till det antal lastväxlingar vid start och avställning som tanken skulle utsättas för under livstiden, tilltaget med stor marginal. Detta bestämmer risken för sprickbildning på grund av utmattning. En omständighet som skiljer reaktortankar från vanliga tryckkärl är försprödning genom neutronbestrålning, vilket ger sig till känna genom höjning av omslagstemperaturen. Då tanken för O I tillverkades var man på det klara med detta, men man kände inte till den inverkan som vissa föroreningar i stålet hade, speciellt gäller detta koppar och fosfor. Man vinnlade sig därför inte speciellt om att få ned halterna av dessa element så långt som möjligt, vilket skett med senare tillverkade tankar. Detta har lett till att höjningen av omslagstemperaturen efter bestrålning skett fortare än vad som är fallet i dessa. Detta har man kunnat konstatera vid uttagning 1980 och 1985 av på förhand internt anbringade provstavar. Dessa har placerats så att de erhåller ca fem gånger högre stråldos än tankväggen, varigenom man erhåller en stor tidsmässig framförhållning. Lyckligtvis hade man från början överskattat den totala integrerade stråldosen till tanken, varför allt tyder på att några driftsbegränsningar på grund av den förhöjda omslagstemperaturen ej skulle vara aktuella efter 40 år. Huruvida några åtgärder behöver vidtagas i framtiden kommer att visa sig vid nästa provstavsundersökning 1995.

Utan att ge sig in på några spekulationer över vad som kommer att hända år 2010 då Oskar I närmar sig 40-årsdagen kan man i alla fall konstatera att det sannolikt kommer att visa sig vara en mycket god investering att via komponentbyten och ombyggnader förlänga anläggningens livslängd ytterligare ett eller annat decennium. Det är vad man just nu har under omprövning i USA.[13] Ökad livslängd av reaktortanken kan uppnås genom att neutrondosen minskas, exempelvis genom att borttagning av bränsle från härdens periferi, eller genom värmebehandling av tryckkärlet. Man bör ej heller utesluta möjligheten av tankbyte, även om detta skulle innebära avställning i kanske ett par år, men då fördelaktigast i kombination med en effekthöjning genom ny turbingeneratorinstallation.

## *Avslutande kommentarer*

Må det tillåtas för en som var med när det begav sig att uttrycka sin glädje och tillfredsställelse över att ha fått deltaga i det teknologiska äventyr som tillkomsten av Oskarshamnsverket innebar. I sin bok "The Existential Pleasures of Engineering" jämför Samuel C Florman[14] ett stort ingenjörsprojekt med uppsättningen av ett nytt operaverk vid en av de stora scenerna i världen. Det kräver insatser av människor med olika kunnande och specialiteter, kräver mycket tid och arbete, kräver skicklighet och organisation. Men i det magiska ögonblick då ridån går upp visar sig resultatet av allas arbete, och alla erfar tillfredsställelsen och lyckan av att ha medverkat till det.

I sitt tal vid invigningen av Oskarshamnsverket sade Konung Gustaf VI Adolf bl a följande:

"Kärnkraften är ett bevis på människans möjlighet att vidareutveckla sin omvärd. I ett allt snabbare tempo har den kommit att framstå som räddningen ur en befarad energikris. I en tid då vattenkraftepoken börjar närma sig sitt slut och man skönjer svårigheter ifråga om de fossila bränsletillgångarna har kärnkraften kunnat realiseras. Sveriges första kommersiella kraftaggregat inleder således en ny epok i vårt lands kraftförsörjning. Färdigställandet av detta kärnkraftverk kan därför sägas markera en milstolpe i vårt lands industriella utveckling. Svensk industri har genom framsynthet och skicklighet självständigt utvecklat den teknologi vars tillämpning vi idag bevittnar. Oskarshamnsverket kan betecknas som en teknisk bedrift som väl mäter sig med de stora innovationerna i den svenska industrin."

Så såg man år 1972 på den svenska kärnkraften. Erfarenheterna av denna sedan dess bekräftar att vad som då sades har sin giltighet även idag. Låt oss hoppas att den tillgång som denna teknologi utgör för vårt land inte kommer att förspillas.

## *Noter*

1. Sigvard Eklund, "Några erinringar från utvecklingen av atomenergi i Sverige", seminarium Instit. för Strålningsvetenskap, Uppsala, aug 1989.
2. K E Larsson, "Kärnkraftens historia i Sverige", Kosmos 1987.
3. Harry Brynielsson, "Utvecklingen av svenska tungvattenreaktorer 1950–70", Dædalus 1989/90.
4. Bertrand Goldschmidt, "Le Complexe Atomique: Histoire politique de l'énergie nucléaire", Paris 1980.
5. Se bl a Olle Gimstedt, "Den fredliga atomen", i skriften Personligt Präglat, utgiven 1985 till Sv Kraftverksföreningens 75-årsjubileum.
6. Olle Gimstedt, "Från atom till kärnkraft", förlag OKG AB, 1985.
7. Det är av intresse att notera att General Electric nu presenterar ett reaktorprojekt, SBWR, om 600 MW el med naturlig cirkulation. Denna anläggning är av typen passivt säker och skall med stöd av federala medel detaljprojekteras med sikte på typgodkännande av Nuclear Regulatory Commission. Se McCandless & Redding, "Simplicity: the key to improved safety, performance and economics", Nuclear Engineering International, November 1989.
8. Leine & Tenerz, "Research and development work leading up to the ASEA-ATOM BWR", Nuclear Engineering International, December 1970.
9. Cnut Sundqvist, "Värmetekniska grunder", AKK seminarium i kärnkraftteknik, aug 1967.

10. Almgren & al, "Fuel and fuel cycle for Oskarshamn", Nuclear Engineering International, December 1970.
11. Lautzenheiser & Sandberg, "Periodic Inspection Plan for the Oskarshamnsverket Reactor Pressure Vessel", San Antonio, Texas, 1969.
12. Gimstedt–Rydell–Hilding, "Oskarshamnsverket i drift", Sv Kraftverksföreningens Publikationer, Nr 554, 1972:6.
13. Thomas E Murley, "Kärnkraftsäkerhet i USA", US Nuclear Regulatory Commission; SKI-konferensen om kärnkraftsäkerhet i utveckling, Stockholm 15 nov 1989.
14. Samuel C Florman, "The Existential Pleasures of Engineering", .St Martin's Press, New York, 1976.

## *Oskarshamn Nuclear Power Plant Unit No. 1; A pioneering achievement in Swedish nuclear power development*

**Summary**

In Sweden nuclear energy development work had originally been concentrated upon natural uranium, heavy water moderated reactors. When the "Atoms for Peace"-program, initiated by the US, opened the possibility of procuring enriched uranium through toll enrichment, the electric power utilities opted for lightwater reactors of the types BWR and PWR. OKG, a company jointly owned by private and municipal utilities, had at an early stage planned to enter the field of nuclear power generation by building and operating a BWR plant of intermediate size, 50–60 MW, as a first step. A construction permit had been obtained in 1960 for a site near Oskarshamn. After the break-through in the US for commercially competitive nuclear power in 1963/64 through General Electric's Oyster Creek projekt for the utility Jersey Central, OGK decided to go directly for a project in the 400 MW size range.

Based on the information available from the USAEC reactor development program, as well as on the experience gained through the work with Swedish heavywater reactors projects, the generation equipment manufacturer ASEA elaborated its own design of a 400 MW boiling water reactor, which was offered to OKG.

The first Oskarshamn unit was ordered in 1965 and was commissioned in February 1972. It has now, in 1990, been in operation for more than 18 years. Its accumulated electricity generation exceeds 50 TWh. During the last fifteen years of regular operation its overall availability factor in respect of electricity generation has exceeded 80 per cent. Besides being the first in a series of a technically successful reactors, Oskarshamn No 1 has also proved to be a reliable power generating unit. This has led to further ordering of ASEA's boiling water reactors, both by OKG and by other Swedish and Finnish utilities.

Electric power supply in Sweden is now more or less equally based on hydropower and nuclear power, which together account for 95 per cent of total electricity generation in the country. Of the nuclear portion, 80 per cent is being generated in stations equipped with boiling water reactors (BWR) of Swedish design.

# Avancerad teknologi i dagens lastbils-utveckling

*Av Stig Ericsson*

Den moderna, tunga lastbils- och bussindustrin har definitivt tagit steget in i högteknologins värld. Skälen är många och som röd tråd löper det ökade beroendet av avancerad elektronik och datoriserade hjälpmedel.

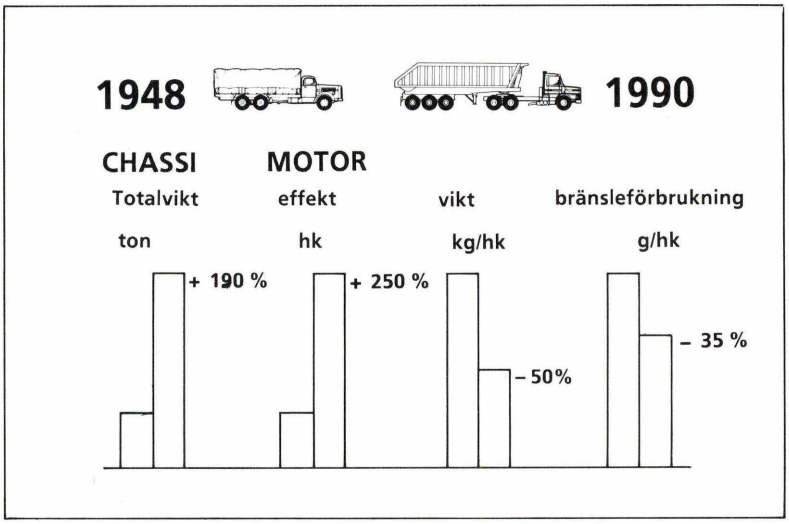
Det är inte bara konkurrensförhållandena mellan bilindustrierna och kundernas ökade krav på prestanda och transportekonomi som driver på utvecklingen. På senare år har också kraven på avgasrening och lägre fordonsbuller nått sådan nivå, att detta förutsätter utnyttjandet av avancerad teknik för att kunna tillmötesgå uppsatta mål.

Blickar man tillbaka på lastbilens 100-åriga tillvaro i människans tjänst, finner man att epokbildande framsteg gjordes även på räknestickans tid. Man ska också ha i minnet att den egentliga vägutvecklingen inte kom igång förrän efter andra världskriget. Därmed kunde lastbilarna byggas för större nyttolast, vilket i sin tur fick till följd att allt större del av transportbehovet fördes över från järnväg till landsväg.

Visserligen lades den första grundstenen i lastbilens frammarsch som konkurrenskraftigt transportmedel när dieselmotorn introducerades under 1930-talet. Den förbättrade transportekonomin grundades på tre fördelar med dieselmotorn jämfört med bensinmotorn, nämligen väsentligt lägre bränslepris och bränsleförbrukning och större motorlivslängd.

Den största lastbil Scania tillverkade 1948 hade 16 tons totalvikt. Denna modell LS20 hade en dieselmotor av förkammartyp med max effekt 135 hk. Motorn vägde 5 kg per hästkraft och lägsta specifika bränsleförbrukning låg på omkring 280 g per kWh.

Går vi så 20 år framåt i tiden, till 1968, hade totalvikten ökat till 25,8 ton och motoreffekten till 275 hk. Vid den tiden var direktverkande tryckluftsbromsar och överladdad dieselmotor, turbodiesel redan väl etablerad teknik. Motorn var nu 1,8 kg lättare per hästkraft – eller 36 % lättare – och bränsleförbrukningen hade sänkts nära 30 %.



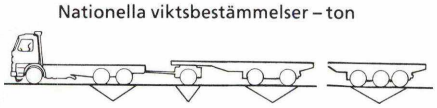

Dagens största Scania lastbil har 46 tons totalvikt och överladdad, laddluftkyld dieselmotor på 470 hk. Den nya generationen dieselmotor har elektroniskt styrd insprutningspump – EDC-system.

Lastbilsutvecklingen under de senaste 40 åren har således inneburit en ökning av totalvikterna med 190 %. Motoreffekten har ökat med 250 % samtidigt som motorvikten har halverats per hästkraft och bränsleförbrukningen sänkts med ca 35 %.

*Knappast större – men bättre*

Av många både politiska och praktiska skäl kommer den fortsatta lastbilsutvecklingen inte att kunna beskriva så stora utvecklingssteg vad gäller lastkapacitet och motorprestanda som hittills genomförts. Fordonsutvecklingen begränsas av både restriktiva fordonsbestämmelser och det etablerade väg- och bronätets begränsade generella bärighet.

Nationella viktsbestämmelser – ton

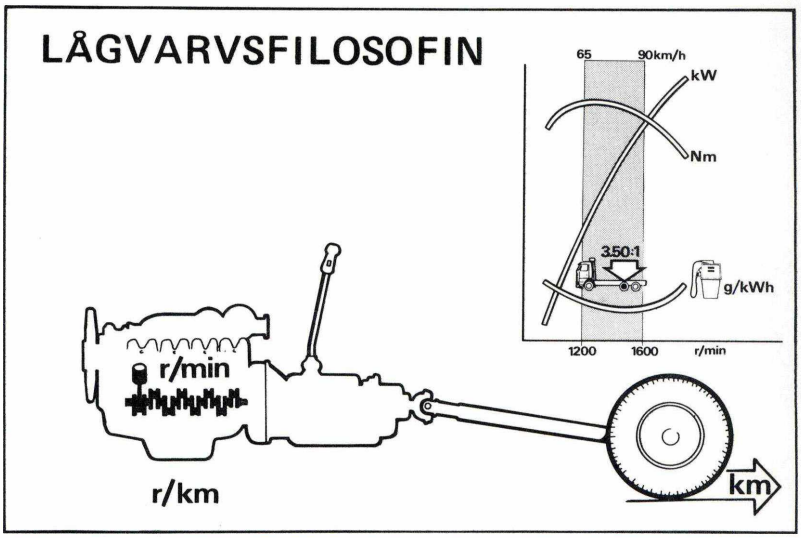


| | max bruttovikt | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| S | 51,4 | 16 | 10 | 20 | 24 |
| N | 50 | 16 | 10 | – | 22/26 |
| SF | 48 | 16 | 10 | 20 | (28) |
| DK | 48 | 16 | 10 | – | 24 |
| D | 40 | 18 | 11 | (20) | 24 |
| F | 40 | 21 | 13 | (19) | (26) |
| NL | 50 | 18 | 11,5 | (18) | 28/30 |
| B | 44 | 20 | 12 | (20) | 30 |
| I | 44 | 20 | 12 | (20) | 25,2 |

Nationella måttbestämmelser – m



| | max längd m | max längd m | bredd m |
|---|---|---|---|
| S | 24 | 24 | 2,6 |
| N | 18 (22) | 15,5 (16) | 2,5 |
| SF | 22 | 16 | 2,6 |
| DK | 18,5 | 16 | 2,55 |
| D | 18 | 15,5 | 2,5 |
| F | 18 | 15,5 | 2,5 |
| NL | 18 | 15,5 | 2,6 |
| B | 18 | 15,5 | 2,55 |
| I | 18 | 15,5 | 2,5 |




Den fortsatta utvecklingen av lastbilar och bussar är således inriktad på avancerad finputsning av prestanda och egenskaper.

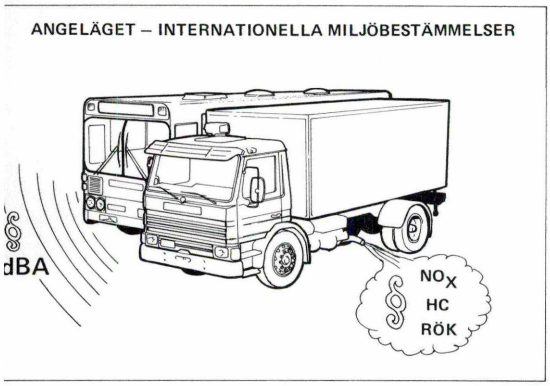
De ramar som begränsar lastbilens utveckling beträffande transportkapacitet är i första hand de nationella vikts- och måttbestämmelserna. Dessvärre varierar dessa från land till land, där Sverige erbjuder 24 meter fordonslängd, 2,6 meter fordonsbredd och 56 ton bruttovikt. Flertalet övriga industriländer har ännu inte kommit längre i vägbestämmelser än till nivån 40–44 ton bruttovikt, 18 meter fordonslängd och 2,5 meter fordonsbredd.

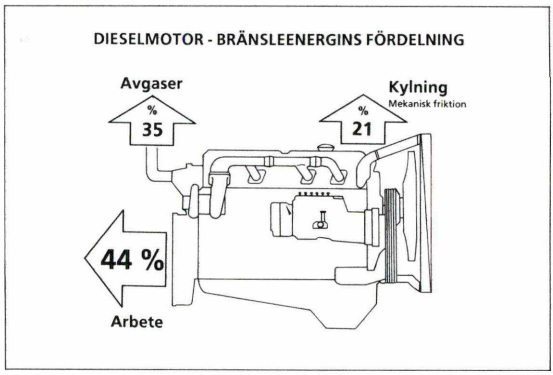
I begreppet transportkapacitet spelar också tillåten hastighet en betydande roll. På den punkten torde knappast några nämnvärda höjningar av nuvarande hastighetsgränser komma att tillåtas i framtiden. Därmed inte sagt att en frysning av dagens motoreffekter skulle vara aktuell. I lastbilstransport är medelhastigheten den viktiga faktorn och samband finns också mellan motoreffekt och varvtal när det gäller bränsleekonomi.

Återstår dimensionen fordonshöjden, som i första hand begränsas av den fria höjden i viadukter. I Sverige gäller 4,5 meters fri höjd men i många andra länder är den begränsad till 4,0 meter.

Under de senaste 10 åren har allt strängare lagkrav införts, som berör miljöhänsyn. Det gäller dels begränsning av oönskade effekter på grund av avgasemissionens sammansättning, dels krav på dämpning av fordonsbuller. Dessa frågor har visserligen varit under uppsikt sedan lång tid tillbaka, men det är först på senare år som sådana skärpningar införts i lagstiftningen, som kräver avancerade tekniska lösningar.

