

TÅGENS ENERGIFÖRBRUKNING.

I kapitlet om kraftstationen hafva redan omnämnts de instrument, som anskaffades för uppmätning af tågens energiförbrukning och af hvilka volt-, ampère- och wattmetrarne måste placeras i kraftstationen på grund af, att skakningen omöjliggjorde deras placering på tåget. Härigenom inkomma emellertid linjeförlusterna i resultatet. Dessa ha vid körning med 6,000 volt undantagsvis uppgått till maximalt fem procent. Medelvärde för spänningsfallet under en hel försöksfärd har emellertid för här nedan upptagna färder aldrig öfverskridit två procent, och har ingen korrektion härför upptagits vid beräkningen af wattimreförbrukningen, emedan denna af en hel del andra orsaker ej kan bestämmas med sådan noggrannhet, att ett fel på två procent kan anses äga någon större betydelse, så mycket mer, som det sålunda uppmätta värdet är större än det verkliga. Vid körning med 12,000 volt uppgå de till följd af spänningsfallet uppkommande felen endast till en fjärdedel så mycket som hvad ofvan anförts. Mätningar vid körning med högre spänning än 12,000 volt hafva ej kunnat utföras, emedan mätinstrumenten ej varit lämpade därför.

Den förut omtalade, af A. E. G. levererade hastighetsmätaren har användts för uppmätning af tåghastigheten, och hafva å densamma tagits afläsningar först i början hvar tionde och senare hvar femte sekund. Trots det, att denna hastighetsmätare vid kontrollprof i kraftstationen visade sig lämna all önskvärd precision, befanns det i början, då för kontroll det erhållna värdet å medelhastigheten för en försöksfärd multiplicerades med den använda tiden, att den så beräknade väglängden ej stämde öfverens med den verkliga tillryggalagda vägen, utan var ofta ända till sex procent mindre. Sedan emellertid bromsanordningen för den axel, från hvilken hastighetsmätarens generator drefs, satts ur tjänst, var denna olägenhet borteliminerad, och hastighetsmätaren har sedan dess alltid visat sig lämna godt resultat.

För uppmätning af lokomotivens resp. motorvagnarnes dragkraft har användts en fjäderdynamometer med skala visande upp till fem ton. Denna dynamometer insattes vid dragkraftsmätningar mellan lokomotivets resp. motorvagnens och första vagnens dragkrokar. Utslagen på denna dynamometer hafva ej kunnat erhållas fullkomligt lugna på grund af frånvaron af härför erforderlig dämpningsanordning. Afläsningarne hafva därför fått göras

mera uppskattningsvis, och är det därför tydligt, att alltför stor noggrannhet ej kan väntas af dessa mätningar. Emellertid visar den rätt goda öfverensstämmelsen mellan resultatet af mätningarna i olika fall, att felet vid bestämning af dragkraftens medelvärde resp. dragarbetet ej torde uppgå till mer än högst ett par procent vid de längre färderna. Vid de tillfällen, då dragkraftsaffläsningar gjorts, hafva dessa tagits samtidigt med hastighetsaffläsningarna. För motorvagnståget hafva dragkraftsaffläsningar naturligen endast kunnat göras vid de tillfällen, då endast den främre motorvagnen varit dragande.

Afläsningar hafva tagits för omkring 100 försöksfärder, hvilka utförts med olika tågsammansättning, stationsafstånd och medelhastighet, och hafva kurvor uppritats för dessa. Bilderna 114—129, som återfinnas i slutet af detta kapitel, återgifva som exempel sådana kurvor för sexton försöksfärder, däraf sex för motorvagnståget, sex för elektriska lokomotivet n:r 1 och fyra för elektriska lokomotivet n:r 2. Kurvorna för volt, ampère och watt å dessa bilder hafva samtliga upptagits medelst de förut omnämnda gnistregistrerande instrumenten. Vid de af bilderna visade försöksfärderna har spänningsregleringen i kraftstationen utförts för hand med undantag af de färder, som visas af bilderna 122—125, hvarvid den förut omnämnda automatiska spänningsregulatorn tjänstgjort. Afläsningarna å hastighet och dragkraft hafva vid dessa försöksfärder tagits hvar femte sekund. De å bilderna visade kurvorna för hästkrafterna angifva effekten vid dragkroken och ingår däruti således ej det arbete, som erfordras för lokomotivets resp. motorvagnens framdrifvande. För erhållande af totala arbetet och effekten vid drifhjulen, hvilka värden erfordras för beräkning af verkningsgraden, har det ofvannämnda värdet ökats i proportion till tågvikten, hvilket naturligen förutsätter, att traktionsmotståndet per ton är detsamma för lokomotivet resp. motorvagnen, som för det öfriga tåget. Då emellertid detta motstånd torde vara något högre för lokomotivet eller motorvagnen än för det öfriga tåget, beroende bland annat på luftmotståndet på tågets framsida, blir den i nedanstående tabell upptagna så uträknade siffran för verkningsgraden, som också innesluter förlusten i ledningen från kraftstationen, något lägre än den verkliga verkningsgraden från högspänningssidan på lokomotivet resp. motorvagnen till drifhjulen.

I tabellen å nästa sida hafva också upptagits de ur kurvorna uträknade medelvärdena å hastighet och effektfaktor samt dessutom wattimmeförbrukningen.

Af denna tabell framgår, att medeleffektfaktorn är betydligt bättre för motorvagnarna än för de elektriska lokomotiven. Värdet å motorvagnarnes effektfaktor skulle emellertid hafva blifvit ännu något högre, om ej dessas hufvudtransformatorer tagit en mer än vanligt stor magnetiseringsström. Dessa transformatorer tillkommo nämligen för tids vinnande mera som ett provisorium vid det förut omnämnda utbytet af de elektriska utrustningarna i motorvagnarna. Närmare uppgifter om dessa transformatorer återfinnas i bilaga n:r 5. Af tabellen framgår vidare, att de erhållna medelvärdena på effektfaktor, verkningsgrad och energiförbrukning variera

T a b e l l.

Elektrisk järnvägsdrift.

Bild n:r	Motorer	Tågviikt	Bansträcka	Längd i km	Medel- hastighet	Medeleffekt- faktor	Medelverk- ningsgrad	Wattimmar pr tonkm
114 a	Motorvagnarne	144,5	Stockholm C.—Tomteboda försignal...	2,30	35,8	0,81	—	35,7
	»	»	Tomteboda försignal—Tomteboda.....	0,46	18,4	0,63	—	52,7
114 b	»	»	Tomteboda—Järfva	4,12	39,0	0,81	—	21,4
	»	»	Järfva—Tomteboda försignal	3,31	37,3	0,84	—	32,8
115 a	»	»	Tomteboda försignal—Tomteboda.....	0,75	23,5	0,65	—	45,9
115 b	»	»	Tomteboda—Stockholm C.	2,82	38,4	0,74	—	18,0
	Elektr. lok. n:r 1	116	Stockholm C.—Karlberg	1,92	32,0	0,72	0,69	34,9
116 a	»	»	Karlberg—Tomteboda försignal	0,30	15,0	0,56	0,61	73,9
	»	»	Tomteboda försignal—Tomteboda.....	0,49	18,2	0,59	0,42	64,7
	»	»	Tomteboda—Hagalund.....	1,85	30,8	0,74	0,67	45,4
116 b	»	»	Hagalund—Järfva	2,26	36,6	0,72	0,62	17,7
	»	»	Järfva—Hagalund	2,24	34,9	0,77	0,71	42,8
117 a	»	»	Hagalund—Tomteboda	1,80	33,1	0,63	0,76	22,0
	»	»	Tomteboda—Karlberg	0,82	22,2	0,64	0,66	43,7
117 b	»	»	Karlberg—Stockholm C.	1,96	28,5	0,61	0,63	10,7
118 a o. b	Motorvagnarne ¹	144,5	Järfva—Värtan	9,78	39,9	0,85	0,73	16,4
119 a o. b	» ¹	»	Värtan—Järfva	9,82	38,7	0,87	0,75	19,5
120 a o. b	»	»	Järfva—Värtan	9,78	48,3	0,87	—	17,5
121 a o. b	»	»	Värtan—Järfva	9,82	48,2	0,90	—	22,0
122 a o. b	Elektr. lok. n:r 1	80	Järfva—Värtan	9,94	42,5	0,82	0,74	18,7
123 a o. b	»	»	Värtan—Järfva	9,65	36,1	0,79	0,71	21,2
124 a, b o. c	»	185	Järfva—Värtan	10,05	32,1	0,79	0,77	13,3
125 a, b o. c	»	»	Värtan—Järfva	10,05	31,0	0,79	0,74	16,2
126 a o. b	Elektr. lok. n:r 2	149,4	Järfva—Värtan	9,65	36,7	0,80	0,72	14,5
127 a o. b	»	»	Värtan—Järfva	9,65	34,4	0,82	0,72	19,9
128 a o. b	»	265	Järfva—Värtan	9,91	34,1	0,82	0,76	11,1
129 a, b o. c	»	»	Värtan—Järfva	9,91	28,7	0,82	0,77	16,7

