AKADEMIET FOR
DE TEKNISKE VIDENSKABER

BERETNING
NR. 26—2

TRAKTIONSUDVALGETS BETÆNKNING 1956

2. DEL

With an English Summary

DAMP-, DIESEL-, ELDRIFT VED DANSKE STATSBANER

AKADEMIET FOR
DE TEKNISKE VIDENSKABER

BERETNING
NR. 26—2

TRAKTIONSUDVALGETS BETÆNKNING 1956

Tekniske, økonomiske og
samfundsmæssige undersøgelser vedrørende overgangen til
nye trækkraftformer ved Danske Statsbaner

2. DEL

KONSULENTERNES RAPPORTER

DANSK STATSBANEELEKTRIFIERING

En sammanställning av tekniska och ekonomiska synpunkter på elektrifieringen av huvudbanorna på Själland.

AV

TH. THELANDER

TH. THELANDER
Civ.ing. L.I.V.A.
Regeringsråd
Stockholm

Till Akademiet for de tekniske Videnskaber,
Traktionsudvalget
København.

När undertecknad för tre år sedan hade äran att av Traktionsudvalget mottaga uppdraget att verkställa en utredning av förutsättningarna för elektrisk drift på Själlands huvudbanor, syntes det mig som skulle uppdraget bliva kortvarigt. Jag räknade nämligen med att snabbt kunna lämna en redogörelse för erfarenheter, samlade på den elektriska bandriftens område, och att med måttlig tidsuppoffring kunna reproducera dem på danska förhållanden. Så gick det emellertid icke.

Omedelbart efter det att utredningens första kapitel hade presenterats, vidtog en livlig diskussion och uttalades av Udvalget önskemål om kompletterande uppgifter av allehanda slag. Detta förlopp har sedan upprepats. Varje framlagt utredningsavsnitt har givit upphov till tankeutbyte och vidgade undersökningar. Arbetet har härigenom blivit mera omfångsrikt och tidskrävande än ursprungligen beräknats.

Det var min avsikt att redovisa utredningsarbetets resultat i fyra kapitel, omfattande kraftförsörjningen, ledningsanläggningarna, dragkraften och ekonomien. Av dessa kapitel ha de tre första blivit utarbetade och efterbehandlade på ovan angivet sätt. Till dem höra därför numera både ett stort antal bilagor och en omfattande korrespondens. Om det fjärde kapitlet skulle skrivas, måste detta kompletteringsmaterial först sammanföras och bearbetas. Härutöver skulle påfordras viss justering av de redan skrivna kapitlen, enär förskjutningar inträtt i de förutsättningar, på vilka de grundats.

Det har under sådana omständigheter synts mig enklare att göra ett sammandrag, omfattande allt väsentligt material, som hittills blivit framlagt, att därvid införa erforderliga justeringar samt att på den sålunda åstadkomna grundvalen bygga den ekonomiska redogörelse, som hittills saknats. Den skrift, som härmed framlägges, är resultatet av ett sådant arbete.

En utredning av här ifrågavarande art blir med naturnödvändighet beroende av ingående undersökningar av mångskiftande slag. Arbetet har på grund härav genomförts i samverkan med ett flertal med elektrisk järnvägsdrift väl förtrogna personer. Här må nämnas överingenjören Å. Karsberg, byrådirektörerna R. Edenius, S. Nyblin och S. Svensson, civilingenjören G. Furucrona samt arbetscheferna T. Hedström och O. Rydberg, vilka alla lämnat för arbetets genomförande värdefulla bidrag. Till chefen för Sveriges Riksbank M. Lemne och kamreraren i Skandinavbankens direktion B. Senneby står jag i tacksamhetsskuld för bistånd i samband med kostnadsöverflyttningar ifrån svensk till dansk marknad.

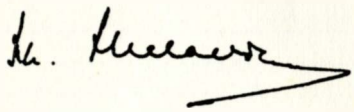
Ett samarbete kan sällan avgränsas. I här förevarande fall har detta varit omöjligt. Bakom den ene står den andre i en kedja, med stor räckvidd i både tid och rum. I detta vidgade sammanhang kan jag icke underlåta att nämna Mr. J. P. Morris, en av de ledande männen för den mäktiga dieseldriften vid Atchison Topeka & Santa Fee R R, vilken personligen givit mig del av erfarenheter av största betydelse för bedömningen av denna driftform, samt förre överrevisorn för Sveriges Statsbanor bankdirektören G. Lagercrantz, som haft vänligheten att tillställa mig kompletteringsmaterial av liknande art, insamlat under en av honom på senare tid företagen studieresa i USA.

Förteckningen över personer, som sig själva ovetande befrämjat denna utredning och skapat förutsättningar för dess tillblivelse, skulle kunna göras lång. Jag tillägger likväl endast ett namn, namnet på min företrädare i järnvägsstyrelsen, I. Öfverholm. Under åren 1908—39, då han utövade ledningen för styrelsens elektrotekniska byrå, besegrades, främst tack vare hans övertygelse och viljekraft, svårigheterna i den svenska statsbaneelektrifieringens inledningsskede och uppnåddes resultat av fundamental betydelse, utvisande att elek-

trodrift, rationellt utnyttjad, medför en omvälvning på trafikområdet med djupgående och vidsträckta verkningar. Den fortsatta utvecklingen har bekräftat detta.

I medvetande härom var det mig en stor glädje att mottaga det utredningsuppdrag, som av Traktionsudvalget blivit mig anförtrott. I det att jag uttalar ett vördsamt tack för det förtroende, som visats mig, tackar jag även alla dem, nämnda och onämnda, som varit mig behjälpliga att föra arbetet igenom. Det är min förhoppning, att resultatet skall befrämja det danska järnvägsväsendets lyckliga utveckling och bli till gagn både för Danmark och den internationella gemenskapen.

Stockholm den 15 december 1954.



INNEHÅLLSFÖRTECKNING

BILDFÖRTECKNING

I

INLEDNING

I följande redogörelse återgivas i koncentrerad form resultat, framkomna genom verkställda, förut redovisade detaljundersökningar, och fogas till dem uppgifter, ägnade att ge en vidgad utblick över förutsättningarna för en elektrifiering av huvudbanorna på Själland. Tidigare framlagda sifferuppgifter underkastas dessutom viss justering, påkallad av senare gjorda rön och inträdda förändringar i förutsättningarna.

Inledningsvis må här bringas i erinran, att den ifrågavarande elektrifieringen förutsatts skola omfatta de på vidstående karta (fig. 1) markerade bandelarna, nämligen

Köpenhamn—Korsör,
Ringsted—Gedser,
Roskilde—Köge—Næstved,
Roskilde—Holbæk—Kalundborg,
Köpenhamn—Hilleröd samt event.
Hellerup—Helsingör.

Den sammanlagda längden av dessa bandelar utgör 439 km. Bandelarna tillhörande spår ha till en sammanlagd längd av 977 km antagits skola ingå i elektrifieringsplanen.

Den trafik, som tänkts skola överföras i elektrodrift, har enligt givna förutsättningar antagits vara identisk med den på de ifrågavarande linjerna år 1951 avvecklade trafiken, dock att den del därav, som då hänförde sig till lyntågen, lämnats ur räkningen, enär lyntågen ansetts böra förbli t. v. opåverkade av eventuella driftomläggningar.

I enlighet härmed har den i förevarande sammanhang aktuella trafikvolymen antagits uppgå till $2311 \cdot 10^6$ bruttotonkm och $8{,}075 \cdot 10^6$ tågkm per år. Trafikintensiteten har sålunda antagits utgöra 5,3 milj. bruttotonkm per bankm och år. Av den angivna tågrörelsen ha $5{,}375 \cdot 10^6$ tågkm hänförts till av lok framförda tåg, återstoden eller $2{,}7 \cdot 10^6$ tågkm till motorvagnståg.

En banelektrifierings lönsamhet växer med trafikintensiteten. När denna uppgår till eller överstiger 0,5 milj. bruttotonkm per bankm och år, brukar det, enligt svensk erfarenhet, visa sig ekonomiskt fördelaktigt att införa elektrodrift.

I förevarande fall är trafikintensiteten tio gånger större än det nämnda gränsvärdet. Även om förutsättningarna för banelektrifiering icke äro lika gynnsamma i Danmark som i Sverige, är det därför troligt, att en elektrifiering av huvudbanorna på Själland skulle ge gott utbyte. Om och i vad mån denna förmodan äger berättigande, skall här närmare klarläggas.

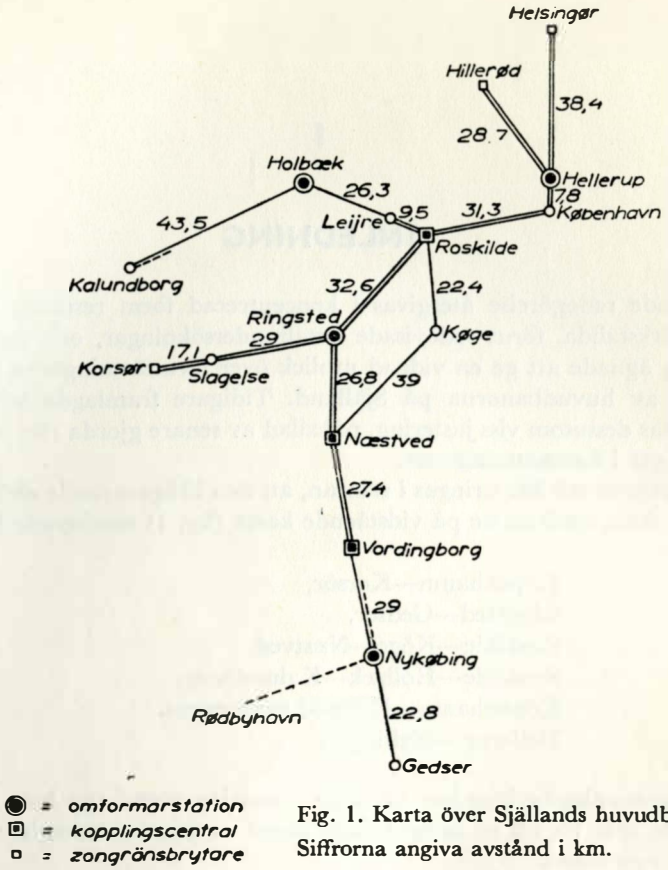


Fig. 1. Karta över Själlands huvudbanor. Siffrorna angiva avstånd i km.

Den elektriska driftformen bedömes säkrast och bäst, om den jämföres med andra driftformer. Det är härvid naturligt att anknyta jämförelsen till den bestående ångdriften. En alternativ dieseldrift bör emellertid även komma med i bilden. Detta åstadkommes här på det sätt, att såväl elektro- som dieseldriften ställes i relation till ångdriften. Mot bakgrunden av rådande förhållanden bliva då de båda förstnämnda driftformerna indirekt jämförda med varandra.

Metodiken rättas i övrigt efter riktlinjer, framlagda i undertecknads, i samband med utredningen tillkomna skrift, »Die Eisenbahnelektrifizierung in ihren technischen und wirtschaftlichen Grundzügen«, i det följande åberopad under beteckningen »E.G.« Detta betyder i korthet, att elektro- och dieseldriftens värde bedömes med ledning av förhållandet mellan, å ena sidan de fördelar och besparingar, å andra sidan den *ökade* kapitalinvestering, som en driftomläggning för med sig.

Eftersom järnvägsdriftens möjligheter närmast bero av lokomotivens prestationsförmåga, inledes redogörelsen med en erinran om resultat, som i traktionsavseende kunna påräknas med ång-, diesel- och elektrolok.

II

DRAGKRAFTEN

I. Prestationer.

Den bestående ångdriften på Själlands huvudbanor upprätthålles med ett stort antal loktyper, bland vilka snälltågsmaskinerna litt E tilldraga sig särskild uppmärksamhet. De torde nämligen vara goda representanter för den mest effektiva delen av lokbeståndet och ha en dragkraft, praktiskt taget identisk med den, som kännetecknar de diesellokomotiv, varmed ångloken, enligt förutsättningar, angivna av Traktionsudvalget, alternativt tänkts skola ersättas. Med dragkraft förstås då kraftutvecklingen vid drivhjulen, icke i dragkroken, där prestationerna för de omtalade ång- och dieselloken förete vissa skiljaktigheter. Ångloket, med en egenvikt, inkl. tender, av 130 ton, måste nämligen offra en större del av egna kraftresurser på att föra fram sig självt, än dieselloket, vars egenvikt stannar vid 108 ton.

Till följd av stor vikt per hästkraft och obetydlig överbelastningsförmåga kunna ång- och diesellok icke mäta sig med elektrolok. I det ovannämnda dieselloket, vars vikt uppgår till 108 ton, har förbränningsmotorn en effekt av maximalt ca 1500 hkr, varemot svarar en vid drivhjulen utvecklad effekt av ca 1250 hkr. Ånglokets avgivna effekt är av samma storleksordning. Elektroloket utvecklar däremot, trots en vikt av endast 75 à 80 ton, normalt 2500, vid överbelastning ca 3500 hkr eller t.o.m. mera, om ett större drivaxeltryck än det här förutsatta, 18 ton, skulle tillämpas (jfr fig. 2). Den klasskillnad, varåt dessa tal ge uttryck, låter sig icke utjämnas. Den bottnar nämligen i de nämnda driftformernas egenart. I effektivitetshänseende är därför steget ifrån ång- eller dieseldrift till elektrodrift alltid mycket stort, om disponibla möjligheter utnyttjas.

Detta förhållande åskådliggöres i nedanstående figurer 3, 4 och 5, i vilka återgivits några diagram, gällande för lok av ovannämnda vikter och hästkrafttal. Diagrammen vila på förutsättningen, att dieselloket utrustas med tvenne treaxliga boggier, vardera med två drivaxlar, ångloket liksom elektroloket med tre kopplade drivaxlar. För samtliga lok har, såsom ovan nämnts, förutsatts ett drivaxeltryck av 18 ton, väl att märka med en så försiktig utnyttjning av den disponibla adhesionsvikten, att sandning i regel icke skall behöva ifrågakomma.

I det första diagrammet, fig. 3, visas ett startförlopp på horisontell bana genomfört dels med elektroloket, dels med dieselloket. Båda loken ha antagits

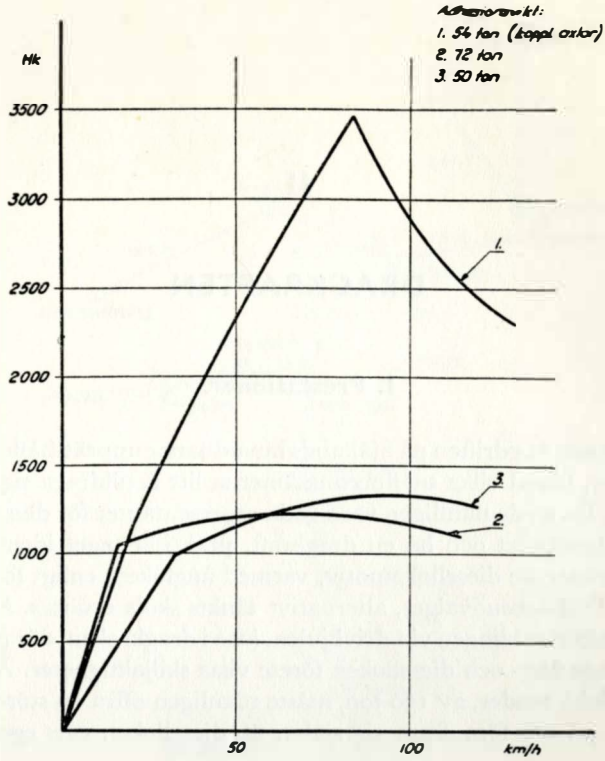


Fig. 2. Vid drivhjulen avgiven effekt för: 1. Elektrolok, timeffekt 2.500 hkr. 2. Dieselelektriskt lok, dieseleffekt 1,500 hkr. 3 Ånglok, DSB litt. E.

framföra en vagnvikt av 450 ton. Under startperiodens första halvminut växer hastigheten något snabbare för det dieseldrivna än för det elektrodrivna tåget. Så länge hastigheten är låg, kan nämligen dieselloket med sina fyra drivaxlar utveckla större dragkraft än elektroloket med sina tre. Skillnaden är dock obetydlig, enär kopplade axlar äro mera effektiva än direktdrivna (se nedan). Vid växande hastighet gör sig elektrolokets större effekt mer och mer gällande. Redan efter en minut släpar det dieseldrivna tåget avsevärt efter. Dess hastighet är då endast 40 km/h, medan det elektrodrivnas överskrider 50 km/h. Sedan tilltager det sistnämnda tågets försprång. Efter två minuter noteras hastigheterna 60 resp. 85 km/h, efter tre minuter 70 resp. 105 km/h. Om den medgivna maximihastigheten är 120 km/h, uppnår det elektrodrivna tåget denna hastighetsgräns efter ca 4 minuter, medan det dieseldrivna tåget långsamt nalkas, men aldrig nämnvärt överskrider en hastighet av 100 km/h. Med den angivna vagnvikten är det alltså omöjligt att i dieseldrift utnyttja den medgivna maximihastigheten.

Resultatet bleve tillnärmelsevis detsamma i ångdrift, ehuru ångloket är i vissa avseenden särpräglat. Å ena sidan medför dess varierande drivmoment en ökad slirningsbenägenhet och en försämrad utnyttjning av adhesionsvikten, å andra sidan tillåter pannans ångackumulatorverkan, att ånggenereringen och

effekten efter stillestånds- och lågbelastningsperioder kortvarigt ökas över den gräns, som kontinuerligt kan innehållas. Dessa omständigheter ha blivit beaktade i de utredningar, varpå denna redogörelse vilar.

I figurerna 4 och 5 åskådliggöres stigningars inverkan på den hastighet, som i fortvarighetstillstånd kan uppnås med tåg, framförda av ifrågavarande ång-, diesel- och elektrolok. Ur figurerna kan t. ex. utläsas, att hastigheten vid en vagnvikt av 600 ton i 5‰ stigning stannar vid ca 60 km/h för de ång- och

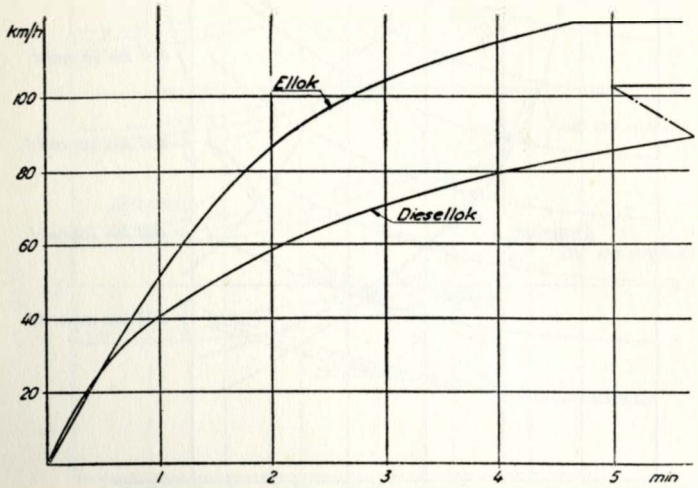


Fig. 3. Jämförelsen av startförlopp på horisontell bana vid igångsättning av tåg med 450 ton vagnvikt i elektro- och dieseldrift.

dieseldrivna tågen, vid ca 100 km/h för de elektrodrivna. Ökas stigningen till 10‰, sjunker hastigheten till ca 40 resp. 80 km/h. I detta exempel uppvisar elektrodriften sålunda en transportkapacitet, som med 67 resp. 100% överstiger ång- och dieseldriftens.

Vänder man på resonemanget och uppställer frågan, hur vagnvikten påverkas av driftarten, om — oberoende av denna — samma hastighetskrav skola tillgodoses i stigningar, finner man t. ex., att ång- och dieselloken i 5 resp. 10‰ stigning kunna framföra en vagnvikt av 400 ton med en balanserad hastighet av omkring 75 resp. 50 km/h, medan vagnvikten vid samma hastigheter kan uppgå till 1100 resp. 900 ton för elektroloket. Det sistnämnda uppvisar alltså även i detta fall en avsevärd överkapacitet i förhållande till de andra loken.

Av de anförda exemplen framgår, att elektrodriftens övertag över ång- och dieseldriften växer allteftersom anspråken på transportprestationerna skärpas. Ju snabbare starter, som påfordras, ju högre hastigheter, som skola hållas, ju brantare stigningar, som skola övervinnas, ju tyngre tåg, som skola framdragas, desto större bli de genom övergang från ång- eller dieseldrift till elektrodrift uppnåeliga fördelarna. Elektrodriften är därför särskilt väl ägnad att höja järnvägarnas konkurrenskraft och att bringa deras utveckling i samklang med det allmänna tekniska framåtskridåndet.

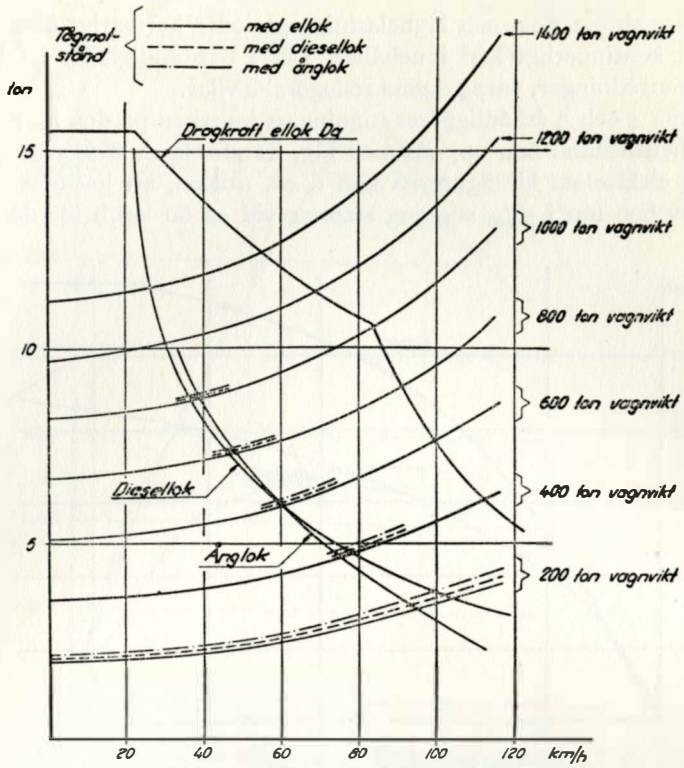


Fig. 4. Tågmotstand i 5‰ stigning samt dragkraftkurvor för ång-, diesel- och elektrolok av ifrågasatt utförande.

Det är påtagligt, att en elektrodrift, baserad på lokomotiv av omtalad kapacitet, skapar förutsättningar för en så avsevärd standardhöjning i förhållande både till den på Själland nu förekommande ångdriften och till den alternativt påtänkta dieseldriften, att det skulle kunna synas berättigat att, i en första etapp, införa mindra kraftiga, i anskaffning billigare elektrolok åtminstone för den större delen av person- och godstrafiken. Vinsten av en sådan åtgärd bleve emellertid obetydlig i jämförelse med de olägenheter, vartill den skulle leda.

Elektrolok, utrustade med riklig effekt, låta sig så utformas, att de med fördel kunna användas både i tunga godståg och i snabba personförande tåg. På sådana maskiner kan därför grundas en långtgående standardisering av lokbeståndet. Härav följer, att loken bli lätta att inpassa i tågplanen, att reservhållningen förenklas, att antalet behövliga lok begränsas till ett minimum samt att förutsättningar skapas såväl för rationellt underhåll som för en på serietillverkning grundad, ekonomisk lokproduktion. Sammantagna representera dessa fördelar ett värde, väl värt att tillvarataga.

Vid rikligt tillmätt effekt kommer den ansträngning, för vilken loken bli utsatta, ofta att understiga deras prestationsförmåga. Slitaget, underhållskostnaderna och livslängden påverkas gynnsamt härav. Lokmaskineriets verkningsgrad blir däremot något lägre vid en låg medelbelastning än vid en hög. Från

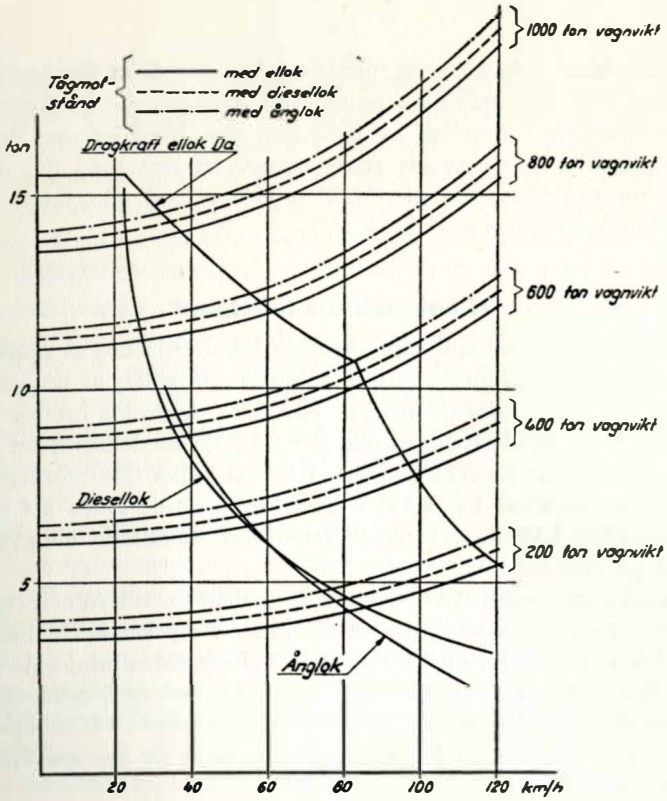


Fig. 5. Tåg modstånd i 10‰ stigning samt dragkraftkurvor för ång-, diesel- och elektrolok av ifrågasatt utförande.

denna olägenhet kan man emellertid, såsom av det följande framgår, helt bortse.

I den flacka terrängen på Själland med stigningar, för banorna i regel icke överstigande 5‰, skulle en elektrifiering icke medföra så stora fördelar som de, vilka vunnits genom elektrodrift i Sverige, i vars sydliga och mellersta resp. nordliga delar stigningar om 10 resp. 17‰ äro rikligen förekommande. En rationellt utnyttjad elektrodrift skulle likväl på Själland tillåta såväl en avsevärd avkortning av gångtiderna som en värdefull höjning av medelvagnvikten i tågen. Utvidgades den danska banelektrifieringen i ett senare skede till att omfatta också huvudbanorna på Jylland, där stigningarna äro längre och brantare, skulle än större vinster vara att påräkna.

En genomförd analys har visat, att snälltågen mellan Köpenhamn och Korsör i elektrodrift, baserad på ovan omtalade lok, skulle, utan stegring av maximihastigheten, kunna framföras på 20—30% kortare tid än den, som nu gäller för ångdriften. För tunga godståg, liksom för tåg, som nu framföras av ånglok, svagare än litt E, bleve den uppnåeliga tidsvinsten större. Man vet därför, att besparingen i gångtid för den samlade tågrörelsen på Själlands huvudbanor genom övergång ifrån ång- till elektrodrift icke skulle under- men väl överstiga 20%, förutsatt att elektrodriften bleve rationellt utnyttjad.

I dieseldrift bleve tidsvinsterna mindre. Icke obetydliga förbättringar skulle likväl uppstå, om den befintliga heterogena ånglokparken utbyttes emot en homogen uppsättning diesellok av ifrågasatt typ. Med ledning dels av verkställd undersökning, dels av ett resonemang, analogt med det ovan förda, synes det berättigat att för dieseldriften räkna med gångtider, i medeltal understigande ångdriftens med 10 à 15%.

2. Lokpark för linjetjänst.

De för Själlands huvudbanor nu gällande lokturerna äro så uppbyggda, att den tid, varunder de i tjänst varande ångloken stå stilla, är ungefärligen lika lång som den tid, varunder de äro i rörelse. Om elektrolok insattes i en sådan turfördelningsplan, skulle tydligen den genom höjd medelhastighet inträdande tidsvinsten komma att inverka endast på lokens halva tjänstgöringstid. Härav följer, att emot en vinst i gångtid av 20—30% skulle svara ett med endast 10—15% minskat lokbehov. I verkligheten vore emellertid ett gynnsammare resultat att påräkna.

Den tid, varunder elektrolok måste tagas ur drift för tillsyn och reparationer, är i jämförelse med motsvarande tid för ånglok mycket kort. Tack vare sin utmärkta driftsäkerhet och uthållighet ställer elektroloket minimala anspråk på aktionsfärdiga maskinreserver. Till följd av sin kapacitiva överlägsenhet skapar det slutligen förutsättningar såväl för optimal reduktion av tågantalet vid oförändrad transportvolym som för optimal expansion av transportvolymen vid oförändrat tågantal.

Varje ansvarsmedveten järnvägsförvaltning, som inför elektrodrift, tillser, att denna driftforms fördelar bliva väl tillvaratagna. Det är därför ställt utom allt tvivel, att en elektrifiering av huvudbanorna på Själland skulle draga med sig bl. a. en sådan omgestaltning av nu gällande tidtabell och lokturplan, att såväl gång- som avställningstiderna för loken bleve avsevärt kortare och behovet av lok betydligt mindre än det för närvarande är.

Inom Traktionsudvalget har det blivit utrett, att en till nuvarande ångtidtabell anknuten elektrodrift skulle kräva sammenlagt 57 elektrolok. Av en annan, i utredningskapitel 3 redovisad undersökning, har framgått, att lokantalet borde kunna nedbringas till 45, även om rationaliseringen icke dreves längre än till att omfatta ett tillvaratagande av den i elektrodrift uppnåeliga höjningen av medelhastigheten. Mot denna, på svensk sida utförda beräkning, har inom Traktionsudvalget rests invändningar av innebörd, att de specifika trafikförhållandena på Själland icke skulle ha blivit tillbörligt beaktade och att lokbehovet till följd härav skulle ha blivit underskattat.

På Själland försvåras en rationell lokutnyttjning av järnvägsnätets i stort sett korsformiga uppbyggnad och av linjernas relativt ringa utsträckning. Härtill kommer, att färjetrafiken lägger besvärande band på tågföringen.

Det inflytande, som dessa och andra egenartade förhållanden utöva på behovet av dragkraft, låter sig icke bedömas utan inlevelse i dansk järnvägsdrift. Den danska kritiken av de svenska beräkningarna har därför ett visst berättigande. Befogade invändningar kunna emellertid också resas emot de danska

kalkylerna. Det har redan påpekats, att deras anknytning till den för ångdrift gällande tågplanen medför en underskattning av elektrodriftens möjligheter. En rättvis värdesättning av dem kan emellertid icke komma till stånd utan inlevelse i verkningarna av en utbredd banelektrifiering, en inlevelse som av naturliga skäl icke förefinnes på dansk sida. Av det nu sagda följer, att det kan vara rådligt att vid en försiktig bedömning av lokbehovet betrakta de svenska och danska kalkylationsresultaten såsom undre och övre gränsvärden.

Den omgestaltning av trafikförhållandena, vartill rationellt utnyttjade banelektrifieringar leda, utövar alltid ett gynnsamt inflytande på järnvägarnas konkurrenskraft och medför i regel tillväxt av det transportarbete, som de ha att utföra. Med tanke härpå är det mera tilltalande att i en förkalkyl räkna med en tämligen rikligt tillmätt än med en efter dagsbehovet avstämd lokpark. Mot detta betraktelsesätt står emellertid ett annat.

Behovet av elektrolok låter sig aldrig exakt bedömas, förrän elektrodrift blivit införd, och följdverkningarna därav fått göra sig fullt gällande. Först efter denna omställningsprocess inträder den nya utvecklingsfas, som bestämmer lokanskaffningen på längre sikt. Med hänsyn härtill är det naturligt att begränsa den första lokbeställningen till att motsvara ett bottenbehov och att senare verkställa den komplettering, vartill utvecklingen kan giva anledning. Metoden är ingalunda ny. Den praktiserades redan på 1920-talet i samband med elektrifieringen Stockholm—Göteborg, vars konsekvenser bedömdes vara svåra att förutse. Ett liknande tillvägagångssätt torde i avseende på huvudbanorna på Själland vara välbetänkt och väl överensstämmande med den förklarliga försiktighet, varmed man synes vilja gå fram.

I enlighet med ovan omtalade kalkylationsresultat skulle bottenbehovet av elektrolok för huvudbanorna på Själland utgöra lägst 45 högst 57 maskiner. Ju större hänsyn man vill taga till en redan under elektrodriftens inledningsskede sannolikt inträdande trafiktillväxt, desto större anledning har man att låta det högre talet bliva vägledande för den första lokbeställningen. Trafikexpansionen är emellertid i här förevarande sammanhang av sekundärt intresse. Vad som närmast åsyftas är nämligen en bedömning av de förändringar i bandriftens tekniska och ekonomiska förutsättningar, som skulle inträda, om en rationellt utnyttjad elektrodrift finge ersätta den existerande ångdriften. Vid bedömningen av det aktuella bottenbehovet tilldrager sig av denna anledning det lägre talet större intresse. Liknande inverkan utövar det förhållandet, att en snävt dimensionerad lokpark är ägnad att frammana den intensiva utnyttjning av dragkraften, vartill elektrodriften bör ge upphov.

De olika, på bedömningen inverkande faktorerna få alltefter omständigheterna växlande tyngd. På grund härav ha de i det följande relaterade kalkylerna baserats på antagandet, att den första beställningen av elektrolok för linjetjänst på Själlands huvudbanor bör omfatta 51 maskiner, d. v. s. ett antal, utgörande medeltalet av ovanstående gränsvärden, samt att senare tilläggsbeställningar skola verkställas, om elektrodriften får de trafikstimulerande verkningar, som man har rätt att vänta. I syfte att den inverkan, som förändringar i lokantalet utöva på övergångstidens ekonomi, skall bliva belyst, har emellertid alternativt

räknats också med en 5 resp. 10% större lokpark eller, avrundat, med 54 resp. 57 maskiner för linjetjänst.

I dieseldrift finge man räkna med ett större lokbehov orsakat av längre gångtider och sannolikt även av längre avställningstider. De sistnämnda kunna visserligen begränsas genom riklig lagerhållning av reservmotorer och andra utbyteseffekter, men kostnaderna härför bliva lätt så höga, att de verka återhållande. På grund härav och i anslutning till det ovan anförda har bottenbehovet av diesellok för linjetjänst på Själlands huvudbanor bedömts uppgå till åtminstone 56 maskiner. Denna bedömning innesluter i sig antagandet, att även i dieselalternativet viss del av lokanskaffningen lämpligen bör skjutas på framtiden. I analogi med vad ovan anförts rörande elektrodriften ha i kalkylerna för dieseldriften införts alternativa siffror gällande en uppsättning linjelok, omfattande 59 resp. 62 maskiner.

Sammanfattningsvis gäller alltså, att de i det följande relaterade beräkningarna baserats på i nedanstående tablå angivna antal lok för linjetjänst.

	Första anskaffning	Efter komplettering	
		I	II
Elektrodrift.....	51	54	57
Dieseldrift.....	56	59	62

Till jämförelse må här nämnas, att för trafiken på Själlands huvudbanor år 1951—52 uppgives ha använts 101 ånglok.

De framkomna utgångspunkterna böra ses emot bakgrunden av vunnen erfarenhet. Denna visar, att ett elektrolok i praktiken brukar kunna uträtta samma transportarbete som 3 à 4 ånglok, men att tidtabellsbyggnaden ofta hindrar, att lokantalet vid övergång ifrån ång- till elektrodrift nedbringas i högre grad än att varje elektrolok ersätter 2 à 3 ånglok. Det ovan angivna bottenbehovet av elektrolok är ur denna synpunkt sett rikligt.

Den svenska driftstatistiken visar, att väl utnyttjade elektrolok årligen bruka tillryggalägga ca 240.000 km, medan medelprestationen, bortsett ifrån den särpräglade malmbanan (Luleå-Riksgränsen), för samtliga för linjetjänst avsedda elektrolok vid Sveriges Statsbanor utgör 135.000 km (år 1952). Även mot bakgrunden av dessa uppgifter vill det synas, som skulle elektroloken på Själland bliva otillbörligt illa utnyttjade. Därstädes skulle nämligen av en maskinpark, omfattande 51 linjelok, under givna förutsättningar endast uttagas i medeltal 105.000 km per lok och år.

Tager man de schweiziska erfarenheterna som likare, blir intrycket detsamma, om än något mindre pregnant. I Schweiz försvåras lokutnyttjningen av korta linjesträckningar och förmodligen även av de många bindande anknytningarna till utländska järnvägar. SBB redovisade år 1953 för samtliga linjelok en prestation av i medeltal 123.350 km per maskin och år.

På Själland, där järnvägsdriften ävenledes har att kämpa med svårigheter, härrörande ur korta linjelängder och besvärande anknytningar, borde en lokutnyttjning, jämngod med den i Schweiz förekommande, vara uppnåelig, allra helst som den danska järnvägsdriften, i motsats till den schweiziska, gynnas av en sällsynt fördelaktig tracé. Det borde därför vara berättigat att räkna med en uttagbar kapacitet, överstigande den ovan angivna med åtminstone (120.000 —105.000) = 15.000 km per maskin och år eller med totalt 15.000 · 51 = 765.000 lokkm per år. Denna reservkapacitet svarar tydligen emot 6 à 7 elektrolok.