Eftersom miljökrav avspeglar internationella behov, vore det natur-



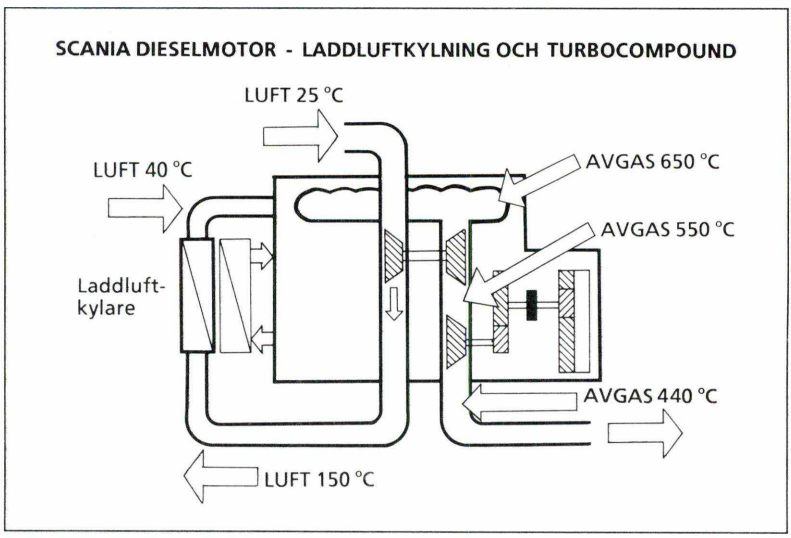



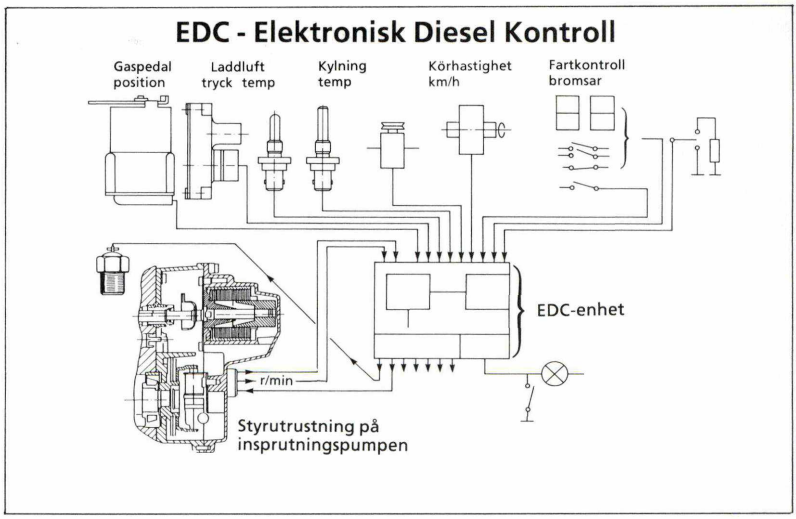

ligt att förvänta sig internationell samordning av bestämmelser. Även om berörda myndigheter är överens om vikten av samordning har nationella särintresset präglat den hittillsvarande utvecklingen av bestämmelser. För bilindustrin har dessa ofta relativt marginella skillnader i krav fått till följd en avsevärt ökad arbetsbörda för att kunna tillmötesgå de många individuella varianterna av marknadskrav.

*Dieselmotor-utveckling på frammarsch*

Dieselmotorn kommer att leva vidare. Ännu finns inga andra motoralternativ i sikte, som skulle kunna bjuda nämnvärd konkurrens vad avser driftsäkerhet och ekonomi. Den teknik som krävs för vidareutveckling av andra motoralternativ är också tillämpbar på dieselmotorer. Det betyder att motorutvecklingen fortsätter mot rörliga mål.

Den moderna dieselmotorn har nu nått omkring 44 % verkningsgrad. Största förlusten av energi, ca 35 %, löper ut med avgaserna.





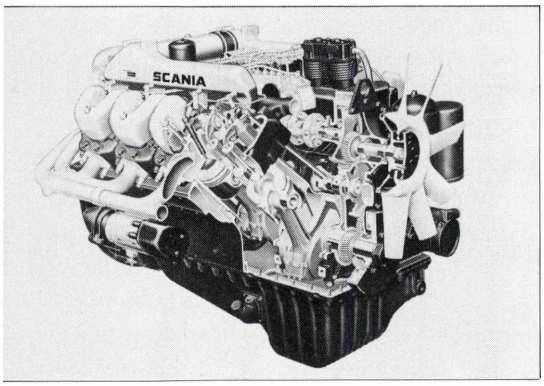

Värmeförlusterna via kylningsbehovet ligger omkring 20 %. Det är dessa förluster vi fortsätter att föra över till nyttigt arbete.

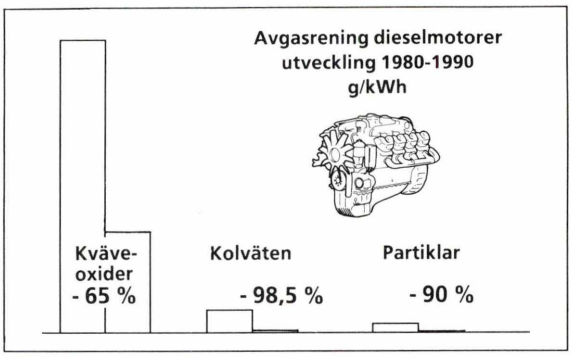
En intressant och lovande möjlighet för att höja motorns verkningsgrad är under utprovning. Tekniken kallas turbocompound, vilket betyder att man placerar ytterligare en turbin i avgasledningen efter den ordinarie överladdningsturbon. Effekten, som den andra turbinen genererar, förs mekaniskt via en speciell växellåda över till vevaxeln.

Våra hittills utförda körningar med turbocompoundmotorn såväl i laboratoriet som med motorn installerad i lastbil visar en sänkning av bränsleförbrukningen med omkring 5 %. Tekniken har också utnyttjats för att höja motoreffekten och vridmomentet.

Ett problem som tidigt mötte upp i utvecklingsarbetet var hur kraftöverföringen skall fungera mellan turbin och vevaxel. Turbinen har ett max varvtal omkring 50 000 r/min och vevaxelns varvtal varierar mellan 1 000 och 2 000 r/min. Den frågan har nu funnit en bra lösning.

På senare år har också den elektroniska tekniken genomgått utveckling som är anpassad för driftförhållandena i lastbilstransporten. På motorsidan har elektroniken etablerats bland annat för styrning av bränsleinsprutningen via elektronisk reglering av insprutningspumpens funktioner. Med den tekniken är det möjligt att mera exakt styra flera viktiga parametrar, som till exempel insprutningstidpunkt, insprutningens längd i tid och bränslemängden i förhållande till den momentana motorbelastningen. Sannolikt finns det också möjligheter att positivt påverka avgasemissionens sammansättning med elektronikens hjälp.




Efterhand som alltmer avancerad teknik tillämpas för vidareutveckling av dieselmotorn, växer också kraven på ingående material i de olika komponenterna. För att till exempel kunna utnyttja högre förbränningstemperaturer behövs mer värmebeständiga material än dagens konventionella material. Av det skälet studeras och utvecklas till exempel keramer som skyddselement eller komponenter där höga temperaturer är aktuella.

Den grundläggande strävan i motorutvecklingen är att kunna åstadkomma både transportekonomiska förbättringar och betydande förbättringar av miljöegenskaperna. Det är en mycket svår balansgång, som förutsätter teknisk anpassning av nära nog varje enskild detalj i motorn. För att klara den utvecklingen krävs alltmer avancerade tekniska hjälpmedel och laboratorieutrustningar styrda av datorer med avancerad sensor- och styrteknik i botten.

Framtidsperspektivet ter sig ljust, då vi tror oss kunna nå omkring 50 % verkningsgrad samtidigt som vi ska kunna tillmötesgå rimligt ställda krav på lågt fordonsbuller och hög grad av avgasrening.

### *Avgasreningen avancerar framåt*

Den främsta skillnaden mellan dieselmotorns och bensinmotorns avgassammansättning är dieselavgasens större innehåll av kväveoxider och att kolväteemissionen innehåller ett illaluktande luktämne. Dieselmotorn arbetar också med ett betydande luftöverskott, vilket försvårar möjligheterna att reducera kväveoxiderna med hjälp av katalysatorer.

Metoderna att rena dieselavgaserna har därför fått söka andra vägar än de man kan tillämpa för rening av bensinmotoravgaser.

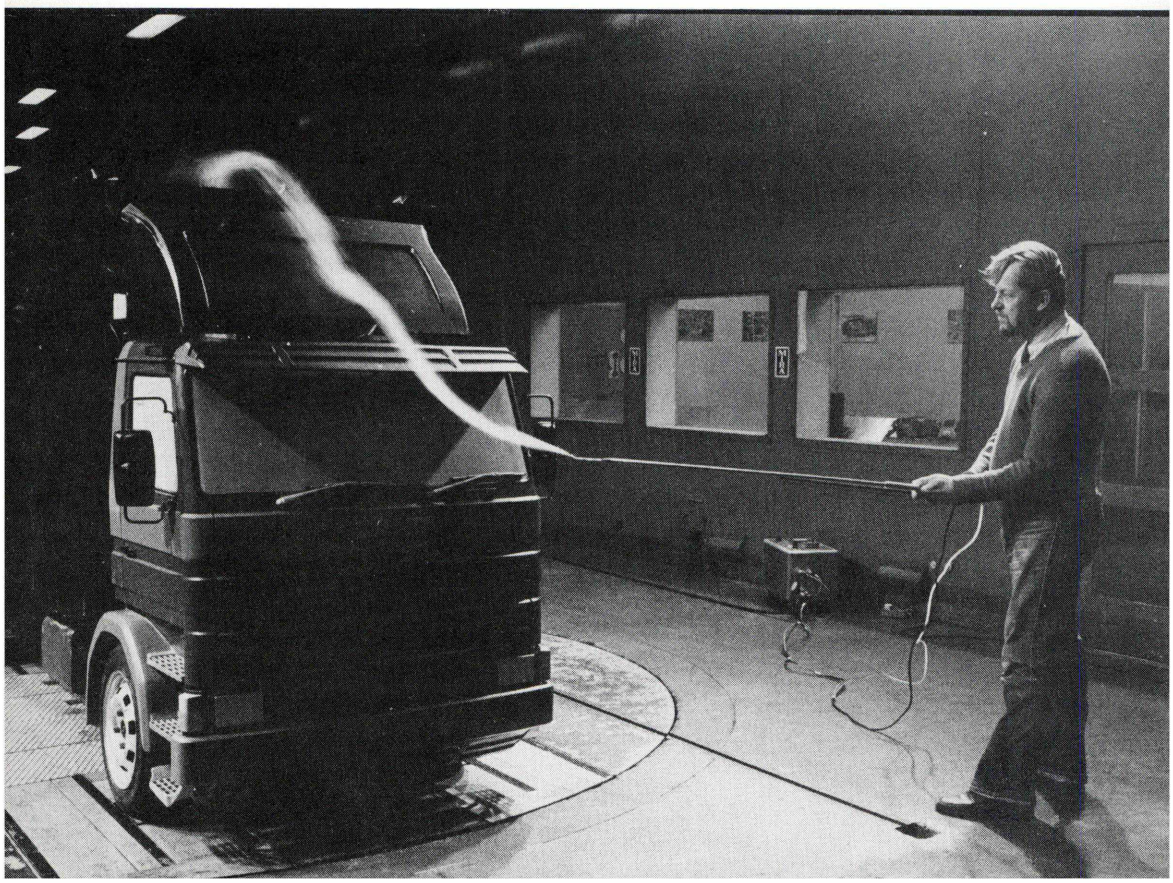
Redan införda och aviserade kommande skärpta bestämmelser i USA har påskyndat den motortekniska utvecklingen. På bred front har avgasreningstekniken utvecklats och omfattar nu såväl åtgärder i motorfunktionen som tekniska lösningar för att efterbehandla avgaserna.

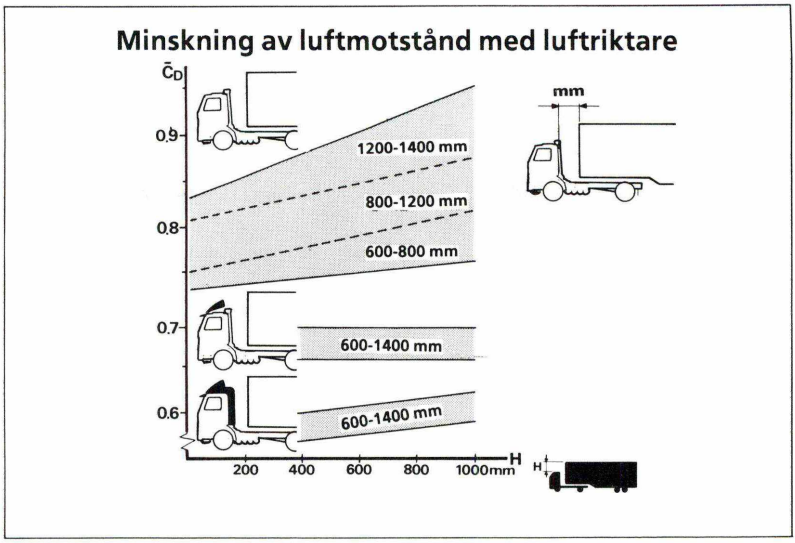
För att kunna redovisa hur långt avgasreningen har nått utgår man i Europa vanligen från den rekommendation om max tillåtna emissionsvärden som utfärdades 1982 med beteckningen ECE R49. Från den utgångspunkten har vi idag hos bussmotorer minskat mängden kväveoxider med 65 %. I den avgasreningstekniken ingår också reducering av kolväten, där vi nu nått mer än 98 % reningsgrad. En förutsättning för denna betydande rening är dock att motorn drivs på s k miljöbränsle, dvs ett i det närmaste svavelfritt bränsle. Detta "tätortsbränsle" ger oss också möjlighet att praktiskt taget eliminera partikelutsläppen.

Att avgasreningen på bussidan nått längre än vad gällande bestämmelser kräver beror till viss del på att efterfrågan från kommunala bussföretag varit särskilt stor. Lika långt har ännu inte avgasreningen nått på lastbilssidan, men pågående teknisk utveckling tyder på att lastbilsmotorer kan komma att renas i betydande grad.

### *Luftmotstånd och bränsleförbrukning*

Storleksordningen hälften av den utnyttjade motoreffekten vid körning med lastbil i omkring 80 km/h går åt för att övervinna luftmotståndet. Åtgärder för att minska luftmotståndet minskar bränsleförbrukningen och därigenom också avgasutsläppet.





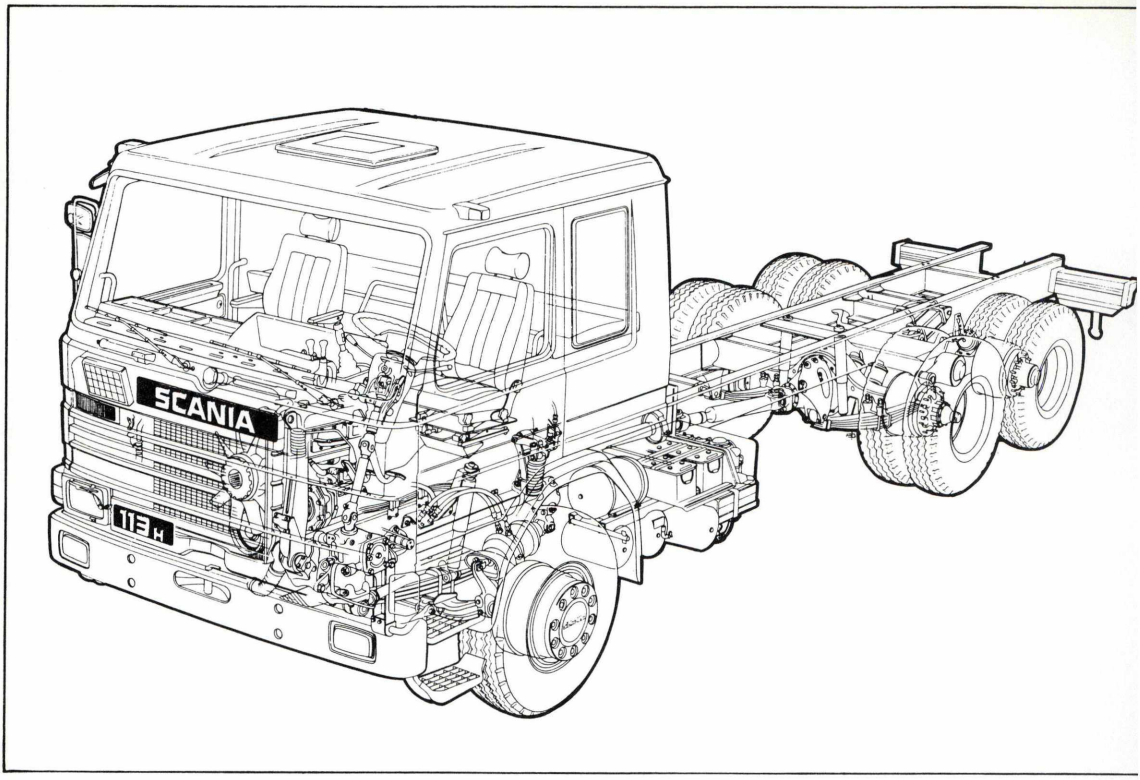

Med hjälp av aerodynamisk expertis från Flygdivisionen inom Saab-Scania har vi genomfört den kanske största undersökning som någonsin gjorts av luftmotståndets inverkan på lastbilar. Den undersökningen tog mer än fyra år och omfattar bland annat vindtunnelprov med lastbilsmodeller i halv skala.

Särskilt intresse ägnade vi åt luftmotståndets inverkan beroende på vindens riktning mot fordonets färdriktning. Den kunskapen ledde fram till inte bara effektivare utformning av själva hytten utan också till konstruktion och utformning av separata luftriktare, som samverkar till exempel med höjden på ett lastbärande skåputrymme eller en tillkopplad påhängsvagn.

Särskilt goda resultat uppnås med hyttutformningen och luftriktarna vid fordonskombinationen dragbil–påhängsvagn. En minskning av luftmotståndet med i storleksordningen 35 % har konstaterats. Nu pågår fortsatt utveckling av fordonskomponenter och kompletterande utrustning för att nå ytterligare minskningar av luftmotståndet.

*Högteknologisk samverkan*

När det gäller utnyttjandet av avancerad teknik torde flyg- och rymdfarkostindustrin ligga längst framme. Vi som arbetar med utveckling av Scania lastbilar och bussar har den unika möjligheten att kunna utnyttja vår Flygdivisions försprång vad gäller kunnande inom områden som berör bilsidan som till exempel aerodynamik, elektronik, humanteknologi, hållfasthetsteknik, beräknings- och konstruktionsteknik. I det här sammanhanget kan vi också utnyttja kunskaper och erfarenheter som flygsidan förfogar över inom området avancerade material.




Utbytet av kunskaper är dock inte enkelriktat. Bilsidan bidrar med erfarenheter och kunskaper som berör produktionsteknik och produktionsekonomi.

*Teknisk samverkan vid komponentoptimering*

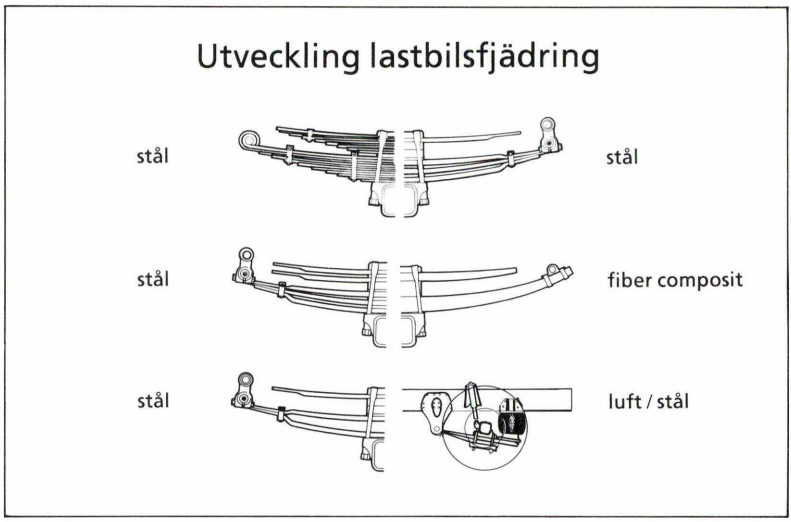
Ett exempel på samverkan inom området hållfasthetsteknik är vår genomförda optimering av framaxelkonstruktionen för lastbilar. Vid genomförande av det projektet samverkade Flygdivisionen, Scania och Tekniska Högskolan.