¹ Blott främre motorvagnen dragande. Vid öfriga försöksfärder med motorvagnståget hafva båda vagnarne varit dragande.

inom synnerligen vida gränser, hvilket ju var att förutse med hänsyn till den stora skillnaden i afseende på tågvikt, stationsafstånd och medelhastighet. Vid korta stationsafstånd förekomma, såsom af kurvorna framgår, endast igångsättning och bromsning, och blir därför, enär dels verkningsgraden under igångsättning är betydligt lägre än under gång och dels vid bromsningen energiförlust uppkommer, energiförbrukningen i så fall betydligt större än vid längre stationsafstånd. Vid korta stationsafstånd blir också energiförbrukningen, såsom af tabellen framgår, mycket varierande, beroende på förarens sätt att manövrera. Vid längre stationsafstånd spela däremot igångsättning och bromsning en mera underordnad roll, och erhållas därför då betydligt lägre värden å energiförbrukningen. De värden, som i tabellen upptagas för färder mellan Värtan och Järfva, äro sålunda ovanligt låga, en omständighet, som förklaras däraf, att tågen trots den kuperade terrängen (se bild 111) kunnat tillryggalägga hela vägen mellan de båda stationerna utan bromsning annat än vid slutpunkterna. Den i utförsbackar erhållna energien har därvid omvandlats i lefvande kraft hos tåget, utan att den tillåtna maximalhastigheten öfverskridits. Vid utförda beräkningar för andra statsbanelinjer har det visat sig, att detta i mycket stor utsträckning blir fallet vid de stigningsförhållanden, som existera å de svenska statsbanorna, och att således bromsning i utförsbackar endast jämförelsevis sällan behöfver ifrågakomma.

Vid elektrisk järnvägsdrift medelst trefasström, hvarest tåget kör med nära konstant hastighet öfver hela banan, kan tydligen den lefvande kraften ej på detta vis utnyttjas. Den energi, som vid en sådan järnväg kan återvinnas, genom att motorerna arbeta som generatorer, erhålles tydligen med en vida sämre verkningsgrad, hvarför energiförbrukningen å ett med trefasmotorer drifvet tåg å sträckan Värtan—Järfva—Värtan tydligen skulle varit betydligt större än den, som konstaterats vid dessa försök. Annorlunda skulle jämförelsen naturligen komma att ställa sig, om banan hade synnerligen långa och ihållande stigningar, såsom exempelvis vid bergbanor är fallet.

Vid ofvannämnda beräkningar angående energiförbrukningen för andra statsbanelinjer har för bestämmande af tågmotståndet användts följande efter Davis (Street Railway Journal 1904, dec. 3) uppställda formel

$$a = 2 + 0,04V + 4,5 \cdot 10^{-4}V^2$$

där a = tågmotståndet i kg pr ton och V = hastigheten i km pr timme.

Härvid är likväl att märka, att Davis' formel tager hänsyn till tågvikt och vagnantal. I ofvanstående formel hafva därför insatts för ändamålet lämpliga medelvärden. Formeln har visat sig lämna värden, som stämma väl öfverens med dem, som erhållits från försöksfärderna.

För att lämna en föreställning, huru medeleffektfaktor, medelhastighet och energiåtgång för ett visst lokomotiv variera beroende på olika stationsafstånd och tågvikt, hafva kurvorna å bilderna 112 och 113 beräknats med stöd af ofvan angifna formel för traktionsmotståndet. Härvid har antagits, att två olika lokomotiv användts, nämligen ett (bild 112) för 60 km pr

timme och ett (bild 113) för 100 km pr timme tillåten maximihastighet. För båda lokomotiven har antagits, att de varit försedda hvardera med fyra enfasmotorer om 175 HK hvardera af en känd typ. Vidare har för beräkningarne antagits, att bromsningen börjat i samma ögonblick, som strömmen afkopplats, och att retardationen vid bromsning utgjort 0,5 m pr sek. Å hvardera af de båda bilderna hafva för att visa tåg-viktens inverkan kurvor uppritats för tre olika tåg-vikter under antagande af horisontal bana. Energiförbrukningen i wattimmar pr tonkm blir dock, som förut påpekats, ungefär densamma, om stigningar förekomma och dessa ej äro så långa, att bromsning i utförbackar behöfver ifrågakomma.

Under de vintrar, då försöken pågått, har endast vid ett tillfälle så starkt snöfall inträffat, att snöplogning behöft ifrågakomma, och utfördes den då af motorvagnståget. Därvid ökades energiförbrukningen med något öfver 1 kw timme pr tågkm eller i detta fall cirka 7 wattimmar pr tonkm. Härvid är emellertid att märka, att denna ökning af energiförbrukningen tydligen är i det närmaste oberoende af tågvikten och således visar lägre värden med afseende på wattimmesförbrukning pr tonkm för långa tåg. Emellertid förekommo vid detta tillfälle ej mer än cirka 0,5 m höga snödrifvor på banan, och kan man naturligen vid svåra snöförhållanden vänta en betydligt högre energiförbrukning.

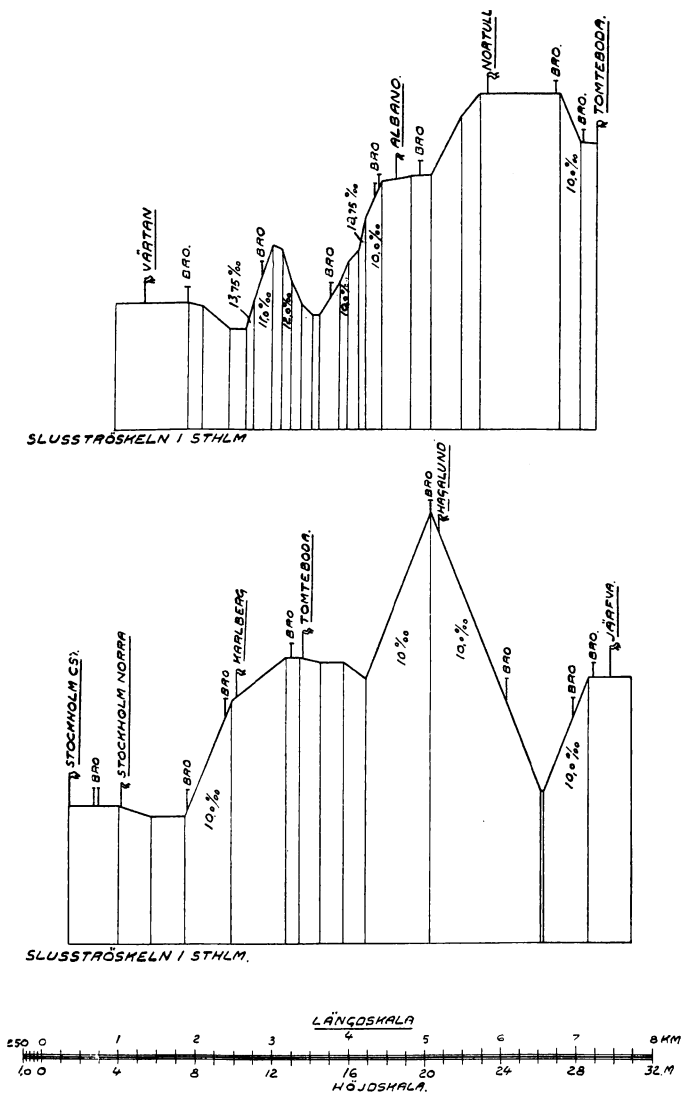


Bild 111. Profiler af försökssträckorna.

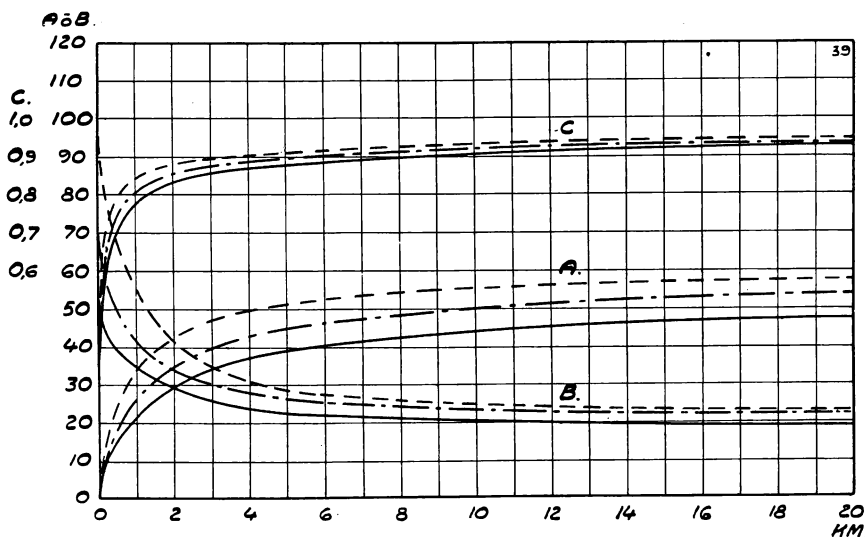


Bild 112. Beräknade kurvor för elektriskt lokomotiv försedt med fyra enfasmotorer om 175 HK vardera med utväxling för en maximihastighet af 60 km pr timme.