Med dessa siffror för ögonen har man svårt att värja sig för tanken, att i kalkylerna insmugit sig en onödigt bred, elektrodriften belastande säkerhetsmarginal, och att bottenbehovet av elektrolok snarare borde ha antagits utgöra 45 än 51 maskiner. Härför talar även den omständigheten, att de på Själland nu använda ångloken uppgivas avverka i medeltal 63.300 km per maskin och år, ett i ångdrift gott medelvärde, som icke brukar uppnås under besvärande driftförhållanden.

Då till grund för den fortsatta framställningen lägges ett till 51 maskiner bestämt bottenbehov av elektrolok, sker detta sålunda i medvetande om att därmed torde vinnas en överkapacitet, vars värde bör bliva föremål för särskilda överväganden.

Här har nu endast avhandlats behovet av elektrolok för linjetjänst. Härutöver skulle vid elektrifiering av huvudbanorna på Själland tillkomma behov av elektriska motorvagnar samt av elektrisk dragkraft för rangering.

En tidigare verkställd bedömning, grundad på förutsättningen, att av det totala årliga transportarbetet, 8,075 milj. tågkm, icke mindre än 2,7 milj. tågkm skulle ombesörjas med elektriska motorvagnar, har visat, att av sådana skulle, inkl. reserver, erfordras 25 st.

Behovet av elektrisk dragkraft för rangering upptages i det följande till behandling i anslutning till dieselalternativet (se sid. 29).

3. Loktyper.

Valet av loktyp bestämmes i stort sett av det traktionsarbete, som skall uträttas.

Det har förut påvisats, att ett linjelok, anpassat för en normal högsta hastighet av 130 km/h och med en timeffekt av 2500 hkr skulle lämpa sig väl som enhetslok i Danmark och att prestationsförmågan hos en sådan maskin skulle, väl utnyttjad, medföra en betydande standardhöjning för järnvägsdriften i förhållande både till den nu bestående ångdriften och till den alternativt planerade dieseldriften. Det förefaller därför som borde pretentionerna icke sättas högre, åtminstone icke för närvarande. Den övre hastighetsgränsen kan dock diskuteras.

Utvecklingen går obestridligen emot växande hastigheter, och den dag lär väl komma, då den nuvarande maximihastigheten i dansk tågdrift, 120 km/h, får vika för en högre, kanske av storleksordningen 150 km/h. Om så skulle bli fallet, uppnås emellertid icke en mot höjningen proportionell avkortning av transporttiderna. Belysande härför är den gamla, ifrån 1930-talet stammande jämförelsen mellan »The flying scotchman« och snälltågen på linjen Stock-

holm—Göteborg. Den med ånglok framförda »Skotten« höll på den ca 600 km långa sträcken London—Edinburgh utan mellanuppehåll en medelhastighet av 83 km/h vid en maximihastighet av 160 km/h, medan de elektrodrivna snälltågen på den 456 km långa sträcken Stockholm—Göteborg, trots flera mellanuppehåll och trots en till 90 km/h begränsad maximihastighet, kommo upp i medelhastigheten 76 km/h. Den i dessa fall tillgängliga maximihastigheten utnyttjades sålunda i ångdrift intill 52%, i elektrodrift intill 85%.

Möjligheten att tillvarataga en given maximihastighet försämras alltid med maximihastighetens tillväxt, men försämringen blir långt mera framträdande i ång- och dieseldrift än i elektrodrift. Härav följer, att en elektrifiering verkar återhållande på kraven på extrema maximihastigheter, men att den likväl befrämjar en snabbt framflytande trafik.

Denna elektrodriftens egenskap är ovärderlig, enär en hög maximihastighet drager med sig stora kostnader för banans upprustning och för tågdriftens säkerställande. Hastigheten behöver t. ex. icke avsevärt överskrida 120 km/h, förrän anläggningar för automatisk tågkontroll och hyttsignalering måste tillkomma. I USA äro de som bekant obligatoriska vid hastigheter överstigande 80 miles eller 128 km/h. Dylika anläggningar medföra ofta kostnader av samma storleksordning som en kontaktledningsbygnad.

Ekonomiska hänsyn motivera sålunda åtgärder, möjliggörande en god utnyttjning av hastighetsområdet under och intill 120 à 130 km/h, innan högre hastigheter införas. Av nu kända medel till sådan rationalisering är banelektrifieringen det bästa.

De lokala förhållandena på Själland äro sådana, att en höjning av den nu medgivna största hastigheten, 120 km/h, sannolikt skulle medföra en i förhållande till kostnaderna oväsentlig avkortning av transporttiderna. Det fordras nämligen längre körsträckor och en av hindrande färjeförbindelser mera oberoende trafik, för att en dylik hastighetshöjning skulle komma till sin rätt.

Av det sistnämnda och andra här ovan anförda skäl synes frågan om mera extrema tåghastigheter för Själlands vidkommande böra upptagas först i samband med de stora brobyggnadsplanerna. Deras realiserande torde emellertid ligga så långt fram i tiden, att de icke böra inverka på valet av loktyp för den nu ifrågasatta banelektrifieringen, detta så mycket mindre som de för denna anskaffade elektroloken under alla omständigheter skulle finna god användning i en expanderande elektrodrift. Man måste nämligen komma ihåg, att extrema hastigheter endast kunna ifrågakomma för vissa tåg, och att tågrörelsen i övrigt är bäst betjänt av mindre exklusiva loktyper. Framtiden bör m. a. o. ge möjlighet till en naturlig och ekonomisk komplettering av lokbeståndet, om man blott ser till, att grundelementet i detta är av lämplig beskaffenhet.

Om det sålunda må anses fastslaget, att de för linjetjänst avsedda elektrolok, vilkas anskaffning här diskuteras, böra inrättas för en normal största hastighet av 120 à 130 km/h och att för dem bör fordras en timeffekt av 2500 hkr, uppstår frågan, hur loken i övrigt skola utformas.

Av till buds stående utvägar äro två värda särskilt beaktande. Den ena leder till en boggiemaskin av typen $B_0'B_0'$, sålunda med tvenne boggier, var och en med två direktdrivna axlar, den andra till ett ramverkslok av typen $1'D_01'$

eller 1'C1', sålunda med fyra fria eller tre kopplade drivaxlar på ömse sidor omgivna av en löpaxel.

För banor, där kurvor med små radier äro rikligen förekommande, väljer man gärna boggielok, medan ramverkslok äro att föredraga under motsatta förutsättningar. Boggielok lämpa sig nämligen bättre för gång i snäva kurvor än ramverkslok, vilka däremot uppvisa överlägsna gångegenskaper på raklinjer. Med anledning härav, och då robusta lok lättare och till lägre kostnad kunna åstadkommas i ramverks- än i boggieutförande, bör det vara berättigat att antaga, att ramverkslok skulle komma till användning i här förevarande sammanhang.

Ett ramverkslok kan, såsom ovan blivit antytt, utrustas med fria eller kopplade drivaxlar. Ingående undersökningar ha visat, att vid samma axeltryck och fordran på säkerhet gentemot slirning den per axel uttagbara dragkraften är 15—20% större för kopplade än för direktdrivna axlar. Tre kopplade drivaxlar utveckla t. ex. omkring 90% av den dragkraft, som erhålles med fyra direktdrivna axlar (jfr E.G. sid. 16). Genom att välja lok av typen 1'C1' i stället för lok av typen $1'D_01'$ vinner man sålunda, med en obetydlig, endast vid låg hastighet inträdande uppoffring i dragkraft, en avsevärd besparing i antal drivaxlar och därmed i kostnad. Man vinner också en värdefull förenkling av lokkonstruktionen och ett förmånligt pris. Direktdrivanordningen skulle till följd härav vara helt utesluten, om icke även andra omständigheter vore att beakta.

Frågan om drivanordningens utformande på elektrolok är i grund och botten en fråga om anspråk på effekt och hastighet. Fordras stor kraftutveckling i kombination med hög hastighet är direktdriften ofta självskriven, under det att mindre extrema villkor giva koppelstångsdriften klart företräde.

Gränsen mellan de ifrågavarande drivanordningarnas naturliga användningsområden är ingalunda fix. Den förskjutes med utvecklingens gång. Där insikten om de fördelar, som stå att vinna genom koppelstångsdrift, hållits levande, har densamma undan för undan anpassats för allt hårdare tjänst. Perfekt arbetande koppelstångsanordningar kunna numera åstadkommas, när timeffekten per lokenhet icke överstiger 2500 à 3000 hkr och hastigheten normalt håller sig under 135 km/h. Överskridas dessa gränsvärden, får man däremot räkna med, att direktdrivanordningar böra tillgripas.

Mot det nu sagda resas stundom invändningar, i allmänhet emanerande ifrån kretsar, vilka hämta sin erfarenhet ifrån ångdrift eller ifrån en på direktdrift ensidigt inriktad fabrikation av elektrolok. Man menar, att koppelstänger ge upphov till en otillfredsställande balansering, att de ha svårt att uthärda de centrifugalpåkänningar, för vilka de bliva utsatta, att skadliga resonanssvängningar kunna uppträda i dem samt att koppelstångsdrift framkallar torsionssvängningar, ökande lokens slirningsbenägenhet. Hur förhåller det sig nu härmed?

Kritiken är i sin första del berättigad ifråga om ånglok, på vilka koppelstängerna kombineras med fram- och återgående kolvar. De från dem härrörande tröghetskrafterna låta sig nämligen icke utbalanseras. På elektrolok, där varje punkt på koppelstångsmekanismen beskriver en cirkelrörelse, kan

däremot en fullt tillfredsställande såväl statisk som dynamisk utbalansering åvägabringas.

Ifråga om centrifugalpåkänningarna förhåller det sig visserligen så, att de tilltaga med hastigheten, men med denna avtager också det av traktionsmotorerna levererade drivmomentet. Härav följer, att, så länge hastigheten och effekten hålla sig inom ovan angivna gränser, de sammanlagda påkänningarna på koppelstängerna låta sig väl bemästras och detta, väl att märka, utan att man därför behöver tillgripa drivhjul med större diameter än ca 1500 mm.

Såsom exempel härpå må nämnas, att en kontroll av totalpåkänningarna i koppelstångsanordningen på Sveriges Statsbanors elektrolok litt Da utvisat, att den maximala påkänningen i den mest ansträngda delen vid en hastighet av 135 km/h icke uppgår till 700 kg/cm², ett som synes fullt acceptabelt värde. Värdet hänförde sig emellertid till koppelstänger av normalutförande för lägre hastighet än den nämnda, varför en ännu större säkerhetsmarginal skulle kunna åstadkommas genom en enkel omdimensionering.

Resonanssvängningar äro icke uteslutna, men resonansområdet kan genom lämplig dimensionering förläggas på betryggande avstånd ifrån de hastigheter, vid vilka ett lok normalt arbetar. För de svenska statsbanornas 1'C1'-lok föreligger ingen benägenhet för resonanssvängning vid höga och medelhöga hastigheter. Vid låga hastigheter kan tendens till resonanssvängning undantagsvis spåras, men skadliga svängningar ha aldrig uppstått.

En koppelstångsanordning, varigenom traktionsmotorernas moment omväxlande överföres till drivhjulen på än den ena, än den andra sidan av lokomotivet, ger självfallet upphov till torsionspåkänningar i drivaxlarna. Vid lämplig dimensionering blir emellertid den motsvarande vinkelförskjutningen mellan de parvis samarbetande, på samma axel sittande drivhjulen så liten, att den drunknar i den kontinuerliga slirning, som alltid förefinnes mellan arbetande drivhjul och rälsen. Någon ökad slirningsbenägenhet uppstår sålunda icke. Kopplade drivaxlar medföra tvärt om, såsom ovan omtalats, en bättre utnyttjning av adhesionsvikten än direktdrivna axlar.

De till frågorna om utbalansering, centrifugalpåkänningar, resonans- och torsionssvängningar anknutna problemen äro sålunda icke av den art, att de giva fog för allmängiltiga invändningar emot koppelstångsanordningar på elektrolok. Härav följer emellertid icke, att varje sådan anordning är lämplig. Dimensioneringen spelar, såsom ovan påvisats, en viktig roll, och det praktiska utförandet i övrigt är icke mindre betydelsefullt. Några antydningar om detta förhållande må här infogas.

Den på alla lokomotiv normalt förekommande, kontinuerliga slirningen mellan arbetande drivhjul och rälerna är till sin verkan att jämföra med en friktionsdämpad, elastisk koppling. Om denna koppling kompletteras med ett elastiskt konstruktionselement, ett avfjädrat kugghjul, infogat i den utväxling, varigenom drivmotorernas moment överföres på koppelstångsmekanismen, blir denna mjukt »inbäddad« mellan eftergivande maskindelar. Denna inbäddning är ett fundamentalt konstruktionsvillkor. Lika viktigt är det emellertid, att koppelstängerna till alla delar givas horisontell förläggning, att de förses med korta, robusta axeltappar, att deras lager- och smörjanordningar rationellt ut-

formas etc. Lagerfrågan har tilldragit sig stor uppmärksamhet på grund av bl. a. de förbättringar, som stått att vinna genom inkapsling och, på senaste tid, genom inbyggnad av speciella rullager med stor bärkraft, trots liten ytterdiameter.

Dessa och andra på koppelstångsmekanismens funktionsduglighet inverkande faktorer äro numera så väl kända, att konstruktionen, liksom utförandet, kan grundas på ett pålitligt underlag.

Summeras det nu sagda, finner man, att för linjetjänst på Själlands huvudbanor lämpligen kan väljas elektrolok av typen 1'C1'.

Sveriges Statsbanor ha alltsedan år 1910 systematiskt arbetat på utvecklingen av såväl boggie- och ramverkslok som av direktdriv- och koppelstångsanordningar. Detta utvecklingsarbete, som alltjämt pågår, har omfattat elektrolok för all slags tjänst och har lett fram till ett flertal goda problemlösningar. Lok av typerna 1'C1', 1'D1', 1'$D_0$1', B_0'B_0' och C_0'C_0' vittna härom.

De i sitt slag mest avancerade svenska konstruktionerna äro anknutna till rapidloket litt Ra av typen B_0'B_0' à 3000 hkr, 150 km/h, och till all-round-loket litt Da av typen 1'C1' à 2500 hkr. Den sistnämnda maskinen är inrättad för en valfritt inställbar axeltrycksfördelning om (12 + 3 × 17 + 12) eller (15 + 3 × 15 + 15) ton samt för en maximihastighet om 100 eller 135 km/h. Goda representanter för nutida svensk elektrolokbyggnad äro även snälltågsloket litt F av typen 1'$D_0$1' à 3500 hkr, 135 km/h, det för tung, blandad tjänst avsedda loket litt Ma av typen C_0'C_0' à 4500 hkr, 100 km/h, samt det typiska malmtågsloket litt Dm av typen 1'D + D1' à 5000 hkr, 75 km/h.

Av dessa exempel torde med tillräcklig tydlighet framgå, att lokparken vid Sveriges Statsbanor har sådan sammansättning, att den möjliggjort samlandet av pålitliga erfarenheter rörande olika loktypers egenskaper. I belysning av detta faktum har det sitt särskilda intresse att konstatera, att trots alla efter hand inträdda förändringar i uppfattning, anspråk och resurser ryggraden i det svenska lokbeståndet alltsedan år 1926 utgjorts och fortfarande utgöres av lok av typen 1'C1'.

Från första stund intensivt utnyttjad i både snälltågs- och godstågstjänst har denna loktyp undan för undan förbättrats och givits en allt större allmän användbarhet. Typen överspänner nu ett mycket stort användningsområde. Robust, driftsäker och ekonomisk har den alltid varit. Det förtroende, som den härigenom förvärvat, framträder kanske mest påtagligt, om det bringas i erinran, att ingen annan existerande elektroloktyp blivit tillverkad i så stort antal exemplar som den svenska 1'C1'-maskinen, och att Sveriges Statsbanor enbart i den sista, nyligen framkomna versionen av densamma, litt Da, investerar ett kapital av storleksordningen 80 milj. kronor. De stora beställningarna ha, som sig bör, medfört rationella tillverkningsmetoder, en god produkt och ett förmånligt pris.

Med utgångspunkt ifrån det nu anförda faller det sig naturligt att förutsätta, att DSB skulle vilja tillgodogöra sig de fördelar i form av allsidig användbarhet, hög kvalitet, god driftsäkerhet samt låg anskaffnings- och underhållskostnad, som stode att vinna, om för huvudlinjerna på Själland anskaffades och såsom standardmaskiner utnyttjades elektrolok av Da-typen. Denna borde i så fall inställas för ett drivaxeltryck av 18 ton, såsom i det föregående antagits. Ville

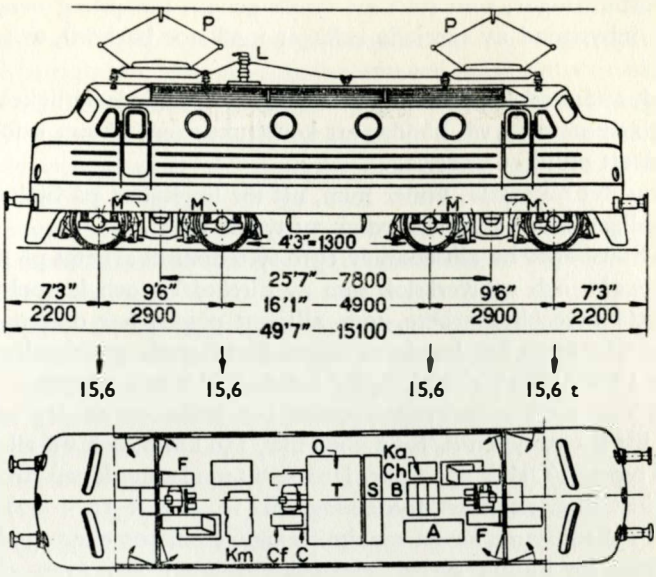


Fig. 6. Elektrolok typ Bo'Bo' litt. Ra, 3.000 hkr, 150 km/h.

man framdeles ytterligare öka drivaxeltrycket, skulle detta utan olägenhet kunna ske därigenom, att loket försåges med ballast. Konstruktionen är nämligen kraftig nog för att medgiva detta. Över huvud taget erbjuder ett lok av typen 1'C1' enastående möjligheter till fortgående anpassning efter inträdande förändringar i driftbetingelserna.

Med detta är icke sagt, att en annan loktyp är utesluten. Valet är i själva verket ganska fritt. Det må blott hållas i minnet, att en oprövad loktyp lätt nog kan bli en missräkning, och att redan små variationer i utförandet kunna i hög grad förändra ett elektroloks egenskaper. Detta sakförhållande har mer än en gång medfört obehagliga överraskingar. Det är därför angeläget, att, hur valet av loktyp för huvudbanorna på Själland till sist än utfaller, detsamma anknytes till ett i detalj fastlagt, välkänt utförande.

I god samklang med denna princip står den här valda utgångspunkten, att åtminstone den först anskaffade uppsättningen linjelok för Själlands huvudbanor antages skola bestå av Da-maskiner. Antagandet ger ock åt kalkylationen en ovanlig fasthet, ty vid detta typval låta sig de tekniska och ekonomiska konsekvenserna bedömas med större säkerhet än vid något annat. Mot detsamma torde endast kunna andragas det skälet, att Da-typen är onödigt kraftig och dyrbar för att användas i lokalgodståg. I sådan tjänst kan även ett enhyttslok, med fri utsikt åt alla håll, vara att föredraga. Med hänsyn härtill torde det vara lämpligt att till de detaljöverväganden, som ändock måste föregå en lokbeställning, hänskjuta frågan om icke en del av linjeloken böra speciellt anpassas för lokalgodstågstjänst.

Skulle man komma att slå in på denna väg, bleve enhetligheten i linjelok-

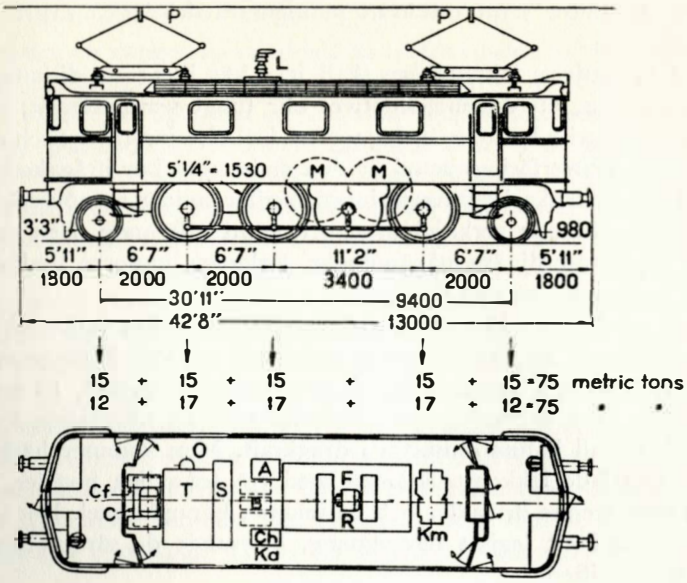


Fig. 7. Elektrolok typ l'Cl' litt. Da, 2.500 hkr, 120-135 km/h.

parken bruten, men kostnaderna för lokanskaffningen skulle i gengäld reduceras Valde man såsom lokalgodstågsmaskin ett lok av den i Sverige för sådan ändamål använda H-typen, ett boggielok av enklaste slag med tasslageruppphängda motorer, med en till 80 km/h begränsad hastighet och med en effekt av 1760 hkr, skulle kostnaden per maskin bliva omkr. 20% lägre än den för Daloket gällande. För elektrolokparken i dess helhet skulle kostnadsreduktionen sannolikt komma att hålla sig mellan 5 och 10%. En större besparing ligger emellertid inom räckhåll, om man utnyttjar växellok i lokalgodstågstjänst, vilket mycket väl låter sig göra.

Dessa möjligheter lämnas tills vidare ur räkningen. Detta innebär, att kostnaden för elektroloken upptages till ett belopp, åtminstone 10% större än det, som i verkligheten skulle behöva uppstå. Den säkerhetsmarginal, som sålunda inkommer i kalkylen, är värd beaktande.

Ifråga om elektrolok för växlingstjänst är problemställningen enkel. För dylika arbetsuppgifter kunna praktiskt taget endast elektrolok av typen C ifrågakomma. Deras timeffekt bör uppgå till ca 700 hkr. Tack vare den elektrolok utmärkande stora överbelastningsförmågan uppnås vid denna effekt både snabba starter och god segdragningsförmåga. Ett utförande i principiell överensstämmelse med Sveriges Statsbanors typ litt Ud har visat sig ändamålsenligt. Denna typ, i vilken inbygges en motoreffekt av 700, alt. 1000 hkr, är avpassad för hastigheter intill 60, alt. 80 km/h. Loktypen lämpar sig härigenom väl både för lokal växlingstjänst och gång på linjen.

För motorvagnstrafiken föreslås vagnar med tvenne boggier, den ena innehållande två motorer à 300 hkr. Vagnarna torde med fördel kunna utföras i

principiell överensstämmelse med den i Sverige använda typen Xoa7, vilken har 100 sittplatser samt ett ifrån passageraravdelningen avgränsat bagageutrymme.

Dieselalternativets loktypsfråga skall icke här ingående diskuteras. Det må dock framhållas, att diesellokomotivet blir tungt per hästkraft, om det skall förses med elektrisk kraftöverföring mellan förbränningsmotor och drivhjul, och att denna kraftöverföringsmetod är den enda, som bör ifrågakomma vid stor effekt. Den elektriska kraftöverföringen medför smidig manövrering i förening med tillfredsställande verkningsgrad och oömt utförande. Den skonar dieselmotorn för extraordinära påkänningar, förlänger motorns livslängd och befrämjar härigenom en god ekonomi.

Vikten av det dieselelektriska maskineriet är i själva verket så stor, att för dess uppbärande fordras sex axlar redan vid en förbränningsmotoreffekt av 1500 hkr, om det i förevarande fall medgivna axeltrycket, 18 ton, icke skall överskridas. Fyra drivaxlar äro emellertid mer än tillräckliga för att denna motoreffekt skall kunna omsättas i dragkraft. Man kommer härigenom fram till den omtalade lokkonstruktionen med två tre-axliga boggier, var och en försedd med tvenne drivaxlar och en inaktiv, bärande axel. Det angivna typvalet bottnar i ett logiskt resonemang, belysande de säregenheter, som utmärka dieseldriften.

Såsom dieselelektriska växellok torde man för axeltryckets skull nödgas välja maskiner med fyra drivaxlar, antingen kopplade och inbyggda i ett ramverk, eller direktdrivna och inordnade i tvenne två-axliga boggier, alltså axelanordning D eller $B_0'B_0'$. Ingendera är idealisk. Den förstnämnda blir gärna för stel, den senare för ömtålig för hård och intensiv växlingstjänst.

I en fyraxlig maskin inrymmes vid ett axeltryck av 18 ton en effekt, hänförd till dieselmotorn, av omkr. 700 hkr. Den motsvarande uttagbara normaleffekten håller sig under 600 hkr. Överbelastningsförmågan blir relativt obetydlig.

För växlingstjänst avpassade dieselelektriska lok bliva, såsom ovanstående uppgifter utvisa, svagare än rationellt utformade elektrolok av jämförlig storleksklass. Skillnaden i effekt utjämnas dock i egentligt, vid låg hastighet bedrivet rangeringsarbete, där adhesionen kan betyda mera än effekten.

Ångloket lämpar sig väl för rangeringsarbete. Under de många driftpauserna laddar det upp sin ångackumulator — pannan — och blir i stånd att momentant utveckla stor kraft. Mot denna fördel står dock nackdelen, att ånglokets verksamhet ofta måste avbrytas för drivmedelspåfyllning, och att dess ekonomi är särskilt dålig i intermittent drift.

Ingen av dessa olägenheter vidlåder det elektriskt eller dieselelektriskt ombesörjda växlingsarbetet. Det är därför naturligt, att valet kommer att stå mellan dessa arbetsformer, och att elektrodriften bör givas företräde dels när rangeringsarbetet lämpligen kan utföras av de elektriska tågloken i direkt anslutning till deras normala tjänst, dels när rangeringsarbetet är så omfattande eller bedömes böra bedrivas så intensivt, att det lönar sig att för detsamma utbygga ett kontaktledningsnät.

4. Växellokens antal.

Frågan om den för rangering avsedda lokparkens storlek har icke diskuterats i föregående utredningar. I dem uppskattades antalet behövliga elektriska växellok med ledning av uppgifter om det antal ånglok, som användes i rangeringsarbete på Själlands huvudbanor. Eftersom dessa icke avses skola fullständigt elektrifieras — kontaktledning förutsättes enligt Traktionsudvalgets anvisningar skola utelämnas på vissa för rangering inrättade spårområden — är det emellertid uteslutet, att den elektriska växlingstjänsten skulle få samma omfattning som den nuvarande, med ånglok ombesörjda. Den ovannämnda uppskattningsmetoden ledde därför till en överdimensionering av den kalkylatoriskt bestämda elektriska växellokparken. En korrektion måste följaktligen åvägabringas.

Uppgiften att bestämma det antal elektrolok, som skulle erfordras för rangeringsarbetet på de till elektrifiering ifrågasatta spårområdena på Själlands huvudbanor, skulle rätteligen lösas genom en ingående undersökning av rangeringsarbetets art och omfattning på varje särskild driftsplats. På nuvarande utredningsstadium skulle emellertid ett dylikt tillvägagångssätt bliva alltför omständligt och tidsödande. Man får nöja sig med en mera summarisk bedömning. Vissa vid Sveriges Statsbanor gjorda iakttagelser kunna härvid tjäna såsom hållpunkter.

De svenska erfarenheterna giva vid handen, att uti tjänstgöringstiden för normalt utnyttjade elektriska linjelok — inkl. sådana för lokalgodstågstjänst — brukar ingå rangeringsarbete under i medeltal ca 800 timmar per lok och år. Det har vidare visat sig, att elektrolokparken erhållit en harmonisk sammansättning, när linje- och växellokens andel i rangeringsarbetet varit ungefärligen lika stor. Detta har då gällt under förutsättning, att allt rangeringsarbete utförts med elektrisk kraft och att längden av de elektrifierade bangårdsspåren utgjort ca 30% av de elektrifierade spårens totala längd. Man har slutligen funnit, att tjänstgöringstiden för elektriska växellok brukat uppgå till omkr. 5.000 timmar per maskin och år och att mot denna tjänstgöringstid svarat en tillryggalagd väglängd av omkr. 30.000 km.

Vill man med anknytning till dessa, ifrån en stabiliserad, väl inarbetad elektrodrift hämtade erfarenhetsrön, bilda sig en uppfattning om behovet av elektriska växellok på Själlands huvudbanor, kan man till en början konstatera, att av de i bottenbehovet för dem ingående 51 linjeloken skulle kunna uttagas omkr. 40.000 växlingstimmar per år, och att ett tillnärmelsevis lika stort arbete borde utkrävas av tillkommande växellok, förutsatt att den ovannämnda spårlängdsrelationen komme att innehållas. Detta skulle emellertid sannolikt icke bliva fallet. Enligt föreliggande, på Traktionsudvalgets anvisningar byggd preliminär planläggning utgör nämligen längden elektrifierade bangårdsspår icke 30 utan ca 40% av de elektrifierade spårens totallängd. Hur kan då denna differens inverka? Frågan torde kunna besvaras genom följande resonemang:

Två fall tänkas föreligga. I dem båda är den totala, elektrifierade spårlängden densamma, nämligen T km. Elektrifierade bangårdsspår ingå däremot i de båda fallen med skiljaktiga belopp, nämligen med 0,30 T resp. 0,40 T. Rangeringsarbetet utföres dels med linjelok till en omfattning av L växlingstimar per

år, dels med växellok till en omfattning av V_1 resp. V_2 växlingstimmar per år. Rangeringsarbetet i dess helhet antages stå i direkt proportion till de elektrifierade bangårdsspårens längd.

Av det nu nämnda följer relationen:

$$(L + V_1) : (L + V_2) = 0{,}30\ T : 0{,}40\ T.$$

Härur framgår:

$$V_2 = \frac{1}{3}(L + 4\ V_1).$$

Insättes, i överensstämmelse med åberopade erfarenheter, $V_1 = L$ erhålles tydligen $V_2 = \frac{5}{3} L$.

I här föreliggande fall kan L, såsom ovan påvisats, antagas uppgå till omkr. 40.000 h/år. Härav skulle då följa, att det med elektriska växellok ombesörjda rangeringsarbetet borde omfatta ca 66.500 h/år och att antalet behövliga elektriska växellok skulle kunna uppskattas till 66.500 : 5.000 eller i runt tal 13 maskiner.

Vid trafikansvällning, medförande en utökning av de elektriska linjelokens antal till 54 resp. 57 maskiner, skulle behovet av elektriska växellok under analoga förutsättningar komma att utgöra 14 resp. 15 maskiner.

Skulle de ovannämnda elektriska växelloken ersättas med diesellok av ovan angiven typ, bleve antalen förmodligen desamma. Elektrolokens kapacitiva överlägsenhet över dieselloken skulle nämligen, såsom ovan framhållits, knappast komma till synes i rangeringsarbetet, så länge detta icke kombinerades med linjetjänst.

Det brukar icke vara ekonomiskt att ombesörja all växling med lokomotiv. För mera utspridda, lätta rangeringsarbeten lämpa sig elektriska traktorer eller förbränningsmotordrivna lokomotorer synnerligen väl. I anskaffning betingar en dylik maskin ett pris ofta icke överstigande 30 à 40% av anskaffningskostnaden för ett växellok. Det är därför troligt, att, vid en eventuell driftomläggning på Själlands huvudbanor, ett eller annat av de behövliga växelloken skulle komma att ersättas av ett motsvarande större antal traktorer eller lokomotorer. Då ett sådant utbyte icke skulle få något mera märkbart inflytande på totalkostnaderna, lämnas det här utan avseende.

En på ovan angiven metodik grundad bedömning av antalet behövliga växellok blir givetvis endast approximativt riktig. Den torde likväl få anses tillfredsställande i här förevarande sammanhang. Man måste nämligen hålla i minnet, att elektro- och dieseldriften likartat påverkas av förekommande bedömningsfel. Från deras inflytande på jämförelsen mellan de båda driftarterna torde man således kunna bortse.

Det må till sist framhållas, att i de valda utgångspunkterna inneslutes förutsättningen, att rangeringsarbete, som icke ifrågasättes skola utföras medelst elektrolok, faller utom ramen för den driftomläggning, som här studeras.

5. Anskaffningskostnad.

De utredningar, ur vilka en stor del av de ovan framlagda uppgifterna blivit hämtade, ha i avseende på kostnaderna förlorat sin aktualitet. Under den tid, som förflutit, sedan de tillkommo, har nämligen ett allmänt prisfall inträtt, varjämte priserna på 1'C1'-lok av föreslaget utförande pressats nedåt till följd av stora seriebeställningar. Då det icke råder minsta tvivel om, att båda de nämnda prisreduktionerna skulle kunna komma DSB tillgodo för den händelse att elektrifieringen av huvudbanorna på Själland nu bleve genomförd, måste hänsyn tagas till dem i det följande. De aktuella (oktober 1953), i svenska kronor angivna kostnaderna för den föreslagna elektriska fordonsparken framgå av nedanstående sammanställning:

Fordonsuppsättning:		Milj. sv. kronor		
		Vid första anskaffning	Efter komplettering I	Efter komplettering II
51 st. tåglok	à sv. kr. 750.000:—	38,25	—	—
54 » »	» » » 750.000:—	—	40,50	—
57 » »	» » » 750.000:—	—	—	42,75
13 » växellok	» » » 480.000:—	6,24	—	—
14 » »	» » » 480.000:—	—	6,72	—
15 » »	» » » 480.000:—	—	—	7,20
25 » motorvagnar	» » » 540.000:—	13,50	13,50	13,50
Summa milj. sv. kronor:		57,99	60,72	63,45

Den betydande prissänkningen på de elektriska tågloken överensstämmer med en i föregående utredningar uttalad förmodan, att stora beställningar skulle leda till lägre priser än de upplysningsvis offererade. Reduktionen blev dock oväntat stor. Den är så mycket mera beaktansvärd som den framkommit samtidigt med att loktypen förbättrats genom vidgad användning av rullager.

På längre sikt torde man ha anledning förvänta, att elektrolok skulle komma att tillverkas i Danmark, om banelektrifieringen därstädes bleve av större omfattning. Under ett inledningsskede skulle väl däremot import komma till stånd. Med hänsyn dels härtill, dels till tvånget att söka fasta utgångspunkter för kalkylationen, göres här det antagandet, att den ovan angivna fordonsparken inköpes i Sverige, där den i varje fall skulle kunna erhållas. Anskaffningskostnaderna omräknas till följd härav i dansk valuta enligt aktuell kurs, 100 sv. kronor = 135 d. kronor. I enlighet härmed skulle den första fordonsanskaffningen draga en kostnad av i runt tal 78,3 milj. d. kronor. Genom kompletteringen av fordonsparken skulle investeringen eventuellt ökas till 82,0 alternativt 85,7 milj. d. kronor.

Det i kostnadsutredande syfte gjorda tankeexperimentet, att det först uppstående lokbehovet skulle täckas genom import, leder fram till ett frågekomplex, som kräver beaktande. Det upptages därför till behandling i det följande (se sid. 50—53). Här må blott påpekas, att en samordning av de danska och svenska statsbanornas lokinköp antages få åtminstone så gynnsam inverkan på prisbildningen, att man, med utgångspunkt ifrån nu gällande svenska priser, bör

kunna bortse ifrån de särskilda omkostnader, varmed en import är förenad. Detta synes så mycket mera berättigat som en eventuell import-tull icke utgör någon reell utgift för den danska staten i egenskap av importör.

I den ekonomiska balansräkningen måste det beaktas, att anskaffningen av elektrisk dragkraft onödiggör viss ersättningsanskaffning av ånglok. Det har uppgivits, att ersättningsanskaffningen skulle omfatta 40 större och 40 mindre ånglok, att den vid nuvarande prisläge skulle draga en kostnad av 56 milj. d. kronor och att den skulle genomföras under en tidsrymd av 40 år. Om fördelningen har i övrigt intet blivit sagt. Det är emellertid tydligt, att en betydande del av totalkostnaden måste falla på de närmaste åren. Medelåldern för den danska ånglokparken är nämligen hög. För 77% av antalet linjelok överstiger åldern 35 år, för 38% av dem överstiger den 50 år. Redan nu borde mer än 200 i drift varande maskiner hava fallit för åldersstrecket. Behovet av förnyelse är därför lika trängande vare sig ångdriften konserveras eller en ny driftform blir införd.

Om grunden för den jämförelse, som här genomföres, skall förbliva fast, måste emot varje tillskott i kostnad, uppkommande genom utökning av den elektriska lokparken, ställas en adekvat kostnad för bortfallande återanskaffning av annan dragkraft. Intill dess att alla överåriga maskiner blivit ersatta, har man härvid att hålla sig till dagskostnader, dvs. till kostnader, som framkomma direkt utan diskontering.

De i det danska lokbeståndet ingående överåriga ångloken torde f. n. vara spridda över hela järnvägsnätet, men de kunna givetvis ersättas genom successiva omflyttningar, om blott ny dragkraft insättes någonstädes. Till följd härav och i beaktande av åldersfördelningen inom den danska ånglokparken, kommer tydligen för lång tid framåt varje väl utnyttjad insats av nya elektriska lokomotiv att undanskjuta en eljest omedelbart förestående återanskaffning av ånglok i omfattning, svarande emot insatsens storlek.