Det kan ju tyckas vara en relativt enkel uppgift att beräkna en framaxel. Men när det samtidigt gäller att minska vikten, så får frågan helt andra dimensioner på beräkningssidan.

I kort sammanfattning genomförde vi projektet på följande sätt. Vi delade upp balken i cirka 800 volymselement om vardera 20 noder i en finit elementmodell. Redan detta gav upphov till ett finit elementproblem med cirka 15 000 obekanta.

Genom att tillföra 60 variabler som funktionsförutsättning för optimeringsproblem med cirka 10 000 bivillkor var beräkningsbehovet uppe i mångmiljardklassen, vars lösning tog 10 CPU-timmar på en CRAY-1 superdator.

Optimeringen av framaxelkonstruktionen är det hittills största strukturoptimeringsproblem vi genomfört, men resultatet gav det




goda utbytet att framaxelns vikt kunde minskas med 15 kg och produktionskostnaden kunde sänkas cirka 3 miljoner kronor per år enbart beroende på lägre materialkostnader.

Ett annat exempel på samarbete är ett projekt för undersökning av om moderna fibermaterial kan utnyttjas som alternativ till fjäderblad av stål. Det lockande argumentet var att fordonsvikten skulle kunna minskas med ca 200 kg.

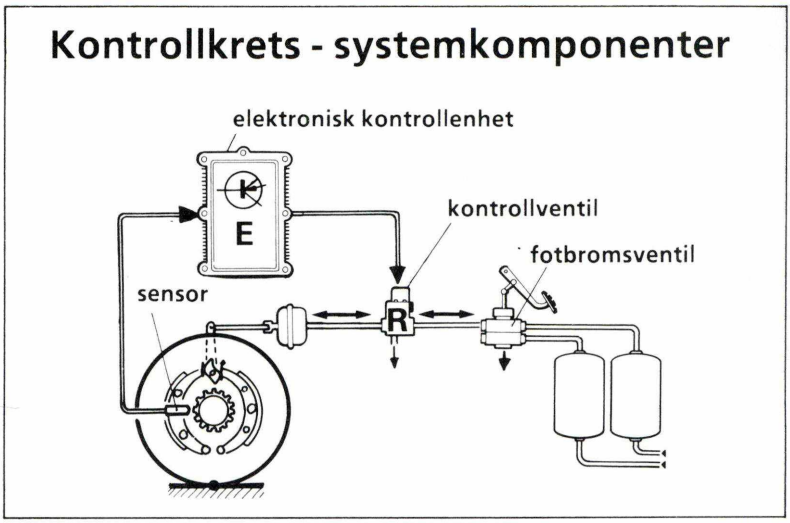
Kraven på lastbilsfjädrar är emellertid mycket höga. Alternativet kompositfjäder måste ha lämplig fjäderkarakteristik, tillräcklig hållfasthet mot delaminering, tillräcklig styvhet i horisontell tvärled och stor tålighet mot yttre åverkan. Från kostnadssynpunkt måste materialet inrymma komposition och produktionsmetoder, som i serieproduktion erbjuder ett attraktivt alternativ för lastbilsägaren.

I det här fallet skenade utvecklingen iväg i flera intressanta riktningar. Under åren med utveckling av kompositfjädrar skedde också en betydande utveckling inom stålområdet. Medan fördelarna med viktminskningen krympte, förändrades förutsättningarna ytterligare genom att efterfrågan på luftfjädring snabbt tog fart.

Resultatet idag är att vi nu har ett luftfjädringssystem som omfattar alla axlar på fordonet och dessutom en 4-punktsupphängning av hytten via ett system av luftfjädrar, krängningshämmare och progressivt verkande stötdämpare.

### *Bromsutveckling för ökad trafiksäkerhet*

Efterhand som lastbilarnas transportkapacitet har ökat bland annat via förbättringar av vägar och broar, ökade motoreffekter och mer rationellt fordonsutnyttjande har också kraven på bromsförmågan ökat. Ett intressant inslag i det här sammanhanget är att någon nämn-




värd skärpning av bromsbestämmelser inte har genomförts sedan 60-talet.

Utvecklingen av fordonens trafiksäkerhet har således inte skett för att tillmötesgå bestämmelser, utan utvecklingen har tagit fart genom att trafiksäkerhet befunnits vara en alltmer betydelsefull faktor i transportsäkerhetens och transportekonomins tjänst.

Det enda lagkrav som på senare år har föranlett betydande utvecklingsinsatser är kraven på att bromsbelägg ska vara asbestfria.

Sedan fem år tillbaka finns nu låsningsfria bromsar (ABS-system) både för lastbilar och bussar. Det är ett bromssystem som bygger på elektronisk kontroll av varje individuellt hjuls tendens att låsa sig vid bromsning. Den stora fördelen med ABS-bromsar är att fordonet bibehåller sin kursstabilitet vid bromsning på underlag där friktionen är olika under hjulen. Genom att alla hjulen samverkar med bibehållet väggrepp blir också bromssträckan kortare.

Med de möjligheter som erbjuds genom elektronisk styrning och kontroll av bromsfunktioner pågår nu utveckling av elektroniska bromssystem (ELB). Den nya tekniken innebär att ansättning eller lossning av bromsarna sker samtidigt och lika fördelat på alla axlar i en fordonskombination. Den praktiska nyttan är jämnare slitage av bromsbelägg och kortare bromssträcka.

Elektronikens intåg i bromstekniken öppnar också möjligheter för ytterligare en betydelsefull trafiksäkerhetsförbättring. Det gäller system för utbalansering och samordning av bromsverkan mellan dragbil och släpvagn. Kravet på ett sådant system är att det skall kunna fungera på ett tillförlitligt sätt oavsett vilken släpvagn som kopplas till dragbilen.

I ett längre framtidsperspektiv kan tänkas att den individuella fördelningen av bromskrafterna per hjul kommer att styras av den bromsvärme som genereras vid inbromsningar.

*Förarens arbetsmiljö – lastbilsergonomi*

Ett omfattande och viktigt utvecklingsfält är åtgärder för förbättring av förarens arbetsmiljö. Detta utvecklingsarbete berör tvärvetenskapliga plan och omfattar faktorer som påverkar förarens vakenhet och prestationsförmåga. Här ingår uppgifter som till exempel klimatförhållanden, bullernivån, nivån av fysiska påfrestningar genom vibrationer och manöverorganens ergonomiska funktioner. På senaste tiden har även betydande forskning genomförts för att studera vilken sammansättning av hörbart och icke hörbart buller som är mest gynnsam för föraren.

Som ett viktigt led i den här utvecklingen ingår också den hållfasthetsmässiga konstruktionen av hytten. I den utvecklingen förfogar vi numera över synnerligen avancerad testutrustning. Vi kan simulera praktiskt taget vilka körförhållanden som helst. Genom val av "förstoringsgrad" av påfrestningar kan man komprimera 5–10 års praktisk körning till någon timmes datastyrd riggtestkörning.

## *Truck development today—a high-tech enterprise*

*Summary*

Design and production methods for heavy trucks and buses have undergone momentous changes over the past 20 years. Electronic equipment and modern computers are providing us with totally new tools and systems for vehicle design, testing and production.

The Saab-Scania Group is one of the few companies in the automotive industry to make both trucks and aircraft. We use the high technology applied in aircraft development in the design of our trucks and buses. This gives us expertise in the fields of aerodynamics, electronics, human technology, strength of materials, and computation and design methods.

The two major objectives of truck designers today are to create vehicles that operate more economically, and that meet environmental demands for cleaner exhaust emissions, quieter operation, and better drivers' environments.

Legal limits prevent us from increasing load capacities to any significant extent. Unfortunately, gross vehicle weight limits and environmental regulations vary widely from one country to another. This increases development costs considerably, since the vehicles must be designed to comply with different national requirements.

Electronic equipment is now widely used in trucks and buses—for anti-lock brakes and gearchanging systems, for controlling the combustion process, etc. Fully-electronic brake systems and electronics

for communications, troubleshooting and safety monitoring are now in the pipeline.

The diesel engine will continue to dominate as a power source. Turbocompound systems, electronic control devices, etc will provide additional increases in diesel engine efficiency and performance.

# Notiser



Utställningen ”Människa – här är din kropp” på Teknorama var en stor publikmagnet under våren 1990. Foto Kay Danielson, TM.

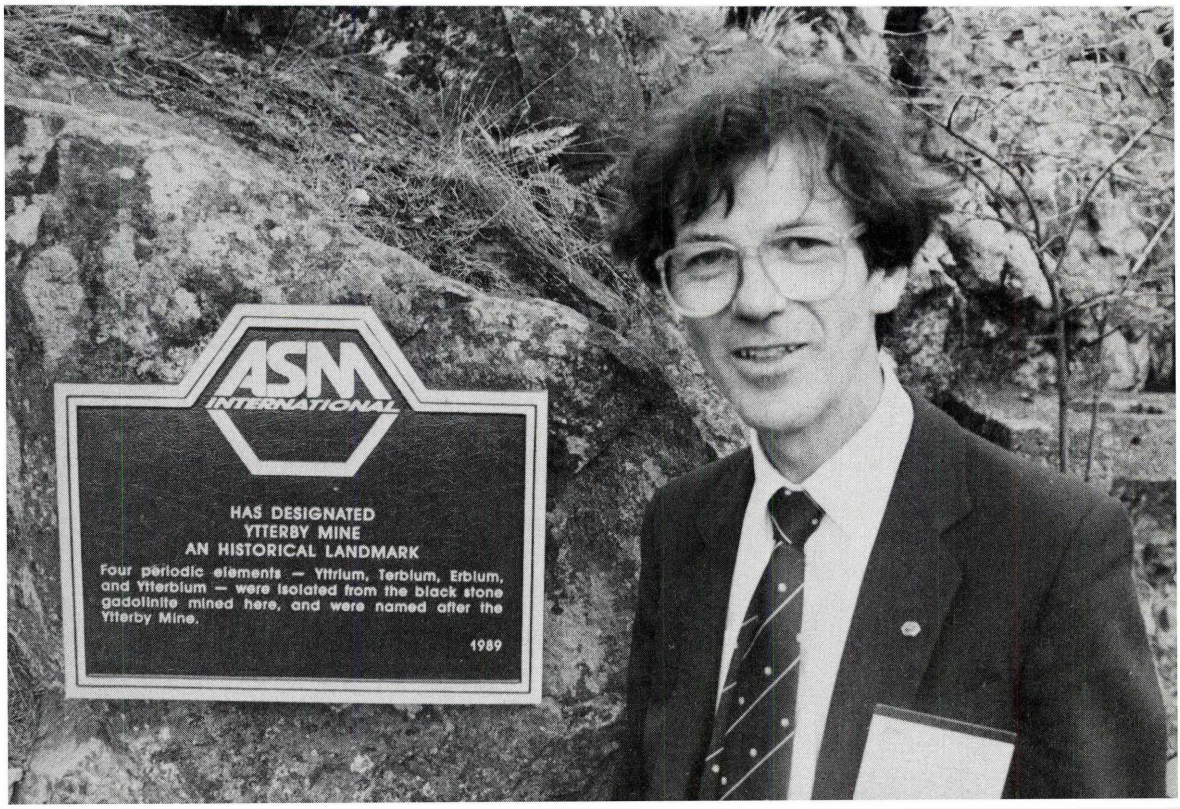
# *Ytterby gruva utsedd till ”historical landmark”*

Sedan 1969 utser ASM (American Society for Metals) årligen s k ”historical landmarks”. Dessa skall vara platser, byggnadsverk och liknande, som har haft en signifikant historisk betydelse inom metall eller metallbearbetningsområdet.

År 1990 har Ytterby gruva på Resarö utsetts till ett sådant ”landmark” och den 18 maj kom ledningen för ASM till gruvan för att sätta upp en plakett, som skall erinra om gruvans historiska betydelse inom metallvetenskapen. Vid detta tillfälle ordnade ASM-Sweden en utflykt till gruvan.

Ytterby gruva på Resarö var från mitten av 1600-talet en fältspatsgruva för järnbruken i norra Uppland och senare för fajans och porslinsindustrin.

ASM's svenske ordförande, bergsingenjör Torsten Holm, vid plaketten som uppsatts vid Ytterby gruva på Resarö invid Vaxholm i Stockholms skärgård. Foto Lars-Martin Liljenvall.



Dess historiska betydelse för metallvetenskapen har den dock fått genom att svensken Carl Axel Arrhenius i slutet av 1700-talet där fann ett tungt svart mineral som dittills varit okänt och senare döptes till GADOLINIT efter professor Gadolin i Åbo. Ur detta mineral kunde senare inte mindre än sju sällsynta och dittills okända metalliska grundämnen identifieras. Av dessa fick fyra – nämligen ERBIUM, TERBIUM, YTTRIUM och YTTERBIUM – sitt namn efter gruvan Ytterby. Dessutom kunde tre dittills okända metaller påvisas i mineralet och de döptes till HOLMIUM (efter Stockholm), SCANDIUM (efter Skandinavien) och THULIUM (efter romarnas benämning Thule för Norden).

Det kan påpekas, att Sverige torde ha världsrekordet, när det gäller antalet upptäckta grundämnen. Inte mindre än 23 st, dvs ca 25 % av antalet grundämnen har upptäckts av svenskar, av vilka kan nämnas Lars Fredrik Nilsson, Per Theodor Cleve, Carl Gustaf Mosander, Jöns Jacob Berzelius, Torbern Bergman och Carl Wilhelm Scheele. Denna långa rad av framstående kemister verkade under 1700- och 1800-talen, då kemins främsta uppgift torde ha varit att uppspåra nya element (periodiska systemet var ju då ännu inte upptäckt).

De sju i gadoliniten upptäckta metallerna är alla relativt sällsynta i metalliskt tillstånd. Erbium, holmium, terbium, thulium och ytterbium tillhör alla de s k lantaniderna. Dessa, jämte scandium och yttrium, som är nära besläktade, kallades förr sällsynta jordartsmetaller. De tillhör alla 3 b gruppen i periodiska systemet, har alla en stark affinitet till syre, har stora kemiska likheter och är svåra att renframställa.

Lantanidgruppens metaller är femton och dessa metallers kemiska likhet beror av att de har samma ytterelektronkonfiguration, medan inre elektronskal successivt utfylls, då man rör sig från elementet 57 lantan till 71 lutetium i periodiska systemet.

På grund av sin stora kemiska likhet och starka syreaffinitet har metallerna varit svåra att renframställa och separera och intresset för dem har varit rent vetenskapligt, men successivt har ett tekniskt intresse vuxit fram.

I början på 1900-talet lyckades docenten Otto Holmberg i Uppsala separera flera av lantaniderna genom fraktionerad kristallisation av deras salter. Det stora genombrottet kom då Spedding i mitten på detta århundrade lyckades fullständigt separera lantanidlösningar genom jonbyteskromatografi och eluering med komplexbildare. Därigenom kunde de olika lantanidmetallerna helt separeras.

I metallisk form framställs elementen genom reduktion av deras oxider eller halogenider. Metallerna har viss sporadisk användning. Inom metallurgin används de sålunda som desoxidationsmedel vid stålframställning i form av "mischmetall" och yttrium och ytterbium har viss användning som kornförfiningsmedel.

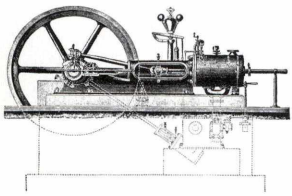
Vissa av metallerna ingår i starka permanentmagneter och yttrium i färgtelevisionens bildrör.

Ett aktuellt tekniskt-vetenskapligt intresse har vissa av "ytterbymetallerna" fått genom Bednorz' och Müllers upptäckt av supraledning hos vissa oxidmaterial (nobelpris 1987) vid betydligt högre temperaturer än hos de tidigare kända metalliska supraledarna. I de senare satte supraledningen in först nära absoluta nollpunkten men i de oxidiska supraledarna har övergångstemperaturer av 90°K uppnåtts. Detta innebär att de kan kylas med flytande kväve i stället för med flytande helium. Detta öppnar intressanta framtida tekniska användningsmöjligheter.

De keramiska supraledarna innehåller förutom syre, koppar och barium även yttrium, lantan eller någon annan "ytterbymetalloxid". Det teknisk-vetenskapliga intresset för dessa metaller är därför för närvarande mycket stort.

*Roland Kiessling*

# *Teknikhistorisk utmärkelse till Sven Gunnar Jonsson*

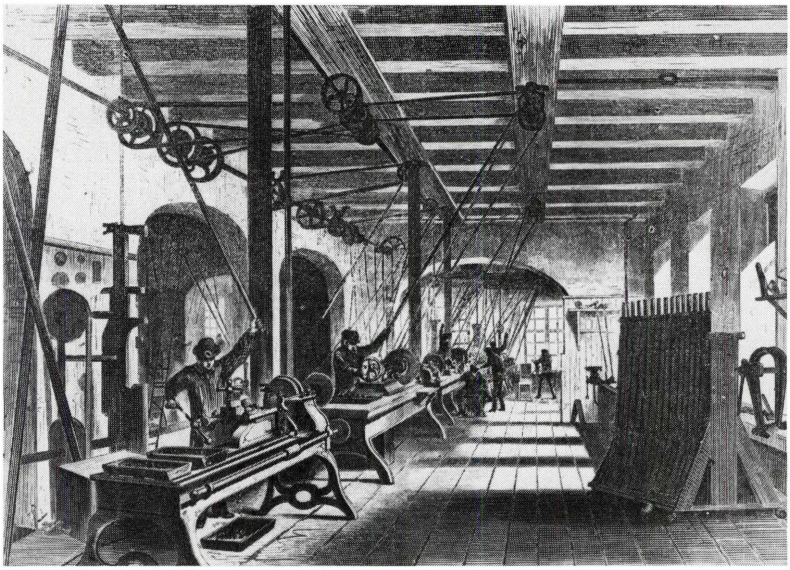


Tekniska museets förtjänstplakett i silver har tilldelats museitekniker Sven Gunnar Jonsson för framstående gärning vid Faktorimuseet i Eskilstuna. Med en bakgrund som anställd och egen företagare inom verkstadsindustrin i Eskilstuna började Jonsson arbeta för det blivande Faktorimuseet 1971. Det gällde att omskapa lokalerna efter det 1969 flytttade Carl Gustafs Stads Gevärsfaktori (gr 1813) till ett levande museum för stadens metallindustri över huvud taget.

För den maskinhall, som enligt planerna skulle inrättas i den tidigare hejarsmedjan, ledde Jonsson insamlingen och renoveringen av ångmaskiner och andra kraftmaskiner av olika system samt planerade och genomförde deras uppställning. Det var särskilt i fråga om de större maskinerna ett mycket stort och svårt arbete, eftersom dessa skulle kunna visas i drift för museets besökare. För ångmaskinernas

1. Sven Gunnar Jonsson i arbete vid en svarv i mekaniska verkstaden vid Faktorimuseet i Eskilstuna. Foto Jan-Erik Pettersson, TM.