Teckenförklaring: - - - - - för 215 tons tågvtkt (inkl. lok.)
 - . - . - . - . » 410 » » »
 ————— » 600 » » »

A = medelhastighet i km pr timme.
 B = energiförbrukning i wattimmar pr tonkm.
 C = medelvärde å effektfaktor.
 KM = stationsafstånd i kilometer.

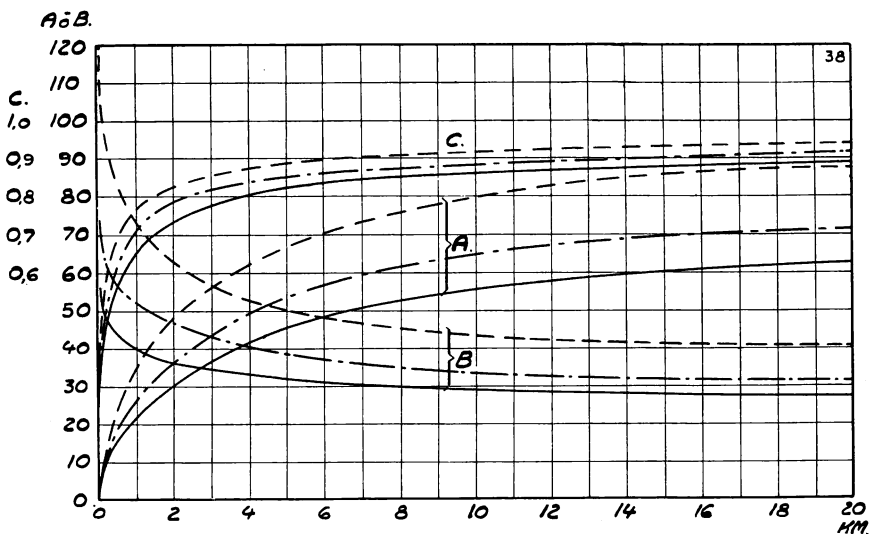


Bild 113. Beräknade kurvor för elektriskt lokomotiv försedt med fyra enfasmotorer om 175 HK vardera med utväxling för en maximihastighet af 100 km pr timme.

Teckenförklaring: - - - - - för 130 tons tågvtkt (inkl. lok.)
 - . - . - . - . » 245 » » »
 ————— » 360 » » »

A = medelhastighet i km pr timme.
 B = energiförbrukning i wattimmar pr tonkm.
 C = medelvärde å effektfaktor.
 KM = stationsafstånd i kilometer.

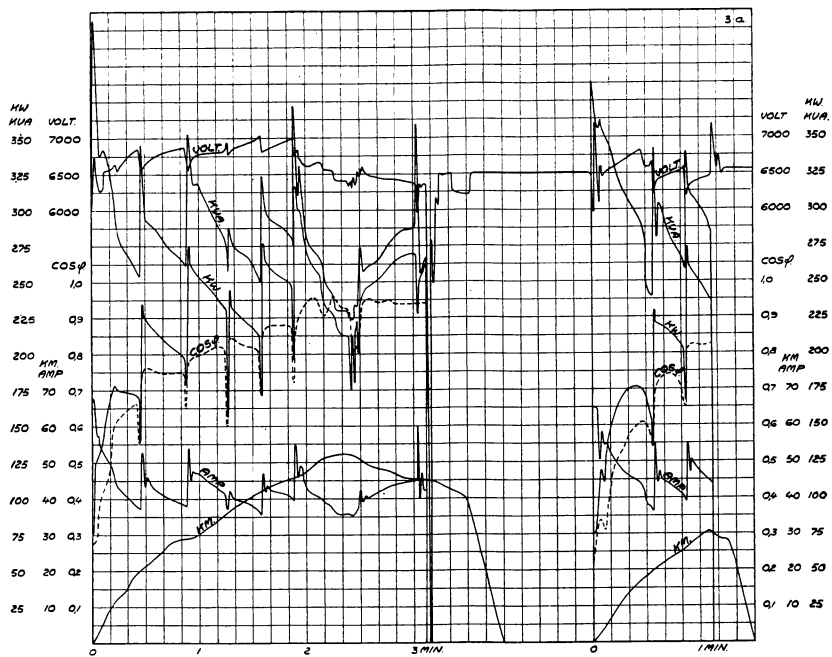


Bild 114 a. Motorvagnståget. Stockholm C.—Tomtebodå försignal—Tomtebodå.

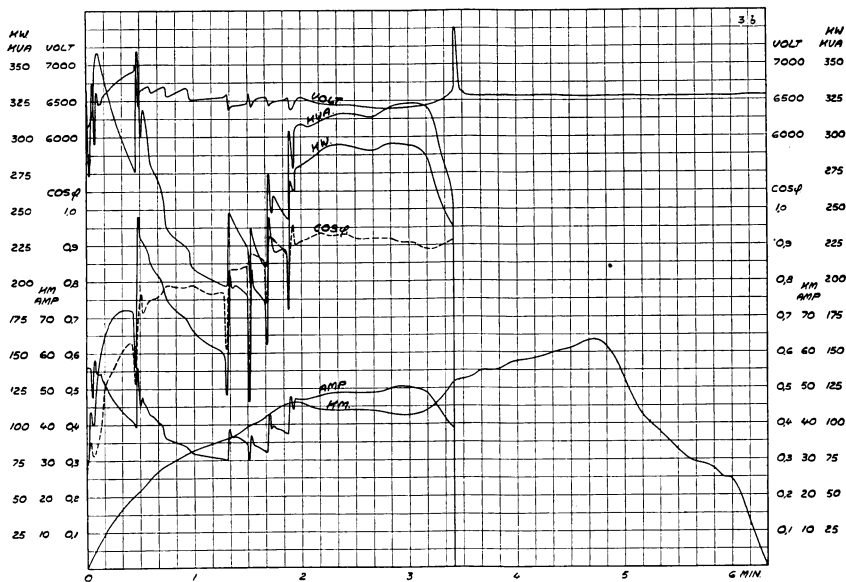


Bild 114 b. Motorvagnståget. Tomtebodå—Järfva.



Bild 115 a. Motorvagnståget. Järfva—Tomtebodaförsignal—Tomtebodaförsignal.

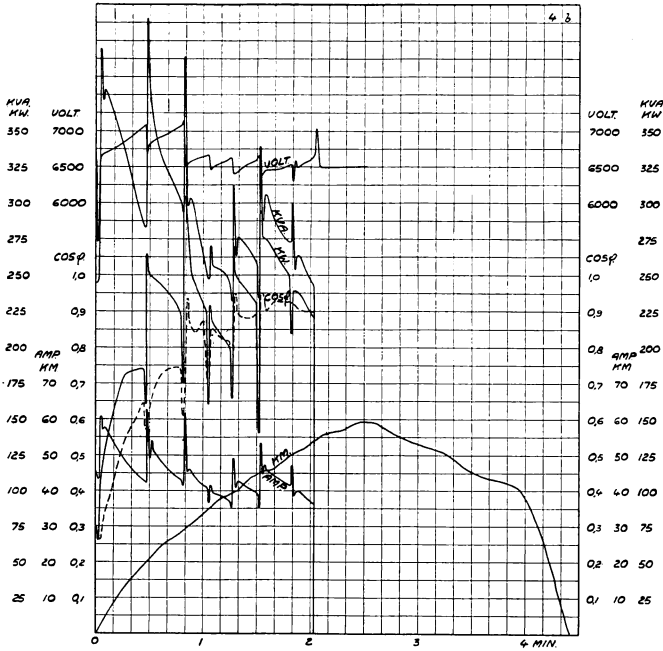


Bild 115 b. Motorvagnståget. Tomtebodaförsignal—Stockholm C.