Ett inköp av 40 stora och 40 mindre ånglok är icke tillräckligt för att medföra samma ökning av transportförmågan, som skulle vinnas medelst de till anskaffning föreslagna 51 elektroloken. Det säges visserligen, att moderna ånglok äro mera effektiva än äldre sådana, men ånglokets egenart har dock tiderna igenom förblivit oförändrad. Ångloket är — liksom dieselloket — inrättat för att omvandla energiinnehållet i en råvara till nyttigt arbete. Det måste släpa på den härför erforderliga utrustningen. Även sentida ång- och diesellok ha därför en egenvikt, som per hästkraft är omkring tre gånger större än elektrolokens. Detta förhållande återspeglas ohjälpligen i prestationsförmågan. Denna nedsättes också, vad ångloket beträffar, av driftavbrott för ofta återkommande drivmedelspåfyllning, påkallad av de stora förluster, varmed energiomvandlingen i ånglok är förenad. Ångbildningsvärmet, som utgör den dominerande delen av ångans energiinnehåll, kan ju icke tillvaratagas.

Elektrolokets överlägsenhet över andra lok har, som ovan påvisats, sin grund icke blott i låg egenvikt och ringa behov av avställningstid utan även i elektrolokets förmåga att utveckla stor dragkraft vid hög hastighet. Det är dessa egenskaper, som, tillsammantagna, hava den verkan, att varje i intensiv järnvägsdrift insatt elektrolok brukar uträtta ett transportarbete icke understigande det,

som kan presteras av 2 à 3 ånglok. Även om man i här förevarande fall icke ifrån första stund skulle utnyttja elektroloken så väl, skulle det sannolikt icke dröja länge, förrän man komme därhän. Erfarenheten bestyrker i varje fall denna uppfattning. Elektrolokens överkapacitet bör därför betraktas som ett reelt kapitalvärde.

Det ligger sålunda ingen överdrift i antagandet, att de 51 kraftiga elektrolok, som tänkts ingå uti den första anskaffningen, skulle, i avseende på transportförmåga, bliva likvärdiga med 100 à 150 ånglok. Stannar man försiktigtvis vid paritetstalet 100, kan man genom en enkel proportionering uppskatta den motsvarande anskaffningskostnaden för ånglok till 70 milj. d. kronor. Utökas antalet elektriska linjelok ifrån 51 till 54 resp. 57, bortfaller, i enlighet med detta resonemang, en återanskaffning av 106 resp. 112 maskiner till ett värde av 74,2 resp. 78,4 milj. d. kronor.

De elektriska växelloken, till antalet alternativt 13, 14 och 15, kunna överslagsvis antagas ersätta åtminstone resp. 21, 22,5 och 24 ångväxellok till en uppskattad kostnad av resp. 7,8, 8,4 och 9,0 milj. d. kronor.

I nuvarande drift användas på Själlands huvudbanor 27 dieselmotorvagnar såsom komplement till de av ånglok framförda tågen. Till följd av den ifrågasatta elektrifieringen skulle vagnarna frigöras för användning på andra järnvägslinjer, där de, i beaktande av ånglokparkens höga genomsnittsålder, av allt att döma skulle finna god användning. Vagnarna representera ett anskaffningsvärde av omkr. 23,0 milj. d. kr.

Elektrifieringen skulle icke medföra förändring i dragkraftens kapitaltjänstkonto med större belopp än det, som hänför sig till skillnaden mellan å ena sidan kostnaderna för den nyanskaffade elektriska dragkraften, å andra sidan värdet av dels den onödiggjorda ersättningsanskaffningen av ånglok, dels den för användning på andra linjer frigjorda, behövliga dragkraften. Denna skillnad framkommer i nedanstående, såsom grund för den fortsatta kalkylationen tjänande kostnadssammanställning.

Förändring	Milj. d. kronor					
	Vid första anskaffning		Efter komplettering I		Efter komplettering II	
Bortfaller:						
För ånglok i linjetjänst	70,0		74,2		78,4	
För ånglok i växlingstjänst	7,8	77,8	8,4	82,6	9,0	87,4
För dieselmotorvagnar		23,0		23,0		23,0
Summa milj. d. kronor:		100,8		105,6		110,4
Tillkommer:						
För elektr. lok och motorvagnar		78,3		82,0		85,7
Differens milj. d. kronor:		—22,5		—23,6		—24,7

Tablån utvisar, att den genom inköp av elektrisk dragkraft uppstående kapitalbelastningen skulle mer än väl uppvägas av samtidigt inträdande lättnader, och att dessa skulle växa vid expanderande drift. Detta förhållande är en naturlig följd av den i relation till prestationsförmågan låga anskaffningskostnad,

som utmärker elektroloken. I dieseldrift vinnes icke samma fördel, enär anskaffningskostnaden för diesellok är högre än för andra lok av jämförlig kapacitet.

Vid eventuell övergång till dieseldrift skulle, i anslutning till ovan framkomna uppgifter, komma att erfordras en fordonspark av följande sammansättning och anskaffningsvärde:

Fordonsuppsättning:		Värde milj. d. kronor		
		Vid första anskaffning	Efter komplettering I	Efter komplettering II
56 st. tåglok	à d. kr. 1.800.000:—	100,80	—	—
59 » »	» » » 1.800.000:—	—	106,20	—
62 » »	» » » 1.800.000:—	—	—	111,60
13 » växellok	» » » 740.000:—	9,62	—	—
14 » »	» » » 740.000:—	—	10,36	—
15 » »	» » » 740.000:—	—	—	11,10
27 » motorvagnar	» » » 850.000:—	22,95	22,95	22,95
Summa milj. d. kronor:		133,37	139,51	145,65

I varje diesel-elektriskt linjeloks utrustning förutsättes ingå en oljeeldad ångpanna för tåguppvärmning.

Dieseldriften skall, liksom elektrodriften, krediteras värdet både av den återanskaffning, till vars bortfall den skulle giva anledning, och av den för andra ändamål behövliga dragkraft, som frigöres, om ovanstående fordonspark inköpes.

I här föreliggande fall är den kapacitiva skillnaden mellan ång- och dieselloken icke större än att ungefärlig paritet i prestationsavseende torde föreligga mellan å ena sidan de i dieseldriftens bottenbehov ingående 56 linjeloken, å andra sidan de (40 + 40) ånglok, som först skulle anskaffas, om ångdriften bibehölles. Till följd härav bör kostnaden för de sistnämnda lokomotiven, 56 milj. d. kronor, i ingångsskedet krediteras dieseldriften.

Om diesellokparken utökas, kan varje diesellok antagas eliminera (80 : 56) = 1,43 ånglok till ett medelpris av ($56 \cdot 10^6 : 80$) = 700.000 d. kronor. Mot en anskaffning av 59 resp. 62 diesellok skulle sålunda svara kreditposter, uppgående till $59 \cdot 1{,}43 \cdot 700.000 = 59 \cdot 10^6$ resp. $62 \cdot 1{,}43 \cdot 700.000 = 62 \cdot 10^6$ d. kronor.

På växellokens och motorvagnarnas kapitalkonto skulle en övergång till dieseldrift medföra tillnärmelsevis samma kostnadsbortfall som de ovan för elektrifieringen angivna.

För dieselalternativet framkommer sålunda den på följande sida införda tablån över förändringarna på dragkraftens kapitalkonto.

Jämföres denna sammanställning med den föregående, för elektrodriften gällande, framstå skiljaktigheterna i bortfallande kostnader för ånglok såsom beaktansvärda. De ha sin grund i den ovan påvisade breda expansionsmarginal, som, saknande motsvarighet på dieselsidan, inrymmes i elektrodriften och som på något sätt bör komma till uttryck i kalkylen. Mot denna realistiska bedöm-

ning kan dock resas den invändningen, att det på förhand icke kan avgöras, när och i vilken utsträckning marginalen kommer till sin rätt, och att dess aktuella värde på grund härav icke låter sig exakt bestämmas.

Förändring	Milj. d. kronor					
	Vid första anskaffning		Efter komplettering I		Efter komplettering II	
Bortfaller:						
För ånglok i linjetjänst	56,0		59,0		62,0	
För ånglok i växlingstjänst	7,8	63,8	8,4	67,4	9,0	71,0
För dieselmotorvagnar		23,0		23,0		23,0
Summa milj. d. kronor:		86,8		90,4		94,0
Tillkommer:						
För diesellok och diesel-motorvagnar		133,4		139,5		145,6
Differens milj. d. kronor:		46,6		49,1		51,6

Med hänsyn härtill göres i det följande i första band det alternativa antagandet, att expansionsmarginalen icke utnyttjas bättre än att de i elektrodrift uppstående besparingarna i ånglok och dieselmotorvagnar stanna vid samma belopp, som ovan angivits för dieseldriften. Mot detta, i det följande med »elektrodrift e. o.« (e. o. = expansionsmarginalen obeaktad), betecknade alternativ, svarar nedanstående tablå.

Förändring	Milj. d. kronor					
	Vid första anskaffning		Efter komplettering I		Efter komplettering II	
Bortfaller:						
För ånglok i linjetjänst	56,0		59,0		62,0	
För ånglok i växlingstjänst	7,8	63,8	8,4	67,4	9,0	71,0
För dieselmotorvagnar		23,0		23,0		23,0
Summa milj. d. kronor:		86,8		90,4		94,0
Tillkommer:						
För elektriska lok och motorvagnar		78,3		82,0		85,7
Differens milj. d. kronor:		—8,5		—8,4		—8,3

6. Kapitaltjänstkostnader.

Kapitaltjänstkostnaderna bestämmas av avskrivningstiden och räntefoten.

Avskrivningstiden beror av de ifrågavarande objektens livslängd. Ånglok renoveras vanligen bit efter bit. Ena gången byter man fyrbox, en annan gång panna, en tredje hjulsats, en fjärde slider och kolvar etc. Någon definitiv gräns för en sådan förnyelseprocess finnes icke. Det lönar sig dock icke att driva den hur långt som helst, enär kostnaderna ha tendens att växa, samtidigt som loken bliva alltmera efter sin tid. Det är av denna anledning diskutabelt, om det är

ekonomiskt försvarligt att utsträcka förnyelsen av en ånglokpark över en längre tidsperiod än 30 år. Här räknas därför med denna avskrivningstid.

Elektrolok ha icke heller någon fixerad livslängd. Det kan såsom exempel härpå nämnas, att elektrolok av typen 1'C + C1', litt Ob, som år 1917 togos i drift för att framföra malmtåg på linjen Luleå-Riksgränsen, alltjämt (år 1954) äro i tjänst. Utvecklingen har emellertid gått dem förbi. Ob-typen har en effekt av 1800 hkr. De malmtågslok, som numera beställas för samma linje, äro av typen 1'D + D1' och ha en effekt av 5000 hkr. Tågvikterna ha härigenom kunnat mer än fördubblas. Den revolutionerande driftomläggning, som avspeglar sig häruti, begränsar givetvis de gamla lokens användbarhet och försvagar motiven för deras bibehållande.

I motsats till ång- och diesellok äro elektrolok så beskaffade, att det ofta låter sig göra att höja deras effekt och att sålunda anpassa dem efter utvecklingens gång. Ett exempel, anknutet till den första svenska serien 1'C1'-lok, litt D, verkar i detta avseende belysande. I denna serie ingingo 50 lokomotiv. De hade en timeffekt av 1660 hkr och togos i bruk år 1926. De användes som allround-maskiner på linjen Stockholm—Göteborg. Efter 28 års hård tjänst och efter att i medeltal ha löpt ca 3,8 milj. km per lok börja nu motorerna att bli mogna för ett första utbyte. Moderna motorer ha emellertid så stor effekt per volyms- och viktsenhet, att på den plats, där f. n. inrymmes den nyssnämnda timeffekten, 1660 hkr, installeras en timeffekt av 2500 hkr. Därmed är dock icke gränsen nådd. Den bedömes nämligen ligga vid omkr. 2800 hkr. Genom ett sådant motorbyte i förening med åtföljande ändring av övrig elektrisk utrustning, bliva de gamla D-loken ej blott återställda i fullgott skick utan även uppflyttade på ett högre plan, där de förmå uträtta ett hårdare och mera mångsidigt arbete än tillförne.

Ovanstående exempel visa, att det kan vara berättigat att räkna med större livslängd och längre avskrivningsperioder för elektrolok än för andra lokomotiv. Då emellertid genomgripande renoveringar stå en verklig förnyelse nära, och då anpassningen efter växande anspråk måste tillmätas stor betydelse, icke minst i en driftform, som i sig innesluter oöverträffade anpassningsmöjligheter, kan det vara befogat att på elektrolok tillämpa en hårdare avskrivning än den, som motsvaras av den tid, varunder desamma utan större förändringar kunna hållas i tjänst. I beaktande härav räknas här även för elektrolok med en avskrivningstid av 30 år.

Avskrivningstiden för diesellok är kortare. Förbränningsmotorer förslitas jämförelsevis snabbt. Härtill kommer, att de dieselelektriska lokomotivens vanliga byggnadssätt med tasslagerupphängda traktionsmotorer medför relativt stora, livslängden nedsättande påfrestningar både på dessa motorer och på drivaxlarna. Det torde likväl vara försvarligt att räkna med en avskrivningstid för dieseldrivna fordon av 25 år, om motorutbyten genomföras med kortare tidsmellanrum. Kostnaderna för sådana utbyten drabba då underhållskontot.

Enligt ovan angivna förutsättningar och under antagande att räntefoten utgör 4%, skulle årskostnaderna för förräntning och amortering av den *förändrade* kapitalinvestering på dragkraftens konto, vartill elektro- resp. dieseldriften skulle ge upphov, komma att uppgå till i nedanstående sammanställning angivna belopp.

Objekt	Annuitet %	Belopp i 1000-tal d. kronor					
		Vid första anskaffning		Efter komplettering			
				I		II	
		Kapital	Årskostn.	Kapital	Årskostn.	Kapital	Årskostn.
Elektrodrift							
Tillkommer för lok och motorvagnar.	5,78	78.300	4.526	82.000	4.740	85.700	4.953
Avgår för inbesparade ånglok	5,78	77.800	4.497	82.600	4.774	87.400	5.051
motorvagnar	6,40	23.000	1.472	23.000	1.472	23.000	1.472
S:a besparingar i årskostn.			1.443		1.506		1.570
Dieseldrift							
Tillkommer för lok och motorvagnar.	6,40	133.400	8.538	139.500	8.928	145.600	9.318
Avgår för inbesparade ånglok	5,78	63.800	3.688	67.400	3.896	71.000	4.104
motorvagnar	6,40	23.000	1.472	23.000	1.472	23.000	1.472
S:a besparingar i årskostn.			—3.378		—3.560		—3.742
Elektrodrift e. o.							
Tillkommer för lok och motorvagnar.	5,78	78.300	4.526	82.000	4.740	85.700	4.953
Avgår för inbesparade ånglok	5,78	63.800	3.688	67.400	3.896	71.000	4.104
motorvagnar	6,40	23.000	1.472	23.000	1.472	23.000	1.472
S:a besparingar i årskostn.			634		628		623

7. Underhållskostnader.

Genom övergång ifrån ång- till elektrodrift uppstå avsevärda besparingar på kontot för lokomotivens underhåll. Detta framgår av följande, ur svensk statistik hämtade uppgifter. Dessa hänföra sig å ena sidan till det ånglok, litt. B, som under många år utgjort ryggraden i det svenska ånglokbeståndet, å andra sidan till det elektrolok, litt. D, som i avseende på elektrolokparken intagit en analog position.

B-loket är, liksom D-loket, en all-round-maskin. Ifråga om kraftutveckling förhålla sig de båda loktyperna till varandra ungefärligen så som det danska ångloket litt. E förhåller sig till det lok av typen 1'C1', litt. Da, som tänkts skola ersätta detsamma.

Enär uppgifter om lokparkens storlek vid Sveriges Statsbanor numera icke offentliggöras, ha i nedanstående tabell i stället för lokantal insatts relationstal, angivande förhållandet mellan antalet lok av de båda typerna. Dessa relationstal ha bildats med utgångspunkt ifrån år 1938, då av i tjänst varande lok antalet D-maskiner var fem gånger större än antalet B-maskiner. Det sistnämnda antalet har satts till 100, varefter övriga antalsuppgifter proportionerats fram med ledning av de kända verkliga lokantalen. Bortsett ifrån denna omräkning äro alla i tabellen införda uppgifter direkt anslutna till statistiken.

Det framgår av tabellen, att ångloken under åren 1930—32 voro flera än elektroloken. Därefter inträder en omkastning. Elektrolokens antal stiger, medan ånglokens antal avtager. År 1938 uppnås den förut omtalade antalsrelationen 5 : 1. Under följande år, präglade av en kraftigt svällande trafik, sättas allt flera lok i tjänst. Anskaffningen av nya elektrolok hämmas emellertid av krigsförhållandena. Antalsrelationen förskjutes härigenom i sådan riktning, att elektroloken bliva något mindre dominerande. År 1950 förhåller sig antalet elektrolok till antalet ånglok som 3,4 : 1.

År	Antal lok (relation)		Km/år per lok		Underh. kostn. sv. öre/km		Kostnadsrelation
	litt B	litt D	litt B	litt D	litt B	litt D	B : D
1930	170	106	68.713	107.596	22,4	9,8	2,3
1932	170	128	68.063	102.038	22,5	9,9	2,3
1934	156	279	66.863	109.354	17,6	8,1	2,2
1936	141	436	70.701	113.370	18,4	8,9	2,1
1938	100	500	76.948	125.123	24,0	9,7	2,5
1940	121	505	70.105	125.326	21,6	11,9	1,8
1942	138	550	42.747	139.445	32,3	13,2	2,4
1944	130	575	42.241	138.981	41,2	14,2	2,9
1946	170	575	54.424	143.041	35,7	14,9	2,3
1948	167	586	49.684	146.642	48,7	14,6	3,3
1950	174	597	44.234	148.286	48,4	15,1	3,2

Från och med år 1942 försämras utnyttjningen av ångloken. Under det att de tidigare löpt i medeltal 68.000—76.900 km per maskin och år, sjunker medeltalet för åren 1942—50 till 42.200—54.400 km per maskin och år. Detta sammanhänger av allt att döma med den år 1942 genomförda elektrifieringen av norra stambanan, genom vilken ångloken undanträngdes ifrån en linje med stora avstånd och livlig trafik.

I motsats härtill förbättras utnyttjningen av elektroloken under hela den tidsperiod, som tabellen omfattar. År 1930 löpte D-loken i medeltal 107.600 km per maskin, år 1950 kommo de upp i 148.300 km per maskin.

Till följd av allmän prisstegring växa underhållskostnaderna per lokkilometer oavlåtligen alltifrån år 1934. Detta gäller såväl ång- som elektroloken. Kostnaderna påverkas icke märkbart av förekommande variationer i lokutnyttjningen. För hela perioden 1930—46 håller sig nämligen relationen mellan underhållskostnaderna för ång- och elektroloken tämligen konstant omkring medelvärdet 2,3. Först under åren 1948 och 1950 rubbas denna balans, i det att ångloken då uppvisa en 3,2 à 3,3 gånger högre underhållskostnad än elektroloken.

Av det anförda skulle man kunna draga den slutsatsen, att förhållandet 2,3 : 1 är att betrakta som en normal relation mellan underhållskostnaderna för ång- och elektrolok, men att avsevärda avvikelser ifrån normalvärdet kunna förekomma.

Det är påtagligt, att besparingarna i underhållskostnad måste bliva större än de ovan angivna, om en mycket gammal ånglokpark utbytes emot en ny elektrolokpark, eller om i stället för en mängd olikartade, delvis svaga ånglok, insättas ett fåtal, enhetligt utförda, rationellt underhåll möjliggörande elektrolok, vilka bliva utsatta för små påfrestningar i förhållande till sin slitstyrka och prestationsförmåga.

Då både det ena och det andra skulle komma att inträffa på Själland, om dess huvudbanor blevo elektrifierade, har man anledning att där räkna med ett större relationstal än 2,3. Hur långt man bör gå, är däremot ovisst. Det kan därför vara rådligt att icke överskrida de gränser, som framkommit i den framlagda statistiken. Med en försiktig tillämpning av denna räknas i det följande med relationen 2,5 : 1.

Genom successiva omflyttningar skulle på Själland insatta elektrolok komma att slå ut de äldsta, i underhåll dyraste, vid DSB befintliga ångloken. Elektroloken skulle härigenom medföra en besparing i underhållskostnad, större än den, som framkommer, om elektrolokens underhållskostnader jämföras med underhållskostnaden i medeltal för befintliga ånglok. Med bortseende ifrån denna omständighet läggas här de nämnda medelkostnaderna till grund för kalkylationen.

Enligt av Traktionsudvalget lämnade uppgifter uppgår den aktuella medelkostnaden för underhåll av danska ånglok till omkr. 44 d. öre per lokkilometer. För elektroloken skulle kostnaden, såsom ovan påvisats, komma att understiga 44 : 2,5 eller ca 18 d. öre/km. Detta synes så mycket mera sannolikt som Daloket utvecklats under noggrant beaktande av underhållstekniska synpunkter och därigenom blivit avsevärt billigare i underhåll än de äldre D-maskiner,

som voro upptagna i tabellen här ovan. Hittills framkomna resultat peka på en kostnadsreduktion av storleksordningen 30%. Håller loktypen, vad den lovar, kommer den att slå alla rekord i låga underhållskostnader.

Vid ett lokkilometertal för tågloken av $5{,}375 \cdot 10^6$ km per år bör sålunda genom övergång ifrån ång- till elektrodrift kunna förväntas en årlig besparing i lokunderhåll, uppgående till: $5{,}375 \cdot 10^6$ (0,44 — 0,18) = 1.397.500 d. kronor. Härtill skulle för växelloken komma en ungefärligen lika stor besparing per km eller för 13 lok, löpande i medeltal ca 30.000 km/år, $13 \cdot 30.000 \cdot 0{,}26$ = 101.400 d. kr/år. Elektrifieringen skulle sålunda på kontot för lokunderhåll redan under inledningsskedet medföra en sammanlagd årlig besparing av omkr. 1.498.900 d. kr. Vid expanderande drift skulle besparingen växa.

En övergång till dieseldrift skulle icke få analog verkan. Såsom i en föregående redogörelse visats, giva nämligen amerikanska erfarenheter vid handen, att ång- och dieselelektriska lok av jämförlig kapacitet draga ungefärligen lika stora underhållskostnader, även om underhållsarbetet för dieselloken rationaliseras till det yttersta. Orsaken härtill är att tillskriva diesellokens komplicerade byggnad och behov av minutiös tillsyn.

Av underhållskostnaderna för dieselmotorvagnar belöpa sig omkr. 50% på den maskinella utrustningen. Genom övergång till elektrodrift vinnes i avseende på denna utrustning tillnärmelsevis samma fördelar, som ovan omtalats i samband med loken. Med approximativ riktighet torde det därför kunna antagas, att underhållskostnaden för motorvagnar, som f. n. håller sig omkring 40 d. öre/km, efter genomförd elektrifiering skulle sjunka till ca (20 + 20 : 2,5) = 28 d. öre/km.

Vid en trafik, omfattande $2{,}7 \cdot 10^6$ motorvagnkm per år, skulle sålunda de genom elektrifiering uppnåeliga besparingarna i kostnad för underhåll av motorvagnar komma att uppgå till i runt tal: $2{,}7 \cdot 10^6$ (0,40 — 0,28) = 324.000 d. kr/år.

Den totala, genom övergång till elektrodrift påräkneliga besparingen i underhållskostnad för lok- och motorvagnar uppgår i enlighet med det ovanstående till 1.498.900 + 324.000 = 1.822.900 d. kronor per år.

Den angivna besparingen hänför sig till nuvarande trafikvolym. Skulle trafiken expandera, bleve vinsten större. En expansion tager sig vanligen uttryck i bl. a. förbättrad utnyttjning av dragkraften. Om trafiken växer, så att 57 elektrolok skulle behövas i linjetjänst (jfr sid. 18—21), finge man troligen räkna med, att av dessa lok skulle komma att uttagas 6 à 7 milj. lokkm per år. De elektriska växelloken skulle samtidigt, enligt på sid. 29—30 angivna förutsättningar, komma att prestera ca 450.000 lokkm per år. Förbleve motorvagnarnas andel i trafiken oförändrad, skulle besparingen inom den sektor av järnvägsdriften, som beröres av den ifrågasatta driftomläggningen, tydligen växa till omkr. $0{,}26\ (6 \cdot 10^6 + 450.000) + 324.000 = 2.001.000$ d. kronor per år.

De till dragkraften hänförliga *driftkostnaderna* behandlas i det följande i samband med övriga driftkostnader (se sid. 61—68).

III

KRAFTFÖRSÖRJNINGEN

I. System.

Ett lands krafttillgångar samt anläggningar för produktion och distribution av elektrisk energi tillvaratagas bäst, om kraftuttagen för olika ändamål samordnas. Härigenom åstadkommes en utjämning av belastningen, så att utnyttjningen av maskiner och ledningsnät blir den bästa möjliga, varjämte behovet av reserver nedbringas till ett minimum. En god samordning befrämjar låga kraftkostnader och god driftsäkerhet.

På grund av dessa förhållanden bör det förutsättas, att kraftbehovet för den ifrågasatta elektriska bandriften på Själland skulle komma att tillgodoses genom uttag från de därvarande, för den allmänna kraftförsörjningen avsedda elektriska anläggningarna.

De nämnda anläggningarna äro trefasiga. För bandriften bör däremot användas enfasström, enär kostnaderna för banelektrifieringen eljest skulle bli orimligt höga. Till följd härav uppstår frågan, om kraftuttagen för bandriften böra ske enfasigt eller trefasigt via trefas-enfas-omformare. I det förra fallet skulle för bandriften användas 50-periodig ström, i det senare vore valet av frekvens mera fritt, ehuru detsamma av praktiska skäl borde stanna vid frekvensen $16^2/_3$ per/sek.

De överväganden och konsekvenser, vartill dessa alternativ leda, ha nyligen blivit behandlade i ett par skrifter, nämligen dels av Karsberg i en översikt, benämnd: »Railway electrification with $16^2/_3$ and 50 cycle current«, dels av undertecknad i den förut omtalade sammanställningen: »Die Eisenbahnelektrifizierung in ihren technischen und wirtschaftlichen Grundzüge«. De synpunkter, som sålunda blivit framlagda, återgivas kortfattat i det följande.

Genom direktuttag av 50-periodig enfasström ifrån trefasnätet förenklas utrustningen i järnvägarnas inmatningspunkter och omformningsförluster undvikas i dem. Trefasnätet blir däremot snedbelastat. Detta är ekonomiskt ogynnsamt och medför risk för teletekniska störningar, emanerande ifrån detta nät. Om snedbelastningen skall hållas inom rimliga gränser, måste olika delar av kontaktledningsnätet matas ifrån olika faser av trefassystemet.

En sådan uppdelning komplicerar driften. Den kan icke heller göras fullgod. Särskilt vid driftstörningar får man räkna med avsevärda snedbelastningar (E. G. sid. 42) och spänningsfall av besvärande varaktighet. Spänningsfallen förstoras av den med frekvensen växande impedansen. Under jämförbara förhållanden är impedansen vid 50 p/s dubbelt så stor som vid $16^2/_3$

p/s (E. G. sid. 41). Ett med 50-periodig ström matat kontaktledningsnät medför dessutom relativt svårartade teletekniska störningar, enär även dessa tilltaga med frekvensen.

På elektrolokens maskinutrustning utövar direktmatningen ogynnsamt inflytande. Traktionsmotorer, byggda för 50 p/s, äro vid jämförbar effekt mera volyminösa och mindre robusta än konventionella traktionsmotorer för lågperiodig enfasström eller likström. I samband med direktmatning införes därför gärna omformning på elektroloken, men detta är föga rationellt. I stället för ett fåtal, i inmatningspunkterna placerade stora omformare, vilka arbeta under gynnsamma betingelser och kunna väl utnyttjas, får man en mängd, på loken placerade småomformare eller likriktare, vilka arbeta under ogynnsamma betingelser, och icke låta sig så väl uttnyttjas. I lokomotiv installerade likriktare vålla dessutom teletekniska störningar med oberäknelig spridning. Icke minst för rundradion och televisionen kan detta verka besvärande.

Sker kraftuttagningen för bandriften trefasigt via i kontaktledningsnätets inmatningspunkter uppställda omformare, bortfalla eller minskas alla de ovannämnda, med direktmatningen förbundna olägenheterna, och vinnes dessutom den fördelen, att omformarna kunna utnyttjas för en idealisk spänningsreglering såväl på trefas- som enfasnätet. Båda nätens överföringsförmåga ökas härav. Omformarna i inmatningspunkterna ha även buffertverkan, så att de i elektrisk bandrift ofrånkomliga jordslutningarna icke bli märkbara på trefassidan. Sammantagna äro de nu antydda fördelarna så avsevärda, att man i allmänhet kan bortse ifrån den komplikation av utrustningen i inmatningspunkterna och den energiförlust, som omformarna vålla.

Frekvensfrågan har på senare tid tilldragit sig uppmärksamhet. Flera omständigheter ha medverkat härtill. Enfasmotorn har utvecklats så, att dess beroende av en låg frekvens blivit mindre än tillförne. På lok användbara likriktare ha framkommit. De trefasiga kraftöverföringsanläggningarna ha nått sådan styrka, att de i många fall förmå upptaga avsevärda enfasbelastningar. Kort sagt, tekniska möjligheter för bandrift med 50 p/s ha uppstått. En allsidig bedömning dämpar dock såsom ovan påvisats intresset för det nya. Söker man en lösning på bandriftproblemet, som är optimal för såväl järnvägar som kraftföretag och telekommunikationer, torde man i regeln icke finna den i 50-periodsystemet.

Den danska banelektrifieringens kraftförsörjningsproblem synes icke vara så särpräglat, att för lösningen av detsamma gälla andra riktlinjer än de ovan berörda. Betraktat i hela dess vidd ger problemet tvärt om fog för antagandet, att omformarsystemet skulle lämpa sig väl för danska förhållanden. Då det dessutom skulle underlätta internationella anknytningar och bereda Danmarks Statsbanor möjlighet att draga fördel av en långt driven utveckling, har systemet här förutsatts skola tillämpas vid den påtänkta elektrifieringen av huvudbanorna på Själland.

2. Kraftbehov.

Bandriftens kraftbehov bestämmes av terrängen och transporteffekten. Ju svårare terrängen är och ju snabbare tågen föras fram, desto större blir kraft-

förbrukningen per tonkm. Den drives även i höjden av täta tåguppehåll, enär dessa framtvinga bortbromsning av kinetisk energi.

Den för järnvägsdrift gynnsamma terrängen på Själland med stigningar av måttlig längd och av en branthet, icke överstigande 5‰, medför en relativt låg drivmedelskonsumtion. Detta är beaktansvärt icke minst vid närliggande jämförelser mellan danska och svenska förhållanden.

Den svenska järnvägsdriften har att kämpa med helt andra terrängsvårigheter än den danska. Långa stigningar äro i Sverige rikligen förekommande. På västra och södra stambanorna uppgå nivåskillnaderna till 220—350 m, på de norrländska linjerna till 500—600 m. Det normala stigningsförhållandet är i syd- och mellansverige 10‰, i nordsverige 17‰.

Skiljaktigheterna mellan de danska och svenska terrängförhållandena ha den verkan, att energiförbrukningen per tonkm är större i svensk än i dansk järnvägsdrift, när tåghastigheterna äro desamma.

Många danska och svenska tåg hålla tillnärmelsevis samma hastighet, men medelhastigheten för den samlade tågrörelsen i svensk elektrodrift är av förklarliga skäl högre än medelhastigheten för den samlade tågrörelsen i dansk ångdrift. Vid jämförelser mellan konsumtionen av elektrisk energi i den förra och av kol i den senare fordras därför icke blott en terräng- utan även en hastighetskorrektion för att jämförelserna skola bli rättvisande.

Ett fast underlag för bedömning av terrängens inflytande på drivmedelskonsumtionen erhålles lättast och säkrast genom traktionsmätningar. Bestämningar av det mekaniska arbete, som, uppmätt vid dragkroken på lokomotiven, måste av dem presteras per tonkm, när samma slags tåg med samma hastighet framföres över representativa sträckor, ge nämligen direktvisande resultat.

Jämförande mätningar av detta slag ha tyvärr icke blivit genomförda i Danmark och Sverige. Från linjen Uppsala—Gävle, vars kurv- och lutningsförhållanden äro likartade med huvudbanornas på Själland, finnas däremot resultaten av en serie dylika mätningar tillgängliga. Av dem framgår, att energiförbrukningen per tonkm på den nämnda linjen utgör ca 90% av medelförbrukningen per tonkm på samtliga elektrifierade linjer av Sveriges Statsbanor. Härav följer, att energiförbrukningen per tonkm vid elektrodrift på huvudbanorna på Själland skulle komma att understiga den svenska medelkonsumtionen med ca 10%. Det måste nämligen antagas, att en framtida dansk banelektrifiering icke skulle bli sämre utnyttjad än den nuvarande svenska.

Med bortseende från den i driftavseende speciella malmbanan, dvs. linjen Luleå—Riksgränsen, uppgick energikonsumtionen, uppmätt på omformarstationernas trefassida, för den svenska elektrodriften år 1952 till 1165 milj. kWh. Konsumtionen fördelade sig sålunda:

Egentlig tågdrift	933	milj. kWh
Rangeringsarbete	65	» »
Tåguppvärmning	105	» »
Div. andra ändamål	62	» »
Summa ..	1165	milj. kWh

Ur den förstnämnda posten framräknas vid 1952 års trafikvolym, $25.240 \cdot 10^6$ bruttotonkm (exkl. malmbanan), en specifik energiförbrukning för traktionsarbetet i egentlig tågdrift vid Sveriges Statsbanor av i medeltal 37 Wh per bruttotonkm. Vagnvikten i tågen uppgick då till i medeltal 358 ton. I Danmark är medelvagnvikten i tågen enligt ovan $2311 \cdot 10^6 : 8{,}075 \cdot 10^6 = 286$ ton.

I varje tåg adderar sig lokets egenvikt till vagnvikten. Lokets gångmotstånd är dock så mycket större än vagnarnas, att för framförandet av ett lok à 80 ton kräves samma arbete som för framförandet av 100 ton vagnvikt. Den resulterande medeltågvikten i Sverige och Danmark är sålunda i detta fall (100 + 358) resp. (100 + 286) ton. Med hänsyn härtill och till den lättare danska terrängen har man att i Danmark räkna med en specifik energiförbrukning för traktionsarbetet, uppgående till

$$\frac{358\ (100 + 286)}{286\ (100 + 358)} \cdot 37 \cdot 0{,}9 = 35{,}2 \text{ Wh/bruttotonkm}$$

och med ett energikvantum för tågrörelsen i dess helhet av

$$35{,}2 \cdot 2311 \cdot 10^3 = 81 \text{ milj. kWh/år.}$$

Vid intensiv rangering, utförd med elektriskt växellok åtgår, enligt vad verkställda undersökningar utvisat, en energimängd, uppmätt vid lokets strömavtagare av i medeltal 36,5 kWh per tjänstgöringstimme. För ett elektriskt linjelok, använt i rangeringsarbete, blir kraftkonsumtionen något större. Omräknad till trefassidan i omformarstationerna kan konsumtionen för växel- och linjelok tillsammantagna uppskattas till i genomsnitt 55 kWh per tjänstgöringstimme. Det ovan angivna rangeringsarbetet, (40.000 + 66.500) timmar, skulle sålunda medföra en kraftförbrukning av omkr. $106.500 \cdot 55 = 5.875.500$ eller, avrundat, 6 milj. kWh per år.

För vagnsuppvärmning förbrukas i Sverige ett energikvantum, utgörande i medeltal 11 % av energiförbrukningen för den egentliga tågdriften. Med hänsyn till skiljaktigheterna i dansk och svensk årsmedeltemperatur och i beaktande av den svenska elektrodriftens geografiska fördelning skulle motsvarande relationstal i Danmark sannolikt icke komma att överstiga 8,7 %. För huvudbanorna på Själland räknas i enlighet härmed med en energikonsumtion för vagnsuppvärmning av högst 7 milj. kWh per år.

Det påräkneliga behovet av energi för vagnsuppvärmning kan i viss mån kontrolleras, om det hänföres till trafikmängden, uttryckt i personvagnaxelkm. I Sverige åtgår i medeltal 65 kWh per 1000 personvagnaxelkm och år. I Danmark skulle motsvarande konsumtionstal, på grund av det blidare klimatet, sannolikt komma att hålla sig omkr. 52 kWh. För huvudbanorna på Själland, med en trafik, omfattande ca $114.000 \cdot 10^3$ personvagnaxelkm per år, skulle sålunda, med denna utgångspunkt, energibehovet för vagnuppvärmning kunna väntas stanna vid ca 6 milj. kWh/år. Härav framgår, att det förut angivna energibeloppet, 7 milj. kWh/år, torde vara rikligt. Detta belopp vidhålles i det följande.

Vid Sveriges Statsbanor användes energi, inköpt för bandriftändamål i stor utsträckning för belysning, verkstadsdrift, lokaluppvärmning etc. Dylik för-

brukning väntas icke skola uppkomma i Danmark, enär den därför erforderliga kraftdistributionen redan är i huvudsak ordnad. En överflyttning av de ifrågavarande kraftuttagen till bandriftanläggningarna blir följaktligen beroende av en kostnadsavvägning. Här skjutes denna på framtiden.