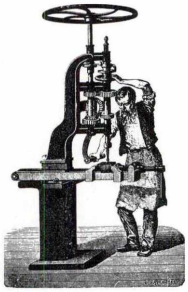


2. Remingtonverkstaden vid Carl Gustafs Stads Gevärsfaktori 1869. Teckning av Robert Haglund i Ny Illustrerad Tidning.

ursprung och funktion har Jonsson redogjort i Eskilstuna museers årsbok 1979–1980. Renoveringsarbetet omfattade även en ångspruta byggd 1896 och en elektrisk brandbil från 1902, båda nu i driftsdugligt skick.

Vidare har Jonsson, efter en idé av dåvarande museichef Göran M Silfverstolpe, byggt en rekonstruktion av en verkstad från 1860-talet inom Carl Gustafs Stads Gevärsfaktori för tillverkning av Remingtongevär. Maskinparken i Remingtonverkstaden är delvis inlånad från Tekniska museet, och kan visas i drift för besökare. Den autentiska miljön gör att denna museala verkstad kan räknas till de förnämsta i sitt slag i världen.

Allt detta stod klart när Faktorimuseet öppnades 1979, då Jonsson också formellt blev fast anställd vid museet. I de ursprungliga planerna ingick emellertid även en rekonstruktion av en mekanisk verkstad med pressavdelning vid ett medelstort företag på 1910-talet. Med i huvudsak denna gigantiska uppgift var Jonsson sysselsatt fram till verkstadens invigning i september 1986. Verkstaden består av ett 15-tal funktionsdugliga maskiner (trycksvarv, revolversvarv, bordhyvel, friktionsskruvpress, excenterpress m m) som alla drivs från en tidstypisk taktransmission. Hit hör även autentiska verktyg, arbetsbänkar och annan utrustning som Jonsson spårat upp, samlat in och installerat. Resultatet har blivit en intressant tidstrogen verkstad, som i olika avseenden kan jämföras med t ex Pythagoras verkstäder i Norrtälje, där arbetet vid äldre verktygsmaskiner kan demonstreras.



Sammantaget gör ångmaskinhallen, Remingtonverkstaden och den mekaniska verkstaden från 1910-talet Faktorimuseet till ett åtminstone för vårt land unikt teknikhistoriskt museum. Sven Gunnar Jonssons insatser har i detta uppbyggnadsarbete varit alldeles oumbärliga och det var naturligtvis med en viss oro för den fortsatta verksamheten han avgick med pension i mars 1990.

*Jan-Erik Pettersson*

# *Utställningar på Tekniska Museet 1989–1990*

1839 tillkännagav Franska Vetenskapsakademien att konsten att framställa och fixera bilder var uppfunnen av fransmannen I J M Daguerre. Uppfinningen ville Frankrike skänka till världens folk!

Med anledning av att 150 år hade gått sedan denna gåva skänktes oss var det många museer som under 1989 visade utställningar som på olika sätt hade med fotokonsten att göra. På Tekniska Museet inleddes utställningsåret med utställningen SOLTECKNINGAR – Fotografiet 150 år. Utställningen visade bl a Daguerres första serietillverkade kamera och utrustning för sensitering och framkallning. Den berättade också om de första fotopionjärerna och deras verk. Många fina äldre kameror visades.

Senare under hösten var det åter dags för en fransk kulturmanifestation. Minnet av den franska revolutionen detta jubileumsfirande år kunde inte gå obemärkt förbi Tekniska Museet. I samarbete med Franska Institutet i Stockholm visade vi en utställning på det intressanta temat vetenskapen och vetenskapsmännen under revolutionen.

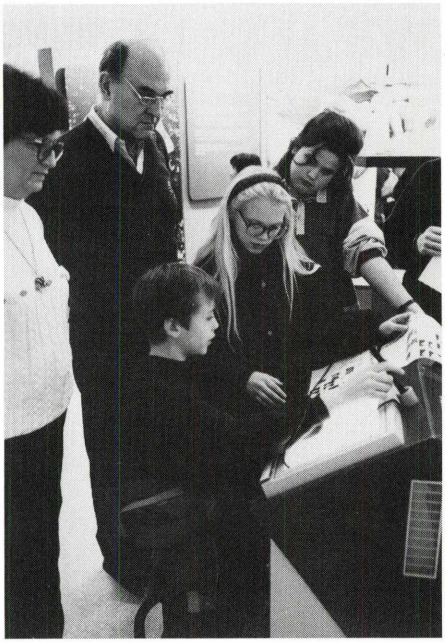



1. Unga forskare, gymnasieelever från hela landet, visade under en vecka i april resultat av egna forskningsinsatser inom teknik och naturvetenskap. Foto Rigmor Söderberg, TM.

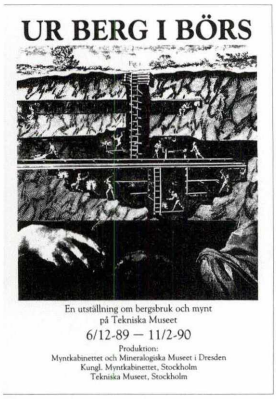


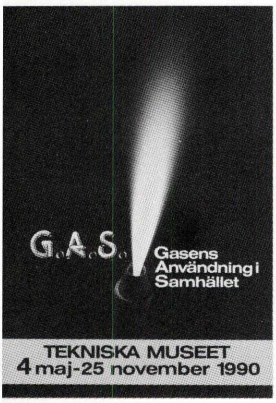
2. Intendent Kerstin Westerlund undervisar en skolklass i den under året kompletterade utställningen "Skogen – Sveriges gröna guld". Foto Kay Danielson, TM.

Många uppfinningar, som vi använder nästan dagligdags, hör till revolutionstidens landvinningar. Till dessa uppfinningar hör blyertspennan, konservburken, klorinet, metersystemet och fallskärmen. Om dessa och andra vetenskapliga framsteg berättar utställningen, som hade producerats av Cité des Sciences et de l'Industrie de la Villette i Paris.



3. En av stationerna i utställningen "Människa – här är din kropp" på Teknorama. Foto Kay Danielson, TM.



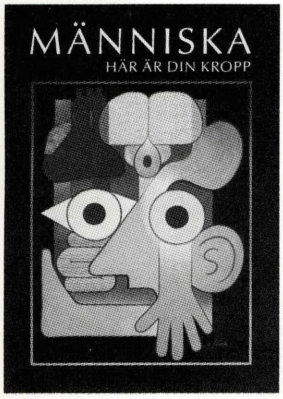




Under vintern, 5/12–25/2, visades på Tekniska Museet något helt annat. I samarbete med Kungl Myntkabinettet visade vi en utställning som producerats av två museer i Dresden, nämligen Myntkabinettet och Mineralogiska-Geologiska museet.

Utställningen behandlade 700 års bergsbruk och mynttillverkning i det gruvrika området Sachsen och Thüringen i södra DDR. Bergsbruk är ett teknikområde där det ständigt skett ett kunskapsutbyte mellan olika länder och regioner. Inte minst finns starka kulturella och historiska band mellan Tyskland och Sverige inom denna näringsgren. Därför var det av svenskt teknikhistoriskt intresse att förmedla denna tyska utställning till en svensk publik. Den hade också kompletterats med svenskt material främst rörande gruvorna Falun, Sala, Ädelfors. UR BERG I BÖRS kom sedan att lånas ut och visas på STORAs museum i Falun och på Gruvmuseet i Sala.

I samarbete med Svenska Gasföreningen öppnades den 5 maj en presentation av "gasens användning i samhället". Mot bakgrund av en kort historisk presentation framför allt av stadsgasen presenterades naturgas som en av framtidens energikällor. Naturgasen svarar för 25 % av jordens nuvarande förbrukning av primärenergi, men har använts i Europa under bara 25 år, sedan 1985 i Sverige. 1985–1989 har gasen i Sverige ökat från noll till 1,2 % av energibalansen.

I samband med utställningen har Energiverken i Göteborg ställt två gamla vackra gaslyktor till förfogande. De står nu utanför museet,




inkopplade på gasnätet, och sprider sitt milda sken. Utställningen kommer att pågå till senhösten 1990.

På Teknorama visades två temporära utställningar, dels "Ljudets värld" från Heureka i Finland, dels "Människa – här är din kropp" från Eksperimentarium i Köpenhamn. Den sistnämnda utställningen var en experimentutställning om människokroppen. Den var en stor publikmagnet under våren. Inte minst uppskattades den av skolorna. Närmare 200 skolklasser besökte den och fick handledning.

Under slutet av verksamhetsåret har ett arbete påbörjats för att planera ombyggnad av tre av museets basutställningar. Resurserna kommer att koncentreras på denna planering, vilket med nödvändighet kommer att innebära att antalet tillfälliga utställningar de närmast kommande åren kommer att minska.

*Katarina Ek-Nilsson*

# Verksamhets-berättelser

## Stiftelsen Tekniska Museet

### Verksamhetsberättelse budgetåret 1989/90

Som konsekvens av det nya avtalet mellan Staten och Stiftarna har under budgetåret utsetts 24 huvudmän, 12 från vardera avtalspart, att ha överseende över Stiftelsen. Huvudmännen med riksdagsledamoten Elisabeth Fleetwood som ordförande, har vidare utsett en styrelse om 8 ledamöter, 4 från vardera part. Regeringen har utsett tekn dr Torsten Lindström att under fyra år vara styrelsens ordförande. Museet har även fått nya stadgar godkända av Stiftarna och fastställda av regeringen.

Huvudmännen och den nya styrelsen konstituerades först i december 1989. Fram till dess fungerade en interimstyrelse under ledning av den tidigare styrelsens ordförande Göran Philipson.

*Ekonomi* Museets ekonomiska resultat och ställning redovisas separat.

*Besökare* Museet hade under budgetåret 236 148 registrerade besökare, den högsta siffra som hittills redovisats.

*Byggnader* Planering för upprustning av huvudbyggnaderna har påbörjats av Byggnadsstyrelsen. Teknoramabyggnaden återställdes delvis genom att studion om ca 600 $m^2$ gjordes tillfälligt tillgänglig för utställningsändamål.

*Föremåls-samlingarna* Arbetet med att registrera samlingarna på data har fortsatt och vid budgetårets slut var ca 60 % av samlingarna registrerade. Under nästa år kommer nätverket att uppgraderas för att möjliggöra att fler än fyra stationer arbetar samtidigt. Detta gör att även arkivets och bibliotekets datorer kan integreras i nätet.

Accessionen fortsätter i begränsad omfattning. Främst rör det sig om nyregistrering av föremål som i samband med tidigare omlokalisering av magasin, förlorat sin identitet. I hög grad rör det sig också om föremål som av olika anledningar inte blivit registrerade tidigare.

*Magasin*

Den under föregående år påbörjade systematiska fotograferingen och inventeringen har fortsatt i lägre takt än planerat p g a personalbrist. Stora delar av basutställningarnas föremålsbestånd samt samlingarna i Gysinge har fotograferats.

Ordningen i magasin har förbättrats och nya rutiner har införts i samband med datoriseringen.

*Konservering*

Tjänsten är vakant men har tidvis upprätthållits av en erfaren konservator.

Ett renoverings- och konserveringsprojekt har under året påbörjats med sponsorshjälp på två av museets äldre bilar; Scania 1902 och Renault 1901.

*Arkivet*

Inventering och omflyttningar av museets arkivsamlingar gjordes när arkivet hade sommarstängt under 1989. Några arkivsamlingar har överförts till andra arkivinstitutioner, bl a Skebo bruks arkiv, som överförts till Norrtälje kommuns centralarkiv. Uppordningsarbetet i museets ämbetsarkiv fortsätter.

Restaurering och renovering av museets ritningar har påbörjats i mindre skala. Några ritningar har skickats till Kartvårdcentralen i Ånge för restaurering. Behovet är stort och kostnaderna höga, varför projektet kommer att fördelas på flera budgetår.

*Bild- och negativarkivet*

Uppordningen av museets stora bild- och negativsamlingar fortsätter med registrering, montering och byten av emballage till syrafria kuvert och kartonger m m.

Till hjälp med bildregistreringen, som nu sker på data, har en assistent varit projektanställd.

*Biblioteket*

Biblioteket hade sommarstängt under 1989 för inventering och gallring. Dubbletter och ämnesmässigt irrelevant material har dels skänkts till andra bibliotek dels sålts via antikvariat.

En genomgång av förekommande biblioteksdatasystem har gjorts inför inköpsbeslut under budgetåret 1990/91 av ett datoriserat registreringssystem.

*Dokumentation och forskning*

Den av Skogsindustrierna bedrivna inventeringen och dokumentationen av massafabriker och pappersbruk i Sverige har under året fortsatt i samarbete med museet. Projektet väntas pågå t o m 1990 och resultaten redovisas i rapporter. Vidare har ett antal kraftverk i Västerås och längs Kolbäcksån fotodokumenterats liksom tillverkningen av bl a choklad vid Marabou i Upplands Väsby och i Sundbyberg.

Forskningsprojektet rörande Christopher Polhems manufakturssystem har pågått sedan 1987 och beräknas avslutas 1991. Projektet Svenska och finländska urmakare har fortgått och beräknas likaså avslutas 1991.

Museet har utnyttjats som teknikhistorisk remissinstans och sakkunnig i olika industriminnesvårdande frågor.

*Teknorama*

Teknorama, museets science center, har under året haft ca 180 000 besökare, varav 460 i förväg bokade skolklasser och grupper som fått handledning och undervisning.

Teknoramas femte verksamhetsår präglas av samarbete med två andra science centers.

Utställningen "Ljudets Värld" från Heureka, Finlands Vetenskapscenter, visades på Teknorama 16 oktober–6 april. "Ljudets Värld" bestod av ca tio experimentstationer där man bl a kunde testa sin hörsel och få ett eget audiogram, mixa stereoljud som i en inspelningsstudio, få fram grafiska framställningar av olika ljudfrekvenser, m m.

En utställning från Danmarks science center, Eksperimentarium, "Människa – här är din kropp" fanns på Teknorama 19 december–16 april, i samarbete med Stockholms läns landsting.

Utställningen omfattade mer än 50 experimentstationer kring fyra huvudteman; arv och livets uppkomst, hjärnan och sinnena, kroppen i aktion och kroppens inre maskineri. Utställningen upptog de ca 600 $m^2$ som Teknorama nu fått för utökad verksamhet. Visning av utställningen för skolgrupper skedde jämsides med Teknoramas vanliga visningar, bl a med hjälp av elever från Vårdhögskolan. Intresset för utställningen var så stort att alla visningstider blev fullbokade inom två veckor.

Intresset för Teknoramas fem år gamla experimentutställning Upptäcka–Utforska–Uppleva, minskade inte trots de nya gästande utställningarna. Även dessa visningstider har varit fullbokade och under övrig tid, särskilt på lördagar och söndagar har det varit en jämn ström av entusiastiska besökare i alla åldrar.

Utvärderingen av besökarnas synpunkter på verksamheten har fortsatt.

Demonstrationer och experiment har utvecklats och nya stationer tillkommit. En videofilm om Teknorama har producerats.

Planeringsarbete för den utökade science centerverksamheten som skall omfatta hela Teknoramabyggnaden pågår.

Teknoramas drift bekostas huvudsakligen av medel från stödprojektet Svensk Industri i Tiden, där ett tjugotal svenska industriföretag medverkar.

*Basutställningar*

Under verksamhetsåret har kompletteringar i utställningarna SKOGEN – SVERIGES GRÖNA GULD och KEMI gjorts.

Utredningar rörande ombyggnad av Maskinhallen, Gruvan, Järn och stål samt Kongl. Modellkammaren har påbörjats.

*Tillfälliga utställningar*

Under verksamhetsåret har ett antal tillfälliga utställningar visats.

SOLTECKNINGAR – fotografiet 150 år. En utställning om Daguerres uppfinning att framställa och fixera bilder, om fotografiets pionjärer och den äldsta fototekniken.

TAXI STOCKHOLM 90 ÅR. Samarrangemang med Taxi Stockholm.

VETENSKAP OCH FRANSKA REVOLUTIONEN. En utställning om uppfinningar och vetenskapsmännens roll under revolutionstiden. Utställningen visades i samarbete med Franska Institutet, Stockholm och var producerad av Cité des Sciences et de l'Industrie de la Villette, Paris. Tekniska Museet hade kompletterat utställningen med svenska uppfinningar och svensk naturvetenskap under samma tidsepok.

UR BERG I BÖRS. En utställning om 700 års bergsbruk och myntillverkning i Sachsen och Thüringen. Utställningen kom från Münzkabinett vid Staatliche Kunstsammlungen och Museum für Mineralogie und Geologie, Dresden, DDR.

En svensk komplettering om de svenska gruvorna Falun, Sala och Ädelfors samt om svenska mynt hade gjorts i samarbete mellan Kungl Myntkabinettet, Stockholm och Tekniska Museet.

BALLONGOMANI. Björn von Bahrs samlingar av ballonghistoria, foton, tryck, tavlor och kuriosa. Varmluft- och gasballongens historia.

UNGA FORSKARE. Gymnasieelever från hela landet visade under en vecka i april resultat av egna forskningsinsatser inom teknik och naturvetenskap. Samarbete med Förbundet Unga Forskare.

GAS. Gasens användning i samhället. Utställningen pågår och handlar om energigas, stadsgas, vätgas, biogas, men framför allt om naturgas. Samarbete med Svenska gasföreningen och Stockholms Energi.

*Vandringsutställningar*

Museets vandringsutställningar har varit efterfrågade och visats på ett flertal museer runt om i landet.

JOSEFIN OCH TEKNOLOGIN, Upplandsmuseet, Uppsala.

POLHEM – DEN SVENSKA DÆDALUS, John Eriksson-gården, Långban, Gotlands Fornsal, Visby, Älvsborgs läns museum, Vänersborg och Faktorimuseet i Eskilstuna.

FRÅN KONSERVBURK TILL EVIGT RÖD TOMAT, Falbygdens museum, Falköping, Silvanum, Gävle och Skaraborgs läns museum, Skara.

STRÅLNING, Norsk Teknisk Museum, Oslo.

UR BERG I BÖRS, STORAs museum, Falun och Gruvmuseet, Sala.

*Programverksamhet*

Museets intendenter har vid drygt trettio tillfällen hållit offentliga föreläsningar och kåserier över skilda teknikhistoriska teman.

Vid några tillfällen har inbjudna föreläsare föreläst över teman knutna till utställningar. Under ett flertal veckoslut har familjedagar ordnats med olika aktiviteter, som t ex:

FAMILJEDAGAR: Modellflyguppvisning på Gärdet, modellflygbygge på museet. Experimentdag. Gör ditt eget julkort. Livsmedelskemi och glassens teknikhistoria. Det hände på morfars mors tid, teknikhistoria för små barn, Följ strömmen! – elektriska experiment. Gas och kemi. Kemiexperiment. Drak- och vindkraftdag.

Under skolornas sportlov fick barnen bygga ballonger i Maskinhallen. I kemiutställningen visades kemiexperiment. Den nya miljökalendern i skogsutställningen presenterades med experiment och tävlingar.

*Undervisning*

Under verksamhetsåret har drygt 1 000 grupper undervisats vid museet.