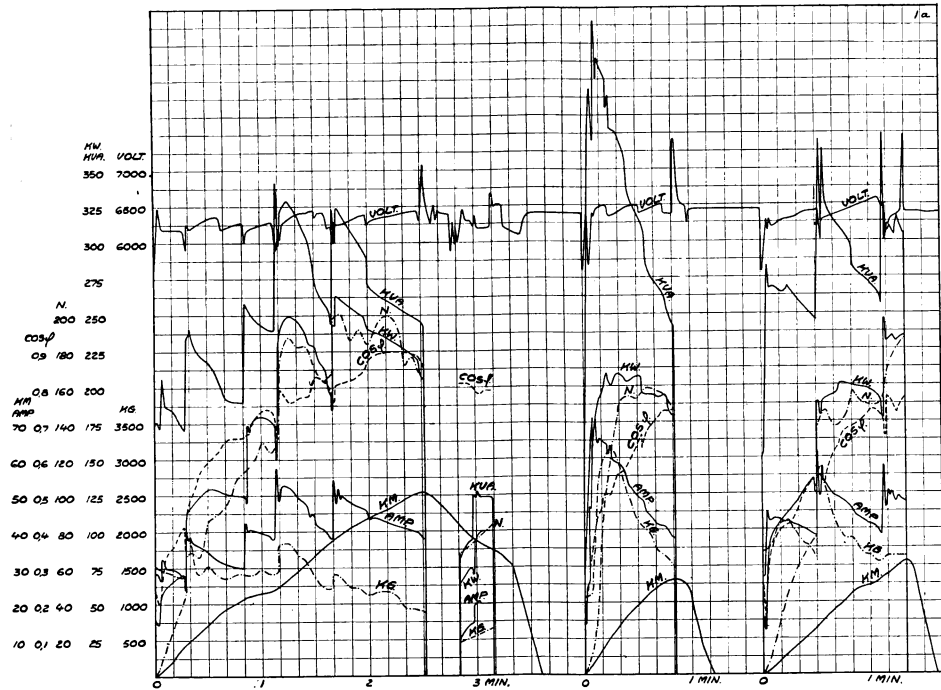


Bild 116 a. Elektriska lokomotivet n:r 1 med lokaltågsätt. Stockholm C.—Karlberg—
—Tomtebodaförsignal—Tomteboda.

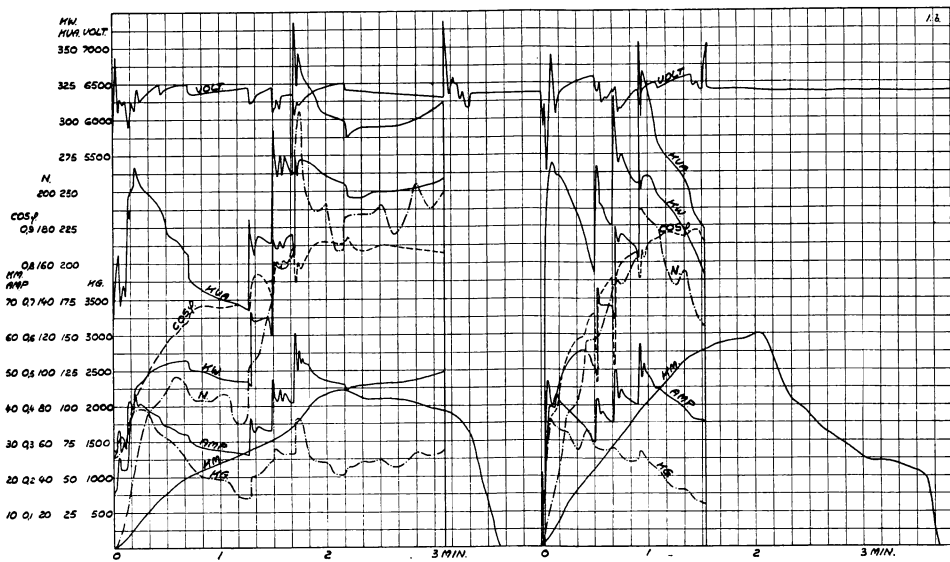


Bild 116 b. Elektriska lokomotivet n:r 1 med lokaltågsätt. Tomteboda—Hagalund—Järfva.

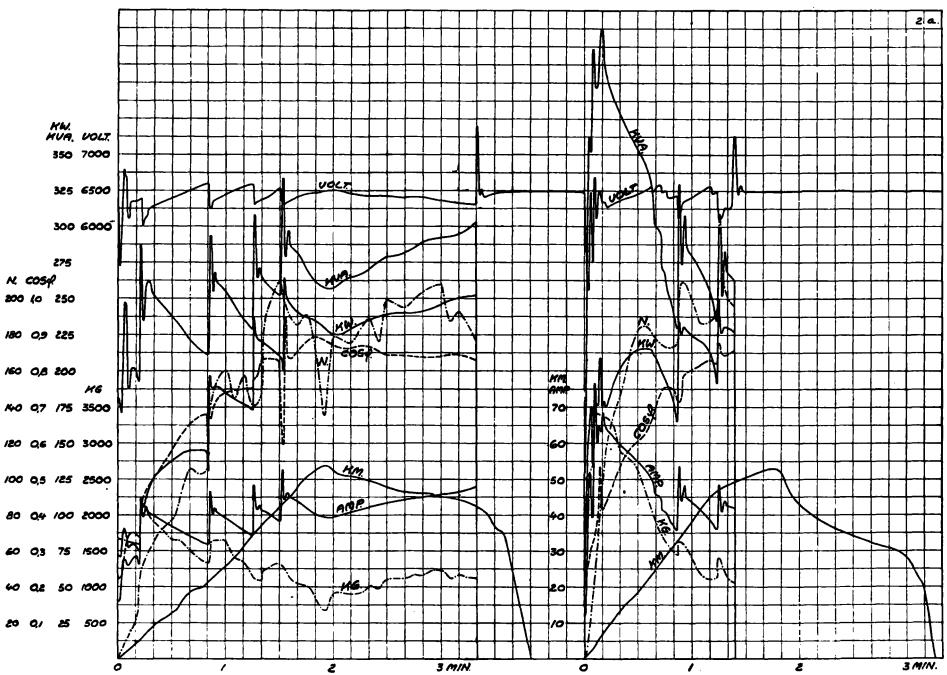


Bild 117 a. Elektriska lokomotivet n:r 1 med lokaltågsätt. Järva—Hagalund—Tomtebodavägen.

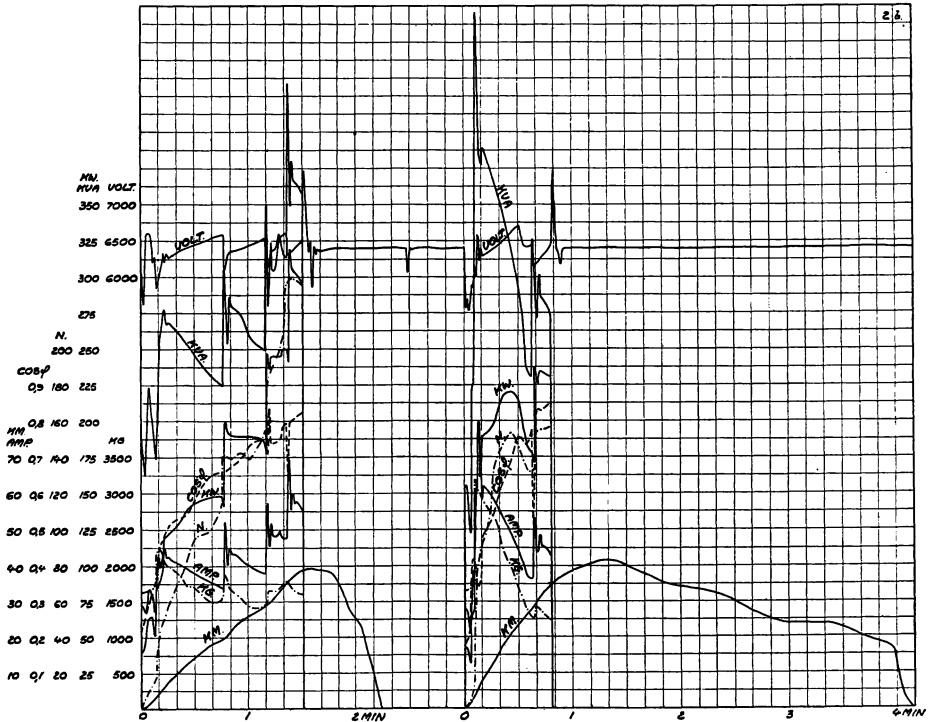


Bild 117 b. Elektriska lokomotivet n:r 1 med lokaltågsätt. Tomtebodavägen—Karlberg—Stockholm C.