Sammanställas de ovan framkomna uppgifterna, erhålles följande tablå över behovet av *trefaskraft* för den ifrågasatta elektrodriften på Själland:

Egentlig tågdrift	81	milj. kWh/år
Rangering	6	» »
Vagnsuppvärmning.....	7	» »
Summa: ..	94	milj. kWh/år

Riktigheten i de ovan relaterade summariska beräkningarna av energibehovet styrkes av tidigare redovisade kalkyler. Dessa baserades på kännedom om trafikens fördelning på olika linjer och tågslag samt på den för varje tågslag karakteristiska energiförbrukningen. Den sistnämnda beräknades därvid ur formler, justerade till att överensstämma med den vid Sveriges Statsbanor konstaterade energiförbrukningen i elektrisk tågdrift. De sålunda framkomna resultaten måste följaktligen korrigeras för att bli tillämpliga på danska förhållanden.

Av de nämnda detaljundersökningarna framgick, att för elektrodriften på Själlands huvudbanor skulle erfordras fyra omformarstationer, lämpligen placerade i Hellerup, Holbæk, Ringsted og Nykøbing, och att de okorrigerade, på dessa stationer fallande enfasbelastningarna skulle fördela sig sålunda:

Hellerup	34,7	milj. kWh/år
Holbæk	5,7	» »
Ringsted	40,2	» »
Nykøbing	7,8	» »
Summa:	88,4	milj. kWh/år

Omräknas dessa belastningar till trefaskraft, efter en erfarenhetsmässigt känd årsmedelverkningsgrad av 85%, och införes därefter »terrängkorrektion« enligt ovan angivna grunder, framkommer en total trefaskonsumtion av 93,5 milj. kWh/år. Den överensstämmer som synes väl med den ovan framlagda, mera summariska bedömningen.

En god hushållning med energien är givetvis av betydelse för elektrodriftens ekonomi. Betydelsen får dock icke överskattas. En långt driven sparsamhet med energi utarmar nämligen elektrodriften och gör dess fördelar illusoriska. Ur denna synpunkt sett är det riktigare att i en förhandskalkyl räkna med en relativt stor kraftkonsumtion än med en sådan, hållen i underkant.

I anslutning till de ovan framlagda kalkylationsresultaten antages behovet av trefaskraft för elektrodriften på Själlands huvudbanor uppgå till 94 milj. kWh per år. Enligt pålitliga erfarenhetsrön skulle denna energikvantitet komma att motsvaras av en maximal kvarttimmeseffekt av högst 22.000 kW och en utnyttjningstid av omkr. 4.300 timmar per år.*

* Jfr. Thelander: Der elektrische Eisenbahnbetrieb in Schweden (1954) sid. 27-31.

För den ång- och motorvagnsdrift, som skulle bortfalla i händelse den ifrågavarande elektrifieringen bleve genomförd, uppgives den årliga drivmedelsförbrukningen uppgå till omkr. 110.000 ton kol och ca 1600 ton dieselolja. Evalveras oljan i lokomotivstenkol enligt amerikanska beräkningsgrunder (1,0 ton olja = 8 ton kol) skulle 1600 ton dieselolja motsvaras av 12.800 ton kol. I europeisk järnvägsdrift hanteras kolet mera varsamt. Här räknas därför i anslutning till föregående utredningar med relationen 1,0 ton olja = 6,0 ton kol, vilken leder till en evalverad kolmängd av 9.600 ton och till en totalkonsumtion av bränsle, likvärdig med ca 120.000 ton kol per år.

Härav framgår, att varje förbrukad kilowattimme i den planerade elektrodriften skulle motsvaras av ca 1,3 kg kol i nuvarande drift. Ekvivalenstalet är relativt lågt. Detta tyder på en i genomsnitt stor kvalitativ skillnad mellan den drift, som är, och den elektrodrift, som ifrågasättes skola komma. Det kan därför förväntas, att den sistnämnda skulle medföra en mer än vanligt gynnsam omgestaltning av trafikförhållandena.

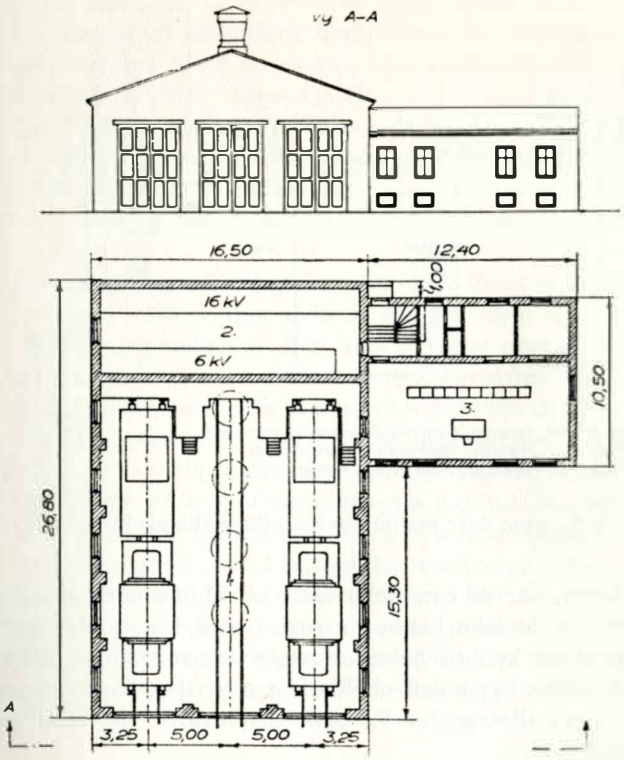
Hur kolkonsumtionen skulle ställa sig för en ångdrift, arbetande på elektrodriftens hastighetsplan låter sig icke med säkerhet bedömas. Erfarenheten, bestyrkt av grundliga utredningar, har visat, att mot ett traktionsarbete, som under sådana förhållanden kan åstadkommas med 1,0 kWh trefaskraft, brukar svara en kolkonsumtion av storleksordningen 2,0 kg. Ju högre fordringarna ställas, desto större blir den relativa kolförbrukningen.

Det ligger därför ingen överdrift i antagandet, att en på Själlands huvudbanor rationellt utnyttjad elektrodrift, medförande en årlig konsumtion av trefaskraft av 87 milj. kWh för traktion och 7 milj. kWh för vagnsuppvärmning, icke skulle kunna ersättas med ångdrift med mindre än att kolkonsumtionen bleve av storleksordningen 200.000 ton/år. Denna spekulation giver en god uppfattning om elektrodriftens betydelse för bränsleekonomien, men är eljest huvudsakligen av teoretiskt intresse. En med elektrodriften jämngod ångdrift skulle nämligen icke kunna åstadkommas.

Konsumtionen av brännolja i dieseldrift förhåller sig till kraftkonsumtionen i elektrodrift sålunda, att emot 1,0 kWh trefaskraft svarar 0,2 à 0,3 kg olja. Variationerna bero på transporteffekten. Här räknas med genomsnittsvärdet 0,23 kg olja per kWh. Mot en kraftförbrukning av 94 milj. kWh förutsättes sålunda svara en kvantitet dieselolja om 21.600 ton.

Förhållandet mellan drivmedelsförbrukningen i elektro- och dieseldrift är givetvis icke konstant. Det uppvisar variationer, beroende på mer eller mindre hård körning, på banans beskaffenhet, på tågrörelsens sammansättning och på klimatets växlingar såväl ifrån trakt till trakt som ifrån år till år. Jämförelser, som redan på grund härav äro svåra att genomföra, kompliceras ytterligare av bristande synkronism i variationerna.

Den här valda omräkningsfaktorn, 0,23, är sålunda intet allmängiltigt tal. Den har emellertid framsprungit ur visserligen förenklade men på enhetliga, till reella driftförhållanden anknutna bedömningsgrunder. Den förlänas härav fasthet och infogas i ett för olika driftarter gällande omräkningssystem, som icke kan brytas utan att erfarenhetsmässigt vunna resultat åsidosättas. Trots detta upptages frågan om det inflytande, som variationer i drivmedelsförbrukning-



1 = maskinhall
2 = ställverk
3 = kontrollrum
Batterirum i källarvåning
under kontrollrummet

Fig. 8. Omformarstation med plats för 3 st. mobila omformare.

en skulle utöva på här framlagda slutsatser i den översikt, varuti denna redogörelse utmynnar.

3. Omformarstationsutrustning.

I de ovannämnda omformarstationerna skulle enligt förut framlagda utredningar behöva installeras sammanlagt 6 st. omformare var och en dimensionerad för att kontinuerligt avgiva en enfaseffekt av 5.800 kVA och för att tåla kortvariga belastningar intill ca 8.000 kVA. Av dessa omformare skulle 2 st. placeras i Hellerup och Ringsted samt 1 st. i Holbæk och Nykøbing. Härutöver borde lämpligen tillkomma 2 st. reservomformare, vadan totalantalet skulle komma att uppgå till 8 st.

Samtliga aggregat utföras mobila. Fördelarna härav äro betydande. Omflyttningar kunna lätt verkställas. Reserverna kunna insättas, där de för tillfället bäst behövas. Alla mera arbetskrävande underhållsarbeten kunna för-

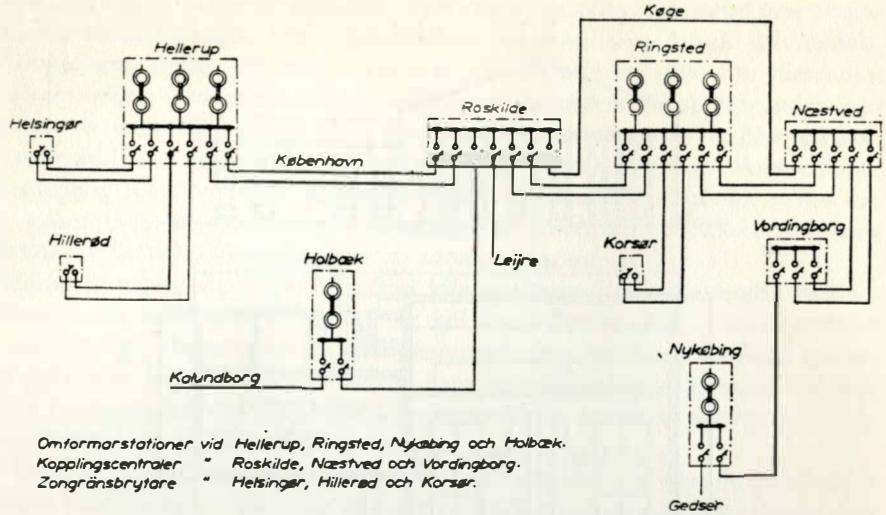


Fig. 9. Schema över matningssystem för Själlands huvudbanor.

läggas till verkstad, där de rationellt bedrivas. Omformarstationsbyggnaderna förenklas i det att de icke behöva utrustas med lyftanordningar, vidlyftiga maskinfundament och kylluftschakt, krävande källarutrymme. För att reservaggregaten skola kunna hysas och obehindrat utnyttjas, förses varje omformarstation med en uppställningsplats för omformare utöver det antal, som erfordras för den reguliära driften.

I omformarstationerna inrymmes, utom omformaraggregaten, ställverksutrustning för inkommande trefas- och utgående enfasström, kontrollrum samt övriga för stationernas övervakning och drift behövliga anordningar och lokaliteter.

Omformarstationerna böra normalt samarbeta, så att spänningsfallen och energiförlusterna bli så små som möjligt. Kontaktledningsnätet bör i anledning härav förses med strömbrytare, som automatiskt uppdela (sektionera) nätet vid inträdande störningar. Dylika brytare kunna antingen, såsom enstaka s. k. zongränsbrytare, anordnas för stolpmontage eller, sammanförda till större grupper, uppställas i särskilda byggnader, kopplingsstationer.

Automatbrytarnas användbarhet vidgas, om de göras fjärrstyrda ifrån omformarstationerna. De kunna i så fall betraktas som en del av den till dessa stationer hörande ställverksutrustningen. Med hänsyn härtill behandlas omformarstationerna och de automatiska sektioneringsströmbrytarna anläggningstekniskt i ett sammanhang. I kostnadsavseende göres däremot sådan uppdelning, att till kostnader för energiens omformning endast hänföras kostnader, förbundna med själva omformarstationerna.

Enligt ovanstående schema fig. 9 skulle för huvudbanorna på Själland erfordras 3 st. enkla zongränsbrytare samt 3 st. kopplingsstationer med sammanlagt 15 st. automatbrytare. Zongränsbrytarna placeras i Helsingör, Hilleröd och Korsör, kopplingsstationerna i Roskilde, Næstved och Vordingborg.

4. Anläggningskostnader.

Prislägets inverkan på anläggningskostnaderna för omformar- och kopplingsstationer har påvisats i förut framlagda kostnadsberäkningar, vilka dock icke sträckte sig längre än till år 1952. Därefter har, såsom ovan omtalats, ett allmänt prisfall inträtt. Under den senare delen av år 1953 har detta varit särskilt framträdande. De förut redovisade anläggningskostnaderna måste därför justeras. De kräva emellertid korrektion också av den anledningen, att förskjutningar inträtt i det planerade utförandet. Härom må följande kortfattade orientering lämnas.

Omformarstationerna, som tidigare tänkts skola förses med vissa källarlokaler, ha befunnits kunna utföras utan sådana. Det har visat sig, att den ifrån omformaraggregaten avgående kylluften kan effektivt undanföras medelst mera okomplicerade anordningar än de ursprungligen planerade. Den utrustning, som hittills kombinerats med *varje* linjeströmbrytare för 16 kV i syfte att möjliggöra automatisk linjeprovning efter inträdd jordslutning, göres nu gemensam för *en grupp* sådana brytare. Fjärrstyrning i egentlig mening införes endast för zongränsbrytare, medan kopplingsstationernas automatiska strömbrytare kombineras med lokal fjärrstyrning, manövrerad på telefonorder.

Dessa förenklingar medföra välkomna kostnadsbesparingar, utan att avkall därför göres på högt ställda driftsäkerhetskrav. Det må särskilt nämnas, att man i avseende på zongränsbrytare, kopplingsstationer och fjärrstyrning erhåller anordningar av delvis högre standard än den, som under mångårig, intensiv och vittutbredd svensk elektrodrift visat sig vara fullt tillfredsställande.

Anläggningsdel	Kostnad 1000-tal sv. kronor		
	Materiel	Byggn.- o. mont. arb.	Summa
Omformarstationer:			
Husbyggnader inkl. spåranordn.			
2 st. med plats för tre omformare	720	480	1.200
2 » » » » två »	480	320	800
Omformaraggregat 8 st.	7.200	—	7.200
Matarkablar	350	50	400
Övrig elektrisk utrustning	950	250	1.200
Summa 1000-tal sv. kronor:	9.700	1.100	10.800
Kopplingsstationer:			
Husbyggnader	240	160	400
Elektrisk utrustning	480	120	600
Zongränsbrytare:			
Strömbrytarutrustning	80	20	100
Apparatur för fjärrstyrning	480	120	600
Summa 1000-tal sv. kronor:	1.280	420	1.700

Att under inledningsskedet gå längre i Danmark synes icke befogat, detta så mycket mindre, som en successiv, efter framväxande behov anpassad utbyggnad är lätt att genomföra.

I anslutning till det nu nämnda framkomma de på omstående sida sammanställda, i *svenska* kronor angivna, vanliga säkerhetsmarginaler inkluderande kostnaderna.

De till fjärrstyrningsapparaturen hörande teletekniska förbindelserna, vilka under ovan angivna förutsättningar bliva föga kostnadskrävande, inkluderas i järnvägens telefonkablar (se sid. 73).

En överflyttning av de ovanstående kostnaderna till den danska marknaden är förenad med vissa svårigheter. Skulle upplysningsofferter infordras från danska industriföretag, finge man säkerligen bereda sig på relativt höga anbud, enär många av de efterfrågade produkterna f. n. icke ingå i den danska industriens tillverkningsprogram. Härtill skulle komma det kända förhållandet, att ingen industri är sinnad att upplysningsvis binda sin prissättning vid ett undre gränsvärde. Hur detta kan inverka exemplifierades nyligen på ett slående sätt av prisbildningen på Da-loken, vilka vid förhandsförfrågningar hösten 1952 uppgåvos kosta 895.000 sv. kr/st. för att ett år senare vid en av Sveriges Statsbanor gjord seriebeställning betinga ett pris av 750.000 sv. kr/st. Då hade visserligen det allmänna, ovan omtalade prisfallet börjat göra sig gällande, men dess inflytande var av mindre betydelse än övergången ifrån allmänna spekulationer till en konkret, av reguliära förhandlingar föregången affär av stora mått.

Denna och liknande erfarenheter giva vid handen, att upplysningsofferter, i all synnerhet upplysningsofferter från företag, som icke äro inarbetade i den ifrågavarande produktionen, utgöra en osäker grundval för prisöversättningar. Ett mera tillförlitligt resultat vinnes med största sannolikhet, om man, med utgångspunkt ifrån verkliga, säkert kända marknadspriser, söker bedöma, hur olika förhållanden inverka på dem och hur de förändras vid överflyttning från en marknad till en annan.

Vill man genom en tankeoperation av ovan antytt slag överflytta i Sverige tillämpade priser på omformarstationer, kopplingsstationer och zongränsbrytare till Danmark, kan man antaga, att elektriska maskiner och apparater importeras ifrån Sverige, medan framställningen av byggnadsmaterial samt allt byggnads- och montagearbete åstadkommes med i Danmark tillgängliga resurser.

Gör man vidare det antagandet, att de danska statsbanorna täcka sitt behov av importerad materiel genom direkta inköp ifrån vederbörande producenter, och att dessa affärer, i principiell överensstämmelse med förfaranden, rekommenderade av den internationella järnvägsorganisationen ORE (OFFICE DE RECHERCHES ET D'ESSAIS) kombineras med Sveriges Statsbanors, böra priserna kunna pressas så långt under de eljest gällande, att de med importen förenade omkostnaderna kompenseras. Här bortses då ifrån eventuell tull, vilken icke utgör någon reell merkostnad för staten-importören.

Under ovanstående förutsättningar kommer priset i Danmark på den elektriska maskin- och apparatutrustningen att tillnärmelsevis motsvara det svenska priset, omräknat i danska kronor efter officiell valutakurs, här antagen till 100 sv. kronor = 135 d. kronor.

Kostnaderna för i Danmark utförda prestationer låta sig icke lika enkelt överflyttas från svensk till dansk marknad. Betydande skillnader föreligga nämligen mellan svensk och dansk lönenivå, lönestruktur och produktivitet.

Det är i allmänhet svårt att jämföra löner i olika länder, enär förefintlig statistik sällan är så uppställd, att den ger möjlighet till direkta jämförelser. Detta gäller även för två varandra så närstående stater som Sverige och Danmark.

I syfte att en genomsnittlig relation mellan löner, som i detta sammanhang äro av intresse, skall kunna bestämmas, har här nedan sammanställts några ur de båda ländernas senast (år 1952) offentliggjorda lönestatistik hämtade uppgifter, avseende medeltimförtjänst, inkl. semesterlön och andra förmåner, för vuxna manliga arbetare.

Sverige	sv. kronor
Arbetare i mek. verkstäder	4,15
Arbetare i elektrot. industri	4,11
Väg- och vattenbyggnadsarbetare	5,45
Elektr. installationsarbetare	4,28
Rörledningsarbetare	4,48
Grovarbetare i byggn. industrien	4,94
Murare » » »	6,37
Träarbetare » » »	5,65

Timförtjänsterna för de uppräknade kategorierna variera som synes mellan 4,11 och 6,37 sv. kronor. Räknar man med ett ovägt, aritmetiskt medeltal av samtliga ovanstående löner, kommer man fram till ett belopp av 4,93 eller, avrundet, 4,90 sv. kronor per timme.

Danmark	d. kronor
Faglærte arbejdere:	
Elektrikere	4,18
Smede og maskinarbejdere	4,50
Murersvende	4,92
Tømrersvende	4,45
Ufaglærte arbejdere:	
Jord- og betonarbejdere	4,20
Murerarbejdsmænd	4,12
Jern- og metallarbejdere	3,82
Isoleringsmontører	4,73

Timförtjänsten för dessa arbetarkategorier varierar som synes mellan 3,82 och 4,92 d. kronor. Medeltalet, bestämt på ovan angivet sätt, stannar vid 4,37 eller, avrundat, 4,35 d. kronor.

Relationen mellan dansk och svensk i resp. stats egen valuta utgående medellön skulle enligt denna summariska bestämning vara 4,35 : 4,90 = 0,89. Den danska, i danska kronor bestämda genomsnittslönen utgör med andra ord 89% av den i svenska kronor bestämda, svenska medellönen.

Med utgångspunkt ifrån detta resultat skulle man, genom att helt enkelt

införa en omräkningsfaktor, 0,89, kunna till dansk marknad och i danska kronor överföra en i Sverige känd, i svenska kronor mätt arbetskostnad. Man måste emellertid då förutsätta, att produktiviteten per arbetstimme är densamma i Danmark och Sverige, vilket den icke gärna kan vara. Den relativt sett högre lönenivån i Sverige skulle nämligen icke kunna upprätthållas, om icke den svenska kvantitativa produktionen per arbetstimma vore större än den danska.

Denna skillnad i produktivitet behöver icke ha sin grund i en skillnad i arbetstakt. Den förklaras sannolikt av den rikligare kapitalutrustning i form av maskiner, verktyg, etc, som de svenska arbetarna ha till sin disposition, och som tager sig uttryck bl. a. i det förhållandet, att antalet inom industrien för omedelbar drift installerade effektiva hästkrafter per industriarbetare är mer än dubbelt så stort i Sverige som i Danmark (ca 7 hkr i Sverige emot 3 hkr i Danmark år 1948). Utvecklingen emot höggradig mekanisering har i Sverige på senare år gått mycket raskt. Det danska näringslivet har däremot haft att kämpa med utomordentliga, av krigiska förvecklingar vållade svårigheter.

Inom verksamhetsområden, som i mindre grad än de industriella bero av kapitaltillgångens storlek, torde någon större skillnad mellan svensk och dansk produktivitet icke föreligga. En banelektrifiering innesluter i sig arbeten av många olika slag. Bortsett ifrån framställningen av industriprodukter, fordras betydande arbetsinsatser i samband med husbyggnader, stolpsättning, montage etc. Dessa arbeten kunna drivas rationellt med ganska enkla, föga kapitalkrävande medel. Kostnaden för dem verkar i varje fall på intet sätt avskräckande i samband med elektrifieringsföretag av större omfattning. I här föreliggande fall kan därför produktiviteten inom de grenar av elektrifieringsverksamheten, som icke tillhöra industrien, förutsättas bli lika god i Danmark som i Sverige. Vid omräkning av kostnaden för dylika arbeten skulle man sålunda, med anknytning till det ovan framlagda siffermaterialet, kunna hålla sig till relationstalet 0,89. Metoden ger likväl fog för vissa erinringar.

Det första steget emot en utbredd banelektrifiering är alltid förenat med särskilda svårigheter. En ny organisation skall uppbyggas. Arbetsledare och arbetare skola sätta sig in i för dem nya uppgifter. Ett naturligt urval av personal skall komma till stånd. Riktlinjer och bestämmelser för arbetets genomförande skola utformas. Under inledningsskedet vållas härav en stagnation, som återverkar på kostnaderna och har tendens att driva dem i höjden. Först efter något års verksamhet kan elektrifieringsmaskineriet beräknas vara kapabelt att arbeta med full effekt och god verkningsgrad.

Elektrifieringen av huvudbanorna på Själland borde, rationellt driven, kunna genomföras på tre år, räknat ifrån den tidpunkt, då den egentliga byggnadsverksamheten igångsättes. Om det försiktigtvis antages, att startsvårigheterna skulle nedsätta effektiviteten under det första och andra byggnadsåret till i medeltal 50 resp. 75% av den normala, skulle byggnadstiden förlängas ifrån 36 till 45 månader eller i relationen 45 : 36 = 1,25.

Denna tidsförlängning skulle med säkerhet ha sin grund i svårighet att snabbt nog åstadkomma både en kvantitativt tillräcklig och en kvalitativt tillfredsställande organisation. Endast de kvalitativa bristerna påverka med säkerhet produktionskostnaderna. Det är därför osannolikt, att emot den angivna för-

längningen i arbetstid skulle svara en proportionellt lika stor stegring i arbetskostnad. Här räknas likväl med sådan proportionalitet. Den enligt ovan framlagt siffermaterial till 4,35 d. kr/h uppskattade medelkostnaden för i Danmark utfört arbete ökas härigenom till 4,35 · 1,25 = 5,44 d. kr/h, och omräkningsfaktorn för överflyttning av kända svenska arbetskostnader till dansk marknad växer ifrån förut angivet tal, 0,89, till 5,44 : 4,90 = 1,11 eller, avrundat, till 1,10. Ökningen är att betrakta som ett vid fortgående elektrifiering bortfallande ineffektivitetstillägg.

De aktuella relationstal, som man bör kunna använda vid en omräkning av kostnaden för en banelektrifiering i Sverige till danska förhållanden, skulle sålunda bli följande:

För industriprodukter 100 sv. kronor = 135 d. kronor
För arbetsprestationer 100 sv. kronor = 110 d. kronor

Resonemang, sådana som de ovan förda, kunna givetvis kritiseras. De föra emellertid fram till sannolika resultat och i varje fall till resultat, som icke låta sig med större säkerhet härledas medelst andra metoder.

Omräknas de i det föregående i svenska kronor angivna anskaffningskostnaderna för omformarstationer med tillhörande utrustning till danska kronor enligt sålunda framkomna normer, erhålles följande kostnadssammanställning.

Anläggningsdel		Kostnad 1000-tal d. kronor	
Omformarstationer:			
Husbyggnader inkl. spåranordn.			
Materialkostnad	1.200 · 1,35	1.620	
Arbetskostnad	800 · 1,10	880	2.500
Elektrisk utrustning			
Materialkostnad	8.500 · 1,35	11.475	
Montagekostnad	300 · 1,10	330	11.805
Summa 1000-tal d. kronor			14.305
Kopplingsstationer och zongränsbrytare:			
Husbyggnader			
Materialkostnad	240 · 1,35	324	
Arbetskostnad	160 · 1,10	176	500
Elektrisk utrustning			
Materialkostnad	1.040 · 1,35	1.404	
Montagekostnad	260 · 1,10	286	1.690
Summa 1000-tal d. kronor			2.190

Efter det att ovanstående kostnader beräknats och överflyttats ifrån svensk till dansk marknad har i Danmark genomförts kostnadsberäkning, gällande omformarstationernas husbyggnader. Det visade sig därvid, att en stationsbyggnad med plats för två resp. tre omformaraggregat skulle, inkl. spåranordningar, kosta 560.000 resp. 670.000 d. kronor. För samtliga stationsbyggnader uppgingo alltså de i Danmark beräknade kostnaderna till 2.460.000 d. kronor.

Summan skiljer sig som synes helt obetydligt ifrån den ovan angivna. Denna får därför, till undvikande av betydelselösa justeringar i efterföljande kalkyler, kvarstå oförändrad.

5. Kapitaltjänstkostnader.

Husbyggnader, ingående i de elektriska bandriftanläggningarna, förutsättas skola utföras i tegel eller betong. Avskrivningstiden för dem bör då, enligt gängse praxis, bestämmas till 50 år. Elektriska maskiner och apparater avskrivas på 30 år. Räntefoten antages utgöra 4%.

Under dessa förutsättningar uppstå följande årskostnader för förräntning och amortering av det kapital, som investeras i omformar- och kopplingsstationer med tillhörande utrustning.

		Årskostnad 1000-tal d. kronor	
Omformarstationer:			
Husbyggnader	2.500 · 0,0466	116,50	
El.utrustning	11.805 · 0,0578	682,33	798,83
Kopplingsstationer och zongränsbrytare:			
Husbyggnader	500 · 0,0466	23,30	
El.utrustning	1.690 · 0,0578	97,68	120,98
Summa 1000-tal d. kronor.....			919,81

6. Underhållskostnader.

Underhållskostnaderna för omformarstationer uppgå enligt vad erfarenheten utvisat vid nuvarande (år 1953) prisläge till i runt tal 25.000 sv. kronor per station och år. Kostnaderna fördela sig på material och arbete i sådan proportion, att materialkostnaderna kunna antagas utgöra ca 15.000, arbetskostnaderna ca 10.000 sv. kronor per år.

Vid överflyttning av dessa kostnader till dansk marknad bör det beaktas, att underhållsarbetet är fortlöpande. På längre sikt påverkas det sålunda icke av den nedsatta effektivitet, som gör sig gällande under en inledningsperiod. Till följd härav användes lämpligen vid överflyttning av ifrågavarande arbetskostnad den förut omtalade omräkningsfaktorn 0,89.

För omformarstationerna på Själland kan man i anledning härav räkna med en årskostnad av omkr.

$$4(15.000 \cdot 1{,}35 + 10.000 \cdot 0{,}89) \cong 120.000 \text{ d. kronor.}$$

Underhållskostnaderna för zongränsbrytare och kopplingsstationer behandlas i det följande i samband med kostnaderna för kontaktledningsnätets underhåll.

7. Driftkostnader.

Den vid omformarstationerna placerade personalen har till uppgift att övervaka dels stationerna, dels kontaktledningsnätet. Den sistnämnda uppgiften är den mest krävande, i all synnerhet för stationschefen (ledningsmästaren) och hans ersättare. Till utgiftskontot för stationsövervakning hänföras därför per omformarstation endast 25% av omkostnaderna för en ledningsmästare samt

härutöver omkostnader för fyra befattningshavare i lägre grad. Med hänsyn härtill och i beaktande av det aktuella (år 1953) danska löneläget skulle de årliga övervakningskostnaderna för de fyra omformarstationerna på Själland komma att uppgå till ungefärligen följande belopp:

Ledningsmästare	d. kronor	20.000
Annan personal	»	200.000
Summa	d. kronor	220.000

En reduktion av dessa kostnader kan åstadkommas genom förenklad övervakning. Omformarstationernas elektriska utrustning är tillräckligt automatiserad och deras säkerhetsanordningar tillräckligt pålitliga för att så skall kunna ske. Vid Sveriges Statsbanor vunnen erfarenhet av sådan drift är uteslutande god. Man har där i vissa fall tagit steget fullt ut genom att anordna obemannade, helt fjärrstyrda omformarstationer.

De utöver personal- och underhållskostnaderna tillkommande driftutgifterna för omformarstationerna äro obetydliga. De totala driftutgifterna för omformarstationerna på Själland torde därför icke komma att överstiga 240.000 d. kronor per år.

8. Totale omformningskostnader.

I enlighet med det ovanstående skulle de årliga totalkostnaderna för *omformning* av den för bandriften på Själland behövliga energien komma att sammansättas sålunda:

Kapitaltjänstkostnader	d. kronor	798.830
Underhållskostnader	»	120.000
Driftkostnader	»	240.000
Summa	d. kronor	1.158.830

Vid en konsumtion av 94 milj. kWh trefasenergi skulle omformningskostnaden komma att uppgå till 1,23 d. öre/kWh. Kapaciteten hos den omformarstationsutrustning, varmed ovan räknats, är emellertid tillräcklig, för att konsumtionen, utan att driftsäkerheten nedsättes, skulle kunna växa till åtminstone 120 milj. kWh trefaskraft per år. Omformningskostnaden sjunker i så fall till 0,97 d. öre/kWh.

9. Kraftkostnader.

a. *Allmänt.*

En förhandsbedömning av påräkneligt kraftpris försvåras av den försiktighet, som intresserade parter av naturliga skäl måste iakttaga under förberedande diskussioner. Dessa skola ju — om kraftleverans skall komma till stånd — efterföljas av reguliära förhandlingar. Med tanke härpå kan den säljande parten icke på förhand framlägga förslag, innebärande ett optimalt tillmötesgående. Lika litet kan det ligga i den köpande partens intresse att, redan innan han kommer till förhandlingsbordet, precisera ståndpunkt och framlägga alla

de omständigheter, varpå denna grundas. Förhandsdiskussioner av kraftpris resultera därför i regel i kostnader, liggande över dem, som i verkligheten skulle uppstå.

De preliminära diskussionerna rörande kraftkostnaderna för den ifrågasatta elektriska bandriften på Själland ha i stort sett verifierat riktigheten av de iakttagelser, som ovan relaterats. Det torde därför icke vara lönt att genom fortsatta, till intet förpliktande överläggningar försöka föra frågan vidare framåt. Man får nöja sig med att objektivt väga kända fakta emot varandra för att bilda sig en uppfattning om resultat, som böra vara försvarliga.

Den danska, på ångkraftverk baserade produktionen av elektrisk energi, är känd för att arbeta med god ekonomi. Man har inrättat sig för att i stor utsträckning utnyttja sekunda bränslen och gör detta framgångsrikt. Bekräftelse härpå har givits vid förhandlingar om inköp av norsk vattenkraft, då prissättningen å dansk sida förutsatts skola anpassas efter de faktiska kostnader, varmed energiproduktionen i Danmark påvisats vara förenad. (Jfr rapport från den dansk-norsk-svenska kraftkommittén av den 18 december 1949).

Alla danska ångkraftverk äro icke lika ekonomiska. Detta är emellertid i förevarande sammanhang av underordnat intresse. Bandriften skulle medföra ett nytt avsättningsområde för kraften och det vore långt ifrån otänkbart, att den danska staten skulle finna det vara lämpligt att i samband med en banelektrifiering förskaffa sig ökat inflytande på kraftförsörjningsområdet genom att bygga ett eget kraftverk, samarbetande med de privatägda och matande i stort sett samma ledningsnät som dessa. Ett sådant arrangemang är på intet sätt verklighetsfrämmande. Det utgör i själva verket ett mycket vanligt inslag i modern kraftförsörjning.

Även om man icke skulle vilja slå in på denna väg i Danmark, så är emellertid därmed icke sagt, att bandriften såsom tillträdande kraftkonsument av stora mått skulle förmenas att i fullt mått tillgodoräkna sig fördelarna av den rationella utbyggnad av kraftproduktionsapparaten, vartill den skulle ge anledning. Kraftgenereringen för bandriften bör med andra ord förutsättas skola ske under ekonomiskt goda betingelser.

Frågan om den danska statens eventuella medverkan i kraftproduktionen synes i övrigt icke böra influera på bedömningen i nuvarande stadium på annat sätt, än att kapitalinvesteringen i nya, för bandriften behövliga kraftanläggningar förutsättes kunna ordnas på villkor, gällande för den statliga affärsrörelsen i allmänhet. Detta antagande kan ock vara rimligt ur den synpunkten, att staten icke bör träffa avtal, medförande överförräntning eller annan vinst för enskilda företag, förrän det blivit utrett, huru ekonomien skulle utfalla för en med statsmedel helt finansierad banelektrifiering. I enlighet med detta resonemang tillämpas i det följande den räntefot om 4 %, som lagts till grund för övriga, här framlagda kalkyler.

Ett förhållande, som komplicerar bedömningen av ett skäligt kraftpris för de danska järnvägarna, är den möjlighet, som föreligger för de danska kraftföretagen att inköpa svenskt vattenkraftöverskott. Hittills inköpta energimängder av detta slag (angivna i årsberättelser från den svenska Centrala Driftledningen) ha visserligen icke spelat någon större roll i den danska kraftför-

sörjningen, men indicier föreligga, tydande på en utveckling i riktning emot växande krafttillskott ifrån Sverige. För närvarande förstärkes sålunda det svenska kraftöverföringssystemet i Skåneområdet avsevärt därigenom, att stamlinjenätet för 380 kV utsträckes dit, varjämte de danska kraftföretagen enligt uppgift utlägga ytterligare en 130 kV kabel över Öresund. De svenska kraftutbyggnaderna äro vidare så stora, att man i slutet av 1950-talet räknar med relativt goda marginaler i vattenkraft. (Jfr uppgifter härom i de senaste årens statsverkspropositioner.) Följden härav måste med tiden bli den, att allt större belopp överskottskraft kunna ställas till Danmarks förfogande. Denna uppfattning stödes av iakttagelsen, att den svenska kraftexporten till Danmark på sistone avsevärt utvidgats, ehuru överföringsanläggningarnas begränsade kapacitet ännu verkar återhållande.

Det vore icke orimligt, om en kraftavnämare av så allmän nyttokaraktär som järnvägarna i Danmark gåves förtursrätt till den svenska överskottskraften. Då denna endast tillhandahålles, då vattentillgången är god, skulle prioriteten emellertid icke direkt minska kraftutbyggnaderna i Danmark men troligen medföra en icke oväsentlig besparing i energikostnaderna. Hänsyn härtill bör tagas, då kraftpriset diskuteras.

Det torde aldrig ha undersökts, huruvida på svensk sida intresse skulle föreligga att för driften av de danska järnvägarna teckna fasta kraftkontrakt. Ett motiv för en sådan uppgörelse vore måhända att finna i de förbättrade kontinentalförbindelser, vartill elektrifieringen av de danska järnvägarna skulle leda, och varav Sverige skulle få del. Med hänsyn till extraordinära förhållanden vid krigstillfällen o. d. finge man väl även i detta fall i Danmark genomföra vissa kraftutbyggnader för järnvägarnas räkning, men en utredning om kraftpriset torde icke kunna anses fullständig, förrän alternativet prövats.