Undervisningen fördelar sig mellan stadierna på följande sätt: Förskolan 52, lågstadiet 125, mellanstadiet 375, högstadiet 238, gymnasiet 88, vuxna 151.

Undervisningen har kompletterats med program för s k temadagar, då eleverna tillbringar längre tid på museet och utöver visning och demonstrationer även får utföra egna experiment, som t ex SKOGEN/GÖRA PAPPER och ELKRAFT/ENKLA ELEKTRISKA EXPERIMENT.

*Huvudmän och styrelse*

Stiftelsen Tekniska Museets beskyddare är H M Konungen. Hedersledamöter är Åke Martenius, Curt Nicolin och Göran Philipson.

| *Valda Huvudmän är:* | *Representerar:* |
|---|---|
| Direktör Curt Andersson | Industriförbundet |
| Direktör Sten Nordberg | ,, |
| Direktör Lars-Göran Rosengren | ,, |
| Civilingenjör Ingrid Bruce | Sv Civilingenjörsförbund |
| Civilingenjör Mats B-O Larsson | ,, |
| Förbundsdirektör Sven Magnusson | ,, |
| Civilingenjör Torbjörn Larsson | Sv Uppfinnareföreningen |
| Direktör Sam Nilsson | ,, |
| Ingenjör Erik Wångby | ,, |
| Direktör Orvar Nyquist | IVA |
| Professor Jan Hult | ,, |

| | |
|---|---|
| Docent Bengt Thulin | ,, |
| Museichef Fred Andersson | Staten |
| Intendent Barbro Bursell | ,, |
| Generaldirektör Birgit Erngren | ,, |
| Riksdagsledamoten Elisabeth Fleetwood | ,, |
| Professor Kerstin Fredga | ,, |
| Metallarbetaren Göran Jonsson | ,, |
| Landsantikvarie Per Kåks | ,, |
| Docent Ulf Lindström | ,, |
| Riksdagsledamoten Ingela Mårtensson | ,, |
| Landstingsrådet Knut Nilsson | ,, |
| Docent Marie Nisser | ,, |
| Museichefen Per Ragnarsson | ,, |

| *Av Huvudmännen utsedd styrelse:* | *Representerar* |
|---|---|
| Tekn dr Torsten Lindström | Industriförbundet |
| Generaldirektör Jan Olof Carlsson | Sv Civilingenjörsförbund |
| Civilingenjör Arne Bergström | Sv Uppfinnareföreningen |
| Direktör Lars Sundblad | IVA |
| Informationschefen Annagreta Dyring | Staten |
| Professor Lennart Holm | ,, |
| Avdelningschef Christian Laine | ,, |
| LO:s sekreterare Margareta Svensson | ,, |

Huvudmännen har under året haft två protokollförda sammanträden, styrelsen fyra.

Mångåriga ledamoten av styrelsen f d byggnadsrådet, Vet Dr Harry Törnquist avled i november 1989.

### *Personal och organisation*

Museet har under året varit organiserat i fyra avdelningar, en administrativ avdelning, med byrådirektör Christer Welin som chef, en dokumentationsavdelning, med 1:e intendent Jan-Erik Pettersson som chef, en undervisnings- och informationsavdelning, med 1:e intendent Katarina Ek-Nilsson som chef och en science centeravdelning, Teknorama, med vice museidirektör Inga-Britta Sandqvist som chef. Inom avdelningarna är verksamheten uppdelad på sektioner.

# Telemuseum

## Verksamhet under 1989

Telemuseum är ett specialmuseum för telekommunikationshistoria. Museet drivs i anslutning till Tekniska Museet med bl a gemensam administration. Verksamheten grundas på ett avtal mellan Stiftelsen Tekniska Museet och Televerket, vilka i Telemuseums nämnd har ett samarbetsorgan som behandlar frågor av större vikt för museets verksamhet. Denna finansieras huvudsakligen genom anslag från Televerket.

### *Telemuseums nämnd*

Nämnden har under året hållit fyra sammanträden, varvid främst behandlats frågor rörande utställningar, utåtriktad verksamhet, dokumentationsverksamhet, personal, lokaler, planering av verksamheten, samarbetet med Tekniska Museet, Televerket m fl organisationer samt ekonomi.

### *Utställningar*

BASUTSTÄLLNINGAR

*Informationsteknologi.* Telemuseum har medverkat i den projektgrupp med medlemmar som representerar Tekniska Museet, Televerket, LM Ericsson, IBM, Nokia och Telemuseum, som förbereder en basutställning, benämnd INFORAMA, om informationsteknologi på Tekniska Museet och med ett avsnitt om telekommunikation i Telemuseum. En särskild projektgrupp med medlemmar från centrala Televerket, Stockholms teleområde och Telemuseum har påbörjat projekteringen av sistnämnda avsnitt under hösten. Vidare har inom ramen för detta projekt påbörjats produktion av ett interaktivt laservisionsprogram.

*Mobila teletjänster.* Basutställningen "Från MTA till GSM", som behandlar mobila teletjänster, har färdigställts under våren. Utställningen, som producerats i samarbete med Televerket Radio, invigdes den 7 juni.

*Introduktionsutställning.* Projektering av en introduktionsutställning, som skall placeras i anslutning till museets entréhall, har påbörjats under hösten. Utställningen avser att ge en telehistorisk översikt, som underlättar besök i museet.

TILLFÄLLIGA UTSTÄLLNINGAR

*Fiberoptisk kommunikation.* Den tillfälliga utställningen "Fiberoptisk kommunikation", som under flera år fungerat som vandringsutställ-

ning, har i samarbete med Televerket omarbetats och var i sin nya version färdigställd i september. Den har varit uppställd i Telemuseums entréhall fr o m den 15 december, där den kvarstår vid årsskiftet 1989/90.

*Rikstelefonkatalogen 100 år.* En liten utställning om rikstelefonkatalogen med anledning av att den utgivits i 100 år 1989 producerades kring åksskiftet 1988/89 och fanns uppställd i museet under tiden 27 januari–20 december. Utställningen var framtagen i anslutning till de arrangemang som genomfördes inom Televerket.

## EXTERN UTSTÄLLNINGSVERKSAMHET

Telemuseum har deltagit i ett samarbete med Mästerlotsen Edward Sjöbloms Kulturstiftelse Skärgårdsfonden (ESS), Televerket, Stockholms Kustförsvar, Vaxholms Fästnings Museum och Värmdö kommun som resulterat i att repliker av optiska telegrafer satts upp på två platser i Stockholms skärgård, Fredriksborg och Dalarö Skans. Placeringarna har valts så att stor uppmärksamhet kan påräknas från sjöfarten i skärgården. Telemuseums insats var framför allt att ta fram de informationsskärmar som finns uppsatta i anslutning till replikerna. En invigningsceremoni ordnades vid Fredriksborg den 9 juni.

Telemuseum har medverkat i Televerkets dag i Örebro den 27 augusti.

Utställningen "Fiberoptisk kommunikation" har visats i Skövde 11–13 oktober.

Vid evenemangen i Örebro och Skövde har personal från Telemuseum medverkat med demonstration och information respektive transport, uppsättning och nedtagning av utställning. Detta har skett med kostnadstäckning för museet.

Telemuseum har tillsammans med Tekniska Museet, Teknorama och Folkens Museum-Etnografiska deltagit med utställning och information i Nordiska fackmässan för utbildning 7–10 november i mässhallarna i Älvsjö.

### *Program-verksamhet*

Återkommande programinslag under den aktuella perioden har varit de verksamheter som bedrivs av Sveriges Sändaramatörer i Tekniska Museets amatörradiostation samt av Sveriges DX-förbund. Vidare film- och videovisningar som genomförs regelmässigt under lördagar och söndagar men även under vardagar då museets samlingssal ej varit upptagen för annan verksamhet.

Särskilda program i evenemangsform har genomförts vid ett flertal tillfällen, oftast på lördagar och söndagar. Innehåll och omfattning framgår av följande:

Den 28 januari ordnades ett särskilt program till vilket inbjudits televerksanställda från landets alla delar som kommit till Stockholm

för att fira rikstelefonkatalogens 100-årsjubileum. På programmet stod sång av Telekören, filmvisning m m.

Sportlovsveckan 25 februari – 5 mars med aktiviteter för sportlovslediga barn inrymde traditionella inslag, radiostudio, lyssnarhörna, DX-ing, film- och videovisning, telefonmontering, elektronikbygge och frågetävling. Särskilda inslag var den 25 februari kåseri kring Onsala Rymdobservatorium, den 3 mars demonstration av bärbar satellitupplänk för programinsamling och den 4 mars radiocabaret med barn som medverkande.

Särskilda DX-dagar ordnades 1 och 2 april i samarbete med Sveriges DX-förbund.

Ljud-dagar anordnades 15 och 16 april med demonstration av och kåseri kring ljudeffekter från Riksradions teateravdelning, av ljud från rull- och trådbandspelare, radiomottagare, 78-varvsgrammofoner m m med föremål ur museets samlingar samt av modernt stereoljud i TV. Verkligt välljud bjöds av orkestern Pro Musica som spelade verk av Bach, Brahms, Fauré och Haydn.

Den optiska telegrafen i Furusund visades den 29 juli i samband med den s k Furusundsdagen, som arrangerades av ortens hembygdsförening.

Den 7 november direktsände Riksradion programmen "Go'middag" med Gnesta-Kalle och "Skivor till kaffet" med Bertil Perrolf från Telemuseum, vilket gav fint tillfälle till PR för både Tekniska Museet och Telemuseum.

"Så arbetar grammofonarkivet" var temat 11 och 12 november då Kjäll Fröderberg med medarbetare från Riksradion berättade om och demonstrerade hur "Ring så spelar vi" och andra önskeprogram fungerar. Förbindelsen för telefon och data fanns uppkopplade mellan Telemuseum och grammofonarkivet och besökarna hade möjlighet att beställa egna önskeskivor.

Den 19 november ordnades i samarbete med Televerket en familjedag avsedd att vara en avslutande manifestation på museet med anledning av rikstelefonkatalogens 100-årsjubileum. De inslag som erbjöds var musikunderhållning, tipspromenad, tävlingar i katalogslagning och katalogrivning, telefonmontering, möjlighet att ringa på jättetelefon, utställning av medhavda leksakstelefoner, radiostudio och produktion av en barnens egen jättemålning.

Den 1 december var Telemuseum medarrangör för en Oscarsträff för Tekniska Museets Vänner. Programmet omfattade kåseri om "hur man kommunicerar skriftligt på telenät från mitten av 1800-talet" samt supé och dans.

Den 11 december genomförde Stockholms teleområde på Telemuseum sin prisutdelning i "Stoppa sabbet". Med anledning av att kampanjen "Stoppa sabbet" pågått i 10 år gjordes detta tillfälle särskilt festligt och hade karaktären av marknadsafton.

*Undervisning*

Undervisning inom museets verksamhetsområde, särskilt för skolklasser, har huvudsakligen genomförts av Telemuseums egen personal. Visningsverksamhet har också genomförts av Tekniska Museets museilärare. I den verksamhet med grupparbetsaktiviteter för skolelever som bedrivs i samarbete med Televerket har också personal därifrån medverkat som handledare. Bokningen för grupparbetsbesök har skett genom Televerkets försorg, medan bokningen för visningar omhänderhafts av Tekniska Museets bokningscentral.

Särskilda arrangemang för lärare har ordnats av Telemuseum den 16 februari, då högstadielärare bereddes tillfälle till studiebesök vid Televerket i Farsta, den 11 maj med studiedag för högstadielärare på Telemuseum och den 27 oktober med studiedag för gymnasielärare på Telemuseum.

Telemuseum har deltagit i arbetet inom den pedagogiska gruppen vid Tekniska Museet.

*Föremålssamlingarna*

Telemuseums föremålssamlingar har under året genom gåvor och inköp tillförts ca 150 föremål.

Renovering av den optiska telegrafstationen i Furusund har slutförts under våren bl a med uppsättning av nya signalluckor.

*Arkiv och bibliotek*

Telemuseums arkiv och bibliotek har under verksamhetsperioden genom gåvor och inköp tillförts sex arkivhandlingar, ca 40 böcker och häften samt tre videogram.

Arkiv och bibliotek har anlitats av forskare och skribenter m fl. Besöken har gällt teknik, personhistoria, statistiska uppgifter, bildsökning m m. Liksom tidigare har ett väsentligt antal besökare i arkiv och bibliotek utnyttjat äldre årgångar av telefonkatalogen.

*Utlåning och depositioner*

Utlåning och depositioner av föremål (i vissa fall oregistrerade rekvisitaföremål) från museet har skett för länkgre eller kortare tid för användning i utställningar och teaterpjäser samt för filmning och fotografering. Låntagare/depositionsmottagare har huvudsakligen varit Televerket (bl a Fotokontoret, TELETV, telebutiker, telekontor och Televerket Radio), Ericsson, Sveriges Radio, kommuner, museer, teatrar samt foto-, video- och filmateljéer.

Fotografering och filmning av registrerade originalföremål har normalt endast fått ske inom museet.

*Dokumentation*

Arbetet med bandade intervjuer med tidigare televerksanställda har fortsatts. Årets intervjuer har berört anställnings- och arbetsförhållanden för telefonister samt rundradioverksamheten i Örebro från radiotjänsttiden och fram till 1980-talet. Vidare har tre numera pensionerade telefonister lämnat skrivna redogörelser med visst arkivmaterial rörande deras tjänstgöring inom Televerket.

Det föregående år påbörjade projektet att tillskapa ett systematiskt ljudarkiv med inspelningar av karakteristiska ljud inom telekommunikationens område har fortsatts och är inne i ett skede av registerläggning.

Arbetet med dataregistrering av Telemuseums bildarkiv har fortsatts under året. Dessutom har arbete påbörjats med att lägga in en väsentlig del av bildarkivet på laserdisc. Detta sker för såväl dokumentation som för tillskapande av underlag för interaktiv laservision (se ovan under Utställningar).

### *Uthyrning av lokaler*

Lokaler inom Telemuseum, samlingssalen, Telegrafstyrelsens sessionsrum och entréhallen, har hyrts ut för sammanträden, konferenser, kurser och samkväm. Bland institutioner och organisationer som utnyttjat lokalerna kan nämnas Televerket, Tekniska Museet, TMV, LM Ericsson, försvaret, föreningar för teknik och forskning samt andra ideella föreningar. Som regel har debiterats en hyra med 350 kronor, vartill har lagts eventuella bevakningskostnader.

### *Besökande*

Antalet besökande har under år 1989 varit ca 135 000 personer inberäknat enskilda besökare, skolklasser och andra grupper. Besöksantalet visar därmed, med beaktande av inräkningens otillförlitlighet, likvärdighet med 1988, då antalet var ca 136 000 personer.

Besökande grupper har kommit från bl a Televerket, LM Ericsson, försvaret, skolor, företag och föreningar. Grupper av utländska besökare har förekommit i samband med arrangemang ordnade av Televerket och LM Ericsson.

Antalet besökande skolklasser som fått visning av museilärare har varit 125, ca 3 100 elever, motsvarande ca 2,3 % av totala antalet besökare. År 1988 var motsvarande siffra 165 skolklasser. Museet har således fått vidkännas en stor minskning, vilket till stor del sannolikt beror på en hårdnande konkurrens från mycket populära avdelningar inom Tekniska Museet. Anmärkningsvärt är att antalet skolklassbesök varit särskilt lågt under hösten, nämligen 25 klasser.

### *Information*

Information om Telemuseums verksamhet har lämnats i den s k museirutan som publiceras varje vecka i de stora Stockholmstidningarna. Inför evenemang har separat annonsering skett och pressmeddelanden utskickats. I vissa fall har information lämnats genom brevutskick till intressanta grupper såsom pensionärer och medlemmar i Tekniska Museets Vänner.

Telemuseums verksamhet och program har också presenterats i Tekniska Museets visningskatalog och programblad samt i Tekniska Museets Vänners informationsutskick.

Stort informationsvärde måste också tillmätas sändningen av radio-

programmen "Go'middag" och "Skivor till kaffet" från Telemuseum vid ett tillfälle under hösten.

### *Administration*

Administration av Telemuseum har ombesörjts av Tekniska Museet.

### *Museets resurssituation*

Telemuseum har liksom tidigare år haft en gynnad situation beträffande ekonomiska och personella resurser. Detta har bl a möjliggjort en vidareföring av arbetet med att utveckla program för ett aktivare arbetssätt i samband med skolbesök, som förhoppningsvis skall bryta trenden med minskat antal skolklassbesök, som berörts ovan.

Bristande resurser finns dock beträffande utrymmen för arbetsplatser, bibliotek och arkiv samt för undervisning, något som knappast kan åtgärdas utan omdisponering av befintliga lokaler.

Beträffande magasinsutrymmen för föremålssamlingarna, så har museet kunnat fortsätta med att transportera delar av samlingarna till Televerkets storlager i Nässjö, vilket i hög grad underlättar hanteringen av världens största museisamling av telehistoriska föremål.

### *Ekonomi*

Televerkets huvudkontor har godkänt den för 1989 uppgjorda driftkalkylen och i anslutning härtill tilldelat Telemuseum 8 491 000 kronor för driften av museet.

Förslag till driftkalkyl för åren 1990 och 1991 samt prognos för kostnadsutvecklingen åren 1992 och 1993 har inlämnats till Televerkets huvudkontor.

Förslag till driftkalkyl för år 1990 har godkänts av Televerkets generaldirektör enligt skrivelsen av den 12 januari 1990.

### *Nämndens sammansättning*

*Av Televerket utsedda ledamöter:*
Informationsdirektör Uno Grönkvist
Överingenjör Evert Jarnbrink

*Av Stiftelsen Tekniska Museet utseda ledamöter:*
Direktör Gösta Lindberg
Museidirektör Erik Lundblad

*Av Televerket utsedda suppleanter:*
Avdelningsdirektör K-V Tahvanainen
Överingenjör Arne Andersson

*Av Stiftelsen Tekniska Museet utsedda suppleanter:*
Tekn lic Lars Arosenius
Vice museidirektör Inga-Britta Sandqvist

Som ordförande i nämnden har fungerat museidirektör Erik Lundblad.

I nämndens överläggningar har museets chef Lennart Steen deltagit som adjungerad ledamot, tillika nämndens sekreterare.

*Personal* Verksamheten vid Telemuseum har letts av museets chef Lennart Steen med förste intendent Owe Stéen som bitr chef. Vid Telemuseum har i övrigt 19 personer varit anställda, samt extra personal engagerats som museivärdar under helger m m. Tjänster för administration och ekonomi m m har köpts av Tekniska Museet.

# Tekniska Museets Vänner

## Verksamhetsberättelse för 1989

Styrelsen har under året utgjorts av, *ordförande*, Generallöjtnant Nils Sköld, *vice ordförande*, Direktör Göran Philipson (utsedd av styrelsen för Stiftelsen Tekniska Museet).