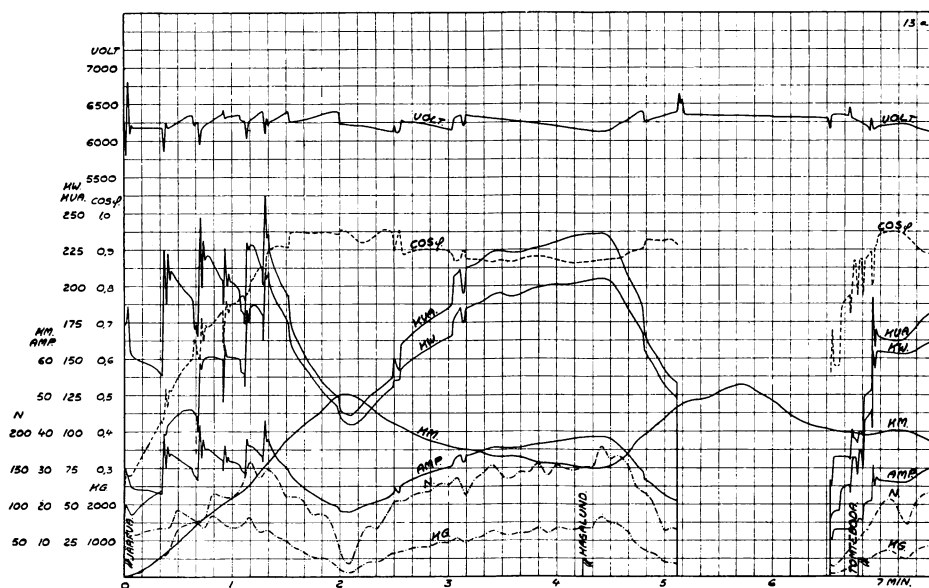


Bild 118 a. Motorvagnståget med endast en vagn dragande. Järfva—Värtan I.

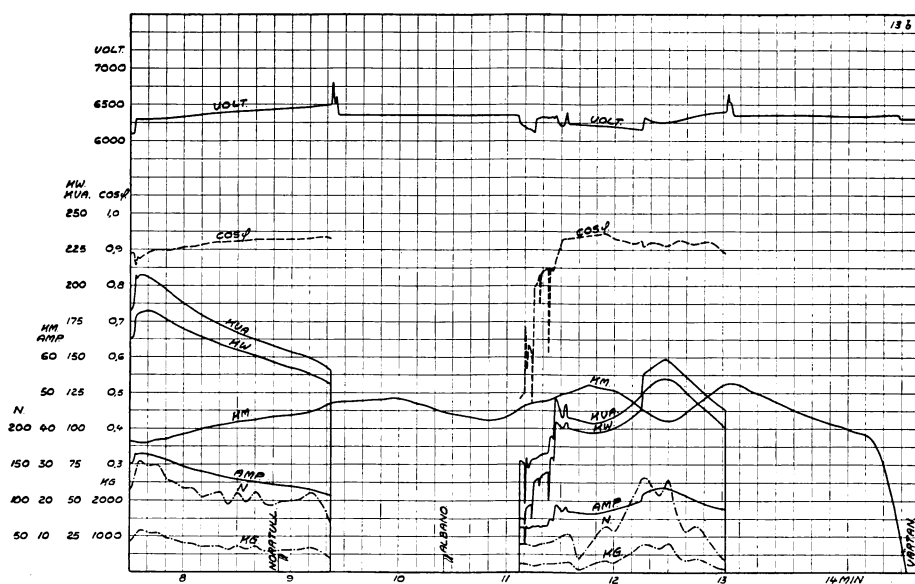


Bild 118 b. Motorvagnståget med endast en vagn dragande. Järfva—Värtan II.

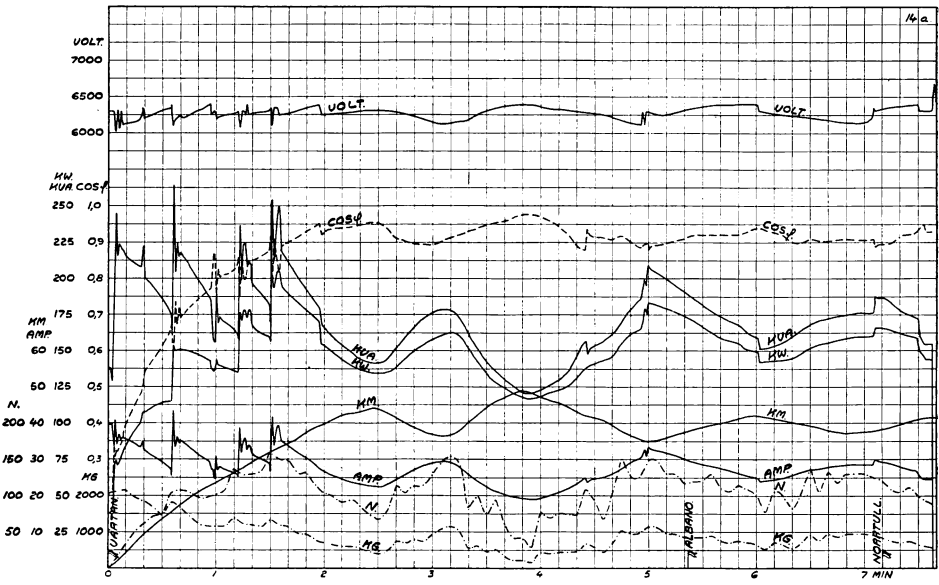
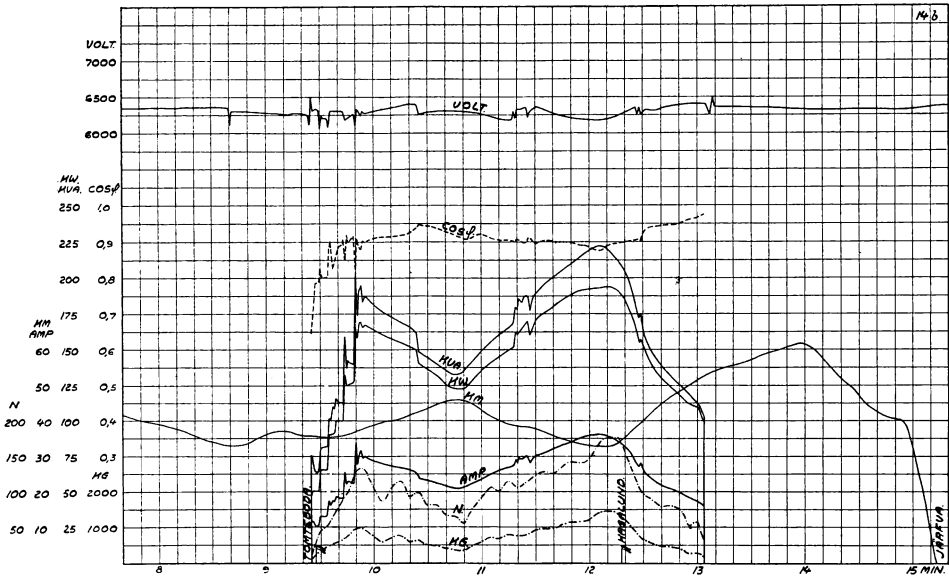


Bild 119 a. Motorvagnståget med endast en vagn dragande. Värtan—Järfva I.



119 b. Motorvagnståget med endast en vagn dragande. Värtan—Järfva II.

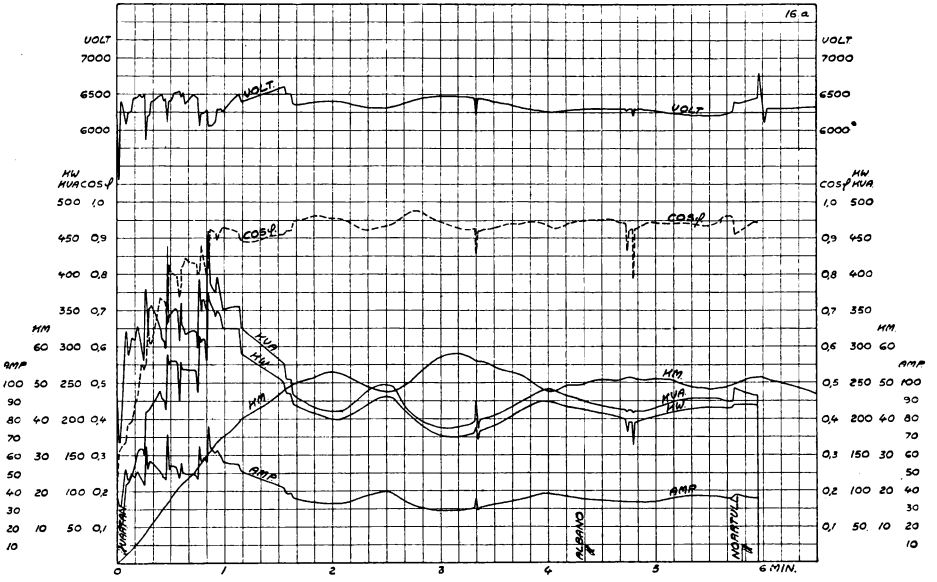


Bild 121 a. Motorvagnståget. Värtan—Järfva I.