Mot bakgrunden av ovanstående allmänna resonemang göres här nedan ett försök att beräkna skälig kraftkostnad vid elektrifiering av järnvägarna på Själland. Det förutsättes härvid, att järnvägarna erhålla förtursrätt till svensk överskottskraft, men att kraftbehovet för järnvägsdriften i övrigt täckes av de danska ångkraftverken.

b. *Effektkostnad.*

Det torde vara ostridigt, att en belastningsökning om 94 MkWh/år, vilken vid en utnyttjningstid av 4.300 h/år motsvaras av en effekt av högst 22.000 kW, måste medföra en ökning av effekten i de danska ångkraftverken. Tillgängliga varaktighetskurvor över den svenska järnvägsbelastningen visa emellertid, att en belastning av denna art kännetecknas av en relativt kortvarig spets. Redan vid en varaktighet om 500 h/år har den sålunda nedgått till ca 75% och vid 1000 h/år till ca 70% av max. effekten. Att viss sammanlagring med övrig belastning erhålles är därför sannolikt. Densamma kan dock icke exakt fastställas utan mera ingående undersökningar. Mot ett antaget värde på »överlagringsfaktorn« av 0,85 torde dock inga större erinringar kunna resas.

Om man förutsätter, att den nya ångkrafteffekten anskaffas i befintliga kraftverk, torde man kunna räkna med en anläggningskostnad av högst 670 d. kronor/kW, vari då kan anses ingå upptransformeringsanläggning till 50

resp. 130 kV. Motsvarande kostnader för förräntning och amortering av anläggningskapitalet samt för administration, drift och underhåll av anläggningarna torde kunna uppskattas till 10% av kapitalinsatsen. Årskostnaden per kW blir sålunda ca 67 d. kronor, vilket värde med hänsyn till sammanlagringen enligt ovan reduceras till 67 × 0,85 = 57 d. kronor/kW och år.

Till ovanstående effektkostnad får läggas viss kostnad för reservhållning. I fackpressen brukar denna kostnad vid höga utnyttjningstider (ca 6.000 h/år) uppskattas till ca 20% av effektkostnaden. I föreliggande fall, då belastningens utnyttjningstid är relativt låg (4.300 h/år) och ångkraftverken kunna beräknas få relativt långa stillestånsperioder (vid leverans av svensk vattenkraft), är denna siffra för hög. Det torde vara rimligt att här välja värdet 15%. Gör man så, blir effektkostnaden 1,15 × 57 = 65,5 d. kronor/kW.

Utslås ovanstående effektkostnad på den totalt levererade energimängden, beräknad vid en utnyttjningstid av 4.300 h, erhålles såsom slutresultat en effektkostnad = *1,53 d. öre/kWh* räknat vid uppspänning i ångkraftverken.

c. *Energikostnad.*

En uppskattning av energikostnaden får ske med utgångspunkt från olika bränslepriser. Det är härvid lämpligt att utgå från priset på stora ångkol såsom varande det bränsle, som skulle sparas, om den nuvarande ångdriften på Själlands huvudbanor erstattes med elektrodrift. Värmeinnehållet i ett kg stora ångkol kan överslagsmässigt sättas till 7.000 kcal. För produktion av en kWh i ett modernt ångkraftverk åtgår icke mer än ca 2.300 kcal eller ca 0,30 kg av ifrågavarande högvärdiga bränsle.

I beaktande av såväl ovan angivna synspunkter som banelektrifieringens framåtsyftande karaktär kan det vara berättigat att här räkna med denna goda bränsleutnyttjning, ehuru de danska ångkraftverken av idag icke arbeta med så hög verkningsgrad. Denna utgångspunkt kräver emellertid, att den inverkan, som fluktuationer i kraftpriset utöva på banelektrifiieringens räntabilitet, upptages till diskussion i det följande.

Att direkt med utgångspunkt ifrån kolpriset och de angivna värdena på värmeinnehåll och verkningsgrad beräkna energikostnaderna för kraftgenerering i Danmark vore icke korrekt. De danska ångkraftverken äro nämligen i allmänhet inrättade för att eldas med de sekunda engelska bränslena slack och slurry i kombination med tung bunkerolja (C-olja). Denna anordning torde komma att bestå för lång tid framåt. I vilken omfattning energikostnaden härigennom reduceras är svårt att bedöma, men även vid en så stor antagen oljetillsats som 40% räknat i värmeenheter torde vid nuvarande officiella prisförhållanden mellan de olika bränslena en energikostnad om ca 70% av den på basis av priset för stora ångkol uträknade kunna erhållas.

Med ovanstående utgångspunkter kan energikostnaden i de danska ångkraftverken beräknas efter formeln 0,7 × 0,30 × K, där K är priset per kg stora ångkol. Uppskattningen ger då det resultat, som angives på följande sida.

Såsom redan framhållits, bör viss del av energien kunna täckas genom svenskt vattenkraftöverskott, för den händelse järnvägarna beviljas förtursrätt därtill. För sådan kraft måste man förutsätta en lägre energikostnad än den, som ovan

Pris för stora ångkol d. kronor/ton	Energipris d. öre/kWh
80	1,68
90	1,89
100	2,10
110	2,31
120	2,52

framräknats, ty i annat fall skulle de danska kraftföretagen icke ha intresse av att mottaga överskottskraften. Hur mycket lägre pris, som vid varje tillfälle kan uppnås, blir beroende på förhandlingar mellan de svenska och danska kraftföretagen. Man får därför nöja sig med en uppskattning. Här antages, att energipriset för vattenkraft ligger vid ca 85% av det vid samma tidpunkt gällande priset på ångkraft.

En summarisk uppskattning av vattenkraftleveransens omfång kan byggas på det faktum, att från Sverige och Danmark under senare år överförts energibelopp, uppgående till i runt tal 150 MkWh/år. Denna överskottskraft har hittills huvudsakligen varit tillgänglig under lågbelastningsperioder, företrädesvis under månaderna april, maj, juni, juli och augusti, då överskottskraften stått till förfogande under sammanlagt ca. 2.300 h. Gör man det försiktiga antagandet, att ingen överskottskraft skulle kunna erhållas under annan tid än den nämnda, och tänker man sig vidare, att järnvägsbelastningen bleve jämnt fördelad på årets olika timmar, skulle järnvägarnas andel i överskottskraften komma att utgöra 94 (2.300:8.760) eller ca 25 MkWh. Man finner sålunda, att av den energikvantitet av 94 MkWh per år, vilken tänkes förbrukad vid järnvägarna på Själland, ca 25 MkWh borde kunna täckas med vattenkraft från Sverige.

Med hänsyn till de inledningsvis omnämnda möjligheterna till ökade framtida svenska kraftleveranser torde detta värde kunna höjas icke oväsentligt. Redan år 1953 uppnådde leveranserna storleksordningen 300 MkWh/år. De ha också i viss mån ändrat karaktär, i det att, i jämförelse med tidigare leveranser, en större del av dem kunnat fullgöras på annan tid än lågbelastningstid. Om man för framtiden räknar med, att 30% av järnvägsenergien kan uttagas i form av vattenkraftöverskott från Sverige, torde man icke överdriva.

Under ovanstående förutsättningar betr. fördelningen mellan vatten- och ångkraft blir den vägda energikostnaden:

$$\frac{70\ K_{ånga} + 30\ K_{vatten}}{100} \text{ d. öre/kWh,}$$

där $K_{ånga}$ = energikostnad för ångkraft i d. öre/kWh, se ovan,

K_{vatten} = kraftpris för överskottskraft
(varvid K_{vatten} generellt anses vara $0{,}85 \times K_{ånga}$ d. öre/kWh).

Såsom slutresultat av ovanstående resonemang erhålles följande energikostnad:

Pris för stora ångkol d. kronor/ton	Energipris d. öre/kWh
80	1,61
90	1,81
100	2,01
110	2,21
120	2,41

d. *Överföringskostnad.*

De på ovanstående sätt framräknade kraftpriserna gälla vid ångkraftverkens samlingsskenor för 50 resp. 130 kV. För kraftens överföring till omformarstationerna erfordras i första hand ett tillägg för förlusttäckningen, vilket uppskattas till 5%. Detta värde torde vara rikligt med hänsyn till den reaktiva energiproduktionen i omformarna, men här räknas likväl med detsamma. Härutöver tillkomma kostnader för sådan förstärkning av överföringssystemet, som förr eller senare blir ofrånkomlig. Räknar man med ett medelöverföringsavstånd om 50 kilometer, torde en 130 kV ledning kosta ca 3,5 M d. kronor och kunna överföra ca 75 MW. Årskostnaden för ledningen, omfattande ränta och avskrivning samt administration, drift och underhåll, torde, vid antagen räntefot, icke överstiga 9% eller 315.000 d. kronor/år, vilket belopp, fördelat på den överförda effekten, ger en överföringskostnad om ca 4 d. kronor/kW och år. Härtill kommer kostnaden för transformering mellan 130(50) och 6 kV, vilken kan uppskattas till 6 d. kronor/kW. Den sammanlagda överförings- och transformeringskostnaden skulle sålunda uppgå till 10 d. kronor/kW och år, eller, fördelad på totalenergien, till högst 0,23 d. öre/kWh vid 6 kV.

e. *Sammanfattning av kraftkostnaderna.*

Ovanstående schematiska beräkning av råkraftkostnaden vid elektrifiering av de danska järnvägarna ger följande resultat:

	Pris för stora ångkol d. kronor/ton				
	80	90	100	110	120
Effektkostnad d. öre/kWh	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53
Energikostnad d. öre/kWh (inkl. 5% förluster)	1,69	1,90	2,11	2,32	2,53
Överföringskostnad d. öre/kWh	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Summa d. öre/kWh	3,45	3,66	3,87	4,08	4,29

Den genomförda beräkningen baserar sig på självkostnadsprincipen. Bortsett ifrån vissa säkerhetsmarginaler innefattar den sålunda ingen vinst utöver

den antagna förräntningen om 4% på investerat kapital. Frågan om eventuella vinstpålägg behandlas i annat sammanhang (se sid. 87).

De i det föregående angivna omformarstationsutrustningarna ha tillräcklig kapacitet för att ett kraftbelopp intill ca 120 milj. kWh/år skall kunna med fullgod driftsäkerhet mottagas och utmatas på kontaktledningsnätet.

Vid expanderande drift förbättras utnyttjningen. Vid en kraftkonsumtion av resp. 94, 110, 115 och 120 milj. kWh/år har man erfarenhetsmässigt att räkna med resp. 4.300, 4.400, 4.430 och 4.450 timmars utnyttjningstid.

I beaktande härav uppstå under i övrigt oförändrade förutsättningar följande totala kostnader för trefaskraft, levererad i omformarstationerna vid 6 kV spänning:

Kraftkvantitet MkWh/år	Kraftkostnad d. öre/kWh vid ett pris för stora ångkol av d. kronor/ton				
	80	90	100	110	120
94	3,45	3,66	3,87	4,08	4,29
110	3,41	3,62	3,83	4,04	4,25
115	3,40	3,61	3,82	4,03	4,24
120	3,38	3,59	3,80	4,01	4,22

Den resulterande kraftkostnaden, exkl. kraftleverantörernas vinst, framkommer, om till kostnaden för inköpt trefaskraft adderas ovan framräknad omformningskostnad.

10. Drivmedelskontots debet och kredit.

Av det föregående har framgått, att i den nuvarande järnvägsdriften på Själlands huvudbanor förbrukas ca 110.000 ton kol och ca 1.600 ton dieselolja per år. Det har påvisats, att i en alternativ, intensiv elektro- resp. dieseldrift skulle förbrukas ca 94 milj. kWh resp. 21.600 ton dieselolja. Kostnaden för den elektriska energien har även avhandlats.

Noteringarna på kol och dieselolja ligga icke i någon fast relation till varandra. På lång sikt torde dock en allmän prishöjning inverka på dem båda. Med hänsyn härtill och med utgångspunkt ifrån några kända, korresponderande noteringar antages priset på dieseloljan följa kolpriset, såsom framgår av nedanstående tabell. I denna har även angivits en analog prisserie för smörjolja av den kvalitet, SAE-30, som användes i dieseldrift.

	Kostnad i d. kronor per ton				
Kol	80	90	100	110	120
Dieselolja	205	225	245	265	285
Smörjolja, SAE-30	700	750	800	850	900

Kostnaden för rullagerfett är, per viktsenhet räknat, i genomsnitt ca 3 gånger högre än kostnaden för dieselsmörjolja (vägt medeltal). Denna brukar å andra sidan betinga ett pris, ungefärligen dubbelt så högt som medelpriset på de i ångdrift använda smörjmedlen.

Om, såsom ett första alternativ, i det följande betecknat »alt. A«, antages, att den *nuvarande* driften på Själlands huvudbanor skulle nedläggas och ersättas med elektro- eller dieseldrift, uppstode följande förändringar i kostnaderna för de egentliga drivmedlen:

Bortfaller	Bortfallande årskostnader: 1000-tal d. kronor vid ett kolpris i d. kronor/ton av				
	80	90	100	110	120
110.000 ton kol	8.800	9.900	11.000	12.100	13.200
1.600 » dieselolja	328	360	392	424	456
Summa:	9.128	10.260	11.392	12.524	13.656

Tillkommer	Tillkommande årskostnader: 1000-tal d. kronor vid ett kolpris i d. kronor/ton av				
	80	90	100	110	120
I elektrodrift:					
94 MkWh trefaskraft	3.243	3.440	3.638	3.835	4.033
Omformning (sid. 55)	1.159	1.159	1.159	1.159	1.159
Summa:	4.402	4.599	4.797	4.994	5.192
I dieseldrift:					
21.600 ton dieselolja	4.428	4.860	5.292	5.724	6.156

Motsvarande besparingar vid övergång ifrån ång- till elektro- resp. dieseldrift framkomma ur nedanstående sammanställning:

Driftart	Förändring i årskostnad: 1000-tal d. kronor vid ett kolpris i d. kronor/ton av				
	80	90	100	110	120
Bortfaller.....	9.128	10.260	11.392	12.524	13.656
Tillkommer:					
i eldrift	4.402	4.599	4.797	4.994	5.192
i dieseldrift.....	4.428	4.860	5.292	5.724	6.156
Besparing:					
i eldrift	4.726	5.661	6.595	7.530	8.464
i dieseldrift.....	4.700	5.400	6.100	6.800	7.500

Förutsättes i ett andra alternativ, betecknat »alt. B«, den elektriska utrustningens kapacitet bliva så väl utnyttjad, att årskonsumtionen av energi ökas till ca 120 milj. kWh/år, finge man räkna med, att den motsvarande kvantiteten dieselolja skulle uppgå till omkr. 27.600 ton. Om den nuvarande ångdriften skulle följa med i en sådan trafikexpansion, komme kolkonsumtionen i densamma sannolikt icke att understiga 160.000 ton per år vid oförändrat inslag av dieseldrift. Ur dessa förutsättningar härledes följande balansräkning:

Bortfaller	Bortfallande årskostnader: 1000-tal d. kronor vid ett kolpris i d. kronor/ton av				
	80	90	100	110	120
160.000 ton kol	12.800	14.400	16.000	17.600	19.200
1.600 » dieselolja	328	360	392	424	456
Summa:	13.128	14.760	16.392	18.024	19.656

Tillkommer	Tillkommande årskostnader: 1000-tal d. kronor vid ett kolpris i d. kronor/ton av				
	80	90	100	110	120
I elektrodrift:					
120 MkWh trefaskraft.....	4.056	4.308	4.560	4.812	5.064
Omformning av d:o.....	1.159	1.159	1.159	1.159	1.159
Summa:	5.215	5.467	5.719	5.971	6.223
I dieseldrift:					
27.600 ton dieselolja	5.658	6.210	6.762	7.314	7.866

I detta fall uppstå här nedan angivna besparingar:

Driftart	Förändring i årskostnad: 1000-tal d. kronor vid ett kolpris i d. kronor/ton av				
	80	90	100	110	120
Bortfaller.....	13.128	14.760	16.392	18.024	19.656
Tillkommer:					
i eldrift	5.215	5.467	5.719	5.971	6.223
i dieseldrift.....	5.658	6.210	6.762	7.314	7.866
Besparing:					
i eldrift	7.913	9.293	10.673	12.053	13.334
i dieseldrift.....	7.470	8.550	9.630	10.710	11.790

Smörjmedelskonsumtionen är i elektrodrift mycket låg, om loken och motorvagnarna helt utrustas med rullager. Den överstiger i så fall icke 150 gr per 100 lok- och motorvagnkm. Då samtliga lager på moderna elektromotorvagnar, liksom på lok litt. Da i dess senaste utförande, äro rullager, gäller den nämnda konsumtionen för dessa fordon.

I dieseldrift är smörjmedelsförbrukningen övervägande beroende av motorbelastningen och brukar därför till denna del ställas i relation till förbrukningen av dieselolja. För övrigt beror smörjmedelsåtgången av tillryggalagd vägsträcka. Här räknas för enkelthetens skull med en sammanlagd smörjmedelskonsumtion, utgörande 2% av förbrukad dieseloljekvantitet.

Ångloken kräva icke så riklig smörjning som dieselloken, men de konsumera likväl avsevärda mängder smörjmedel av olika slag för olika maskindelar. Förbrukningen varierar med det konstruktiva utförandet och belastningen. I genomsnitt kan man erfarenhetsmässigt räkna med en oljeåtgång av omkr. 50 gram per lokkm.

Med utgångspunkt ifrån dessa uppgifter och under beaktande av traktionsarbetets omfattning och fördelning på linjelok, växellok och motorvagnar kan årskonsumtionen av smörjmedel tillnärmelsevis uppskattas. Följande resultat framkomma:

Alt. A (vid nuvarande trafikvolym).

I nuvarande driftform:

för ånglok	290 ton/år
för motorvagnar	32 »

I elektrodrift:

för lok och motorvagnar	13 ton/år

I dieseldrift:

för lok och motorvagnar	432 ton/år

Alt. B (vid utökad trafikvolym).

I nuvarande driftform:

för ånglok	380 ton/år
för motorvagnar	32 »

I elektrodrift:

för lok och motorvagnar	16 ton/år

I dieseldrift:

för lok och motorvagnar	552 ton/år

Efter denna kalkyls tillkomst har Traktionsudvalget meddelat, att smörjmedelsförbrukningen i ångdrift är större än kalkylen utvisar. Då det emellertid är osäkert, om Traktionsudvalget utgått ifrån samma förutsättningar rörande driftomläggningens begränsning, som i det föregående angivits (sid. 29—30),

och då en snävt beräknad smörjmedelskonsumtion i ångdrift endast har den verkan, att en övergång till elektro- eller dieseldrift kommer att kalkylatoriskt framstå såsom något mindre fördelaktig än den i verkligheten skulle bliva, vidhållas i det följande ovanstående konsumtionstal.

Förutsättes priset på *smörjmedel* variera såsom ovan angivits, framkommer följande balansräkning.

Driftart	Förändring i årskostnad: 1000-tal d. kronor vid ett kolpris i d. kronor/ton av				
	80	90	100	110	120
Alternativ A					
Bortfaller	124	133	142	151	160
Tillkommer:					
i eldrift	27	29	31	33	35
i dieseldrift	302	324	346	367	389
Besparing:					
i eldrift	+97	+104	+111	+118	+125
i dieseldrift	—178	—191	—204	—216	—229
Alternativ B					
Bortfaller	156	167	178	189	200
Tillkommer:					
i eldrift	34	36	38	41	43
i dieseldrift	386	414	442	469	497
Besparing:					
i eldrift	+122	+131	+140	+148	+157
i dieseldrift	—230	—247	—264	—280	—297

I drivmedelskonsumtionen ingår även *vattenförbrukning*. I ångdrift är denna betydande, eftersom vattnet är det bärande mediet för energiomvandlingen på loken. I dieseldrift erfordras vatten endast för dieselmotorernas kylning samt för generering av ånga, använd för vagnsuppvärmning. Förbrukningen blir härigenom relativt obetydlig, men ändock så stor, att vattengivningsanordningar måste bibehållas. De kunna ibland bli tämligen komplicerade, nämligen för det fall att tillgängligt vatten icke utan särskild preparering lämpar sig för motorkylning. I den amerikanska dieseldriften lägges stor vikt vid kylvattnets beskaffenhet.

En beräkning av kostnaderna för vattengivning i ång- och dieseldrift måste baseras på lokala undersökningar. Då sådana icke blivit genomförda, uppskattas årskostnaderna i alt. A till 200.000 resp. 25.000 d. kronor och i alt. B till 250.000 resp. 30.000 d. kronor för ång- resp. dieseldriften. Den senare medför i så fall, jämförd med den förra, en årlig besparing på vattenkontot av i alt. A 175.000, i alt. B 220.000 d. kronor.

Besparingarna skulle i verkligheten komma att bero av förhållandet mellan de fasta och rörliga kostnader, varmed vattengivningen är förenad. Då de förra, bestämda av utgifter för vattenstationernas drift och iståndhållande, torde överväga, kan det ifrågasättas, om en övergång ifrån ång- till dieseldrift skulle leda till så stora besparingar som de ovan angivna. Kalkylationen gives emellertid sådan uppställning, att en efterkorrektion i denna punkt lätt kan genomföras, om anledning härtill skulle uppkomma.

I elektrodrift bortfalla alla utgifter för lokens vattenförsörjning. Under här gjorda antaganden bli sålunda de motsvarande besparingarna för denna driftart i alt. A 200.000, i alt. B 250.000 d. kronor.

Sammanställas *samtliga*, vid övergång ifrån ång- till elektro- eller dieseldrift uppstående förändringar i kostnaderna för driftförnödenheter, framkommer följande tablå:

Besparing i	Besparing i årskostnad i 1000-tal d. kronor vid ett kolpris i d. kronor/ton av:				
	80	90	100	110	120
Alternativ A					
Elektrodrift:					
Drivmedel	4.726	5.661	6.595	7.530	8.464
Smörjmedel	97	104	111	118	125
Vatten	200	200	200	200	200
Summa:	5.023	5.965	6.906	7.848	8.789
Dieseldrift:					
Drivmedel	4.700	5.400	6.100	6.800	7.500
Smörjmedel	—178	—191	—204	—216	—229
Vatten	175	175	175	175	175
Summa:	4.697	5.384	6.071	6.759	7.446
Alternativ B					
Elektrodrift:					
Drivmedel	7.913	9.293	10.673	12.053	13.433
Smörjmedel	122	131	140	148	157
Vatten	250	250	250	250	250
Summa:	8.285	9.674	11.063	12.451	13.840
Dieseldrift:					
Drivmedel	7.470	8.550	9.630	10.710	11.790
Smörjmedel	—230	—247	—264	—280	—297
Vatten	220	220	220	220	220
Summa:	7.460	8.523	9.586	10.650	11.713

Av tablån framgår, att besparingarna på drivmedelskontot vid antagen relation mellan priset på kol och dieselolja växa hastigare för elektrodriften än för dieseldriften, när kolpriset stiger. En extrapolering visar vidare, att de båda driftarterna, jämförda med ångdriften, medföra ungefärligen samma besparing i drivmedelskostnader, när kolpriset håller sig omkring 60 d. kronor/ton. Besparingen uppgår då i alt. A till omkr. 3,5, i alt. B till omkr. 5,5 milj. d. kronor/år.

I stort sett torde de framkomna resultaten väl återspegla de realiteter, varpå denna utredning blivit byggd. Vissa förutsättningar kunna likväl diskuteras. Det må sålunda framhållas, att, i ljuset av amerikansk erfarenhet, den beräknade kostnaden för smörjmedel i dieseldrift ter sig låg i relation till ångdriftens, samt att dieseloljan måhända borde ha åsatts något högre konsumtionspris. Kostnaden för vattenförsörjningen ingår dessutom såsom en mera osäker post.

Om felbedömning i dessa hänseenden skulle föreligga, så torde den dock icke förrycka jämförelsen. Smörjmedlens och vattnets förhållandevis ringa andel i totalkostnaden för driftförnödenheterna blir nämligen än mindre utslagsgivande, då den ställes i relation till de samlade driftkostnaderna, och priset på dieseloljan och konsumtionen av densamma torde i verkligheten variera i tillräckligt hög grad för eventuella misstag i den angivna prissättningen må antagas kunna bliva utjämnade.

II. Lokpersonal.

Enligt uppgift, lämnad av Traktionsudvalget, äro 202 lokförare och 204 eldare engagerade i den ångdrift, som nu ifrågasättes skola omställas till elektrodrift. Udvalget har vidare meddelat, att den nämnda personalkategorien efter driftomläggningen beräknas skola omfatta endast 140 förare. Fullständig enbemanning tänkes bliva genomförd.

Driftomläggningen skulle i enlighet med vad nu nämnts komma att medföra en personalreduktion av 406—140 = 266 man. Motorvagnar, som redan i nuvarande trafik framföras av ensam förare, skulle givetvis icke i avseende på bemanningen röna någon påverkan av driftomläggningen.

Med utgångspunkt ifrån dessa uppgifter och under antagande, att det med elektrolok utförda rangeringsarbetet skulle få i det föregående angiven omfattning (sid. 29—30), kan man bilda sig en föreställning om den av driftomläggningen berörda lokpersonalens nuvarande och blivande fördelning. Ett överslag ger följande resultat:

Tjänst	Antal					
	Förare		Eldare		Summa man	
	Nuvarande	Blivande	Nuvarande	Blivande	Nuvarande	Blivande
På linjelok.....	135	100	135	—	270	100
På växellok.....	35	35	35	—	70	35
Klargöringsarb.	32	5	34	—	66	5
Summa:	202	140	204	—	406	140

I elektrodrift gäller regeln, att alla lok, som icke framföra snälltåg och som icke med en och samme förare tillryggalägga längre sträcka än 160 km, enbemannas. Regeln utformas väl i sina detaljer på olika sätt inom olika järnvägsföretag, men den är till sitt huvudinnehåll så allmänt erkänd, att den obestridligen borde bli tillämplig i dansk elektrodrift. Den av Traktionsudvalget angivna personalreduktionen förmodas hava grundats på regeln ifråga, ehuru den påräknade, fullständiga enbemanningen tyder på en avancerad tolkning av densamma.

Enbemanningen av lok kan icke drivas lika långt i diesel- som i elektrodrift. Tendensen går, åtminstone på vissa ledande håll, i motsatt riktning. Järnvägar i USA med högt utvecklad dieseldrift redovisa sålunda för denna ett större behov av lokpersonal än det i ångdrift av motsvarande kapacitet normala. Orsaken härtill står givetvis att finna i diesellokens komplicerade och relativt ömtåliga maskineri.

De diesellok, som ifrågasatts skola komma till användning på Själlands huvudbanor, skulle av allt att döma icke bliva så vidlyftiga, att personalbehovet för dem skulle komma att överträffa ångdriftens. En viss personalinskränkning borde tvärt om kunna uppnås. Det synes sålunda rimligt att i varje fall förutsätta dels enbemanning av växellok, dels bortfall av personalbehov för klargöringsarbete i en omfattning, erfarenhetsmässigt svarande emot ca 75% av den vinst, som uppstår vid övergång ifrån ång- till elektrodrift. Stannar man vid denna förutsättning, vilket kan vara rådligt i en förkalkyl, skulle dieseldriften, jämförd med ångdriften, medföra en personalreduktion, uppgående till ca $35 + 0{,}75\ (66 - 5) = 81$ man. Alternativt räknas i det följande även med en större personalbesparing.

Traktionsudvalget har angivit, att den ovannämnda personalindragningen om 266 man skulle medföra en aktuell, till 3,4 milj. d. kronor per år uppgående besparing. Denna besparing skulle sålunda inträda, om elektrodrift bleve införd. I analogi härmed skulle dieseldriften, under ovanstående förutsättningar, medföra en nedsättning av kostnaderna för lokpersonal med omkr. 1,0 milj. d. kronor per år.

Vad här sagts gäller vid nuvarende trafikvolym. Växer trafiken, ökas besparingarna och detta i takt med inträdande förändringar i den behövliga lokparken.

IV

ANORDNINGAR FÖR TÅGUPPVÄRMNING

De för linjetjänst avsedda elektriska lokomotiven förses med transformatorer med så stor effekt och med sådant spänningsuttag, att till loken anslutna vagnar skola kunna elektriskt uppvärmas. Kostnaderna härför äro inkluderade i lokkostnaderna. Kostnaden för värmeinstallationer, genomgångsledningar och kopplingar för vagnarna måste däremot upptagas såsom en särskild utgift i elektrifieringskalkylen. I denna måste även redovisas kostnad för anläggningar för stationär elektrisk vagnsuppvärmning.

I de för linjetjänst avsedda diesellokens utrustning förutsättes, såsom ovan framhållits, skola ingå oljeeldad ångpanna med tillbehör såsom tank för matarvatten, pumputrustning etc. För uppvärmning av vagnar, framförda av sådana lok, användas i så fall befintliga ångvärmeinstallationer. Till dieselmotorvagnar anslutna släpvagnar torde däremot böra uppvärmas elektriskt med ström ifrån en till dieselmotorn ansluten generator. De för dessa anordningar tillkommande kostnaderna lämnas här ur räkningen. Dieseldriften gynnas i kalkylatoriskt hänseende härav.

1. Fordonsinstallationer.

Om huvudbanorna på Själland elektrifierades, skulle, enligt uppgift, elektriska värmeinstallationer erfordras i 600 fyraxliga personvagnar samt i 250 tvåaxliga resgods- eller postvagnar. Tvåaxliga godsvagnar till ett antal av 750 skulle dessutom behöva utrustas med genomgångsledning för elektrisk vagnsuppvärmning.

Kostnaden i sv. kronor för dessa anordningar uppgår enligt prislaget i oktober 1953 till följande, för Sveriges Statsbanor gällande, belopp.

	Kostnad 1000-tal sv. kronor		
Anläggning uti:	Materiel	Montage	Summa
600 st. fyraxliga vagnar	2.700	2.640	5.340
250 » tvåaxliga vagnar	725	660	1.385
750 » godsvagnar	1.125	1.500	2.625
Summa 1000-tal sv. kronor	4.550	4.800	9.350

Överflyttas dessa kostnader till dansk marknad enligt ovan angiven princip (se sid. 50—53), framkommer följande resultat:

	Kostnad 1000-tal d. kronor
Materiel 4550 · 1,35	6.143
Montage 4800 · 1,10	5.280
Summa 1000-tal d. kronor	11.423

2. Fasta anläggningar.

Fasta anläggningar för elektrisk vagnsuppvärmning erfordras enligt uppgift till ett antal av tio, nämligen två stora anläggningar i Köpenhamn, tre medelstora anläggningar i Roskilde, Slagelse och Korsör samt fem små anläggningar i Helsingör, Kalundborg, Næstved, Nyköbing och Gedser.

Var och en av de stora anläggningarna förutsättes skola bestå av en transformator à 500 kVA med påbyggd maximalströmbrytare samt 4 st. värmeposter för anslutning av vagnar. I de medelstora anläggningarna förutsättes skola ingå en transformator à 250 kVA, ävenledes försedd med påbyggd maximalströmbrytare, samt 2 st. värmeposter. Småanläggningarna sammansättas slutligen av en transformator à 100 kVA, högspänningssäkring och 1 st. värmepost. För samtliga transformatorer ordnas anslutning till kontaktledningssystemet via avskiljare. Transformatorerna inrättas sålunda för en primärspänning om 16 kV. Sekundärspänningen skall vara 800 V.

Kostnaden för anläggningar av angiven typ, hänförd till prisläget hösten 1953 och angiven i svenska kronor, kan specificeras sålunda:

		Kostnad sv. kronor
a. Stor anläggning:		
Transformator, 1 st. à 500 kVA	33.000	
Värmeposter, 4 st.	2.900	
Kabel 2 kV, 1 × 150 mm², 800 m.....	5.200	
Anslutn. detaljer 16 kV.....	500	41.600
Montage inkl. kabelläggn. m. m.....		6.400
Summa sv. kronor:		48.000
b. Medelstor anläggning:		
Transformator, 1 st. 250 kVA	26.000	
Värmeposter, 2 st.	1.450	
Kabel 2 kV, 1 × 150 mm², 400 m.	2.600	
Anslutn. detaljer 16 kV.....	500	30.550
Montage inkl. kabelläggn. m. m.....		4.450
Summa sv. kronor:		35.000
c. Liten anläggning:		
Transformator, 1 st. à 100 kVA	15.000	
Värmepost, 1 st.	725	
Kabel 2 kV, 1 × 95 mm², 200 m.....	890	
Anslutn. detaljer 16 kV.....	500	17.115
Montage inkl. kabelläggn. m. m.....		1.885
Summa sv. kronor:		19.000

Kostnaderna för samtliga anläggningar kunna sammanföras sålunda:

Anläggningstyp	Antal	Kostnad i sv. kronor Materiel	Montage	Summa
Stor	2	83.200	12.800	96.000
Medelstor	3	91.650	13.350	105.000
Liten	5	85.575	9.425	95.000
Summa sv. kronor:		260.425	35.575	296.000
eller i d. kronor:		351.570	39.130	390.700

Den totala anläggningskostnaden för installationer i vagnar och på bangårdar för elektrisk vagnsuppvärmning skulle i enlighet med det ovanstående fördela sig sålunda:

	Kostnad 1000-tal d. kronor	
Vagnsinstallationer	11.423	
Fasta anläggningar	391	11.814
Tillkommer säkerhetsmarginal		1.186
Summa 1000-tal d. kronor:		13.000

Denna summa uppskattas stiga till 15.000 · 10^3 d. kronor, om trafiken expanderar, så att kraftkonsumtionen för densamma växer ifrån 94 till 120 MkWh per år.

3. Kapitaltjänst- och underhållskostnader.

Det i de elektriska värmeanläggningarna investerade kapitalet bör avskrivas på 30 år. Under denna förutsättning och vid antagen räntefot, 4%, skulle kapitaltjänstkostnaderna för anläggningarna komma att uppgå till 13 · 10^6 · 0,0578 = 751.400 d. kronor per år vid nuvarande trafik och till 15 · 10^6 · 0,0578 = 867.000 d. kronor vid en i ovan angiven grad utökad trafik.

Underhållskostnaderna för elektriska uppvärmningsanordningar i vagnar bliva låga, om installationerna utföras väl och med ändamålsenlig materiel. På 1920-talet, då den svenska järnvägselektrifieringen tog fart, och ett stort antal vagnar försågos med system för elektrisk uppvärmning, var materialproblemet ännu icke tillfredsställande löst. Montagemetoderna hade icke heller vunnit erforderlig stadga. Underhållskostnaderna ha ogynnsamt påverkats härav. Sedan lämplig materiel utprövats och montaget rationaliserats, har läget blivit ett annat. Man torde numera ha rätt att antaga, att elektriska värmeinstallationer i vagnar äro billigare, i varje fall icke dyrare, i underhåll än ångvärmeinstallationer. Här räknas följaktligen icke med några tillkommande kostnader av detta slag.

Anläggningarna för stationär elektrisk vagnsuppvärmning betala sig i regel väl. Tack vara dem bortfaller nämligen behov av personal för eldning och tillsyn av ångpanneanläggningar. Vid elektrisk uppvärmning av vagnar erfordras icke heller någon övervakning, motsvarande den, som påkallas vid

ånguppvärmning, intill dess att ångan »gått igenom«, d. v. s. intill dess att man övertygat sig om, att isproppar icke bildats i ledningarna på utkylda vagnar. Detta betyder icke blott personalbesparing utan även i många fall tidsvinst i tågföringen.

De antydda tillgodohavandena överväga de tillkommande underhållskostnaderna. Hur stor denna övervikt är låter sig emellertid icke bedömas utan ingående lokala undersökningar. Den lämnas därför i det följande ur räkningen.

Kostnaderna för kol och kraft vid ång- resp. elektrisk vagnsuppvärmning ha tagits med i redogörelsen för drivmedelsförbrukningen.

V

LEDNINGSANLÄGGNINGAR

1. Svagströmsledningar.

I luften framdragna svagströmsledningar, som äro till hinder för en banelektrifiering, kunna i allmänhet avlägsnas genom en relativt enkel, ofta föga omfattande stolpflyttning. Genomföres elektrifieringen med lågfrekvent enfasström och förses kontaktledningssystemet med sugtransformatorer och återledning (kompensationsutrustning), medför nämligen den elektriska bandriften inga teletekniskt besvärande induktionsstörningar. Svagströmsledningar kunna således bibehållas i banans närhet.

Därest stolpflyttning kommer till stånd, debiteras elektrifieringen kostnaderna härför. I allmänhet ligger saken emellertid till på ett annat sätt. Den nutida bandriftens starka beroende av välutvecklade teletekniska förbindelser påkallar en sådan utbyggnad av dem, att, oberoende av bandriftens art, en förkabling av förbindelserna i regel är både tekniskt och ekonomiskt välmotiverad, tekniskt därför att kabelledningar äro mera pålitliga än luftledningar, ekonomiskt av den anledningen att ett ledningsstråk icke behöver vara särskilt omfattande för att de genom förkabling uppnåeliga besparingarna på drift- och underhållskontot skola uppväga de ökade kapitaltjänstkostnader, som följa av en övergång ifrån luft- till kabelledningar. Genomförda utredningar ha visat, att ekonomisk balans brukar inträda redan för det fall, att antalet ledningspar i ett stråk uppgår till 9 à 10, och att det följaktligen kan väntas, att kabelanläggning skall vara vinstgivande, när ledningsantalet är större. Gränsvärdet kan synas lågt, men det förklaras av de gynnsamma betingelser, under vilka kabelförläggning kan genomföras vid ett järnvägsföretag. Tillräckligt utrymme finnes i allmänhet i banvallen och denna är lättåtkomlig för maskinella, på spåret framförda hjälpmedel såsom grävmaskin, kabelplog och trumvagnar.