*Ledamöter*, Tekn direktören Hans Andersson (nyval), Professor Folke Blomberg, Marindirektör Curt Borgenstam, Civilingenjör Rut Bäcklund-Larsson, Docent Eric Dyring, Intendent Egon Ekenhed, Intendent Gert Ekström, Civilingenjör Sven G Fagerlind (nyval), Tekn dr Anders Franzén, Aeronat Per E Johansson (nyval), Professor Ingvar Jung, Programmerare Håkan Ljungqvist, Museidirektör Erik Lundblad (sekreterare), Direktör Bo Molander, Professor Carl-Göran Nilson, Fil kand Bengt V Nilsson, Civilingenjör Lars Norling, Tekn dr Jonas Norrby, Direktör Gunnar Nyberg, Fil lic Inga-Britta Sandqvist, 1:e intendent Lennart Steen, Docent Per Sörbom, Fru Marianne Tranhammar, Museichef Ingrid Wahlund (nyval), Ingenjör Inger Wiik och Ingenjör Erik Wångby.

*Revisorer*, Revisor Ulf Egenäs (ord), Revisor Jan Ehnborg (suppl), Tekn lic Rune Glimenius (ord), Docent Kjell Fransson (suppl).

*Valberedning*, Docent Per Sörbom, Ingenjör Erik Wångby.

*Hedersledamot*, Tekn dr Håkan Sterky.

Ledamoten Professor Ingvar Jung avled 1989-12-29.

Tekniska Museets Vänner (TMV) är en aktiv stödförening för museet med 1 454 medlemmar. Stödet till museet sker främst genom att garantera utgivningen av museets årsbok Dædalus. Alla medlemmar får denna årsbok, som utgivits årligen sedan 1931 och därmed är Sveriges äldsta förnämsta teknikhistoriska publikation.

TMV deltager aktivt i museets verksamhet men ordnar också själva ett antal föredrag, visningar och utflykter.

*Årsstämma* hölls 1989-04-26 med ett 75-tal medlemmar närvarande. Vid stämman godkändes föregående års verksamhetsberättelse samt resultat- och balansräkning. Styrelsen beviljades full ansvarsfrihet. Val av styrelse, revisorer och valberedning gjordes och resultatet framgår i ingressen.

*Styrelsen* har under året haft två protokollförda sammanträden.

*Kansliet* har under året skötts av Egon Ekenhed.

*Medlemsutskottet* med Ruth Bäcklund-Larsson, Katarina Ek-Nilsson, Egon Ekenhed, Bo Molander, C-G Nilson och Lars Norling (sammankallande) har gjort 8 utskick till medlemmarna med aktuell information.

*Programutskottet* med C-G Nilson (ordf), Inger Wiik (sammankallande), Ingvar Jung, Håkan Ljungqvist, Lennart Steen och Marianne Tranhammar har anordnat 13 sammankomster och utflykter inom ett brett register. I snitt har ett 50-tal medlemmar infunnit sig.

*25 jan* VASAVARVET i går idag och i morgon.
Anders Franzén berättade på sitt oefterhärmliga sätt och visade bilder därtill.

*22 febr* Besök på ARMÉMUSEUM.
Genom TMV's ordförande Nils Skölds utmärkta förbindelser fick medlemmarna under sakkunnig ledning av 1:e intendent Ulf Göran Hjort-Andersén göra ett intressant besök på Armémuseum.

*29 mars* UR OCH KULTUR.
Jan Hult, professor vid CTH berättade om det mekaniska uret, dess utveckling och dess beroende av och påverkan på samhället alltifrån medeltiden och framåt.

*12 april* Om BUGGNING.
Ett program i samverkan med Svenska Radioklubben. Detta kontroversiella ämne, dess tekniska möjligheter och diverse konsekvenser belystes av Kjell Stensson och Lars-Olof Lennermalm.

*26 april* ÅRSMÖTE.
Efter årsmötesförhandlingarna talade kommendörkapten Bo Cassel över ämnet "Från dykarklocka till mättnadsdykning". Föredraget spände över tiden från antikens fridykare, via tekniken med dykarklockor som varade i 400 år och fram till våra tider.

*20–21 maj* Tvådagars bussresa till ÄLVKARLEBY.
Ett mycket uppskattat program hade utarbetats med visning av Vattenfalls anläggningar, såsom kraftverket och det stora laboratoriet där hela älvar modelleras fram. Vidare besågs dammbyggena och Fiskeforum.

Andra dagen gick färden till Söderfors där bruket och kraftstationen besågs. På em studerades Näs kraftstationsmuseum och laxodlingen därstädes.

*2 sept* Höstterminen inleddes med besök på ARLANDA's flyghistoriska samlingar. Under sakkunnig ledning visades både den "utställningsmässiga" delen av samlingarna och den mängd med renoveringsobjekt som finnes.

*7 sept* VÄRLDENS DYRASTE BIL,
en Bugatti Royale och några bilar till ur Hans Thulins samlingar var föremål för en specialutställning på Tekniska Museet.

*14 sept* Studiebesök på ERICSSON RADIO SYSTEMS.
Informationschefen Lars Jonsteg berättade om trådlös telefoni under rubriken "Mobil kommunikation i dag och i morgon".

*27 sept* DIFFERENSMASKINER
var föremål för ett föredrag av museiintendenten Michael Lindgren som doktorerat på detta ämne. Föredraget avslutades med besök vid den Scheutz'maskin med inbyggt tryckverk som finnes på Telemuseum.

*18 okt* MULTIMEDIA
var ämnet vid en föredragsafton i samverkan med SRK. Fil dr Göran Hagert talade om designprinciper. Människa/maskin och Artificiell Intelligens (AI).

*25 okt* LILJEWALCHARNA
dvs släkten Liljewalchs betydelse för svensk industri, sjöfart och kulturliv belystes av Bo Molander på ett utomordentligt initierat sätt.

*1 dec* Verksamhetsåret avslutades med OSCARSTRÄFF.
En formförpackad supé à la SAS serverades och föredrag om Telekommunikationer ända in i framtiden framfördes av Dag Hjort från Televerket.

Därefter vidtog dans till levande musik. Det är endast att konstatera att deltagarna var eniga om att kvällen varit mycket lyckad.

*Dædalus* Årsboken var i år tryckt och distribuerad i god tid före julhelgen. Innehållet var tvärvetenskapligt och populärt och belyste ett antal intressanta områden inom teknik- och industrihistoria.

*Ekonomi* Föreningens ekonomi redovisas i resultat- och balansräkning. Tekniska Museet har fått ett bidrag om 179 713 kronor för täckandet av kostnader för Dædalus och för representation.

ABB
ASEA BROWN BOVERI

*Asea Brown Boveri,*
*ABB, är ett av världens största*
*eletrotekniska företag med verksamhet*
*i 140 länder. Med 220000 medarbetare*
*har vi resurser att förbättra framtiden när*
*det gäller miljö och energibesparing.*

---

Asea Brown Boveri AB
721 83 Västerås
Tfn 021-32 50 00

# *Vi värnar om miljön!*



Varje dag nås vi av rapporter om skador på miljön. Förbränning av fossila bränslen är en anledning. Det är utsläpp som svavel, kväve och tungmetaller som ger problem. Försurning av mark och vatten, hot om klimatförändring genom växthuseffekt och fler allergifall är exempel på vad som kan hända.

Vi behöver även i framtiden energi för värme, ljus och kraft. Bland annat för att skydda miljön. Sveriges kärnkraftverk ger ren och säker energi med god ekonomi. Metoder finns att ta hand om kärnkraftens avfall.

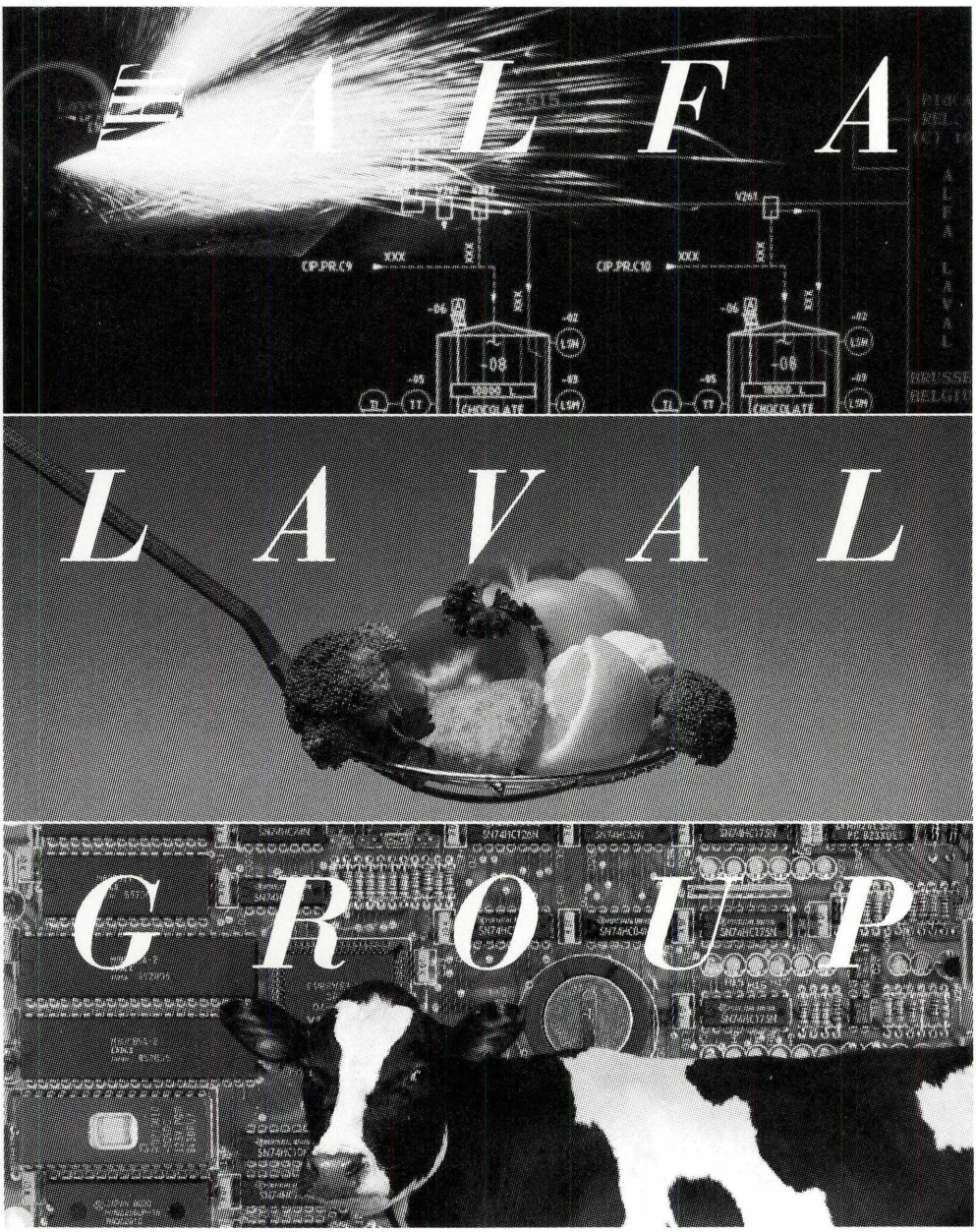
Kärnvärmeverket Secure och kärnkraftreaktorn PIUS är alternativ som kan bidra till en bättre miljö. Båda ger ren och ekonomisk energi och bygger sin säkerhet enbart på naturlagarna.

## ABB Atom

ABB Atom, 721 63 Västerås
Tel. 021-10 70 00 Telefax 021-18 94 71

ABB
ASEA BROWN BOVERI

Hansson & Co Annonsbyrå AB




*Vi säljer för 15 miljarder kronor. Vi är 20 000 anställda i mer än 200 företag över hela världen.*

*Det är Alfa-Laval i dag.*

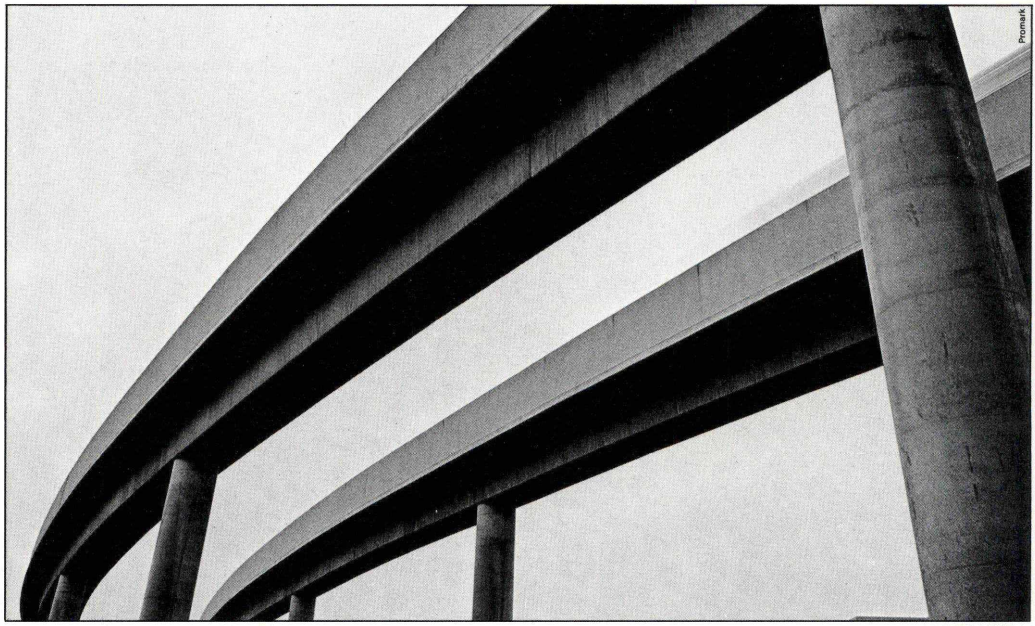
*Vi satsar på fortsatt stark tillväxt inom våra tre basverksamheter Industri, Livsmedel och Agri. Både av egen kraft och genom förvärv. Mer än 20 nya företag har kommit till de senaste åren, främst i USA och EG.*

*Vi leder utvecklingen inom samhällsviktiga områden. Livsmedelsförsörjning, miljövård och energihushållning.*

*Det är morgondagens Alfa-Laval.*

**ALFA-LAVAL**

**INDUSTRI • LIVSMEDEL • AGRI**




# Kornet som bygger vår framtid.

Ett cementkorn har en diameter på ca en hundradels millimeter. Detta lilla korn bär inom sig grunden för all modern byggnation.

När det träffas av en droppe vatten förändras den kemiska sammansättningen i cementet. Kornen omvandlas till en klibbig pasta samtidigt som små tentakler växer ut och binds samman med varandra.

Det är denna omvandling av cementkornet som ger den sammanhållande kraften i all betong.

Betong håller länge. De äldsta fynd som arkeologerna hittat är 7000 år gamla. Och fortfarande kan vi beundra akvedukter och amfiteatrar som är byggda med hjälp av cement från romartiden.

På Cementa har vi blygsamma hundra års erfarenheter av att tillverka cement. Vår relativa ungdom gör att vi har siktet inriktat mot framtiden.

Genom att utveckla egenskaperna hos cementkornet anpassar vi betongen till vår tids sätt att bygga.

Samtidigt som vi bidrar till att skapa en pålitlig grund för kommande generationer.

Vill du veta mer om oss och vår verksamhet så ring gärna 08-753 01 60 eller skriv till Cementa AB, Box 144, 182 12 Danderyd.

CEMENTA
EUROC

Cementa ingår i Euroc, en internationell byggmaterialkoncern som omsätter 11 miljarder kr och har 9000 anställda.

# Follow




# leader

A leader often moves without being seen.

Fact: Forty percent of the *world's* mobile telephone users talk over cellular systems created by Ericsson.

When it comes to mobile telephony, who else but Ericsson can lead you into the 21st century?

ERICSSON

LEADING THE WORLD IN MOBILE COMMUNICATIONS

# Gränges, verkstadsindustrin.

**Framställning av aluminium**

**Återvinning**

Insamling och förädling av järn- och metallskrot, textilavfall och returpapper.

**Bearbetning av aluminium**

Valsade och strängpressade halvfabrikat samt förädlade produkter för bygg, transport och förpackningar.

**Distribution**

Försäljning av egna och externtillverkade halvfabrikat – aluminium, koppar, rostfritt och plaster.

**Gränges Automotive**

Komponenter baserade på aluminium, plast och textil, främst till fordonsindustrin.

Många känner oss som tillverkare av aluminium. Men Gränges har blivit så mycket mer. Ett flertal av dotterbolagen – det finns ett 60-tal i tolv länder – är verkstadsindustrier med tillverkning av halvfabrikat och komponenter.

Aluminium – framställning och bearbetning, Återvinning, Distribution och Automotive är hörnstenarna när vi bygger dagens och framtidens Gränges.

GRÄNGES

Box 550, 182 15 Danderyd. Tel 08-753 59 50

SAATCHI & SAATCHI LAURENT

# I dag hade du kunnat rädda Vasa.

På skeppsbyggare Hybertssons tid vägde det kungliga majestätets ord mycket tyngre än en fackmans långa erfarenhet. Som rikets överhuvud önskade, så fick det bli.

Idag kan datorer stödja den konstruktör som tvekar över förhållandet mellan exempelvis skrovets form och fartygets barlast. På det nya Vasamuseet kan du vid en dator själv prova på skeppsbyggarens roll. Ett simuleringsprogram ger dig möjlighet att laborera med till exempel skrovform, segel och last, för att se hur Vasa skulle seglat om du haft ett finger med i spelet.

Skaffa dig sen en ännu djupare upplevelse av skeppet med ett multimediaprogram, som i rörliga bilder, ljud och text tar dig med in i Vasas innersta vrår och låter dig förstå hur besättningen kunde ha det på 1600-talet.

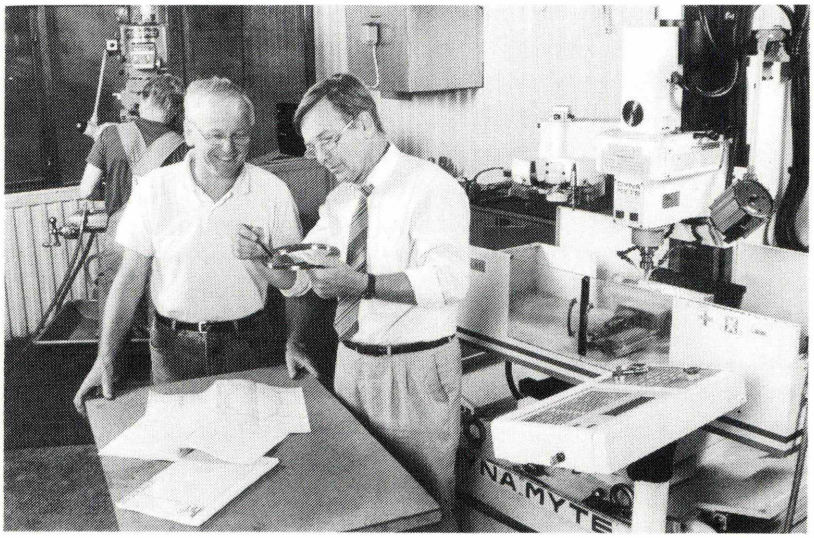
De båda programmen är resultatet av ett samarbete mellan skolöverstyrelsen, Vasamuseet och IBM. Persondatorerna är IBM PS/2.

Det här är ett par spännande exempel på hur man kan använda informationsteknologi. Pedagogiken och lättillgängligheten gör att du snart kommer att träffa på många fler.