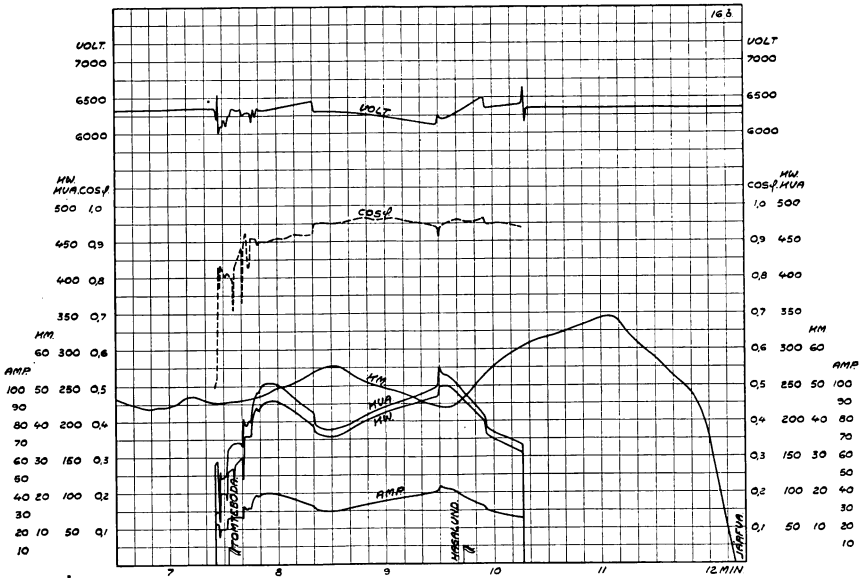


Bild 121 b. Motorvagnståget. Värtan—Järfva II.

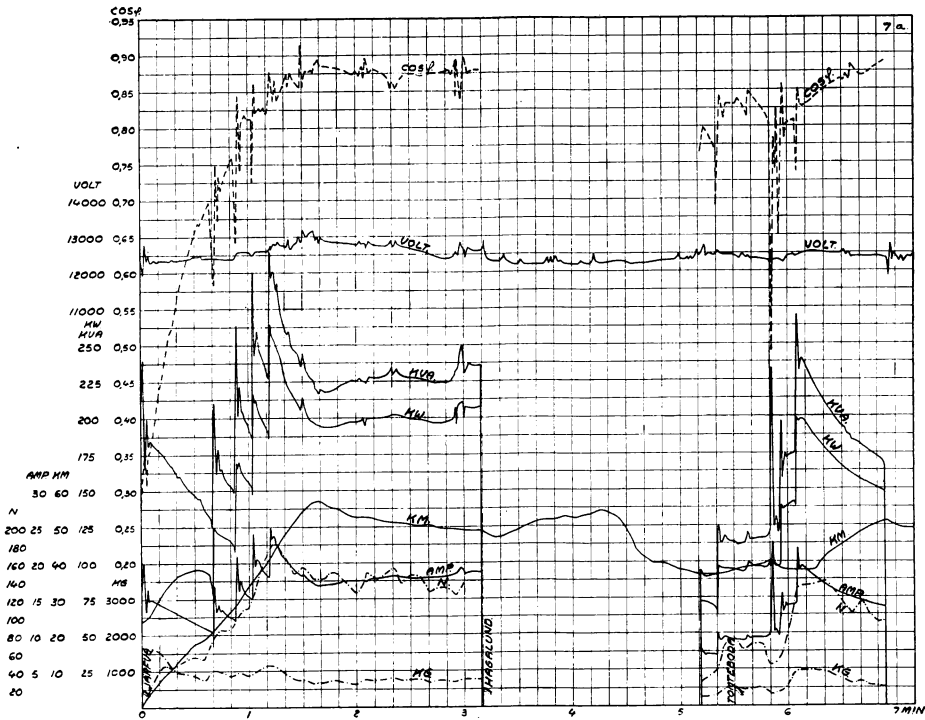


Bild 122 a. Elektriska lokomotivet nr 1 med 80 tons tågvtikt (inkl. lok.), Järfva—Värtan I.

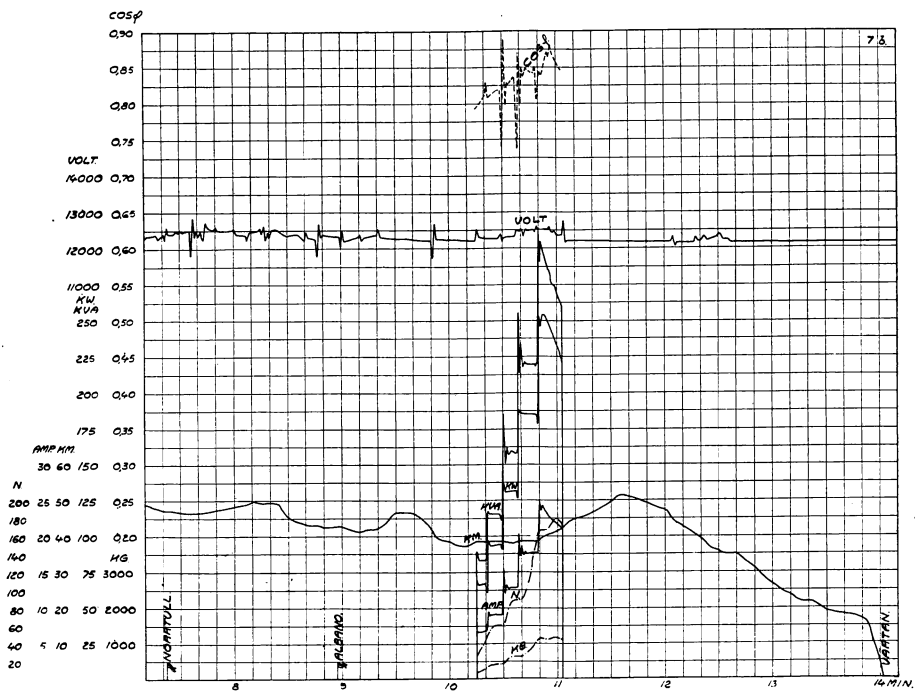


Bild 122 b. Elektriska lokomotivet nr 1 med 80 tons tågvtikt (inkl. lok.), Järfva—Värtan II.

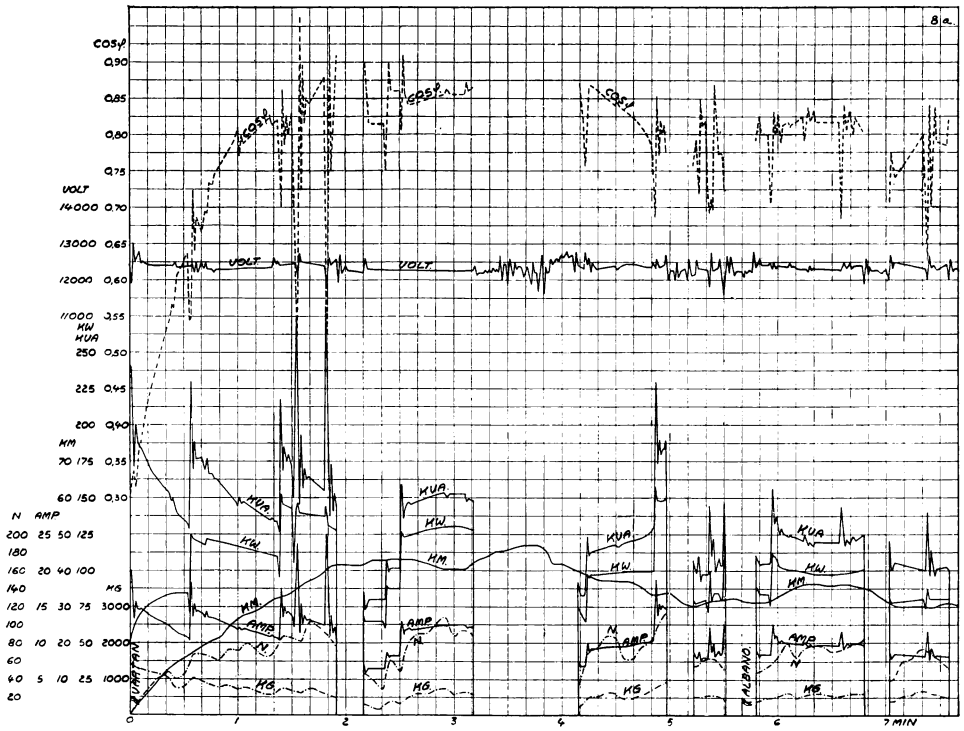


Bild 123 a. Elektriska lokomotivet n:r 1 med 80 tons tågvtikt (inkl. lok.). Värtan—Järfva I.