Järnvägsdriftens allmänna beroende av teletekniska förbindelser har varit föremål för ingående studium av en år 1940 i Sverige tillsatt kommitté, vars betänkande, »Utbyggnad och rationalisering av det statliga järnvägstelefonväsendet«, utkom av trycket år 1943. Med ledning av sålunda framkomna riktlinjer och i anslutning till trafikförhållandena på Själlands huvudbanor genomfördes den undersökning av deras behov av teletekniska förbindelser, som tidigare blivit framlagd. Det framgick därav, att det nämnda behovet var mer än tillräckligt stort, för att en förkabling av förbindelserna skulle vara ekonomiskt fördelaktig. En bekräftelse härpå har sedan vunnits i beslutad

kabelläggning på linjen Köpenhamn—Korsör. Av nu nämnda skäl bör den ifrågasatta elektrifieringen icke belastas med kostnader, hänförliga till ändring eller ombyggnad av järnvägarnas teletekniska förbindelser. Andra, icke förkablade förbindelser av detta slag, finnas icke i banans närhet.

I kabel förlagda svagströmsledningar erhålla, tack vare kabelhöljet, ett extra skydd emot störningar. Behovet av kompensationsutrustning vid elektrisk bandrift blir härigenom minskat. I vilken grad detta sker, beror av banströmmens frekvens (jfr E. G. sid. 40—44) och av markförhållandena. Vid låg frekvens och lågt jordmotstånd kan kompensationsutrustning lättare undvaras än under motsatta betingelser.

Jordmotståndet är i norra Sverige högt, i mellansverige lägre och på den europeiska kontinenten lågt. Det är därför troligt, att förhållandena i detta avseende äro gynnsamma i Danmark. Med hänsyn härtill torde det kunna förväntas, att lokala undersökningar skulle ge vid handen, att kompensationsutrustning vore umbärlig på Själland, om man, såsom här blivit förutsatt, hölle sig till lågfrekvent banström och förkablade svagströmsledningarna. En besparing skulle härigenom uppstå på kontaktledningens anläggningskonto, men också på driftkontot. Energiförlusterna äro nämligen större i ett kontaktledningssystem, kombinerat med sugtransformatorer och återledning än i ett sådant, arbetande utan dylikt komplement. I underhållsavseende skulle kompensationsutrustningen däremot verka föga tyngande. Den kräver liten tillsyn och förenklar underhållet av spåret, som icke behöver förses med skenförbindningar, når återledning anordnas.

Frågan, om kontaktledningsanläggningen bör kombineras med kompensationsutrustning eller icke, kompliceras i någon mån av det förhållandet, att avståndet mellen kontaktledningssystemets inmatningspunkter kan uttagas intill gränsen för systemets överföringsförmåga utan risk för besvärande teletekniska störningar, om kompensationsutrustning finnes, medan avsaknaden av en sådan kan tvinga till viss återhållsamhet. För Själlands vidkommande torde dock denna synpunkt sakna praktisk betydelse till följd av järnvägarnas begränsade geografiska utsträckning.

Sammanfattningsvis kan det alltså sägas, att den elektriska bandriften icke vållar besvärande induktionsstörningar, när kontaktledningssystemet kombineras med sugtransformatorer och återledning, men att detta komplement kan vara umbärligt, under förutsättning *att* svagströmsledningar i banans närhet förkablas, *att* jordledningsförmågan är god och *att* banströmmen är lågfrekvent. Frågan om dessa villkor måste vara samtidigt uppfyllda, kan icke generellt besvaras. Svaret bestämmes av förhållandena från fall till fall och av de anspråk på störningsfrihet, som uppställas. Ehuru det av många skäl är antagligt, att sugtransformatorer och återledning skulle kunna undvaras vid banelektrifiering på Själland, räknas i det följande endast alternativt med den därigenom uppnåeliga besparingen. En annan möjlighet, nämligen den, att använda sugtransformatorer sekundärt anslutna till rälsen, sålunda arbetande utan att vara kombinerade med återledning, tages här icke upp till behandling.

2. Kontaktledningar.

a. *Allmänt.*

En ekonomisk kontaktledningsbyggnad kräver konstruktiv anpassning, standardisering, systematisk materialdistribution samt arbetsmetoder lämpade efter systemets egenart och järnvägens trafikförhållanden.

Det skulle föra alltför långt att här närmre ingå på innebörden av dessa villkor. Några summariska antydningar må dock göras.

Den vid enfasdrift använda kontaktledningsspänningen, här antagen till 16 kV, medför låg strömbelastning på kontaktledningssystemet. Relativt små ledningsareor kunna härigenom användas och möjlighet vinnes att arbeta med smäckra konstruktioner. Denna möjlighet bör väl utnyttjas. Materialkostnaderna hållas nämligen på så sätt nere och byggnadselementen bli lätthanterliga. Det sistnämnda är icke minst betydelsefullt, ty därigenom minskas behovet av kranar och andra spårbundna maskinella hjälpmedel. Sådana hjälpmedel äro å ena sidan till men för trafiken, å andra sidan bli de, till följd av trafiken, ofta illa utnyttjade. Här råder en växelverkan med ekonomiskt olyckliga följder.

För kontaktledningsbyggnad gäller den generella regeln, att arbetet och trafiken skola fortgå i möjligaste mån ostörda av varandra. Denna regel bör sätta sin prägel på den konstruktiva utformning, den planläggning och de arbetsoperationer, varav en kontaktledningsbyggnad beror. Spåret skall brukas såsom det värdefulla hjälpmedel det är, men detta bör alltid kunna ske kortvarigt utan att arbetsresultatet därför blir otillfredsställande. Såsom en viktig, ofta förbisedd konsekvens härav framträder kravet på en fast samordning av byggnadsledningens och trafikens intressen.

En sådan samordning är svår att etablera, om kontaktledningsbyggnaden överlämnas på entreprenad åt en järnvägen utomstående företagare. Denne saknar i regel möjlighet att bedöma, vad som rimligtvis kan och bör begäras i form av arbetsdispositioner, och trafikledningen betraktar, av naturliga skäl, utifrån kommande yrkanden av detta slag med viss misstänksamhet i tanke, att bakom dem kan ligga ett profitbegär, för vilket järnvägstrafikens intressen icke få åsidosättas. Det ligger i sakens natur, att rationella arbetsmetoder och lämpliga arbetsdispositioner svårligen framväxa under sådana förhållanden, och att entreprenören måste hålla sig ekonomiskt skadeslös härför. Kostnaderna få härigenom benägenhet att springa i höjden, såsom ock erfarenheten visat. På entreprenad bedrivna kontaktledningsbyggnader bruka bli dyrbara.

Härmed är icke sagt, att kontaktledningsbyggnad, bedriven i ett järnvägsföretags egen regi, alltid blir billig. Den ger ekonomiskt tillfredsställande resultat endast om möjligheterna härtill väl tillvaratagas. Skall så ske, måste arbetet uppbäras av en smidig, av kunnighet och orubblig vilja genomsyrad organisation. En sådan framväxer icke spontant och fortlever icke automatiskt. Det är därför befogat att på tröskeln till en stor elektrifiering räkna med effektiviteten nedsättande startsvårigheter. I här förevarande fall sker detta enklast på sätt, som angivits i det föregående (sid. 52—53).

En annan till organisationen icke direkt hänförlig, föga uppmärksammad risk för abnormt uppdrivna byggnadskostnader ligger i en underskattning av flexibilitetens betydelse. Ett kontaktledningssystem skall vara så utformat, att

det i sig inrymmer vida justeringsmarginaler och är i funktionellt avseende okänsligt för smärre förskjutningar i de bärande konstruktionernas lägen. Justeringsmarginalernas värde ligger däri, att ledningen kan exakt inregleras enligt givna föreskrifter, utan att överdriven ackuratess utvecklas vid stolpsättningen, medan okänsligheten gör systemet oberoende av sådana sättningar i stolpfundamenten, som icke helt kunna undvikas, om fundamenteringskostnaderna för en vidsträckt banelektrifiering skola hållas på rimlig nivå. Om ledningssystemet, som sig bör, är inrättat för att tåla sådana sättningar, är det i hög grad lönande att tolerera dem. Det är nämligen mycket billigare att räkna med framtida förstärkning av enstaka fundament än att på samtliga ställa krav, som vore de avsedda att tjäna såsom orubbliga maskinbäddar (jfr E. G. sid. 48—50).

På kontaktledningsbyggnadens område kan standardiseringen drivas långt. Detta är emellertid en tidskrävande procedur. Varje detalj skall omsorgsfullt anpassas icke blott efter sitt ändamål, sådant detta framstår vid den första konstruktiva utformningen, utan även efter successivt vunnen driftserfarenhet. Hänsyn måste även tagas till produktionsmöjligheterna. Till följd av dessa omständigheter har arbetet på kontaktledningskonstruktionernas standardisering vid Sveriges Statsbanor pågått under åtskilliga år (se E. G. sid. 51) och lär väl aldrig helt avstanna, fastän stabilitet i stort sett uppnåtts. Konstruktions- och utvecklingsarbetet bör, såsom redan påpekats, vara inriktat på lätthanterliga, men också på lätt hopfogbara konstruktioner.

Materialdistributionen ordnas lämpligen så, att mera skrymmande effekter utsändas direkt ifrån vederbörande tillverkare till arbetsplatsen, medan smådetaljer intagas i montageverkstad för att där hopsättas till större, för linjearbetet avpassade enheter. I ett tidigare arbete, »Riktlinjer och bestämmelser för Statens Järnvägars kontaktledningsbyggnader«, har undertecknad i detalj redogjort för en sålunda upplagd materialförsörjning och även påvisat, hurusom materielens fördelning på linjer och bangårdar kräver sin särskilda organisation. »Var sak på sin plats« är ett motto, som med särskild skärpa framstår vid kontaktledningsbyggnad, där ett mycket rikhaltigt sortiment av detaljer skall spridas över ett vidsträckt arbetsområde, och där intet får saknas men heller intet bli över, om arbetet skall gå sin gilla gång och slöseri förebyggas.

Är materielen lätthanterlig och dess fördelning väl planlagd, blir själva distributionen varken besvärlig eller tidsödande. I många fall kan lossning ifrån järnvägsvagnar företagas utan att dessa ens bringas till stillestånd. Linjestolpar, som icke behöva väga mer än ca 300 kg, kunna lämpas av ett sakta framglidande materialtåg och utliggardetaljer lossas utan svårighet på likartat sätt.

Spåret behöver icke heller tagas i anspråk under långa stunder för fundamenteringsarbetena, om betongblandningen sker på arbetsplatsen. Detta verkar vid första påseende oekonomiskt men är det icke, om man håller sig till smäckra konstruktioner. I så fall erfordras nämligen i ett normalt stolpfundament endast 0,6 à 0,8 m^3 betong, en kvantitet, som utan olägenhet kan tillblandas för hand. Som förberedelse härför erfordras då uttransport av grus, vilket bör ske per järnvägsvagn, medan cement, formar och vatten uttransporteras på de arbetstrallor, varmed varje stolpsättarlag bör vara utrustat.

Stolpsättningen, som går hand i hand med fundamentgjutningen, är ännu mindre spårbunden än övriga här berörda arbeten, om den bedrives på det sätt, att fundamentet pågjutes stolpen liggande. När betongen hårdnat, tippas stolpen i fundamentgropen, där den reser sig själv, tack vare fundamentets tyngd. Det hela går nästan lika fort som det beskrives, och efterjusteringen vållar inga svårigheter på grund av den relativt obetydliga vikten och den möjlighet, man har, att använda stolpen såsom hävarm, arbetande emot stöd, applicerade mellan fundamentet och gropens väggar.

Såsom belägg för det nu sagda kan tjäna uppgiften, att antalet arbetstimmar för upptagning av grop, fundamentgjutning, stolpresning, återfyllning och efterplanering i medeltal för ett stort antal svenska järnvägslinjer utgjort 23 per stolpe. Terrängen har då varit av mycket växlande karaktär. Sprängning, spåntning, vattenlänsning och pålning har ofta förekommit såsom komplement till grävningsarbetet. I Skåne, där markförhållandena äro gynnsamma, har arbetsinsatsen nedgått till i genomsnitt 18 timmar. På Själland, där terrängen påminner om den skånska, borde, i anslutning till nu nämnda erfarenheter, en insats av 20 arbetstimmar per stolpe icke behöva överskridas.

Utliggaruppsättningen bedrives lämpligen så, att varje utliggare hopmonteras anbragt på vederbörlig stolpe nära mark, varefter den kompletta enheten hissas upp till korrekt läge över spåret. Ett arbetslag om åtta man, inkl. förman, hopmonterar och uppsätter enligt denna metod 34 à 36 normalutliggare per arbetsdag. Arbetet sker oberoende av andra spårbundna fordon än lätt avlyftbara trallor, på vilka transporteras stegar och verktyg och medelst vilka arbetslaget förflyttar sig till och från arbetsplatsen.

Ledningsuppläggningen sker med tillhjälp av montagetåg. Den utföres i två etapper. I den ena utdragas ledningarna och upphängas provisoriskt, i den andra injusteras desamma och fixeras i korrekt läge. Utdragningen måste ske så snabbt, att för en ledningslängd, motsvarande avståndet mellan resp. avspänningsstolpar, normalt ca 1200 m, icke kräves längre tid än den, som kan erhållas under en oavbruten linjedisposition. På linjesträcka erfordras för samtidig utdragning och provisorisk upphängning av bärlina, kontakttråd och återledning enligt svensk erfarenhet i medeltal 48 minuter per km. Justeringen tager längre tid, men är mera okänslig för avbrott i arbetet. I medeltal åtgår för densamma 3,5 tim. per km linjespår. På bangårdar får man, alltefter ledningssystemets mer eller mindre komplicerade karaktär, räkna med längre arbetstider än de nu nämnda.

Den verkliga arbetseffekten vid trådutdragning och justering beror i hög grad av de dispositioner, som kunna erhållas. I svensk kontaktledningsbyggnad har i medeltal på linjer och bangårdar åtgått inalles 1,37 arbetsdagar per montagetåg och km, då arbetet omfattat utdragning, upphängning och justering av bärlina, kontakttråd och återledning. Varje montagetåg har då haft en besättning av 8 man, förmannen inräknad. Utöver tågbesättningen har tillkommit en man, avdelad att såsom »bevakare« svara för säkerheten. Dispositionstiderna ha ofta varit knappa, enär trafiken varit tät och arbetet i stor utsträckning omfattat enkelspåriga linjer.

Tabell 1. Fundament.

Fundamenttyp	Ritning Ebr nr	Materialkostnad per fundament i sv. kr. år:	
		1952	1953
Normala fundament på linjen	60758 60759	29	29
» » » bang.	60753 60754	37	37
Specialfundament	—	43	43

Tabell 2. Stolpar och kontaktledningsbryggor.

Konstruktionstyp	Ritning Ebr nr	Pris per ton i sv. kr. år:	
		1952	1953
Stolpar och strävor	40612	880	770
Kontaktledningsbryggor	20389	1390	1300

Arbetsstyrkans sammansättning och inkvartering är av stor betydelse vid kontaktledningsbyggnad. Denna går relativt snabbt, och arbetskrafterna måste i följd härav ofta lokalt omdisponeras. Detta ordnas enklast och bäst, om åtminstone den mest rörliga personalen gives en ambulatorisk inkvartering. Vid Sveriges Statsbanor har man för detta ändamål använt utrangerade godsvagnar, som upprustats, varmbonats och försetts med särskild inredning. Normalt ha tre sådana vagnar bildat en enhet. Två vagnar ha härvid tjänat såsom bostad för sammanlagt 8 man. Den tredje vagnen har använts såsom kök och matrum samt såsom bostad för en av arbetarna anställd kokerska, som ombesörjt mathållning och städning. Anordningen har verkat trivsam och personalen har fått den mat och den vila, som arbetet krävt. Den bostadsmässiga fördelningen på åttamannalag har visat sig lämplig. Mot varje montagetåg har sålunda svarat en bostadsenhet, och vid utliggarmontage har åttamannalaget delat upp sig i två fyrmannagrupper.

De ovan berörda, för kontaktledningsbyggnad väsentliga konstruktions- och organisationsproblemen kunna givetvis lösas på flera sätt och mer eller mindre framgångsrikt. Härav förklaras i mångt och mycket rådande divergenser i uppfattningen om kostnaderna för en kontaktledningsbyggnad. De skisserade problemlösningarna ha utkristalliserats vid Sveriges Statsbanor under loppet av en sedan år 1910 praktiskt taget oavbrutet bedriven banelektrifiering. De äro ingalunda definitiva men böra vara tillräckligt beprövade för att tjäna såsom utgångspunkt för de överväganden, vartill denna framställning syftar.

Tabell 3. Detaljer för upphängningsanordningar.

Benämning	Typ K-nr	Vikt per st. i kg.	Pris per kg i sv. kr. år:	
			1952	1953
a. *Detaljer av smidesjärn.*				
Isolatorbock	161 a	12,1	1.05	0.80
»	161 b	12,4	1.05	0.80
»	161 e	13,9	1.05	0.80
»	162 a	12,0	1.05	0.80
»	162 b	12,3	1.05	0.80
»	165 b	23,8	1.05	0.80
Isolatorfäste	66 c	6,2	1.05	0.80
»	66 k	6,9	1.05	0.80
Bygel	103 g	1,4	1.90	1.50
Rör för å-ledn.isolator ..	107	0,6	2.0	1.70
Bult för d:o	106	1,5	1.98	1.60
Isolatorfäste	66 e	5,5	0.71	0.80
»	66 g	6,3	0.71	0.80
Isolatorbult	3 a	4,3	1.70	1.05
»	3 b	6,2	1.70	1.05
Isolatorklämma	12 a	1,5	2.32	2.0
»	11 a	1,2	2.45	2.0
Hakbult	59	0,5	1.40	1.1
$^5/_8$" dragstång	68		0.89	0.8
b. *Detaljer av aducergods (inkl. skruvar och bultar).*				
Isolatorklämma	10	2,1	2.65	2.0
Gaffel för utliggare	15 b	2,4	3.05	1.67
Hållare för K 27	21 b	0,8	4.25	2.35
Bärlinehållare	22 b	2,6	3.10	2.50
Rörhållare	23 c	0,6	5.85	3.50
Länk för utliggare	17 b	0,7	3.0	1.70
Gaffelänk	18 b	0,4	3.75	1.80
Bärlinhållare	101	2,5	4.50	2.80
Korslänk.....	47	0,6	3.0	2.25
Länk för utliggare	17 c	0,8	3.0	1.80
Gaffel till utliggare	15 a	1,9	3.20	1.80
Bärlinhållare	22 a	2,3	3.40	2.50
Linlås	141 a	0,5	5.0	2.50
Bärbygel för trissa på isol.	265	3,82	3.80	2.70
Bygel för linhjul	266	0,75	5.0	3.50

Benämning	Typ K-nr	Vikt per st. i kg.	Pris per kg i sv. kr. år:	
			1952	1953
c. *Detaljer av mässing o. rödgods.*				
Kontakttrådsklämma ..	27 b	0,4	6.50	4.70
» ..	29 b	0,2	5.70	4.70
Anslutningsklämma ...	40 b	0,7	5.50	4.50
Förbindningsklämma ..	120	0,3	5.50	4.50
» ..	138	1,0	5.30	4.50
Trissa för bärlina	267	1,23	6.0	4.50
d. *Detaljer av bly.*				
Blymellanlägg	14	0,3	2.45	1.80
Blybrickor	108	0,1	2.45	1.80
e. *Isolatorer.*			per st.	per st.
Kontaktledningsisolator	1 b	6,3	12.10	12.10
Återledningsisolator ...	60	3,5	7.50	7.50

Tabell 4. Stålrör för upphängningsanordningar.

Benämning	Typ K-nr	Vikt i kg/m	Pris per kg i sv. kr. år:	
			1952	1953
$^3/_4$'' rör spec. utförande...		2,2	2.32	2.16
1'' » » » ...		2,4	2.32	2.00
$1^1/_4$'' » » » ...		3,3	2.32	1.90
		kg/st.		
Rör i sektionspunkt	109 a	17,2	2.90	2.45
» » »	109 b	15,4	2.90	2.45
Böjt rör	116 b	7,1	3.38	2.85

b. *Anläggningskostnader.*

I föregående utredningar har på basis av svensk erfarenhet framlagts kostnadskalkyler, avseende en kontaktledningsbyggnad för Själlands huvudbanor. Kalkylerna ha numera förlorat sin giltighet på grund av inträdda prissänkningar. Hur dessa verkat framgår av de i denna text infogade tabellerna 1—6, vari angivits kostnaden i svenska kronor för kontaktledningssystemets beståndsdelar såväl vid 1952 som 1953 års prisläge. Det sistnämnda har verifierats genom officiella upphandlingar, verkställda under tiden 1/5—30/10 1953. I de fall, då säkra uppgifter på detta sätt icke kunnat erhållas, ha 1952 års priser bibehållits oförändrade i 1953 års prislista. Till följd dels härav, dels av det förhållandet, att prissänkningen varit mest markant under höstmånaderna, återspeglar den sistnämnda prislistan icke tillfullo de prisreduktioner, som faktiskt inträtt.

Tabell 5. Detaljer för avspänningsanordningar.

Benämning	Typ K-nr	Vikt per st. i kg.	Pris per kg i sv. kr. år: 1952	1953
a. *Detaljer av järn o. stål.*				
Spännskruv	35 a	1,7	9.50	6.00
Säkerhetskedja	105	3,1	2.80	2.50
Balans.....	97	0,9	3.30	2.00
Stålfjäder	104	11,0	5.80	5.00
Länk	99	1,0	1.57	1.20
Mellanlänk.....	98	0,8	0.95	0.80
Bärstång för vikter	69	7,0	0.89	0.80
Gaffelbult	125	0,8	3.40	2.50
Aducergods.				
Kilklämma	34 a	1,1	3.0	1.40
Linlås	141 b	0,2	5.0	4.00
b. *Detaljer av stålgjutgods.*				
Bygel för linhjul	45	1,0	5.0	2.50
Lagergaffel	75	2,2	7.0	3.50
Konsol för V.A.	76	4,2	4.76	3.10
Linhjul.....	173	3,2	2.60	1.70
c. *Detaljer av gjutjärn.*				
Spännvikter.....	90	29,0	0.50	0.45
d. *Isolatorer.*			per st.	per st.
Avspänningsisolatorer ..	70	6,5	15.18	15.18
e. *Stållinor.*		kg/m		
50 mm² 7-tr. stållina....		0,43	1.45	0.96
50 » rostfri 144-tr. stållina		0,43	4.20	2.80

Tabell 6. Jordkablar och kabeländmuffar.

Benämning	Materialvikter: koppar kg/m	bly kg/m (enl. äldre normer)	bly kg/m (enl. SEN 37)	Pris per m. i sv. kr. år: 1952	1953
Kabel 16 kV 1 × 150 mm².	1,34	3,10	2,49	18.80	11.50
» 2 kV 1 × 150 mm².	1,34	1,39	1,17	10.50	6.90
				per st.	per st.
Kabeländmuffar 16 kV				160.0	160.0
» 2 kV				130.0	130.0

Tabell 7. Sammanställning av totala materialkostnader.

Materialslag	Enhet	Antal eller mängd	Pris i sv. kr. år 1952	Pris i sv. kr. år 1953
Betongfundament	st.	18.690	596.000	596.000
Stolpar och strävor	ton	6.095	5.360.000	4.680.000
Ledningsbryggor	-	2.090	2.900.000	2.700.000
Detaljer av smj och stål	-	760	1.055.000	790.000
Spännvikter	-	1.122	563.000	510.000
Stålrör	-	237	561.000	490.000
Aducergods	-	197	698.000	420.000
Stålgjutgods	-	29	130.000	72.000
Koppar (ledningar och tråd)	-	2.432	9.750.000	8.150.000
Mässing och rödgods	-	64	375.000	290.000
Jordkablar 16 kV, 1 × 150 mm²	m	44.500	835.000	512.000
» 2 kV, 1 × 150 mm²	-	28.000	294.000	193.000
Kabeländmuffar, 16 kV	st.	534	60.000	60.000
» 2 kV	-	210	29.000	29.000
Bly	ton	17	42.000	20.000
Varmförzinkning	-	739	2.950.000	830.000
Isolatorer	st.	53.500	618.000	618.000
Sugtransformatorer	-	133	860.000	860.000
Linjeavskiljare och jordslutare	-	2.160	600.000	510.000
Skyddsanordningar bl. a. i 273 plankorsningar och på 138 vägbroar			410.000	365.000
Summa materialkostnad kronor:			28.686.000	22.695.000
Diverse oförutsedda materialkostnader ca 10%			2.870.000	2.260.000
Arbetskostnader			8.300.000	8.300.000
Diverse oförutsedda arbetskostnader ca 10%			804.000	825.000
Summa kronor:			40.660.000	34.080.000

Förändringarna i kabelpriserna enl. tab. 6 förklaras delvis därav, att Sveriges Statsbanor fr. o. m. år 1953 övergått till att använda jordkablar av standardutförande, angivet i svenska elektrotekniska normer (SEN 37). Dessa normer äro föreslagna att internationellt antagas. Normeringen innebär, att 16 kV kabeln isoleras för märkspänningen $30/\sqrt{3}$ kV, 2 kV kabeln för märkspänningen $3/\sqrt{3}$ kV.

Standardiseringen medför viss materialbesparing. Till följd härav och av fabrikationstekniska skäl bliva de standardiserade kablarna betydligt pris-

billigare än de tidigare tillverkade, vilkas utförande anpassades efter specialbestämmelser, fastlagda av Sveriges Statsbanor.

Konsumtionen per km linje- och bangårdsspår av den materiel, som upptagits i tabellerna 1—6, är noggrant känd och varierar mycket obetydligt, då fråga är om elektrifiering av stora järnvägsnät. Med ledning av de nämnda tabellerna har därför materialkostnaden i svenska kronor, fördelad på olika materialkategorier, kunnat framräknas. Resultatet framgår av tabell 7. Det må nämnas, att de i denna tabell upptagna kostnaderna för skyddsanordningar ansluta sig till erhållna uppgifter om antal vägkorsningar och vägbroar, för vilka dylika anordningar skulle påfordras. Tidigare framlagda beräkningar voro i denna punkt baserade på en summarisk uppskattning.

I arbetskostnad ha inga förändringar av betydelse inträtt ifrån år 1952 till år 1953.

Totalkostnaden, uttryckt i 1000-tal svenska kronor, har enligt tabell 7 minskats ifrån 40.660 till 34.080 eller med i runt tal 16%. Hur den sistnämnda kostnaden fördelar sig på vissa huvudposter framgår av nedanstående sammanställning.

Objekt	Kostnad i 1000-tal sv. kronor	
Material, exkl. kontakttråd	22.355	
Montage, » »	8.545	30.900
Kontakttråd, material	2.600	
» , montage	580	3.180
Summa inkl. komp.-utr. sv. kronor:		34.080
I denna summa ingår kostnad för kompensationsutrustning med följande belopp:		
Material	4.280	
Montage	280	4.560
Summa exkl. komp.-utr. sv. kronor:		29.520

De ovanstående i svenska kronor angivna kostnaderna förutsättas kunna överföras till dansk marknad enligt i det föregående (sid. 50—53) angivna regler. Med tillämpning av dem erhålles följande tablå:

Objekt	Kostnad 1000-tal d. kronor	
Material, exkl. kontakttråd	30.200	
Montage, » »	9.400	39.600
Kontakttråd, material	3.510	
» , montage	640	4.150
Summa inkl. komp.-utr. d. kronor:		43.750
I denna summa ingår kostnad för kompensationsutrustning med följande belopp:		
Material	5.780	
Montage	310	6.090
Summa exkl. komp.-utr. d. kronor:		37.660

Vid 1953 års prisläge skulle kontaktledningssystemet för Själlands huvudbanor enligt denna beräkning draga en anläggningskostnad av 43.750 · 10^3 danska kronor, om i systemet inkluderades sugtransformatorer och återledning. Utan sådan kompensationsutrustning skulle kostnaden reduceras till 37.660 · 10^3 danska kronor.

Det bör observeras, att i totalkostnaderna för ledningsanläggningen inkluderats en marginal av 10% för oförutsedda material- och arbetskostnader samt att till de sålunda ökade arbetskostnaderna gjorts ett tillägg om ytterligare 25% för en under elektrifieringens inledningsskede antagen nedsättning i arbetseffekten (jfr sid. 52). Den sammanlagda säkerhetsmarginalen har härigenom fått sådan bredd, att det kan förväntas, att de i verkligheten uppkommande kostnaderna skulle bliva icke obetydligt lägre än de beräknade.

c. *Kapitaltjänstkostnader.*

Det i kontaktledningsanläggningar investerade kapitalet avskrives enligt svensk praxis på 40 år, i vissa fall med undantag för det i kontakttråden nedlagda kapitalet. Om elektrolokens strömavtagare hava slitskena av aluminium, förslites nämligen kontakttråden så snabbt, att den i allmänhet måste utbytass vart 12:te år. Förses strömavtagarna med slitskena av kol, såsom här antages bliva fallet, blir kontakttråden däremot lika varaktig som ledningen i övrigt. Amorteringstiden förutsättes därför för ledningsanläggningen i dess helhet uppgå till 40 år. Med utgångspunkt ifrån denna amorteringstid bliva kapitaltjänstkostnaderna vid antagen räntefot, 4%, de i nedanstående tabell 8 angivna. Kontakttråden redovisas i tabellen för sig.

Till dessa årskostnader komma andra, hänförliga till det kapital, som vid elektrifiering måste offras på spårsänkningar under vägbroar, där det nu disponibla utrymmet är otillräckligt för att kontaktledning skulle kunna framdragas. Det ifrågavarande kapitalet uppgives av Traktionsudvalget komma att uppgå till 7.700.000 danska kronor. Då det investeras i en bestående anordning, räknas här med en annuitet av 4,21%. Årskostnaden för detta kapital skulle följaktligen utgöra 324 · 10^3 danska kronor.

d. *Underhållskostnader.*

Kostnaderna för underhåll och driftövervakning av kontaktledningsanläggningar uppgå enligt svensk erfarenhet vid 1953 års prisläge till i runt tal 500 sv. kronor per km ledning och år. Kostnaden fördelar sig tillnärmelsevis lika på material och arbete. I enlighet härmed och då kostnaden på lång sikt är oberoende av svårigheter i inledningsskedet, kan man räkna med, att underhållet i Danmark, bedömt med ledning av de principer, som angivits på sid. 50—53, skulle medföra en årsutgift av omkr. (250 · 1,35 + 250 · 0,89) = 560 d. kronor per km eller för hela kontaktledningssystemet 977 · 560 = 547,1 · 10^3 d. kronor per år.

Om kompensationsutrustning skulle utelämnas, skulle underhållskostnaden för ledningssystemet sjunka, uppskattningsvis med högst 80.000 d. kronor per år, men kostnad för underhåll av skenförbindningar skulle i stället tillkomma, sannolikt med ungefärligen lika stort belopp. I brist på säkert jämförelsemate-

Tabell 8.

Objekt	Kostnad 1000-tal d. kr. för kontaktledningssystem	
	Med kompensationsutrustning	Utan kompensationsutrustning
Elektrifieringskapital		
Kontaktledning exkl. kontakttråd	39.600	33.510
Kontakttråd	4.150	4.150
Summa:	43.750	37.660
Årskostnader, ränta och avskrivning		
Kontaktledning exkl. kontakttråd annuitet 5,05%	1.999	1.692
Kontakttråd annuitet 5,05%	210	210
Summa:	2.209	1.902

rial räknas här med en kostnadsreduktion, uppgående till 40.000 d. kronor per år, och sålunda med en total underhållskostnad av $507{,}1 \cdot 10^3$ d. kronor per år för kontaktledningssystemet, om kompensationsutrustning skulle utelämnas.

Underhållskostnader för kopplingsstationer ingå i de ovan åberopade, för svenska kontaktledningsanläggningar gällande underhållskostnaderna. Då emellertid Själlands huvudbanor, enligt här framlagt förslag, skulle bliva jämförelsevis rikligt försedda med utrustning av ifrågavarande slag, synes det befogat att för dem göra visst tillägg för kopplingsstationernas underhåll. Detta tillägg bedömes böra utgå med högst 20.000 d. kronor per år.

VI

ALLMÄN KOSTNADSÖVERSIKT

1. Kostnadssammanställning.

Det återstår nu endast att sammanställa och att granska de kostnader, som framräknats i det föregående. De förutsättningar, under vilka de blivit bestämda, skola här icke upprepas, men hänvisning göres till textavsnitt, där de stå att finna. Översikten blir härigenom sammanvävd med det material, ur vilket den framsprungit. För isolerat studium lämpar den sig däremot icke.

Från det ovan sagda göres endast den avvikelsen, att här må erinras om den aktuella frågeställningen. Denna kan kortfattat angivas på följande sätt.

Järnvägsdriften på Själland har kommit in i ett skede, i vilket en genomgripande rationalisering icke kan undvikas, om järnvägarna skola kunna fylla sin uppgift på ett tillfredsställande sätt. Därest nuvarande driftform bibehölles, skulle rationaliseringen kräva en viss, ofrånkomlig kapitalinsats. Överginge man till elektro- eller dieseldrift, bleve kapitalinsatsen större, men då skulle man också vinna fördelar och uppnå besparingar, som icke äro åtkomliga, så länge nuvarande driftform bibehålles. Frågan är den, om dessa fördelar och besparingar skulle stå i rimlig relation till det kapitaltillskott, varmed en övergång till elektro- eller dieseldrift skulle bli förbunden.

På besvarandet av denna fråga har den genomförda utredningen varit inriktad. Frågan återkommer därför i koncentrerad form i den översikt, som här lämnas.

För att överskådlighet skall vinnas, anknytes den följande framställningen till de båda alternativ A och B, vilkas innebörd angivits på sidorna 62 och 63. Alternativ A hänför sig sålunda till en driftomläggning vid nuvarande trafikvolym, alternativ B till en ca 30% större trafik. Mot det förstnämnda alternativet svarar det behov av dragkraft, som tänkts skola täckas »vid första anskaffning«, medan mot det senare alternativet antages svara det »efter komplettering II« uppnådda större beståndet av dragande fordon (sid. 20 och 30).

De föregående utredningarna visa väg till en mångfald variationer i de jämförelser, som kunna grundas på huvudalternativen A och B. I överskådlighetens intresse genomföres här sådan begränsning, att till behandling upptagas endast följande underalternativ:

Anläggningskostnaderna vid elektrodrift angivas såväl för ett kontaktledningssystem, försett med som saknande kompensationsutrustning (sid. 73—74).

Drivmedelskostnaderna anknytas till ett pris på stora ångkol av resp. 80, 100 och 120 d. kronor/ton.

Kraftleverantörerna tillgodoräknas en vinst om 5% på tillhandahållen trefaskraft.

I elektrodrift uttages ur elektroloken den dragkraft, som dylika maskiner naturligen böra utveckla. Den besparing, vartill en mera återhållsam drift skulle kunna leda, diskuteras.

I dieseldrift räknas med en bränslekonsumtion, svarande emot en god utnyttjning av kraftresurserna. Den inverkan, som en mera återhållsam körning utövar på drivmedelskostnaderna, behandlas, dock endast resonemangsvis.

Elektrodriftens expansionsmarginal (sid. 35) antages i första hand icke bliva bättre uttnyttjad än att besparingen i ånglok och motorvagnar blir identisk med den, som uppnås vid övergång till dieseldrift. Verkningarna av en intensivare utnyttjning antydas.

Översikten gives sådan uppställning, att redogörelse först lämnas för det tillskott i kapitalinvestering, som skulle påfordras för driftomläggning. Därefter angivas motsvarande förändringar i kapitaltjänst-, underhålls- och driftkostnaderna. Till sist undersökes om och i vad mån dessa förändringar innebära vinst samt om denna är tillräcklig för att ge en tillfredsställande avkastning på kapitaltillskottet. Tillvägagångssättet är identiskt med det, som utkristalliserats vid Sveriges Statsbanor, och som mera ingående beskrivits i förut åberopad skrift (E.G. sid. 52—59).

Konto	Kapitaltillskott i 1000-tal d. kronor vid övergång till:			
	Elektrodrift		Dieseldrift	
	A	B	A	B
Dragkraft (sid. 35)	—8.500	—8.300	46.600	51.600
Omformarstationer (sid. 51)	14.305	14.305	—	—
Kopplingsstationer (sid. 51).	2.190	2.190	—	—
Tåguppvärmn.anl. (sid. 71).	13.000	15.000	—	—
Spårsänkningar (sid. 84)...	7.700	7.700	—	—
Kontaktledningar (sid. 83):				
a) inkl. kompensationsutr. .	43.750	43.750	—	—
b) exkl. » .	37.660	37.660	—	—
Summa a) ...	72.445	74.645	46.600	51.600
Summa b) ...	66.355	68.555	46.600	51.600

Vid studium av ovanstående tabell torde särskilt böra beaktas de förhållanden rörande dragkraften, som i det föregående behandlats på sidorna 18—35.