IBM



# IVF sätter fart på utvecklingen i svensk verkstadsindustri



*Ute på verkstadsgolvet, hos de mindre företagen, arbetar IVF med ett stort antal produktionstekniska frågor. Institutet medverkar bl a när ny teknik skall införas. Bilden är tagen hos Kesol AB, Alingsås.*

Svensk verkstadsindustri förändrar och utvecklar sig ständigt; maskiner, tillverkningsmetoder och processer blir allt mer sofistikerade. Ett väsentligt bidrag till den tekniska utvecklingen i verkstäderna kommer från IVF, Institutet för Verkstadsteknisk Forskning. IVF, som har sitt huvudsäte i Göteborg, är verkstadsindustrins egen forskningsresurs med produktionsteknisk utveckling som specialitet.

I huvudsak är institutet inriktat på branschgemensamma problem, men många enskilda företag utnyttjar också IVFs resurser. Små och medelstora verkstäder som saknar egna specialister kan få hjälp att höja sin tekniknivå och lösa exempelvis tekniska problem i produktionen.

Det skall inte finnas några ekonomiska hinder för företagen att kontakta IVF. Av den anledningen subventionerar STU de första 25 timmarna så att de är helt kostnadsfria för företaget. Om företaget önskar fortsätta efter de första 25 timmarna debiteras 50 % av IVFs kostnad. Detta gäller upp till totalt 100 timmar. För att företagets geografiska placering inte skall vara något hinder, tillämpas samma regler beträffande rese- och traktamentskostnader.

INSTITUTET FÖR VERKSTADSTEKNISK FORSKNING

**IVF, Mölndalsvägen 85, 412 85 GÖTEBORG Telefon 031-83 86 00**
**Regionkontor finns i Linköping, Luleå, Sandviken och Stockholm**

# Industrifonden

Företag verksamma i Sverige kan få Industrifondens medverkan i lovande men riskfyllda industriella utvecklingsprojekt. Det bör vara kvalificerade projekt och avse framtagning av produkter, processer eller programvara, avsedda att marknadsföras kommersiellt.

Industrifonden medverkar i finansiering av hela kedjan från teknisk utveckling till marknadsutveckling. Marknadsutvecklingen kan exempelvis avse framtagning av nollserier och referensanläggningar.

Industrifonden finansierar inte rena investeringsprojekt, dvs sådana som ej är förknippade med utvecklingsarbete, inte heller forskningsprojekt där slutresultatet förväntas bli enbart ny kunskap.

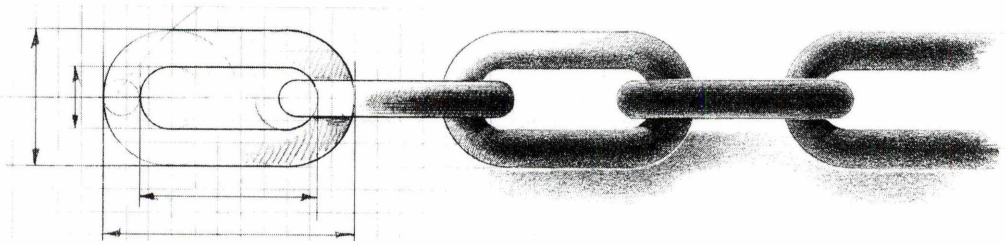
Projekten skall "sluta på marknaden" och Industrifonden fäster stor vikt vid projektets kommersiella potential.

Industrifonden har en unik profilering:

- Finansiering av projekt, ej av företagets rörelsekapital.
- Hög riskbenägenhet trots starkt kommersiell grundsyn.
- Stor uthållighet även vid problem.
- Inget ägarintresse i företag eller projekt.
- Inga formella säkerheter.
- Bl a finansieringsform utan löpande räntebelastning, lämpad för expansiva och nystartade företag.
- Finansiering upp till 50 MSEK per projekt.
- Kompetenta handläggare och konsulter med lång industriell erfarenhet för neutral utvärdering och rådgivning.

INDUSTRIFONDEN · REGERINGSGATAN 30–32 · 111 53 STOCKHOLM
TELEFON 08-14 43 45 · TELEFAX 08-796 75 52

# LÄNKEN MELLAN TEORI OCH PRAKTIK



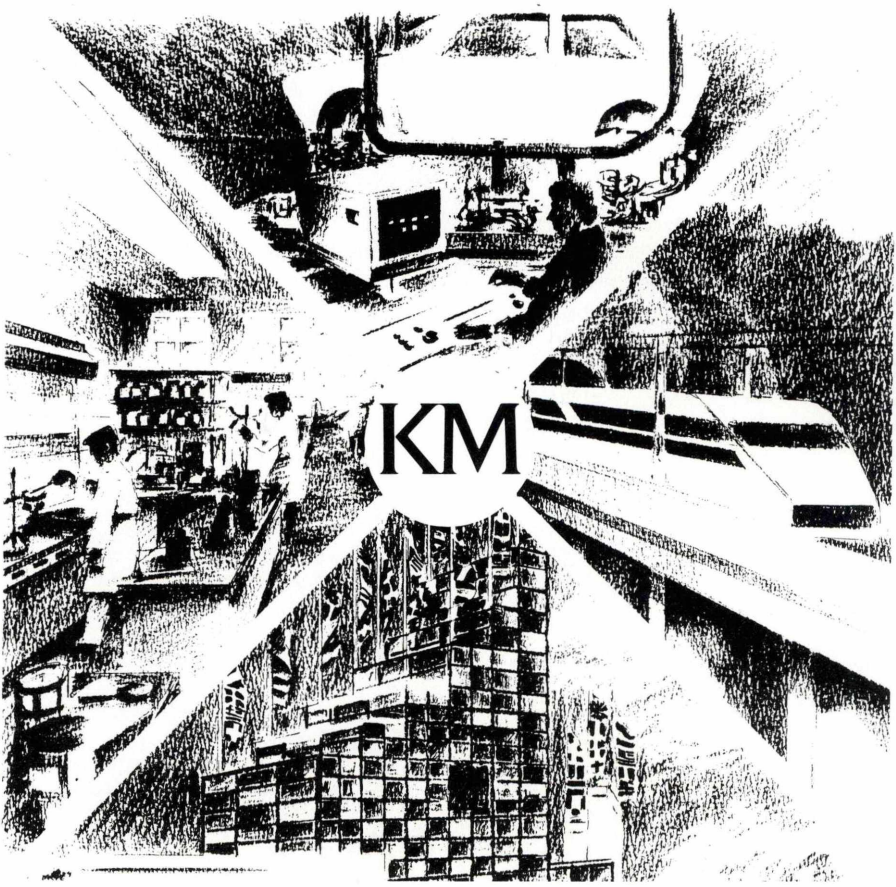
**Hos MEFOS kan Ni testa Era teorier i praktiken.
Speciellt inom områdena processmetallurgi, bearbetningsteknik, värmningsteknik, processtyrning och förgasningsteknik.
All forskning utföres under fullständig sekretess!**

**MEFOS erbjuder många fördelar:**
- Tung industri i halvstor skala med komplett industriell infrastruktur.
- 40 forskare och tekniker, alla med hög kompetens.
- 20 års erfarenhet av pilotförsök och industriell produktion.

**MEFOS har kunder över hela världen som väljer oss för vårt tekniska kunnande, vårt oberoende och vår sekretess.**

MEFOS

BOX 812, 951 28 LULEÅ TELEFON 0920-556 40
TELEX 80 482 MEFOS S. TELEFAX 0920-558 32




# Följ oss i framtiden.

**Som uppdragsgivare.**

Den tekniska utvecklingen kräver allt större kompetens. Vårt mål är att befästa positionen som ett av de ledande tekniska konsultföretagen i Sverige.

Inom KM med dotterbolag finns nu drygt 700 tekniker på ett trettiotal orter i Sverige.

Vi strävar efter ett personligt engagemang i samverkan med våra beställare och kan erbjuda en stark kompetens inom våra fyra teknikområden.

ANLÄGGNINGSTEKNIK.
Trafikutredningar, drifts- och underhållsplanering, projektering av vägar, järnvägar, broar, flygfält, hamnar, P-anläggningar, terminaler etc.

BYGGTEKNIK.
Samhällsplanering, arkitektur, byggkonstruktion, byggadministration, VVS-teknik etc.

MILJÖ- OCH ENERGITEKNIK.
Projektering av VA-anläggningar, geoteknik, laboratorieanalyser, fotogrammetri, energiteknik etc.

ELTEKNIK.
Projektering av elkraftsystem och installationer, industriell automation, elteknisk kontroll etc.

**Som medarbetare.**

I vår strävan att stärka oss som ledande inom teknisk konsulting kommer vi att fortsätta att expandera under 90-talet. Vi behöver därför fler kvalificerade medarbetare, som vill vara med om utvecklingen inom KM.

Har du de rätta förutsättningarna så kontakta oss! Vi vill öka din kompetens och ge dig delaktighet och engagemang så att vi gemensamt kan nå våra mål!

KM

**KJESSLER & MANNERSTRÅLE AB**

INGENJÖRER ARKITEKTER EKONOMER

Barks väg 11, Bergshamra, Solna, Box 7124, 171 07 Solna
Telefon 08-55 30 00. Telefax 08-85 22 82

Världens mest värdefulla sten är inte diamanten. Inte heller safiren, smaragden eller opalen. Mest värdefull måste den sten vara som ger liv, arbete, utveckling, välstånd.

Stenen det handlar om är järnmalmstenen. Av järn och stål gör människan broar, järnvägar, hamnar, båtar, bilar, flygplan, hus — men också spik, häftstift och gem. Stål är oslagbart. Ta bort stålet och världen kollapsar. I hundra år har Norrbottens folk utvecklat och förädlat de produkter en av världens rikaste järnmalmsfyndigheter ger.

Tekniken är idag så hög att LKAB, trots att malmen ligger långt under jord, framgångsrikt kan konkurrera med vilka dagbrott som helst.

Förädlingskunnandet skapar världsledande produkter, skräddarsydda att passa varje enskilt stålverks jakt på så hög kvalitet som möjligt till så låg kostnad som möjligt.

Idag är LKAB:s produkter så eftertraktade att praktiskt taget allt som bryts och förädlas omgående skeppas iväg. Det kräver avancerad timing: rätt kvalitet till rätt kund i rätt tid.

## VÄRLDENS MEST VÄRDEFULLA STEN.




LKAB

# VARJE TIMME!
# DYGNET RUNT!
# ÅRET OM!
# HELA LIVET!




# PAPPER, PAPPER,
# PAPPER, PAPPER.

**MoDo**

# Nitro Nobel –125 år

## i bergsprängningens tjänst!



*Bergsprängaren – en symbol för världsberömd svensk utveckling och teknik inom området civil bergsprängning*

Från Nitro Nobel kommer idag inte bara sprängämnen utan också kunnande och erfarenhet – ända fram till borrhålet.

### •Sprängmedel

Vårt sprängämnesprogram är bredare än någonsin och omfattar allt från nitroglycerinsprängämnen till ANFO, vattengel- och emulsionssprängämnen. På tändmedelssidan märks det välkända icke-elektriska tändsystemet Nonel® Utvecklingen går vidare mot allt större precision och tillförlitlighet.

### •Sprängservice

Nitro Nobels sprängtekniker finns alltid till hands – för enkel rådgivning, avancerade laddningsberäkningar och praktiskt sprängningsarbete.

### •Utbildning

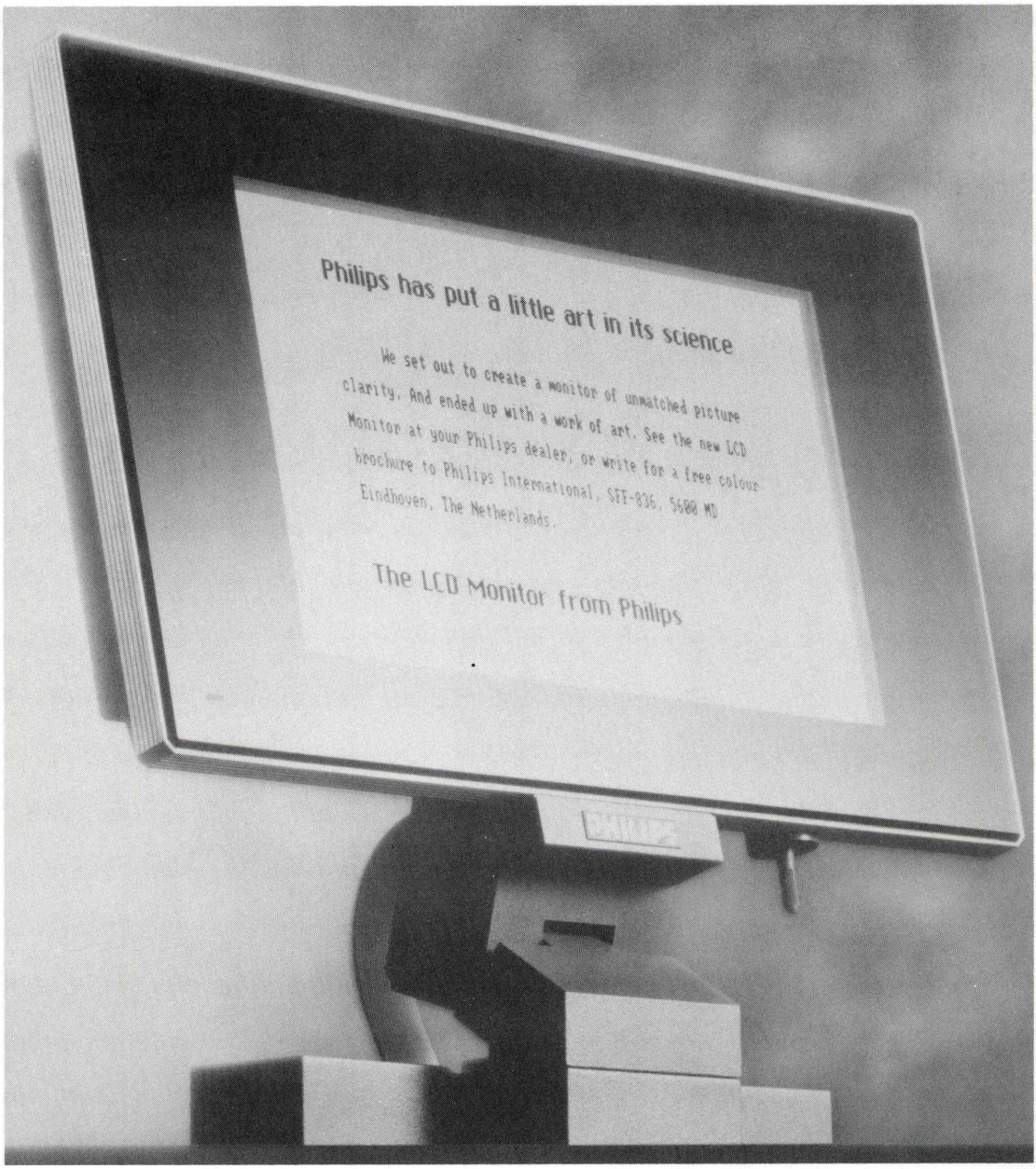
I Gyttorp, som genom åren blivit centrum för sprängämnesteknologi och bergsprängningsteknik, förmedlas kunskaperna vidare i kurser på alla nivåer.

### =det kompletta sprängämnesföretaget!

Nitro Nobel

125 ÅR 1864-1989

Gyttorp, 713 82 Nora, tel 0587-850 00




# Framtidens bildskärmsteknik: LCD-monitorn

PHILIPS LCD-MONITOR är sensationell i tre avseenden. Den har design, elegans och funktionalitet av tidigare aldrig skådat slag. Den tar jämfört med en vanlig bildskärm bara bråkdelen av utrymmet på skriv- eller terminalbordet. Och den ger en bild med klarhet och skärpa likt papper med tryck på. Vit bakgrund med "backlight" ger samma perfekta läslighet oavsett om det är ljust eller mörkt i rummet.

Skärmen är ställbar på alla leder och fingertoppslätt att vinkla. Bildytan är 10", 211 x 132 mm, 640 punkter x 400 linjer. Glaset är ljusblått, antireflexbehandlat. LCD-teknologin är double super twisted nematic DSTN. Den eleganta ledade foten är antracitsvart. Monitorn väger bara 3,3 kg. Och den alstrar varken ljud eller värme.

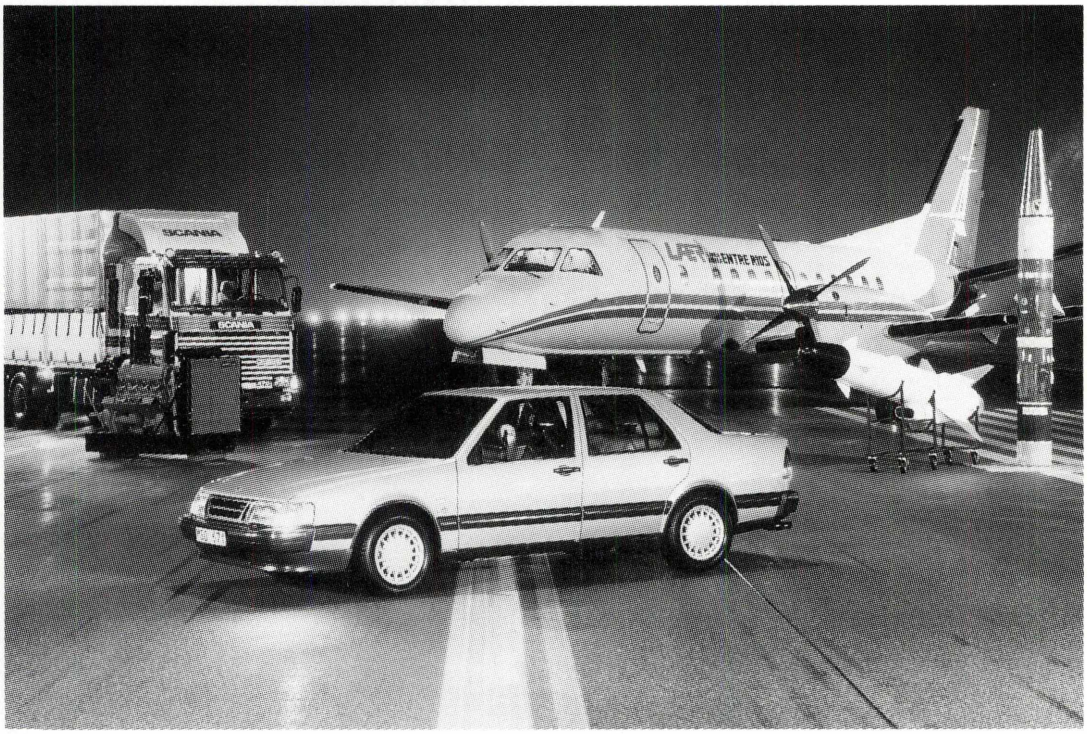
LCD-monitorn är PC-kompatibel: MDA+CGA alternativt CGA+EGA, med 7 respektive 8 valörers gråskala.

Eftersom den innehåller så få komponenter jämfört med en vanlig bildskärm är servicebehovet minimalt och livslängden maximal.

LCD-monitorn måste ses. Tag kontakt någon av Philips auktoriserade återförsäljare.