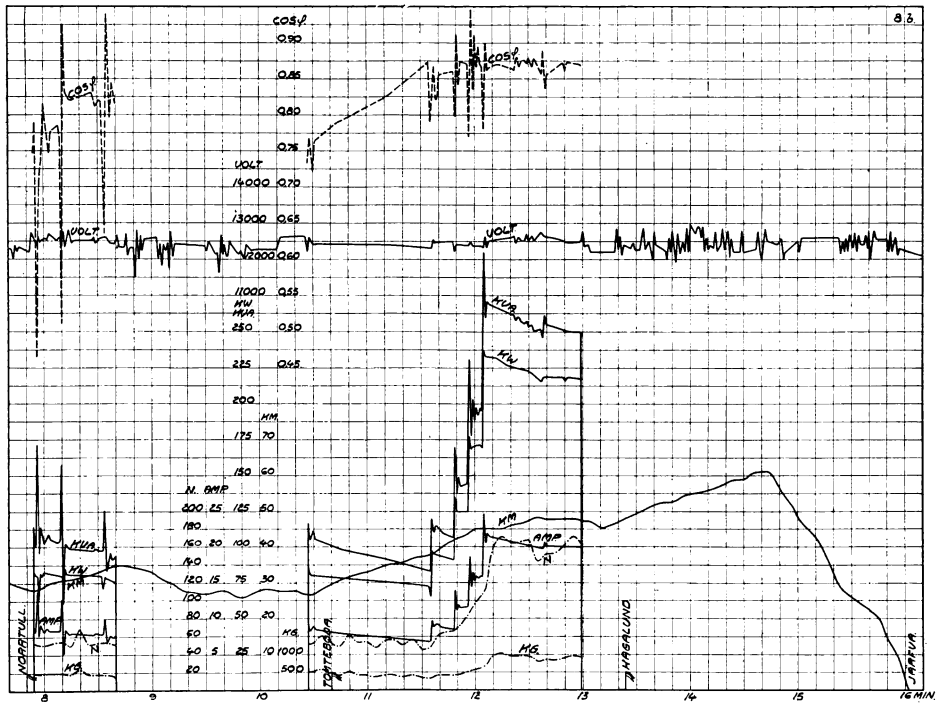


Bild 123 b. Elektriska lokomotivet n:r 1 med 80 tons tågvtikt (inkl. lok.). Värtan—Järfva II.

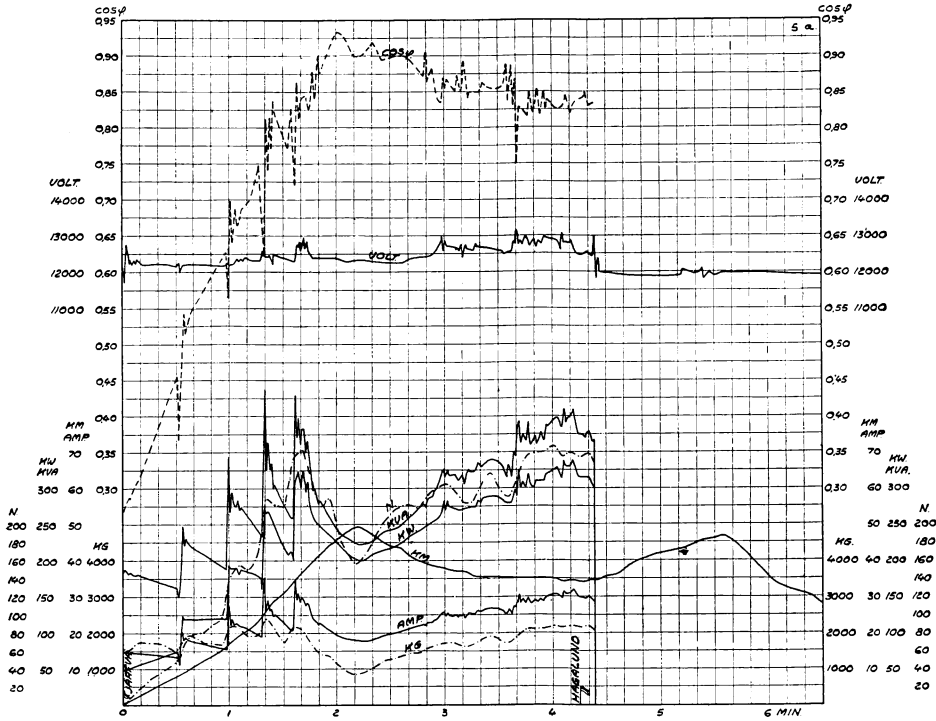


Bild 124 a. Elektriska lokomotivet nr 1 med 185 tons tåg (inkl. lok.). Järfva—Värtan I.

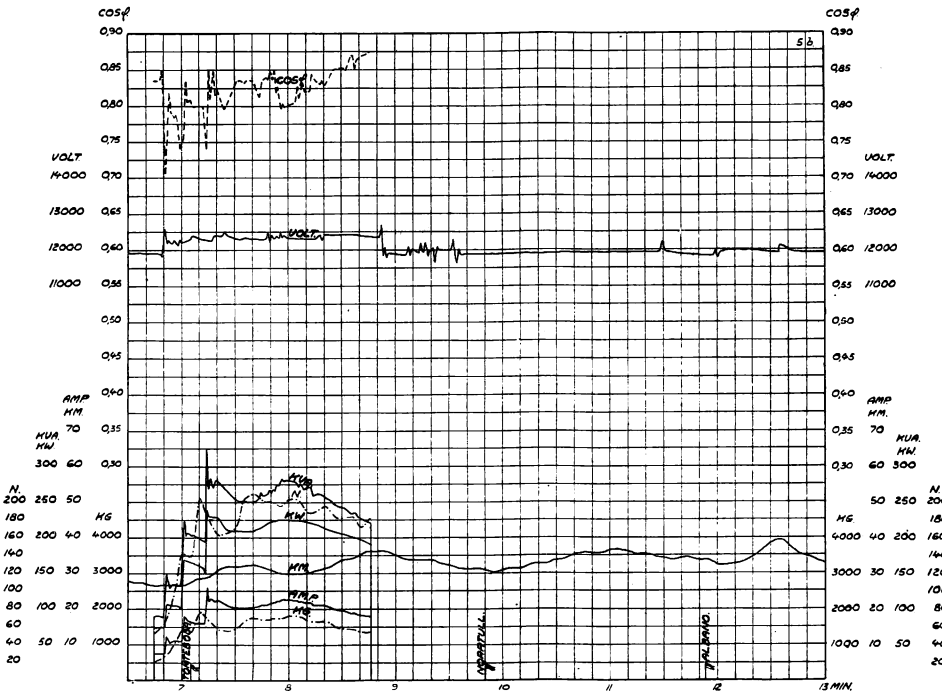


Bild 124 b. Elektriska lokomotivet nr 1 med 185 tons tåg (inkl. lok.). Järfva—Värtan II.

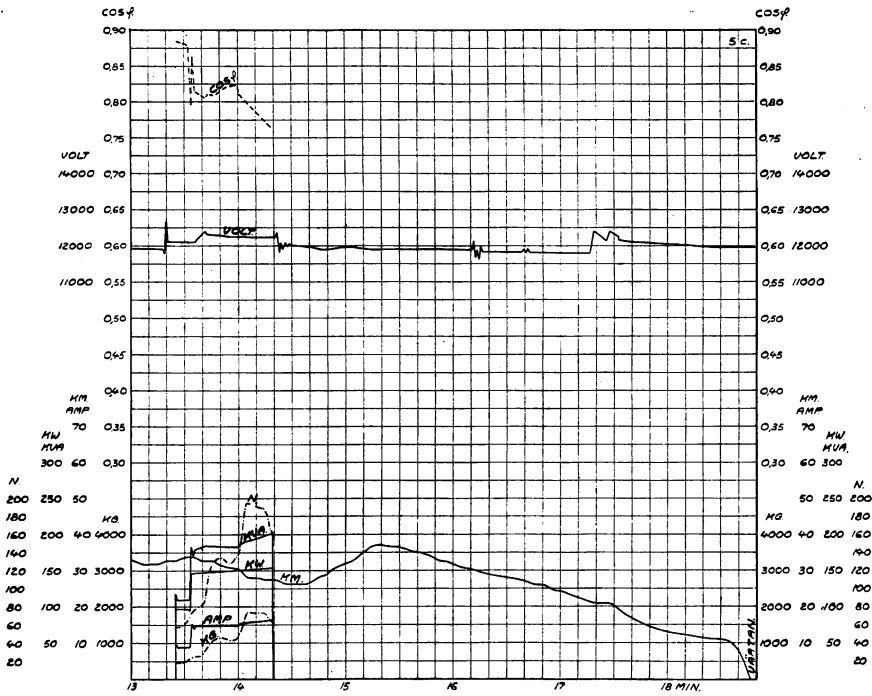


Bild 124 c. Elektriska lokomotivet nr 1 med 185 tons tåg (inkl. lok.). Järfva—Värtan III.