Konto	Tillskott i kapitaltjänstkostnad i 1000-tal d. kronor vid övergång till			
	Elektrodrift		Dieseldrift	
	A	B	A	B
Dragkraften (sid. 37)	—634	—623	3.378	3.742
Kopplingsstationer (sid. 54)	121	121	—	—
Tågvärmeanläggn. (sid. 71).	751	867	—	—
Spårsänkningar (sid. 84) ...	324	324	—	—
Kontaktledningar (sid. 85):				
a) inkl. kompensationsutr...	2.209	2.209	—	—
b) exkl. » ..	1.902	1.902	—	—
Summa a)	2.771	2.898	3.378	3.742
Summa b)	2.464	2.591	3.378	3.742

I denna tabell ha kapitaltjänstkostnaderna för omformarstationer utelämnats, enär desamma inkluderats i kraftkostnaderna (sid. 55, 61, 62 och 63) och sålunda ingå i de kostnadsuppgifter rörande drivmedlen, som återfinnas i det följande.

Konto	Ökning (+) resp. minskning (—) i underhållskostnad i 1000-tal d. kronor per år vid övergång till:			
	Elektrodrift		Dieseldrift	
	A	B	A	B
Dragkraften (sid. 40)	—1.823	—2.001	—	—
Kopplingsstationer (sid. 85).	+20	+20	—	—
Kontaktledning (sid. 84):				
a) inkl. kompensationsutr...	+547	+547	—	—
b) exkl. » ..	+507	+507	—	—
Summa a)	—1.256	—1.434	—	—
Summa b)	—1.296	—1.474	—	—

I överensstämmelse med erfarenheter, åberopade på sid. 42, ha i ovanstående tabell icke upptagits några genom dieseldrift påräkneliga kostnadsförändringar. För omformarstationerna tillkommande underhållskostnad inkluderas i kraftkostnaderna (sid. 55, 61, 62 och 63). Den har av denna anledning utelämnats i sammanställningen här ovan. Tåguppvärmningsanläggningarnas underhållskostnader uppvägas av uppkommande besparingar (sid. 93) och redovisas följaktligen icke.

Alternativ	Konto	Minskning i årskostnader för driftförnödenheter och lokpersonal i 1000-tal d. kr., uppkommande genom driftomläggning vid ett kolpris i d. kr. per ton av:		
		80	100	120
A	*Elektrodrift*			
	Driftförnödenheter (sid. 66)	5.023	6.906	8.789
	Avgår kraftlev:s vinst (jfr sid. 61 och 87)	—162	—182	—201
	Lokpersonal (sid. 68)	3.400	3.400	3.400
	Summa:	8.261	10.124	11.988
A	*Dieseldrift*			
	Driftförnödenheter (sid. 66)	4.697	6.071	7.446
	Lokpersonal (sid. 68)	1.000	1.000	1.000
	Summa:	5.697	7.071	8.446
B	*Elektrodrift*			
	Driftförnödenheter (sid. 66)	8.285	11.063	13.840
	Avgår kraftlev:s vinst (jfr sid. 61 och 87)	—203	—228	—253
	Lokpersonal (sid. 68)	3.800	3.800	3.800
	Summa:	11.882	14.635	17.383
B	*Dieseldrift*			
	Driftförnödenheter (sid. 84)	7.460	9.586	11.713
	Lokpersonal (sid. 87)	1.100	1.100	1.100
	Summa:	8.560	10.686	12.813

Den totala förändring i årskostnader, som skulle följa av en driftomläggning, framgår av följande sammanställning.

Alternativ	Konto	Total ökning(+) resp. minskning(—) i årskostnad vid ett kolpris i d. kr. per ton av:		
		80	100	120
A	*Elektrodrift*			
	Kapitaltjänstkostnad a)	2.771	2.771	2.771
	» b)	2.464	2.464	2.464
	Underhållskostnad a)	—1.256	—1.256	—1.256
	» b)	—1.296	—1.296	—1.296
	Driftförnödenheter o. lokpersonal	—8.261	—10.124	—11.988
	Summa inkl. komp.utrustn. ...	—6.746	—8.609	—10.473
	Summa exkl. » » ...	—7.093	—8.956	—10.820

A	*Dieseldrift*			
	Kapitaltjänstkostnad	3.378	3.378	3.378
	Driftförnödenheter o. lokpersonal	—5.697	—7.071	—8.446
	Summa:	—2.319	—3.693	—5.068
B	*Elektrodrift*			
	Kapitaltjänstkostnad a)	2.898	2.898	2.898
	» b)	2.591	2.591	2.591
	Underhållskostnad a)	—1.434	—1.434	—1.434
	» b)	—1.474	—1.474	—1.474
	Driftförnödenheter o. lokpersonal	—11.882	—14.635	—17.383
	Summa inkl. komp.utrustn.	—10.418	—13.171	—15.919
	Summa exkl. » »	—10.765	—13.518	—16.266
B	*Dieseldrift*			
	Kapitaltjänstkostnad	3.742	3.742	3.742
	Driftförnödenheter o. lokpersonal	—8.560	—10.686	—12.813
	Summa:	—4.818	—6.944	—9.071

Sammanställas de ovan påvisade besparingarna med de tillskott i investerat kapital, till vilka de hänföra sig, framkommer den förräntning, som angives här nedan.

Elektrodrift

Alternativ A: 1000-tal d. kr.

A a) Kapitaltillskott (inkl. komp.utrustn.) 72.445

A b) » (exkl. » ») 66.355

Alternativ B:

B a) Kapitaltillskott (inkl. komp.utrustn.) 74.645

B b) » (exkl. » ») 68.555

Alternativ	Besparing i 1000-tal d. kr. vid ett kolpris i d. kr. per ton av:			Vinst i % av kapitaltillskottet *utöver* 4% kapitalränta vid ett kolpris i d. kr. per ton av:		
	80	100	120	80	100	120
A a	6.746	8.609	10.473	9,3	11,9	14,5
A b	7.093	8.956	10.820	10,7	13,5	16,3
B a	10.418	13.171	15.919	14,0	17,7	21,4
B b	10.765	13.518	16.266	15,7	19,7	23,7

Dieseldrift

	1000-tal d. kr.
Alternativ A:	
Kapitaltillskott	46.600
Alternativ B:	
Kapitaltillskott	51.600

Alternativ	Besparing i 1000-tal d. kr. vid ett kolpris i d. kr. per ton av:			Vinst i % av kapitaltillskottet *utöver* 4 % kapitalränta vid ett kolpris i d. kr. per ton av:		
	80	100	120	80	100	120
A	2.319	3.693	5.068	5,0	7,9	10,9
B	4.818	6.944	9.071	9,3	13,4	17,6

Samlas de framkomna resultaten för överskådlighetens skull i en tabell, får denna följande utseende:

Driftform	Vinst i % av kapitaltillskottet *utöver* 4% kapitalränta vid ett kolpris i d. kronor per ton av:		
	80	100	120
Elektrodrift			
A. Vid nuvarande trafikvolym:			
a) med kompensationsutrustning	9,3	11,9	14,5
b) utan »	10,7	13,5	16,3
B. Vid en med ca 30% utökad trafikvolym:			
a) med kompensationsutrustning	14,0	17,7	21,4
b) utan »	15,7	19,7	23,7
Dieseldrift			
A. Vid nuvarande trafikvolym	5,0	7,9	10,9
B. Vid en med ca 30% utökad trafikvolym	9,3	13,4	17,6

2. Resultatgranskning.

Beräkningsresultaten böra nu granskas och bedömas. För att överskådligheten icke skall gå förlorad i en anhopning av siffror kan det härvid vara lämpligt att begränsa antalet alternativ. De nuvarande trafikförhållandena skjutas därför i förgrunden.

a. Elektrodriftens undervärdering.

Det må då först bringas i erinran, att elektrodriften blivit undervärderad. Detta beror på ett flertal, i det föregående behandlade omständigheter, vilka kortfattat kunna sammanställas i följande fem punkter:

1. Elektrodriften har blivit jämförd med en underlägsen ångdrift (jfr E.G. sid. 55). Hade ångdriftens kostnader överflyttats till elektrodriftens prestationsplan, skulle desamma ha blivit högre än de nuvarande, och vinsten av elektrifieringen skulle ha blivit större än kalkylen utvisar (jfr sid. 46). Redan vid nuvarande trafikomfång skulle elektrodriften, enbart på drivmedelskontot ha medfört besparingar, utöver de redovisade till ett belopp av åtminstone 4,9 milj. d. kr. per år vid ett kolpris av 100 d. kr/ton.

2. Elektrodriften har icke tillgodoräknats den inkomstökning, vartill densamma brukar giva upphov (se E.G. sid. 54). Den sålunda undanhållna kreditposten torde vara avsevärd. Det är nämligen icke ovanligt, att det anses befogat att i kalkyler av här ifrågavarande slag räkna med en ökning av bruttointäkterna med ca 10%. Härtill kommer att elektrodriften medför besparingar genom det snabbare vagnomlopp och den underlättade renhållning av rullande materiel och anläggningar, som alltid följer av dess införande. Även dessa besparingar, som ingalunda äro obetydliga, ha uteslutits ur föreliggande kalkyl.

3. Elektrodriften har påförts en ekonomiskt tyngande säkerhetsmarginal därigenom, att för den relativt litet påfrestande lokalgodstjänsten förutsatts skola användas lika kraftiga elektrolok som för linjetjänsten i övrigt (se sid. 27). Det rör sig här om ett kapitaltillskott av storleksordningen 5 milj. d. kr. med en motsvarande årskostnad av ca 300.000 d. kr.

4. På elektrifieringens utgiftsida har införts ett »ineffektivitetstillägg« (se sid. 53), vilket i avseende på storleken är diskutabelt. Även om ett elektrifieringsarbete drager med sig ofrånkomliga kostnader för byggnadsorganisationens uppbyggnad och trimning, kan det nämligen ifrågasättas, om startkostnaderna i detta fallet verkligen skulle bliva så stora, som i kalkylen angivits, och om det vore riktigt att, i enlighet med denna, avskriva dem på ett enda elektrifieringsföretag, då detta, om det komme till utförande, sannolikt skulle efterföljas av andra. Ineffektivitetstillägget ingår i elektrifieringens i kalkylen redovisade kapitalkonto med ca 3,2 milj. d. kr. och i dess årskostnader med i runt tal 172.000 kr. Om tillägget genom intensivt arbete eller kostnadsfördelning på flera objekt icke komme att belasta den nu aktuella elektrifieringen mer än till hälften av ovanstående belopp, skulle räntabiliteten förbättras med omkr. 0,5%. En sådan förbättring skulle emellertid delvis konsumeras av i kalkylen utelämnade ränteförluster på det under driftomläggningsperioden successivt växande, till en början improduktiva kapitaltillskottet.

5. Den i elektrolokens prestationsförmåga inneslutna, såsom kapitaltillgång

redovisade »expansionsmarginalen« (se sid. 33—35) har icke tagits med i räntabilitetskalkylen. Detta försiktighetsmått är befogat endast för det fall, att elektrifieringen av Själlands huvudbanor, i strid emot all erfarenhet, icke skulle medföra en markant förändring av tågplanen. Göres däremot det berättigade antagandet, att Danmarks Statsbaner, i likhet med andra järnvägsföretag, skulle finna sig ha all anledning att efter genomförd elektrifiering väl utnyttja elektrodriftens möjligheter, aktiveras den nämnda tillgången. Härav skulle följa, icke blott besparingar på drivmedelskontot, såsom ovan omtalats under punkt 1, utan även en kreditering av kapitalkontot. Denna kreditering skulle uppgå till ett belopp av 14,0 à 16,4 milj. d. kr. och medföra en nedsättning av de årliga kapitaltjänstkostnaderna med 0,8 à 0,9 milj. d. kr. (se tabell sid. 37).

Sammanräknas, med utelämnande av de svårbedömliga punkterna 2 och 4, den reduktion av investering och årskostnader, som angivits i övriga punkter, framkommer, redan vid nuvarande trafikomfång, en minskning av kapitaltillskottet med 19 milj. d. kr. och en nedsättning av årskostnaderna vid ett kolpris av 100 d. kr. per ton med 6,0 milj. d. kr. Härav följer en höjning av den (utöver en kapitalränta av 4%) påräkneliga räntabiliteten i alternativ Aa ifrån 11,9 till 27,3%, i alternativ Ab ifrån 13,5 till 33,0%. Vid större trafik och stigande kolpris skulle avkastningen av elektrodriften ytterligare förbättras.

b. Dieseldriftens undervärdering.

Dieseldriften har även blivit undervärderad. Under den tid, som förflutit, sedan kostnadsberäkningarna genomfördes och först framlades (15/1 1954), har det visat sig, att priset på diesel-elektriska linjelok av föreslagen typ blivit 300.000 d. kr. lägre per maskin räknat än ovan angivits. Vid nuvarande trafikomfång skulle till följd härav inträda en minskning i det beräknade kapitaltillskottet med 16,8 milj. d. kr. och i motsvarande kapitaltjänstkostnader med 1,08 milj. d. kr. per år. Det kan vara tveksamt, om dessa belopp böra oavkortade tillgodoräknas dieseldriften. Dennas ekonomiska utbyte är nämligen, i högre grad än elektrodriftens, beroende av anskaffningskostnaden för ånglok, och intet säger, att icke också denna kostnad skulle kunnat påverkas av prissänkande krafter. Härtill kommer, att hänsyn icke tagits till ränteförluster, som skulle uppstå genom förskottsbetalningar vid beställning av diesellok.

Dieseldriftens räntabilitet bleve i hög grad beroende av den utsträckning, i vilken det skulle visa sig möjligt att enbemanna lokomotiven. Eftersom den i det ovanstående förutsatta besparingen i lokpersonal hänför sig till en allmänt hållen bedömning av personalens fördelning (sid. 67), är den osäker. Osäkerheten ökas av det förhållandet, att det torde vara oklart, hur enbemanningsproblemet, åtminstone på längre sikt, ter sig ur personalens synvinkel. Skulle den amerikanska utvecklingen (se sid. 68) komma att påverka den danska, vore det tänkbart, att övergången till dieseldrift icke skulle resultera i någon mera betydande, bestående reduktion av kostnaderna för lokpersonal. Mot en sådan utgång talar dock den omständigheten, att de danska diesel-elektriska lokomotiven äro små i jämförelse med de i USA konventionella multipel-loken. Personalbehovet för de sistnämnda bör till följd härav icke verka normgivande för lokbemanningen i Danmark.

Frågan får en annan aspekt, om den ställes i relation till elektrodriften. Det måste nämligen hållas i minnet, att de för linjetjänst på Själlands huvudbanor föreslagna elektroloken skulle förmå utveckla en mer än dubbelt så stor effekt, som de ifrågasatta diesel-elektriska loken (se fig. 2). Dessa finge därför dubbleras, om en någorlunda rättvisande jämförelse mellan diesel- och elektrodriften skulle åstadkommas. En förskjutning i personalbehovet och kapitalinvesteringen i för dieseldriften oförmånlig riktning bleve i så fall ofrånkomlig. I den mån kraven på transportprestationerna skärpas, kan det sålunda vara välbetänkt att räkna med en tillväxt av personal- och kapitalbehovet för dieseldriften utan motsvarighet på elektrosidan.

Om man, med bortseende ifrån dessa synpunkter, vill bilda sig en uppfattning om belägenheten av en gräns, under vilken dieseldriftens räntabilitet skulle komma att hålla sig, kan man göra det antagandet, att den ovan angivna prisreduktionen på lokomotiven kunde oavkortad tillgodoräknas dieseldriften samt att det vore möjligt att, åtminstone under ett begynnelseskede, genomföra fullständig enbemanning av alla diesel-elektriska lokomotiv. Vid nuvarande trafikomfång skulle personalkostnaderna i så fall bli 2,4 milj. d. kr. lägre per år än ovan angivits.

Av detta antagande följer, att dieseldriftens avkastning skulle tendera till att nå värdet 24,0% vid nuvarande trafikomfång och vid ett prisläge, svarande emot kolpriset 100 d. kr. per ton. Lönsamheten skulle förbättras vid tilltagande trafik och stigande bränslepriser, om än mindre progressivt än i elektrodrift.

c. Kapacitiva differencer.

Den ovan antydda kapacitiva skillnaden mellan diesel- och elektrodriften skulle icke endast göra sig gällande i avseende på personalbehovet och kapitalinsatsen. Den skulle, såsom i det föregående (sid. 13—18) påvisats, framförallt komma till synes i transportprestationerna. Ett exempel må anföras till erinran härom. I 5‰ stigning uppnår ett diesel-elektriskt lokomotiv av föreslagen typ en balanserad hastighet av 90 km/h, när den av detsamma framförda vagnvikten uppgår till 300 ton. Ett elektrolok av angivet utförande (litt. Da) förmår i samma stigning och vid samma hastighet framföra en vagnvikt av 800 ton. I 10‰ stigning och vid hastigheten 80 km/h uppgå de motsvarande vagnvikterna till 200 resp. 600 ton. Uttages skillnaden i prestationsförmåga i form av tidsvinst, d.v.s. i ökad hastighet, blir resultatet likartat. Om t. ex. den fremförda vagnvikten uppgår till 500 ton, blir den balanserade hastigheten i 5 ‰ stigning 105 km/h för elektroloket, men endast 70 km/h för diesellokei. I 10 ‰ stigning bliva motsvarande hastigheter 90 resp. 45 km/h.

De anförda siffrorna visa, att järnvägarna genom elektrifiering förvärva avsevärt bättre traktionsmedel än genom övergång till dieseldrift. De framräknade räntabilitetstalen måste, då de jämföras, betraktas emot denna bakgrund. Tidsvinsten bör särskilt uppmärksammas. Den har i föreliggande utredning behandlats såsom en faktor, endast påverkande traktionskontots kreditposter. I ett vidare sammanhang har den större betydelse. Varje tågminut bär sin andel dels av järnvägens samlade kostnader för bana och byggnader,

för förråd och verkstäder, för lokomotiv och vagnar för stationär och åkande personal, för administration och arbetsledning etc., dels av trafikanternas och näringslivets produktionsförluster på ineffektiv rese- och transporttid. Inbesparade tågminuter representera därför stora värden både för järnvägsföretaget och det allmänna.

Den springande punkten i räntabilitetsproblemet och därmed i det frågekomplex, som sluter sig omkring valet av driftart, är i själva verket transporteffekten. Fordrar man, att denna skall vara densamma i olika driftarter, inträda, åtminstone i mera avancerad trafik, förhållanden, som giva elektrodriften absolut företräde framför både ång- och dieseldrift. Att dieseldriften i här förevarande fall skulle medföra så god lönsamhet som den påvisade förklaras av de relativt blygsamma anspråk, som ställts på dess prestationer. Om elektrodriftens prestationsförmåga uppställdes såsom norm för dieseldriften, skulle den sistnämnda ingalunda bliva så lönsam som här visats. Detta förhållande bleve än mer framträdande, om timeffekten hos de föreslagna Daloken ökades, vartill möjlighet numera står öppen, eller om kraftigare elektrolok av annan typ bleve införda.

d. Drivmedelsekonomien.

Elektrodriften besväras icke av några oklara personalproblem av betydelse. Den vilar också i andra avseenden på en fastare grund än dieseldriften. Detta gäller icke minst om den vitala drivmedelsförsörjningen. Priset på elektrisk energi ligger mera fast än priset på olja, och politiskt sett bör det vara mera tryggt att elektrifiera järnvägsdriften än att göra den helt beroende av en i kritiska situationer opålitlig oljetillförsel. Den elektriska kraftproduktionen kan upprätthållas med många medel, dieseldriften med endast ett.

Drivmedelsförbrukningen spelar icke samma roll i elektro- och dieseldrift som i ångdrift, där verkningsgraden alltid är låg (sid. 46). Kunde man genom återhållsam körning nedbringa den i det föregående angivna konsumtionen av elektrisk kraft resp. dieselolja med 10%, skulle driftkostnaderna enligt grundförutsättningarna i alternativ A vid ett prisläge, motsvarande en kolkostnad av 100 d. kr. per ton, minskas med 382.000 resp. 529.200 d. kr. per år, och den totala ränteavkastningen skulle växa vid elektrodrift, arbetande med kompensationsutrustning, ifrån (4,0 + 11,9) = 15,9 till 16,4% och vid dieseldrift ifrån (4,0 + 7,9) = 11,9 till 13,0%. Vinsten bleve i båda fallen, av allt att döma, oväsentlig, jämförd med det pris, till vilket den skulle köpas. Järnvägsdriften skulle nämligen förlora så mycket i effektivitet, att det måste ifrågasättas, om den skulle bliva till det gagn och vinna den konkurrenskraft, vartill en driftomläggning framför allt torde böra syfta. En sparsamhet med sådana konsekvenser vore påtagligen missriktad.

En allvarlig rubbning i den ifrågasatta elektrodriftens bärighet skulle icke uppstå, om kraftkostnaderna bleve högre än de ovan antagna. En höjning av kraftpriset med 1,0 d. öre per kWh nedsätter räntabiliteten med omkr. 1,3%. En avsevärd prisstegring rymmes sålunda inom den marginal, som representeras av i kalkylen utelämnade, här ovan redovisade kreditposter. Detta förhållande förtjänar att uppmärksammas med hänsyn särskilt till den tid, som sannolikt

skulle förflyta, innan bandriften kunde komma i åtnjutande av energi, producerad i ångkraftverk, arbetande med ovan angiven verkningsgrad (sid. 58—60). Villkoren för senare års kraftutbyte mellan Danmark och Sverige giva å andra sidan en antydan om att kraftkostnadsfrågan i här förevarande sammanhang blivit realistiskt bedömd, och att de danska kraftverkens ångekonomi oavlåtligen förbättras. Banelektrifieringen, som i mångt och mycket är framåtsyftande, gagnas automatiskt av denna utveckling. Det må till sist nämnas, att »kraftleverantörens vinst« (sid. 61 och 87), upptagen till ett elektrodriften belastande belopp av omkr. 200.000 d. kr. per år, icke skulle utgöra någon reell utgift, om den danska staten (se sid. 56) upptoge kraftproduktion till förmån för bl. a. sina egna banor.

Sammanfattas de ovan i avsnitten a-d berörda omständigheterna, kan det sägas, att den påvisade undervärderingen av elektrodriften och dieseldriften, objektivt bedömd, icke kan verka utjämnande på beräkningsresultaten. Elektrodriften, behåller det övertag över dieseldriften, om vars ekonomiska betydelse de enligt grundförutsättningarna bestämda räntabilitetstalen givit en försiktig antydan.

e. En direkt jämförelse mellan elektrodriftens och dieseldriftens ekonomi.

Enligt den tillämpade kalkylationsprincipen har en indirekt jämförelse mellan elektrodriftens och dieseldriftens räntabilitet åstadkommits därigenom, att båda driftformerna ställts i relation till ångdriften. Ur kalkylen kan emellertid även härledas direkta jämförelser. Ett exempel härpå må anföras.

Vid nuvarande trafikomfång skulle elektrifieringen av huvudbanorna på Själland enligt de angivna grundförutsättningarna (alt. Aa) kräva ett kapitaltillskott av 72,445 milj. d. kr. För dieseldriften skulle motsvarande belopp utgöra 46,600 milj. d. kr. Här föreligger sålunda en differens, uppgående till 25,845 milj. d. kr. Mot denna differens svarar, vid ett prisläge karakteriserat av kolpriset 100 d. kr. per ton, en förut redovisad skillnad i besparingar om 8,609—3,693 = 4,916 milj. d. kr. per år. Detta betyder, att det belopp, varmed investeringen i elektrodriften skulle *överstiga* investeringen i dieseldriften, komme att i detta fall ge en nettoavkastning av 19,0%, medan behållningen av hela det för elektrifiering erforderliga kapitaltillskottet skulle, såsom ovan angivits, stanna vid 11,9%. Det lönar sig sålunda väl att satsa det större belopp, som banelektrifieringen kräver. Detta förhållande bleve än mer framträdande vid större trafik och högre bränslepriser.

3. Slutsatser.

Dieseldriften innebär icke någon ofördelaktig lösning av traktionsproblemet på Själlands huvudbanor, där den flacka terrängen gynnar denna driftform. Elektrodriften är emellertid mera effektiv och ekonomisk, och dess övertag växer med tilltagande trafik (sid. 15). I Jyllands kuperade terräng skulle denna överlägsenhet bliva än mer framträdande. Elektrodriften innesluter i sig expansiva fördelar, som icke stå till buds i någon annan nu känd driftform.

Valet mellan elektro- och dieseldrift för huvudbanorna på Själland vållar

ingen svårighet, om huvudvikt lägges vid effektivitet, räntabilitet och konkurrenskraft. I alla dessa avseenden är elektrodriften, såsom här visats, dieseldriften klart överlägsen. Finansieringen kan däremot te sig gynnsammare i diesel- än i elektrodrift. Medan den senare kräver en till ett kort tidsintervall koncentrerad, betydande kapitalinvestering, är den förra genomförbar, om en till storleksordningen jämförlig kapitalinsats utbredes över en längre tidsperiod. I ett beträngt finansläge kan detta uppfattas såsom en välkommen lättnad. På längre sikt blir bilden likväl en annan. En hård kraftinsats med snabbt inträdande genomgripande verkningar framstår då såsom avgjort mera berättigad än en långsamt framskridande rationalisering, medförande tekniska och ekonomiska fördelar av lägre valör.

Stockholm den 15 november 1954.

Th. Thelander.

THE APPLICATION OF DIESEL POWER TO THE DANISH STATE RAILWAYS

Report submitted to Traktionsudvalget,
Akademiet for de tekniske Videnskaber, in Copenhagen
29th May, 1952

by

P. A. McGEE

CONTENTS

REPORT

Introduction.

As arranged with your chairman, Professor Mansa, in his letter of the 7th March, 1952, the writer sailed from New York on the 5th April and arrived in Copenhagen on the 13th April, 1952, in connection with the above project.

In presenting this report, we wish in the first instance to offer our sincere thanks for the many courtesies which your committee so liberally extend to us during our stay here. We especially wish to thank your learned chairman, Professor J. L. Mansa, your secretary, Doctor P. Draminsky, and Civil Engineer, Otto Götzsche, for their unlimited help in preparing this report and checking the numerous tables. Also we wish to thank Maskinchef C. C. Hedegaard Christensen, and many members of his Staff, for the large amount of statistical data and operating information which largely forms the basis of this report.

Scope of Report.

The report is confined to the application of Diesel motive power to the Danish State Railways, with appropriate reference to steam and electric power for comparative purposes. The detailed study refers only to a large part of the First District, although the motive power considered and proposed applies to the complete System. The operating data developed may also be applied to the total System with adjustments to suit train weights.

Recommendations.

Briefly stated, our recommendations are:

(A) Continue the application of Diesel rail cars to all small size passenger trains.

(B) Purchase, according to a definite plan, Diesel locomotives which should be interchangeable as between goods and passenger trains.

(C) The Diesel locomotives should have suitable weight and tractive effort characteristics to permit hauling the maximum size trains permitted by the draw hooks.

(D) With the newer power, endeavors should be made to increase the average train sizes and weights.

Important Points Developed in Study.

The Danish State Railways are already extensively Dieselized over large stretches of track and with the large suburban electrification are in the fortunate position of having operating data available for steam, Diesel, and electric comparisons.

The study includes about 67 % of the line km and track km of the First District.

Including switching and electric trains the study covers slightly over 50 % of the train km, and excluding switching and electric trains, 83 % of the train km of the First District.

It is proposed to reduce the existing locomotive train km from slightly over $8^1/_2$ million, to slightly over $5^1/_2$ million per year and to increase the rail car train miles correspondingly with Diesel & electric operation.

Fifty Diesel or electric locomotives of suitable characteristics can satisfactorily supply the normal train assignment with spare units, although some extra power may be required for Christmas season traffic.

Twenty-seven Diesel or electric rail cars should supply the normal rail car train requirements.

The normal operating expenses excluding the crew in the passenger section and all platform expenses, and passenger and baggage car expenses, and all fixed charges, ... are estimated to be:

Per Steam Locomotive Train	Kr. 2.60 per km.
Per Diesel Locomotive Train	Kr. 1.50 per km.
Per Electric Locomotive Train	Kr. 2.12 per km.

The estimated yearly operating costs excluding fixed charges, for the lines included in study, are as follows:

Steam Power on all trains	Kr. 22,438,000
Combined Steam & Diesel Power	Kr. 20,361,000
Diesel Power	Kr. 9,324,000
Electric Power	Kr. 15,740,000

The capital investments including certain facilities with Diesel & electric power for the lines included in study, are estimated as follows:

Steam Power on all trains	Kr. 111,000,000
Combined Steam and Diesel	Kr. 105,950,000
Diesel Power	Kr. 125,150,000
Electric Power	Kr. 217,550,000

The yearly savings with Diesel power as against combined steam and Diesel power amount to Kr. 11,037,000 for an additional capital expenditure of Kr. 19,200,000 on the lines included in study, over that estimated for steam power.

Due to the limited length of track included in the study and the short average run, and low average train weight, the 50 Diesel locomotives required for the lines included in the study, are not employed to their greatest advantage.

A study is now under way to develop the maximum possible use of these units. As an indication of the possibilities along these lines we have assumed 175,000 km per year with each unit, with an average train weight of 375 tons.

If this operation could be obtained, the Diesel locomotive costing approximately Kr. 90,000,000 would give a yearly saving of Kr. 18,727,000 or over 20 % of the initial cost. The fuel saving per year with this operation amounts to Kr. 14,430,000. Should the purchase of new steam power be included for 100 steam units, the additional cost of the Diesel power to obtain the savings indicated is only: Kr. 15,000,000.

The total Diesel fuel requirements for all the locomotive-hauled trains on the Danish State Railways are estimated to be approximately 43 million litres or 36,000 tons, as against 341,315 tons coal.

With coal at Kr. 100 per ton and Diesel fuel at 20 øre, the yearly saving with Diesel fuel is estimated to be Kr. 25,531,000 per year.

The 36,000 tons of Diesel fuel represents only 2.04 % of the total liquid fuel imported to Denmark in 1950. It is actually less than half of 1.0 % by weight of the total fuel, solid and liquid, imported to Denmark in 1950.

General.

The outstanding characteristic of the Danish State Railway System is the ferry operation across the Great Belt. This ferry service controls the train size, the running time, and largely the operating costs of the important international traffic, and to a large extent the capacity of the System.

There is important water-borne competition between the islands of Denmark and in the heavy international continental traffic.

There is a very high proportion of passenger train km, and there are many small size passenger trains and branch line trains which must be retained.

The existing locomotive power is mostly old equipment and although well-maintained and operated, there are too many types of locomotives and too many limitations with regard to tonnage capacity.

Operating economy undoubtedly requires new motive power, and the question naturally arises as to whether new steam, Diesel or electric locomotives should be purchased.

Lines and Movement Included in Study.

For the purposes of a comparative study of the three types of power, your Committee has divided the System into two parts, known as First District and Second District. You have then eliminated to a large extent the secondary lines in the two districts and completely eliminated all yard and switching operations in the sections to be studied.

Table 2 gives the train movement and train B.T. km for the First District, and that included in the study. This table is a condensation of considerable data collected for the study.

It will be noted that the goods train and passenger train movements are not separated. This is explained by the fact that fuel consumption values and locomotive maintenance values and crew costs are not sufficiently segregated in the accounts to permit of an accurate segregation.

The passenger train movement, however, is separated for the various types of trains and this procedure is necessary in view of the large variations in this service.

The data in Table 2 are reorganized in Table 3, to give (with unit operating costs explained in Appendix A) the controlling operating cost values which permit evaluation of the various trains with the three types of power.

The assumption of the complete operation of all trains in the First District with steam power shown in Table 3, is of purely academic interest, and later in Table 5 we will consider a more practical combination of steam and Diesel operation.

Appendix A explains the unit cost values employed in Table 3.

Locomotive Characteristics and Number Required.

This important part of the study is discussed at some length in Appendix B.

Table 4 gives the total number of locomotives and rail cars required, together with estimated costs for the lines considered in study.

The type of locomotive employed with the three types of power under consideration will have a very decided effect on the future operation of the State Railways, and in our comparison we have assumed locomotives of comparable dimensions.

Locomotive Maintenance Facilities and Recommended Spare Parts.

Appendix C gives a survey of the maintenance facilities recommended with the purchase of 50 Diesel locomotives.

This requirement is covered in some detail due to its cost effect on the total Diesel investment. Appendix C also includes a survey of the existing engine house facilities in both the First District and the Second District. The closing down of a number of these houses should be possible with either Diesel or electric power.

Appendix D outlines the spare parts included in the estimates of costs included in Table 4.

Comparative Cost of Operation on Lines Considered in First District.

Table 5 represents the most rational and practical comparison as between the three types of power when applied under the rigid condition of a limited track length in the First District.

Briefly, if new motive power must be purchased and it is confined to the First District, it is reasonable to assume that steam power similar to the present type E locomotive would be selected to represent the case for steam. At present approximately 120 steam road locomotives are assigned to the First

District, and under the conditions proposed with Diesel and electric power with the extended use of rail cars and reduced locomotive train km, 100 new steam locomotives should adequately cover the operation with combined steam & Diesel power.

On this basis, Table 5 gives the operating costs with the combined steam & Diesel power and a complete comparison with Diesel & electric power with values taken from Tables 3 & 4.

Comparing Table 5 with Tables 3 & 4 the great advantage of the combined steam & Diesel operation as against steam power only, is at once apparent. There is a saving of Kr. 404,000 in capital expenses and a yearly operating saving of 2,077,000 Kr., or, including interest and amortization, a yearly saving of kr. 2,481,000. The wisdom of the railway management in making extended purchase of Diesel rail cars is apparent from this comparison.

Referring to the costs as developed for Diesel power in Table 5, the following will be noted, in comparison with combined steam and Diesel operation:

A) For an investment of 125,150,000 Kr. as against 105,950,000 Kr., there is a yearly operating saving of 11,037,000 Kr.
B) This very large saving for the additional investment of 19,200,000 is over 50% of the additional cost and would be covered in less than two years of operation.

With electric motive power the substantial operating yearly saving over combined steam & Diesel operation of 4,620,000 Kr., is not sufficient to cover the additional fixed charges required with the assumed cost for this system.

Proposed Extended Use of 50 Diesel Locomotives Required with Lines Considered in Study.

The comparative operating costs shown in Table 5 requires large capital investment with each of the three systems. It is reasonable to assume that such large capital outlays, particularly when applied to the whole State Railway system, would be made according to some budget or plan entailing some years for its accomplishment.

With electric operation the motive power purchased must of necessity operate on the limited length of track equipped with a distribution system.

With Diesel or steam power it is evident that if 50 or 100 new units were purchased, they would not be confined to a limited length of track in the First District. The new power would undoubtedly be applied where its maximum use and yearly saving could be obtained consistent with the general improvement of the service throughout the system.

Due to the limited length of runs and the extensive use of Diesel rail cars in the First District, the yearly km possible with locomotives is limited. The total proposed locomotive km on the section being studied is 5,660,000, and the net locomotive requirements per a normal day are 38 locomotive units. This gives a maximum of 408 km per locomotive day. However, to secure

the normal day's service, a protection locomotive must be employed at two important terminals, and on Saturdays 5 additional units are required.

Finally spare units must be available for contingencies and heavy overhaul, giving a total of 50 units. The net requirements are increased from 38 to 50 units or approximately 30 %, and the km per locomotive are reduced to 310 km per day or only 113000 km per year.

Steam road power today runs over 50,000 km per year, and Diesel rail cars run 122,000 km, and lyntog trains run over 300,000 km per year. It therefore follows that in order to get the maximum use of a flexible unit such as a Diesel locomotive or Diesel rail car, it should not be confined to a limited part of the system, but extended as far as practical.

In contrast with the 310 average daily km obtained with the 50 units proposed in the study, schedules have been considered in the First and Second Districts, I understand for a limited number of locomotives, giving 650 km per day.

A study is now under way to develop the average daily km possible with the 50 Diesel units considered when applied to haul the most important international and freight trains in the First and Second Districts.

The importance of increasing the average daily milage with any type of newer and more efficient power has already been referred to, and its effects can be easily developed from Tables 3, 4 and 5.

During the introductory period of Diesel power, steam locomotives should be readily available as standby power and with such an arrangement it should be possible to obtain at least 480 km per locomotive day or 175,000 km per locomotive year with the first 50 locomotives applied.

It should be further possible to increase the average trailing load of these locomotives from 339 tons as developed in study to 375 tons trailing.

Referring to Table 3, and adjusting for the increase fuel with the heavier trains, the unit costs per train km with 100 Kr. coal and 20 øre Diesel fuel become Kr. 3.315 per train km for steam and 1.174 Kr. per train km for Diesel. The yearly operating costs with steam & Diesel power for the train km considered, are with the assumed km and weight as follows:

	Steam power	Diesel power
Number of locomotives:	100	50
Train km per year ÷ 1000	8,750	8,750
Unit cost per train km	Kr. 3.315	Kr. 1,174
Total operating cost per year ÷ 1000	Kr. 29.000	Kr. 10,273
Saving per year with Diesel power		Kr. 18,727
Cost of 50 Diesel locomotives Tables 4 & 5 ÷ 1000		Kr. 90,000
% return on investment.....		20,8 %

The fifty Diesel locomotives should therefore pay themselves out of savings in less than five years.