PHILIPS

# Den samlade styrkan.




Saab-Scania utvecklar, tillverkar och marknadsför högteknologiska produkter som personbilar, lastbilar och bussar, civila och militära flygplan, robotar, satelliter och andra produkter inom rymdteknikområdet.

Saab-Scania har ett unikt kunnande och en unik bredd. Men för att behålla vår position som ett av världens ledande företag inom specialiserad transportteknologi behöver vi ständigt kunniga och engagerade medarbetare, inte minst tekniker. Utvecklingsmöjligheterna för både gymnasie- och civilingenjörer är därför stora inom Saab-Scania-gruppen. Vi behöver de bästa krafterna och vi ställer höga krav, men i gengäld kan vi erbjuda stimulerande och utvecklande arbeten med stora mått av frihet och ansvar i ett av Sveriges tekniktätaste företag.

Det är på yrkesskickliga och engagerade medarbetare vi bygger vår framtid.

SAAB-SCANIA
Leaders in specialized transport technology.

# VI RIKTAR VÅRA SPJUTSPETSAR MOT SLUTANVÄNDARNA.

Dagens SCA är inte längre ett traditionellt skogsbolag. Vi är ett kunskapsföretag som utvecklar vedfiberns oändliga möjligheter för konsumenten.

Dagens SCA tillverkar inte längre bara massa och papper. Vi integrerar i alla produktleden fram till slutanvändaren.

Marknaden ropar efter fler och ännu bättre produkter. Fyra områden – sjukvård och hygien, distribution och information – växer kraftigt och vi med dem.

Dessa marknader bearbetas via tre affärsgrupper. De är våra spjutspetsar in i 90-talet:
Hygien – Mölnlycke, Förpackningar och Grafiska Papper.
Våra förnyelsebara råvarutillgångar förvaltar och utvecklar vi i affärsgrupperna Skog och Trä samt Energi – Båkab Energi.



SCA

Svenska Cellulosa Aktiebolaget SCA
851 88 Sundsvall




Slakthusplan 4, Johanneshov

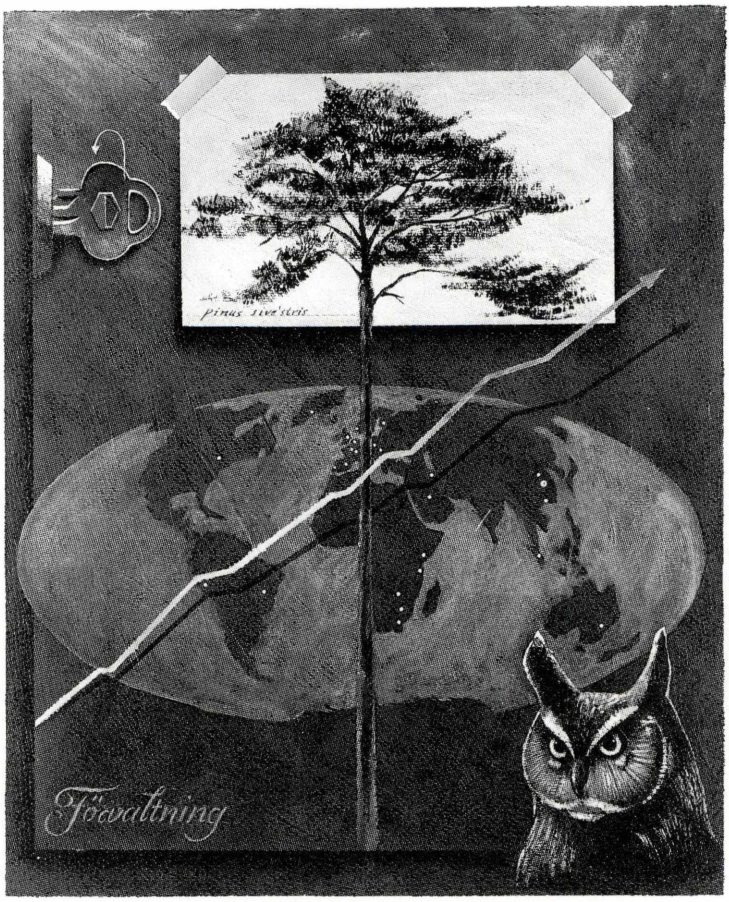
Välkommen på besök.

Ring Scan 725 80 00

för visningstider.

Scan

ANTONI ADVERTISING GBG




# En annorlunda bild av Sveriges främsta byggföretag.

Visste du att Skanska är så mycket mer än en byggare ?

Vi är en av landets största fastighetsägare. Vi äger en betydande del av den svenska skogen, framför allt i södra Sverige. Vi är en av landets största aktieägare, med stora aktieposter i några av Sveriges mest framstående industrikoncerner. Vi är ett dynamiskt kunskapsföretag. Inom koncernen finns ett stort antal akademiska kompetensområden. Skanska Akademien, om du så vill. Och vi är dessutom ett av Sveriges mest internationella företag. Att tillföra viktiga utlandsprojekt svenskt kunnande på toppnivå är en av våra största drivkrafter.

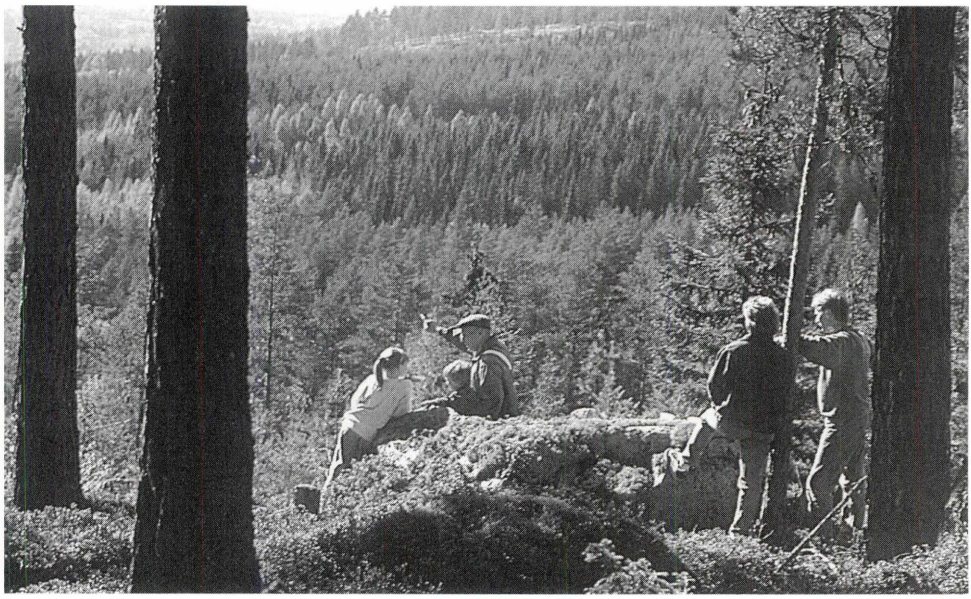
Ett byggföretag ? Javisst. Och så mycket mer därtill.

SKANSKA

Du hittar ditt närmaste Skanskakontor i telefonkatalogen.

# VI PLANTERAR, VÅRA BARN VÅRDAR OCH DERAS BARN SKÖRDAR.

# DET ÄR SKOGENS VILLKOR.



Sveriges skogar är odlingar, precis som böndernas åkrar.

Och tur är väl det.

För det var mycket sämre ställt när Sverige mest bestod av vildmark. Då begicks det verkliga våldtäkter på skogen. Hela landsändar var kalhuggna.

För 100 år sedan sade kloka människor stopp; i stället blev vi världsmästare på planerat skogsbruk.

Idag odlar vi skogen.

Vår generation planterar 600 miljoner (jo, det är faktiskt sant) nya träd om året i genomsnitt.

Våra barn kommer att vårda, gallra och sköta dem.

Och deras barn i sin tur skördar om 80 eller 90 år.

Sådana är skogens villkor.

Och under tiden har vi lärt oss mer och mer om hur vi skall kunna dra nytta av Sveriges största rikedom och samtidigt ta nödvändig hänsyn till miljön.

**Skogsindustrierna**

HÄWI RSCG

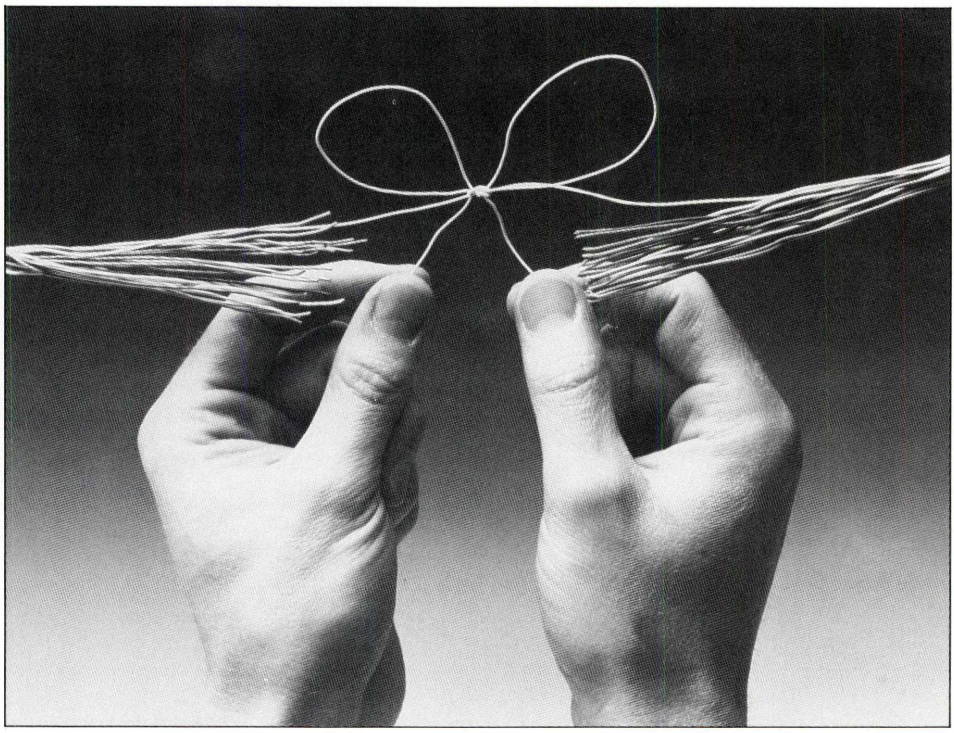
OM DU VILL VETA MER OM VAR DEN SVENSKA SKOGSINDUSTRIN STÅR IDAG, RING ELLER SKRIV TILL OSS. ADRESSEN ÄR BOX 26210, 100 41 STOCKHOLM. TELEFON 08-789 28 00.

**Svenskt stål**
**av igår**
**på Tekniska Museet**
**i dag.**

**Svenskt stål**
**av idag**
**på marknaden**
**imorgon.**



SVENSKT STÅL



# Sveriges mest avancerade tekniska system.

Varje svensk använder sig av det i genomsnitt 42 minuter om dagen.

Det består av 40 miljoner kilometer koaxial- och optokablar, radiolänkar och satelliter som förbinds med 6 700 telefonstationer.

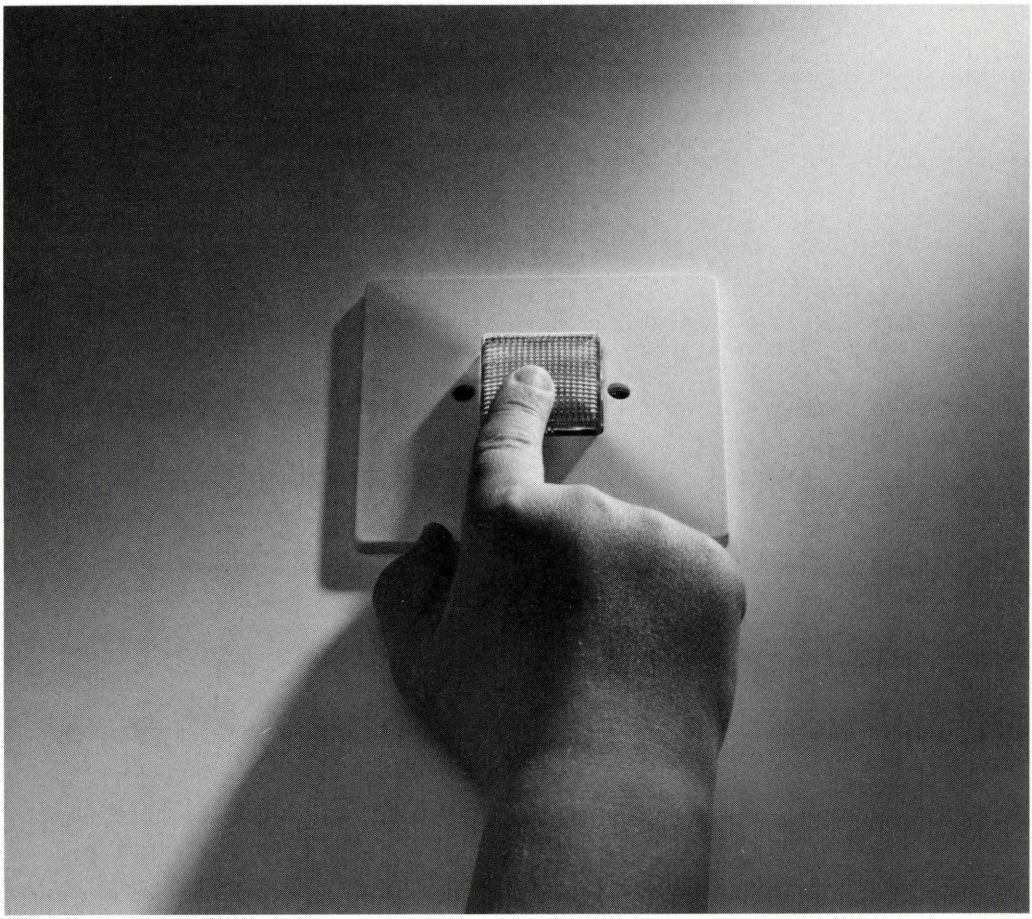
Vi talar om det svenska telenätet som förmedlar 20 miljoner samtal per dag.

Under 80-talet investerade Televerket 62 miljarder kronor av vilka 55 miljarder gick till uppbyggnad och modernisering av telenätet.

Och vi bygger vidare. Investeringsnivån ligger nu på ca 5 miljarder per år. Före år 2000 kommer hela nätet att vara moderniserat med AXE-teknik som bl a ger tillgång till Plus-tjänsterna medflyttning, återuppringning, väckning.

Televerket

Framtidens teknik för vanliga människor



Hälften av all el som behövs i Sverige för ljus, kraft och värme kommer från Vattenfall. Det är vår roll som energitjänstföretag att leverera energin när det passar dig – hemma, på jobbet eller ute i samhället. Vi arbetar även med naturgas, biobränsle, fjärrvärme m m.

Utvinning och överföring av energi medför ingrepp i naturen, det är ofrånkomligt. Vattenfalls ambition är att påverkan ska vara så liten som möjligt i alla led. Det gäller också användning av energi. Där har vi alla ett gemensamt ansvar!

**Vattenfall**
energitjänstföretaget




# Volvokoncernen

Volvos affärsområden är personbilar, bussar, marin- och industrimotorer samt flyg- och rymdteknologi. Vi verkar också inom livsmedel och finans.

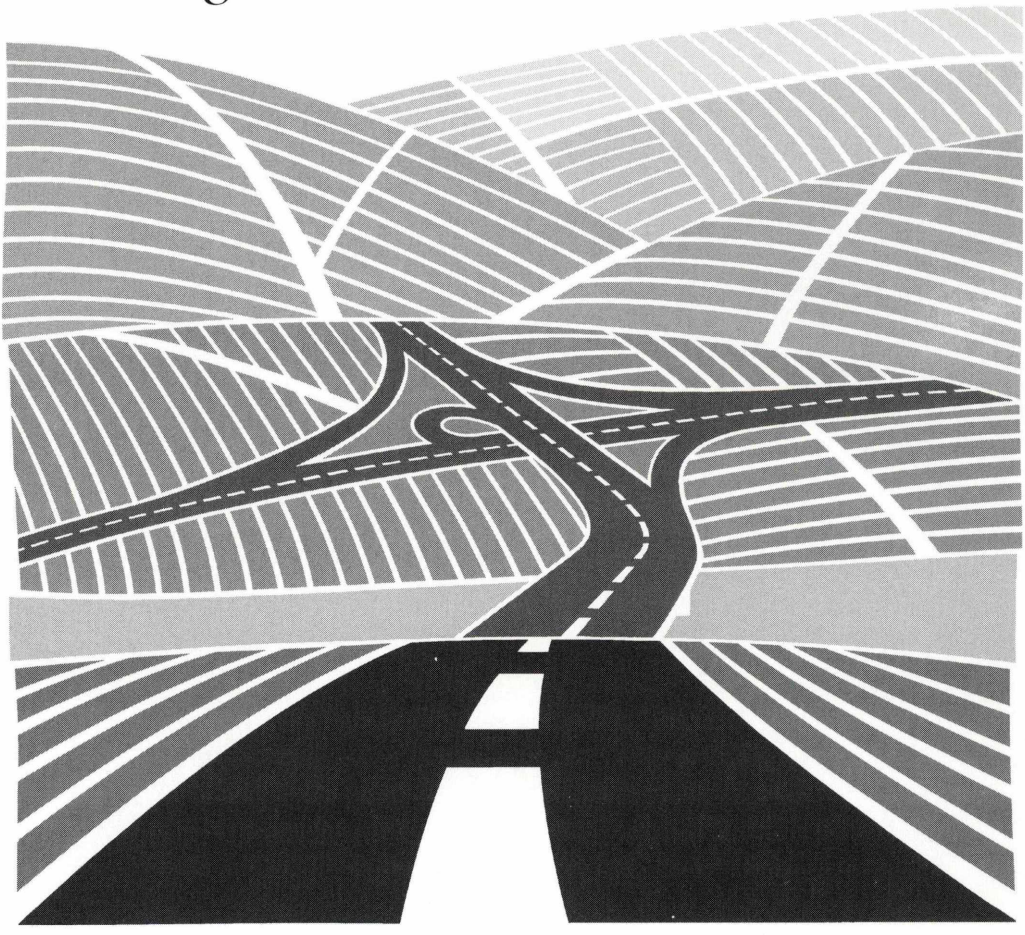
Volvo är en betydande internationell koncern med en stark förankring i Europa och Nordamerika. Detta har uppnåtts genom kvalitet, säkerhet, hög etik samt omtanke om människa och miljö.

Omsättning: 91 miljarder SEK
Vinst: 7.011 miljarder SEK
Antal anställda: 79 000

**VOLVO**

# VÄGVERKET 150 ÅR

## Jubileumsmässa med seminarier
## 17~21 september 1991
## Borlänge



ÅR 1991 FYLLER VÄGVERKET 150 ÅR.

En stor nordisk Jubileumsmässa, Väg & Trafik 91, med utställningar och seminarier arrangeras. Här presenteras nya tekniker, produkter och tjänster bl.a projektering, beläggning, vintervägh̊llning, miljö, trafiksäkerhet och finansiering.

*För information:*

Dalamässan, Elisabeth Eronn
Tel. 0243-480 00 eller
Vägverket, Christine Johansson
Tel. 0243-750 00.

TEKNISKA MUSEET

ISBN 91-7616-028-9