If the purchase of 100 new steam locomotives were considered, the additional capital investment of Diesel power, namely 90 million Kroner against 75 million

Kroner with steam, would give a net additional investment of only 15 million Kroner. This small additional investment gives a saving of over 18 million Kroner per year.

If the train movement considered can be developed, then the 50 Diesel locomotives would perform 46 % of the total locomotive train km and nearly 57 % of the locomotive B.T. km of the State Railways System.

The estimated saving in coal per year amounts to 193,500 tons costing Kr. 19,350,000

The estimated Diesel fuel consumption would be 24,600,000 litres Kr. 4,920,000

Fuel estimated saving alone per year ..... Kr. 14,430,000

Diesel Fuel Requirements.

No Diesel study is complete without reference to Diesel fuel requirements.

The constant discovery of new oil deposits in various parts of the world and the spectacular development of oil recovery from coal and shale, present an encouraging picture.

Denmark has unfortunately to import practically all her fuel requirements, and one of most serious handicaps in the operation of the railways is the heavy coal importation and the great cost of same.

Attached to this report is a table No. 6 giving the national data for fuel importation in relation to the railway requirements. It will be noted that the Diesel fuel requirements are only 36 000 tons for locomotive-hauled trains against 341 315 tons coal.

TABLES

Table I.

Route km, Track km and Yard km Total and Included in Study.

	Total:	Incl. in Study:	% Incl. in Study:
First and Second Total Districts			
Route km	2642	1382	52,3 %
Through Main Line km.	3298	2062	61,0 %
Yards and Sidings.....	1542	996	64,5 %
Total Track km	4840	3058	63,3 %
First District			
Route km	642	431	67,2 %
Through Main Line km.	927	738	79,6 %
Yards and Sidings.....	551	262	47,5 %
Total Track km	1478	1000	67,6 %
Second District			
Route km	2000	951	47,5 %
Through Main LineTrack	2371	1323	55,9 %
Yards and Sidings.....	991	734	74,0 %
Total Track km	3362	2057	61,0 %

Table 2.

Basic Operating Data.

Main Line train km and Trailing ton km Excluding Switching and Existing Electric Trains. Fuel & Power Consumption & Cost per 1000 B.T. km.

	All trains		First Distr. existing and proposed trains		
	First and Second Distr.	First Distr.	Locomotive trains	Lyntog trains	Railcar trains
1. 1950 1000 train km					
a. Total existing	31,390	10,360	7530	560	2270
b. Incl. in study		8,630	5660	560	2410
c. Excl. from study		1,730	—	—	1730
d. Avr. train weight existing trains	224	233	280	140	93[1])
2. Mill. ton km trailing					
a. Total existing	7,034	2,416	2125	78	213
b. Incl. in study		2,243	1924	78	241
c. Excl. from study		173			173
d. Avr. train weight ton in study		280	339	140	100[1])
3. Fuel and power per 1000 ton km			liter	liter	liter
a. Coal and Diesel	59 kg	59 kg	7,50	10,00	13,00
b. Elec. KWh			40	57	70
4. 1950 unit cost fuel and power	kr.		øre	øre	øre
a. Coal per ton Diesel per l	100		20	20	20
b. Electric power per KWh			8,57	8,57	8,57
5. Fuel and power cost per 1000 ton km	kr.	kr.	kr.	kr.	kr.
a. Steam & Diesel trains	5,90	5,90	1,50	2,00	2,60
b. Electric trains power			3,43	4,88	6,00
c. heating			0,11	—	—
Total			3,54		

See Appendix A for fuel & power consumption & costs.

[1]) Excl. weight of rail car.

Table 3.

Operating Costs per Train km and Total Costs with Steam, Diesel, and Electric Power. For Part of First District Included in Study.

	Total Train km	Diesel			Electric		
	Assumed Steam operated	Loco Tr.	Lyntog	Railcar	Loco Tr.	Lyntog	Railcar
Train km ÷ 1000 ...	8630	5660	560	2410	5660	560	2410
Avr. Tr. Wt. Tons ...	260	339	140	100	339	140	100
Repair per Tr. km ..	0,48	0,27	0,70	0,35	0,22	0,48	0,24
Servicing.....	0,16	0,08	0,08	0,04	0,08	0,08	0,04
Distribution System..	—	—	—	—	0,38	—	—
Fuel and Power.....	1,53	0,51	0,28	0,26	1,20	0,75	0,66
Lubrication	0,02	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01
Water	0,05	0,02	0,01	0,01	0,02	—	—
Driver	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Firemen	0,16	—	0,20	—	—	0,20	—
Total above Kr. per Train km.....	2,60	1,12	1,50	0,89	2,12	1,73	1,15
Total operating Costs ÷ 1000 Kr. ...	22,438	6,339	840	2,145	11,999	969	2,772
System Total ÷ 1000 Kr....	22,438		9,324			15,740	
System Savings over Steam ÷ 1000 Kr.			13,114			6,698	
Diesel Savings over Electric ÷ 1000 Kr.			6,416				

See Table 2 for train km
See Appendix A for unit costs.

Table 4.

Number and Cost of Locomotives and Rail Cars with New Steam Power, and Facilities and Parts Stock to Operate Diesel and Electric Trains, Considered in Table 3.

	Steam Power	Diesel Power	Electric Power
No. of Locomotives	148	50	50
No. of Rail Cars		27	27
No. of Lyntog Trains		8	8
Total No. of Units	148 Loco	85	85
Total Cost of Motive Power ÷ 1000 Kr.	111.000	120.950	112.850
Maintenance Facilities ÷ 1000 Kr.		2.700	2.700
Stock of Parts ÷ 1000 Kr.		1.500	2.000
Distribution Approximation ÷ 1000 Kr.			100.000
Total Investment ÷ 1000 Kr.	111.000	125.150	217.550
Yearly Charge 8 %*) ÷ 1000 Kr.	8.880	10.012	17.404

*) $4^1/_2$ % Interest and $3^1/_2$ % Amortization.

Table 5.

Comparison of Operating and Fixed Costs with Combined Steam and Diesel Power, and Electric Power. — On Part of First District Included in Study.

Combimed Steam and Diesel Power Adjusted to have Same Use of Rail Cars Proposed with Diesel and Electric Power.

Steam Loco km av.	Train km	Operating Cost per km	Total operating cost per year ÷ 1000
Train Weight 339 Ton	5660	kr. 3,07	17.376
Diesel Rail Cars	2410	- 0,89	2.145
Lyntog Trains	560	- 1,50	840
Total per Year	8630		kr. 20.361

Capital Cost and Yearly Fixed Charges.

	Steam & Diesel	Diesel	Electric
Number of Locomotives	100[1])	50	50
Cost of Loco. ÷ 1000 kr.	75.000	90.000	80.600
- - Rail Cars ÷ 1000 kr.	22.950	22.950	20.250
- - Lyntog ÷ 1000 kr.	8.000	8.000	12.000
- - Facilities and Parts		4.200	4.700
- - Distribution ÷ 1000			100.000
Total Capital Charge ÷ 1000 kr.	105.950	125.150	217.550
Fixed Charge 8 % ÷ 1000 kr.	8.476	10.012	17.404
Yearly Operating Costs above and Table 3 ÷ 1000 kr.	20.361	9.324	15.741
Total Yearly Charge ÷ 1000 kr.	28.837	19.336	33.145

Yearly Savings Diesel over Steam ÷ 1000 kr. ..... kr. 9.501

Yearly Savings Diesel over Electric ÷ 1000 kr. ..... kr. 13.809

[1]) In above comparison 100 New Type E steam locomotives assumed to operate the average train of 339 tons.

Table 6.

Estimated Approximate Fuel and Power Requirements of Main Line Locomotive Trains in Relation to Danish National Importation and Consumption of such Fuels.

	Approximate Total For First and Second Districts 1950—51		
	Steam Locomotives	Diesel Locomotives	Electric Locomotives
1000 B.T. km	5.780.000	5.780.000	5.780.000
Fuel Consumption per 1000 B.T. km	59 kg coal	7,5 litre oil	40 kw. hr.
Total Fuel and Power 1950—51	341.315 tons	43 mill. litres	232 mill. kw. hr.
Unit Cost 1950.....	kr. 100 per ton	20 øre per litre	8,57 øre per kw. hr.
Total Cost ÷ 1000 kr...	34.131	8.600	19.882
Effect 10 % change in unit cost per year ÷ 1000 kr.	3.413	860	1.988

	Total for Denmark	Railway Requirements for Locomotive Trains as % of Total
Coal	4.043.000 tons	8,45 %
Liquid Fuel	1.765.300 -	2,04 %
- Diesel and Heavy Fuel	1.149.200 -	3,14 %
Total all Fuels.....	8.461.700 -	0,425 % (Diesel by weight)
Approximated Total kw. hr. generated in 1950 ÷ 10°..	1.689 kw. hr.	13,7 %

APPENDICES

Appendix A gives details of the unit costs included in Tables 2, 3, 4 and 5.

Appendix B discusses the motive power requirements and the recommended type of Diesel locomotives and comparable steam and electric locomotives. The estimating prices are explained for the various types of equipment.

Appendix C explains in some detail recommended facilities and estimated cost of same for Diesel locomotives.

Appendix D gives a general estimate of the spare parts which would be required with Diesel locomotives.

The quantities might vary considerably from the estimate given, depending upon the policy of the D.S.B.

Appendix A. Unit Operating Cost.

Locomotive Repairs Cost per Train km.

Steam; Yearly Report locomotive km	0,446 Kr.	Per train km	0,48 Kr.
Rail car Yearly Report car km	0,424 Kr.		
less 4 axles	0,094 Kr.		
cost per car km	0,330 Kr.	Per train km	0,35 Kr.
Lyntog twice cost rail car			0,70 Kr.
Diesel 1500 HP locomotive 8 cents per mile excluding servicing, in U.S.A. i. e. 4,8 cents per km, 55 % labor & 45 % material.			
Labor cost $^1/_3$ U.S.A. & material 25 % higher			
Cost per km 0,25 Kr.		Per train km	0,27 Kr.
Diesel 1000 HP locomotive approximate cost ..		Per train km	0,25 Kr.
Electric locomotive latest Swedish value		Per train km	0,22 Kr.
Electric S car D.S.B. per km	0,319 Kr.		
less 4 axles	0,094 Kr.		
cost per car km	0,225 Kr.	Per train car km	0,24 Kr.
Electric lyntog. Twice rail car cost			0,48 Kr.

Note that the locomotive & car km in the above are on an average $7^1/_2$ %

greater than the train km where one power unit is employed. This explains the increase in cost between locomotive and train cost shown above.

Servicing and Cleaning Locomotives and Rail Cars:

This important item which may amount to from 20% to 40% of maintenance cost is not readily available.

We know however that certain man-hours must be expended on daily inspections, and with Diesel and electric power these hours are a minimum. We are assuming a daily Diesel locomotive expenditure for this item of 29 Kr. which amounts to 0,08 Kr. for train km.

We are taking twice this value for steam power and half this value for rail cars. An investigation is under way to determine the number of engine houses which may be closed down with Diesel or electric operation, and from this investigation it is hoped that a large saving with Diesel or electric power can be developed. This potential saving is represented under service costs shown in Table 3.

See appendix C for information on existing engine houses and water stations affected by Diesel or electric operation.

Fuel and Power per 1000 Trailing B.T. km.

Steam locomotives Yearly Report average 59 kg coal
Steam locomotives coal cost 100 Kr. per ton... Per 1000 B.T. km 5,90 Kr.
Lyntog trains Yearly Report average 10 litres
Lyntog trains fuel cost 0,20 Kr. per litre..... Per 1000 B.T. km 2,00 Kr.
Diesel rail cars Yearly Report average 13 litres Per 1000 B.T. km 2,60 Kr.
Diesel locomotives U.S. average value on rolling profile 1,6 gals. per 1000 T.M. in goods, and 4,1 gals. with heating for 1000 T.M. passenger trains, i. e. 3,8 litres and 9,8 litres pr. 1000 B.T. km, average 6,8 litres.
Increase by 10% to allow for variations in goods and passenger trains,
Fuel average per 1000 B.T. km 7,5 litres.
Fuel cost 0.20 Kr. per litre..... Per 1000 B.T. km 1,50 Kr.

Electric S Cars Yearly Report 81.8 kw. hrs.

Electric S cars power cost 8.57 øre per kw. hr.. Per 1000 B.T. km 7,01 Kr.
Electric M. cars ratio Diesel locomotive to M. cars with heating,

- M. - average 70 kw. hrs.
- M. - power cost 8.57 øre ..... Per 1000 B.T. km 6,00 Kr.
- Lyntog average 57 kw. hrs., including heating
- Lyntog power cost 8.57 øre per kw. hr., Per 1000 B.T. km 4,88 Kr.
- Locomotive average for Sweden, Netherlands and Italy is 40 kw. hr. ..... Per 1000 B.T. km
- Locomotive power cost 8.57 øre per kw. hr. ..... Per 1000 B.T. km 3,43 Kr.
- Locomotive heating is 7.5% of Diesel locomotive fuel .... 0,11 Kr.
- Locomotive total cost..... Per 1000 B.T. km 3,54 Kr.

Note in above values the B.T. km were converted in all instances to the *Trailing* B.T. km employed in Yearly Report, and they must not be confused with the total B.T. km including the locomotive and car equipment weights.

Cost of Operating and Maintaining Electric Traction Distribution System.

This item refers to electric operation only. The cost is generally expressed in per track km. On the D.S.B. suburban system the costs for the years 1948—49 appear to be about 7500 Kr. per route km. For a larger system the cost would probably be around 5000 Kr. per track km, although inflation may seriously affect this item particularly with renewals of contact wires and insulation. At 5000 Kr. the total yearly cost of the lines under consideration in the First District would amount to 2.160.000 Kr. See Table 1.

Assigning this cost to the 5.660.000 electric locomotive train km (see Table 2) the average cost per locomotive train km is 0,38 Kr.

Lubrication Per Train km.

Steam from D.S.B.	2 øre	Diesel Av. U.S. value	3 øre
Diesel Rail Car	3 øre	Electric Locomotive	2 øre
Electric Rail Car	1 øre		

Water Per Train km.

Steam from D.S.B. ..... 5 øre
Diesel and Electric Locomotives for Heating ..... 3 øre
Diesel and Electric Cars cost nominal.

Crew Cost.

The employees in the train are assumed to be the same with all types of power. With Diesel and electric power only one operator is employed without any fireman.

With Diesel and electric operation practically no preparatory time is required with the crew. However since only one operator is employed in the latter case, we have assumed the same cost with all types of power.

Driver D.S.B. average per train km ..... Kr. 0,20
Fireman - - - - - ..... Kr. 0,16

Appendix B. Motive Power Equipment.

Since the D.S.B. have a very definite plan to install a further 40 Diesel railcars similar to those now in satisfactory operation, it is not necessary to discuss the design or operation of these units.

With the delivery of these 40 new cars the railroad will have a total of about 95 large Diesel cars.

A preliminary study indicates that 33 such cars can be employed in the First

District. With reserve units the First District would require about 38 cars leaving 57 for the Second District. This will supply practically all the required 500 P.H. cars.

The locomotives as far as practical should cover the following requirements:

a) Axle load of 17 metric tons.
b) Suitable for goods and passenger service with maximum speed not less than 130 km per hour.
c) They should be rated to pull the maximum weight trains required on the various sections with a free running adhesion not exceeding 18%.
d) Their continuous tractive effort should be between 13% and 15% of the total weight on driving wheels,
e) The total locomotive unit weight on driving wheels should preferably not be less than 68 metric tons.
f) To obtain best riding qualities the locomotive should preferably be equipped with flexible spring trucks, swivelled to the locomotive car underframe. The draw gear should be attached to the car underframe and the truck should be suitably spaced.
g) All locomotives should be fitted with boilers of adequate capacity to heat 14 car passenger trains.

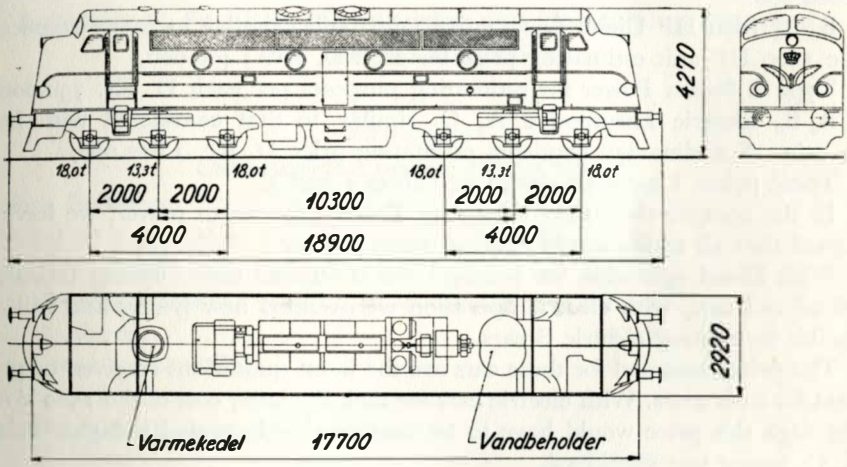


Fig. 10. Diesel-electric locomotive for Danish State Railways.

The Diesel locomotives now on order by the D.S.B. (shown in the figure) should satisfactorily cover the maximum present requirements and actually improve the train schedules.

The average weight train on the system however is small, although it is hoped to improve this condition with the locomotive trains at least when further rali cars are delivered. It is quite possible that a smaller Horse Power

unit than the 1500 HP units now on order could satisfactorily cover many of the train assignments. The initial cost savings with the smaller size unit which would in all respects meet the requirements as outlined, should be considerable.

A detailed study of the graphic train sheets for a representative period showed that a net of 33 motor cars with 8 lyntog trains and 38 interchangeable locomotives as between freight and passenger service could cover the total requirements of the First District in a normal weekday.

For the part of the First District employed in the study, and allowing for spare units, a total of 27 rail cars and 8 lyntog trains and 50 locomotives are proposed for the train km and B.T. km shown in Tables 2 and 3.

Due to national controls over such strategic material as copper and steel and to the continued inflationary effects, it is extremely difficult to obtain prices or to estimate prices for future delivery of even such a concrete item as a locomotive.

The existing order by the D.S.B. for Diesel units of 1500 HP gives probably the best price to assume in any comparative study of Diesel power. I would propose the B_0-B_0 locomotive being considered in Sweden and Norway, and for which quotations were, I understand, made recently for electric power.

The available quoted prices for these locomotives, I understand in quantities of 50, are as follows in Danish Kr. A1A + A1A 1500 HP Diesel locomotive with boiler at present on order by the D.S.B. estimating price for each D. Kr. 1.800.000.

B_0-B_0 1000 HP Diesel Locomotive with boiler similar in many respects to the 1500 HP unit estimating price for each D. Kr. 1.400.000.

Type E Steam Power for estimating purposes per each D. Kr. 750.000.

B_0-B_0 Electric Locomotive A. C. similar to that considered with boiler in other Scandinavian countries estimating price D. Kr. 1.612.000.

These prices I have employed in Tables 4 and 5.

In the comparative study shown on Table 3 for steam power, we have assumed that all trains would employ steam power.

With Diesel operation we assumed the continued use of lyntog trains and Diesel rail cars, with electric operation we assumed new lyntog and rail cars similar to existing electric S cars.

The prices assumed for these cars are the latest quotations received or prices paid for such units. With electric cars we took the latest cost of the 1500 V cars, although this price would have to be considerably increased if higher voltage A. C. power was employed.

The cost of the cars assumed is as follows:

Diesel Lyntog trains original approximate cost per each	Kr. 1.000.000
Diesel Mo Cars latest delivery cost per each	Kr. 850.000
Electric Mo Cars - - - 1500 V S cars per each ...	Kr. 750.000
Electric Lyntog train.....	Kr. 1.500.000

For the purposes of a comparison of steam, Diesel and electric costs, it is necessary to obtain an approximate estimate of the distribution system required with electrification.

I recognize the difficulties in compiling such an estimate, as it is quite likely that the necessary copper and steel may not be available for some years, and in the meantime the price of these basic commodities is constantly rising.

Before leaving the States in April I obtained current prices for the bronze and copper wires employed in certain systems on which I was formerly connected in design and installation. I found the average price of the wires only for catenary and contact system, excluding transmission lines, was $ 3600 per track km. These wires represent about 15 % of the contact system cost in the United States.

Under existing conditions even with favourable local labour conditions, I doubt that a satisfactory contact system with signal installation, track and clearance alterations with substations and communication protection could be installed on the 1000 km included in the study of the First District for Kr. 100.000.000. This approximation has no particular significance other than to supply a base to obtain an amount for fixed charges, and is assumed in Tables 4 and 5.

Appendix C. Facilities for Servicing and Maintaining Proposed with Diesel Locomotives.

1.

First District

Godsbanegårdens remise (Running repair).

A. Shop Building:		
1. 23′ 6″ drop table:	Kr. 275.000	
2. 4′ × 4′ insp. pit:	- 125.000	
3. Depressed floor:.....	- 150.000	
4. Platforms:.....	- 75.000	
5. Crane (present OK)		
6. Cleaning Room		
Reconditioning room		
Storeroom:	- 275.000	
Total:		Kr. 900.000
B. Fuel Oil Facilities		
1. Storage tank 1.600.000 liter:	- 175.000	
2. Four fueling stations incl. 400 litres per min. pumps 5 HP motors, switches, strainers, hoses, nozzles, filters, piping installation:	- 50.000	
Total:		Kr. 225.000

C. Lube Oil Facilities.

1. Storage tank (present OK),
2. 200 litres per min. pump, incl. motor, switch hose piping and installation..... - 25.000

Total: ..... Kr. 25.000

D. Water Treating Facilities.

1. Demineralizing unit for engine cooling wales incl. heater, piping and installations ..... Kr. 10.000
2. Water softening plant for steam generator water, incl. storage tank 40.000 litres, 800 l. p. m. pump $7^1/_2$ HP motor, piping and installation: ..... - 65.000

Total: ..... Kr. 75.000

E. Cleaning Facilities:

Equipment for cleaning small parts and filters:..... Kr. 50.000

Total: ..... Kr. 50.000

F. Shop Tools.

1. Special tools:..... Kr. 110.000
2. Magnaflux and Zyglo equipment: ..... - 90.000

Total: ..... Kr. 200.000

G. Sanding Facilities.

5 tons sand tower and storage house..... Kr. 25.000

Total: ..... Kr. 25.000

Grand Total: ..... Kr. 1.500.000

2.

Centralværkstedet.

A. Building changes: ..... Kr. 200.000
B. Cranes (possible to use present)
C. Engine test stand: ..... - 100.000
D. Shop tools:..... - 250.000
E. Equipment for electric repair shop: ..... - 250.000
F. Facilities for impregnating and baking and reconditioning electric motors and generators:..... - 200.000

Total: ..... Kr. 1.000.000

3.

Shops at Korsør, Gedser and other depots.

A. Changes to be made to fueling and water facilities	Kr. 200.000	
Total:		Kr. 200.000
Total the First District 1. 2. and 3.		Kr. 2.700.000

The above values are employed in Table 4.

The following engine house and inspection shops facilities exist on Districts I and II.

In Copenhagen:	*First District*	*Second District*
For Diesel Rail Cars	2	
For Electric Cars	1	
For Steam	2	
Other Centres with Foremen	7	14 Incl. 5 For Rail Cars.
Other Centres no Foremen	5	24
Water stations other than at above enginehouses	10	30

Considerable Savings would naturally result if many of the above stations were closed and the forces rearranged at the retained stations. See Appendix A. "Servicing and Cleaning Locomotives and Rail Cars".

Appendix D. Spare Parts.

The spare parts requirements with power may be estimated from the parts secured by the D.S.B. for Diesel power now on order.

The existing order includes spare trucks, motor and engine together with a large assortment of running wearing parts amounting to about kr. 1.500.000. The same amount was assumed for Diesel and electric locomotives for the First District shown in Table 4.

SUMMARY

REPORT OF THE TRACTION COMMITTEE 1956

Part One contains the investigations by the Committee itself, while Part Two contains the reports of the consultants, Mr. Th. Thelander and Mr. P. A. McGee.

In the following is given a short explanation of the contents of each chapter. The titles of all tables and figures are translated into English, which will enable the English reader to find further information herein.

PART ONE

I. Purpose and Activity of the Committee.

The Traction Committee was formed by the Academy of Technical Sciences in 1951 at the request of the Danish State Railways (DSB) in order to investigate the technical, economic and social reasons for the introduction of electric or Diesel traction on Danish main lines. Of 13 members, 5 were leading engineers and experts from DSB, and 8 representatives for the technical sciences, the electricity works, and industry.

Differences of opinion among the members led to more extensive investigations than originally expected, described in Chapters II—VIII and finally resulting in two somewhat different conclusions, in Chapter IX, signed by 6 and 7 members respectively.

II. New Modes of Traction and Their Development in Various Countries.

A short description of the recent technical evolution in this field, especially with regard to the different systems of electrification, and the special reasons for the growth of Diesel traction in the USA and now also in many European countries.

Table 1. Track length of electrification existing or under construction 1955.
— 2. Track length of electrification in different European countries.
— 3. Traction units in use at West-European State Railways 1955.

Fig. 1. Electric railways in use or under construction in Western Europe 1955.

III. Technical and Traffic Data for DSB as Basis for the Investigation.

The investigation comprises all »hovedbaner« (main lines) of DSB, i.e. lines on which locomotive-hauled trains, and not exclusively rail-car trains, will be retained. The First District comprises Zealand—Falster, and Second District Jutland—Funen (see Fig. 2). First District, except the line Copenhagen—Hillerød, is chosen as a "study area" for the more detailed investigations, the results of which are extended to Second District by proportioning.

The most heavily trafficked lines in both districts, namely Copenhagen—Esbjerg and Ålborg—Padborg, are called "stambaner" (trunk lines) and are investigated separately. Exact traffic returns, including the distribution on the lines, are given for the year 1951, besides curves showing the development of total traffic volumes and travelling speeds of DSB from abt. 1870 to 1955.

Table 45—46 (at end of Part One). Traffic amounts 1951.
— 4. Main lines considered.
— 5. Track length and total traffic on main lines, trunk lines, and in study area.
— 6. 1951-traffic amounts divided into locomotive-hauled passenger trains, goods trains, and rail-car trains.

Fig. 2. Main lines of DSB.
— 3. Traffic density, trailing bruttoton-km per km and year.
— 4. Development of passenger and freight traffic in Denmark 1870—1954.
— 5. Shortest travelling time for some main routes of DSB 1870—1954.

IV. Technical Data of New Forms of Motive Power as Proposed for DSB.

The Diesel and electric locomotives proposed are of all purpose type i.e. both for passenger and freight trains, and of maximum speed 120 km/h. The Diesel loco (already introduced as "litra MY") is a 6-axled bogie-loco (A1A-A1A), total weight 102 tons, adhesive weight 72 tons, effective horsepower 1750 hp at driving wheel rims. The electric loco is a 4-axled bogie-loco (Bo-Bo), total and adhesive weight 72 tons, maximum horsepower 4000 hp at driving wheels, designed for alternating current of $16^2/_3$ c/s and 16000 V. Alternatively, locomotives for 50 c/s, 25000 V, are considered.

The numbers of locomotives and rail-cars are determined through detailed schedule plans for First District, and by proportioning for Second District. Energy consumption is calculated from theoretical speed-time diagrams for 8 different train categories of varying mean speeds and distances between stops.

Table 7. Present steam locomotives of DSB.
— 8. Gradients on main lines in both districts.
— 9. Higher gradients on route Nyborg—Århus.
— 10. Highest obtainable train speeds on level track.
— 11. Number of steam locos (excl. shunting) for 1951-traffic.
— 12. Number of locos and rail-cars in study area for Easter traffic 1952.
— 13. Same, for main and trunk lines of First and Second Districts.
— 14. Number of Diesel and electric locomotives for weekday and holiday traffic 1951—52.
— 15. Traffic into study area divided in train categories.
— 16. Electricity and oil consumption per year for study area (excl. train heating).

Table 17. Calculated specific electricity consumption compared with measured consumption in other countries.
— 18. Total coal, electricity, and oil consumption per year.

Fig. 6. Tractive force and horsepower for Diesel and electric locomotives.
— 7. Theoretical speed-time diagrams for loco-hauled trains.

V. Estimates of Traction Expenses, Based on Present Traffic Volumes and Train Speeds.

The chapter contains details of expenses for fixed electric installations, prices of locomotives and rail-cars, maintaining, repair and engine house expenses, wages for driving personnel, fuel and electricity prices, interest and depreciation.

The total accounts are worked out for the following four cases:

a) present steam locomotives combined with Diesel rail-cars.
b) new modern steam locomotives combined with Diesel rail-cars.
c) new Diesel locomotives, with rail-cars as before.
d) electric locomotives and rail-cars in same numbers as with Diesel traction.

The figures are somewhat different as given by three groups of committee members, mainly disagreeing as to prices of fixed electric installations. Furthermore, the accounts are made separately for the study area, for all main lines in both districts, and for the trunk lines alone. For the latter the advantage of substituting the new motive power for the present steam locomotives is found to be greater than for the average of all main lines, due to the higher traffic density on the trunk lines. The relative economy of Diesel and electric traction is, however, found to be very near the same on main and trunk lines. This is explained by the fact that the average numbers of traction units per 100 km ingle track are very similar on both categories of lines.

Table 19. Transformər capacity in study area.
— 20. Fixed electric installations in First and Second Districts.
— 21. Prices of motive power (1954).
— 22. Maintenance and engine house expenses per train-km.
— 23. Active driving personnel in study area (week-day traffic).
— 24. Depreciation terms and annuity percentages.
— 25. Estimate of various data (study area).
— 26. Total accounts for study area according to group A.
— 27. — — - - - — group B and C.
— 28. — — - - - — the consultants.
— 29. Accounts for main lines in both districts.
— 30. Accounts for trunk lines.
— 31. Electric traction units per 100 km electrified single track.
— 32. Approximate accounts for the 50 c/s system and further improvements in the other systems.

Fig. 8. Yearly traction expenses for the study area (according to Tables 26—28).

VI. Estimates for Increased Train Speeds and Traffic Volumes.

Possibilities for increased train speeds are discussed. On the trunk lines the maximum permissible speed may, with a reasonable expense, be increased

to 140 km/h, but this speed will require considerable expenses to new coaching stock. The proposed Diesel and electric locomotives can, simply through alteration of the gearing, make full use of this maximum speed, but new passenger cars will be necessary.

Without raising the maximum speed the new Diesel locomotives will allow a general increase of speed of all trains, including the fastest, of 20% over the present speeds, and the relation between the economy of Diesel and electric traction will so far be unaltered. Further increase of speed will demand stronger Diesel locomotives in order to make them equal in performance to the electric locomotives, and this, as well as an increase in traffic volume, will improve the economy of electric traction in relation to that of Diesel traction. Total accounts are worked out for different stages of speed and traffic increase.

Tabel 33. Obtainable increase of speed for the largest locomotive-hauled trains.
— 34. Accounts for study area at 20% general speed increase.
— 35. — - - - - 35% - - .
— 36. — - - - - 50% - - , involving increased maximum speeds.
— 37. Accounts for study area at 35% speed increase and 50% traffic increase.
— 38. Accounts for the 50 c/s system and improved Diesel traction in study area at 35% speed increase and 50% traffic increase.

Fig. 9. Speed diagrams for 25 km distance between stops (at maximum performance of Diesel and electric locos).
— 10. Wasted time for one acceleration and stop as a function of the maximum speed reached in the meantime.
— 11. Speed diagram for a non-stop express train of 300 tons car weight on the line Copenhagen—Korsør hauled by the proposed electric loco at maximum speed 160 km/h.
— 12. Yearly traction expenses for the study area under present and future traffic conditions.

VII. Influence of Fuel Prices, and Possibilities of Energy Supply under Extraordinary Circumstances.

Various opinions are here expressed by the different groups of members. In the long run, oil prices will probably increase in relation to electricity prices, but whether this should be decisive for present arrangements, is a matter of personal judgement.

Table 39. Known deposits and world consumption of important fuels.
— 40. Relative traction expenses (for steam and Diesel) in proportion to electric traction at present and double oil price.
— 41. Relative expenses for Diesel and electric traction in study area at present and double oil price, future traffic conditions.

Fig. 13. Development of fuel prices 1935—55.

VIII. Choice of Mode of Traction, seen in Relation to the General Social Conditions and Economy of the Nation.

Various general questions are discussed, such as return on invested capital, expense of foreign currency, employment and export possibilities for the Danish

industry, noise and smoke problems, and coordination with the current great projects for bridges (The Sound and the Great Belt). All these considerations are in favour of abolition of steam power, but do not seem decisive for the choice between Diesel and electric traction.

Table 42. Return on invested capital for study area at present traffic.
— 43. Same, at 35% speed increase and 50% traffic increase.
— 44. Fuel expense in foreign currency for the various modes of traction (study area).

IX. Conclusions.

The two conclusions contain recommendations of electric and Diesel traction, respectively, both conclusions taking due regard to the considerable amount of Diesel units already existing or ordered by DSB, namely 46 MY-loco and abt. 150 Diesel rail-cars. This prevents an early electrification of all main lines. Conclusion 1 (signed by 6 members), therefore, recommends immediate electrification of the main lines in First District only, while it is admitted that Diesel power to an extent corresponding to the normal demand in Second District can at present be used to great advantage; electrification in Second District should follow later, when possible to shift the Diesel units. Conclusion 2 (signed by 7 members) recommends change-over as soon as possible to Diesel traction for the normal traffic in both districts; the possibility of a future economic and technical development making electrification advantageous is mentioned, however, and it is recommended that all constructional works with alterations of track lines, viaducts etc. should be carried out with a view to future electrification.

X. Appendix.

Contains details of theoretical methods used for the calculation of train resistances, energy consumption, train speeds etc., and an extensive list of applied litterature.

Fig. 14. Sketch explaining the computation of »wasted time« in a speed-length diagram.

PART TWO

Th. Thelander: Electrification of the Danish State Railways.

I. Introduction.

The investigation comprises only main lines in the First District. The mean traffic density on these is abt. 5.3 mill. bruttoton-km per route km per year which is far above the density (0.5 mill. btkm/km and year) over which, according to Swedish experience, electric traction is more economic than steam traction.

Fig. 1. Map of main lines in First District (showing proposed converter stations).

II. Traction Units.

The proposed electric locomotives (type 1C1) are in horsepower and tractive effort much superior both to steam and Diesel locomotives. With the proposed electric loco it will be possible to reduce the running times of all trains by at least 20% in relation to present running times. Prices of locomotives and expenses for maintenance etc. are given.

Fig. 2. Effective horsepower at driving wheels for:
1. Electric loco, type 1C1,
2. Diesel-electric loco, type A1A-A1A,
3. Steam loco, DSB litra E.

— 3. Speed-time curves for starting a 450 ton train on level track with electric loco and Diesel loco.
— 4. Train resistance at 5‰ gradient and tractive effort for the three loco types as in Fig. 2.
— 5. Same, at 10‰ gradient.
— 6. Electric Bo-Bo loco, 3000 ehp, max. speed 150 km/h.
— 7. Electric 1C1 loco, 2500 ehp, max. speed 120—135 km/h.

III. Distribution System.

The alternating current system of $16^2/_3$ c/s and 16000 V is recommended. The specific electricity consumption is taken as 10% below measured values in Sweden, due to smaller gradients on the lines here considered, giving a mean value of 35.2 Wh per bruttoton-km. Prices of converter stations etc. are given, and the expenses calculated for maintenance of these, for the total electricity consumption, and for wages for driving personnel.

Fig. 8. Converter station for 3 transportable converters.
— 9. Diagram for distribution system for main lines in First District.

IV. Means of Train Heating.

Electric heating is recommended in the case of electric traction. Expenses are calculated for all necessary electric heat installations in passenger and freight cars, and fixed heat installations in First District.

V. Wire installations.

Telecommunications are supposed to be laid in cables, but this work will be done independently of an electrification and is therefore not to be reckoned as an expense for the electrification. The contact wire system is calculated in details based on Swedish experience.

VI. General Balance.

The total running expenses and capital expenses for both electric and Diesel traction are compared with the total expenses of steam traction and the yearly saving calculated, see Tables pp. 89—90. E.g. for present traffic volume (case Ab) and a coal price of 100 kr./ton, the saving of electric traction over steam

traction is found as	8.956 mill. kr.
and the saving of Diesel traction over steam traction	3.693 - -
saving of electric traction over Diesel traction	5.263 mill. kr.

(see also Table 28, Part One, p. 102).

Furthermore, the return on the invested capital (over that required for steam traction) is calculated for various cases, see Table, p. 91. Finally, the results are discussed and it is emphasized that the advantages of electric traction in several respects have been under-estimated in the calculations.

P. A. McGee:
The Application of Diesel Power to the Danish State Railways.

(Written in English).

Diesel traction on main lines in First District is calculated in all details, while the expenses of steam and electric traction are given approximately. Electric traction is found to be much more expensive than Diesel traction and even more expensive than steam traction, see the final results in Table 5, p. 114.

The report also shows that 50 Diesel locomotives (as required for total dieselization of First District) under a preliminary extended use in both districts would produce considerably bigger savings and would pay themselves out of savings in less than five years (see p. 108).

Pris
1. og 2. DEL: 15 KR.

I kommission hos
TEKNISK FORLAG, KØBENHAVN

Trykt hos
J. JØRGENSEN & CO.