Bild 125 a. Elektriska lokomotivet nr 1 med 185 tons tåg (inkl. lok.). Värtan—Järfva I.

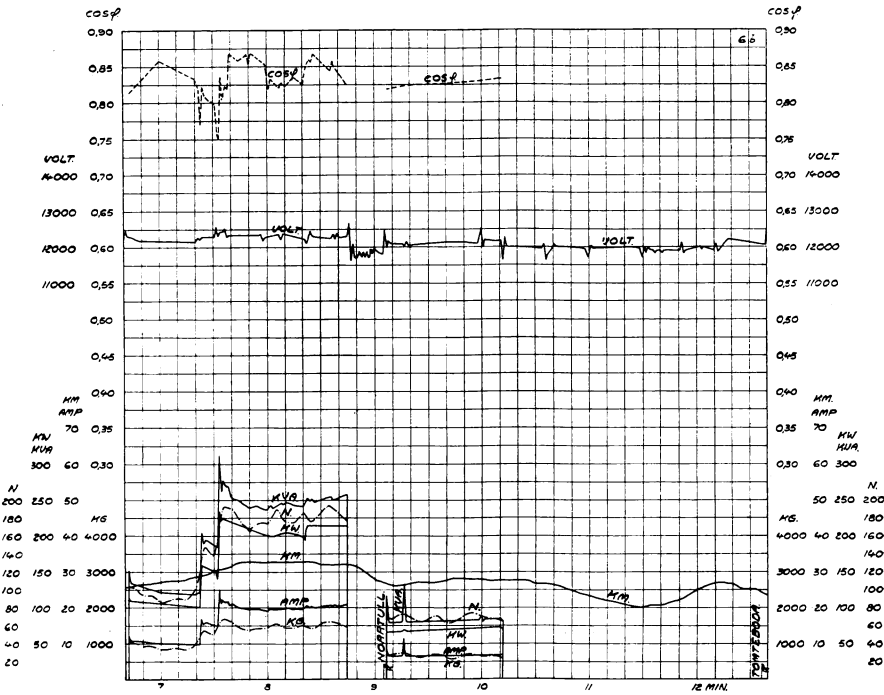


Bild 125 b. Elektriska lokomotivet nr 1 med 185 tons tåg (inkl. lok.). Värtan—Järfva II.

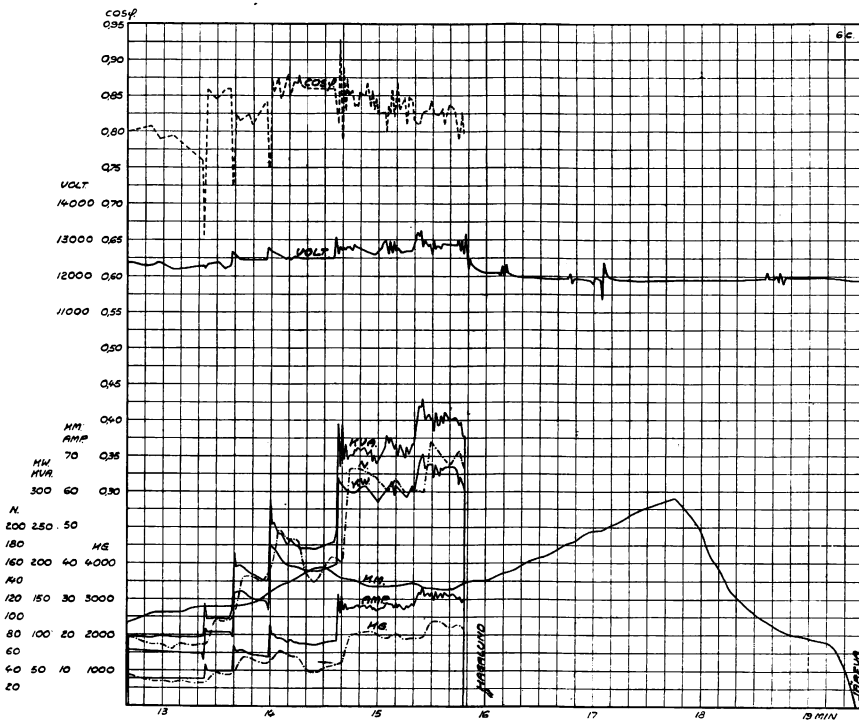


Bild 125 c. Elektriska lokomotivet nr 1 med 185 tons tåg (inkl. lok.). Värtan—Järfva III.
Elektrisk järnvägsdrift.

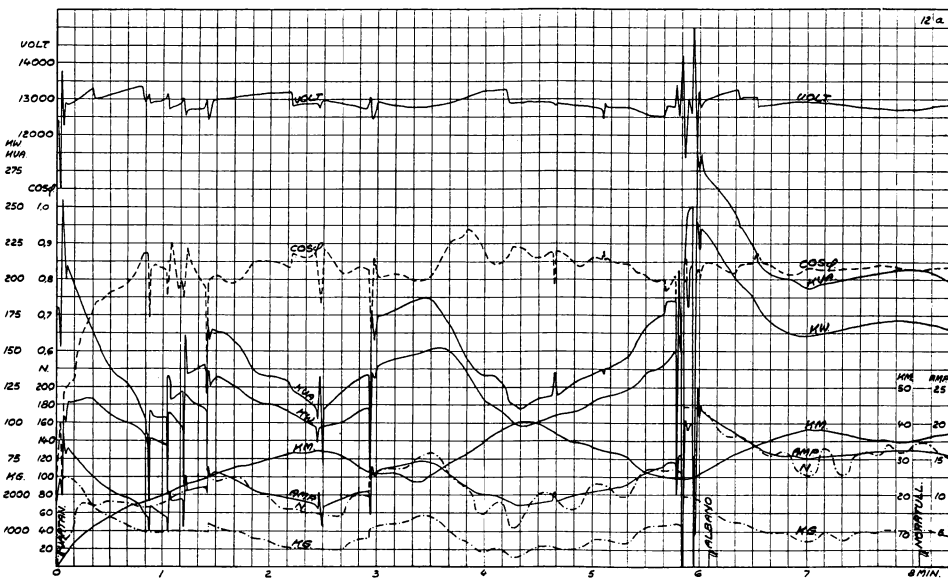


Bild 127 a. Elektriska lokomotivet nr 2 med 149,4 tons tåg (inkl. lok.). Värtan—Järfva I.

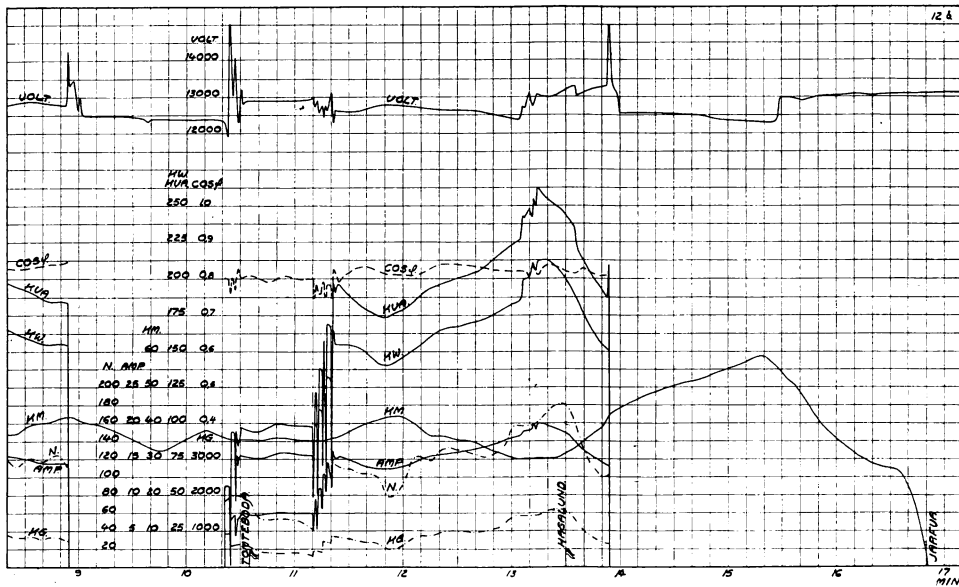


Bild 127 b. Elektriska lokomotivet nr 2 med 149,4 tons tåg (inkl. lok.). Värtan—Järfva II.

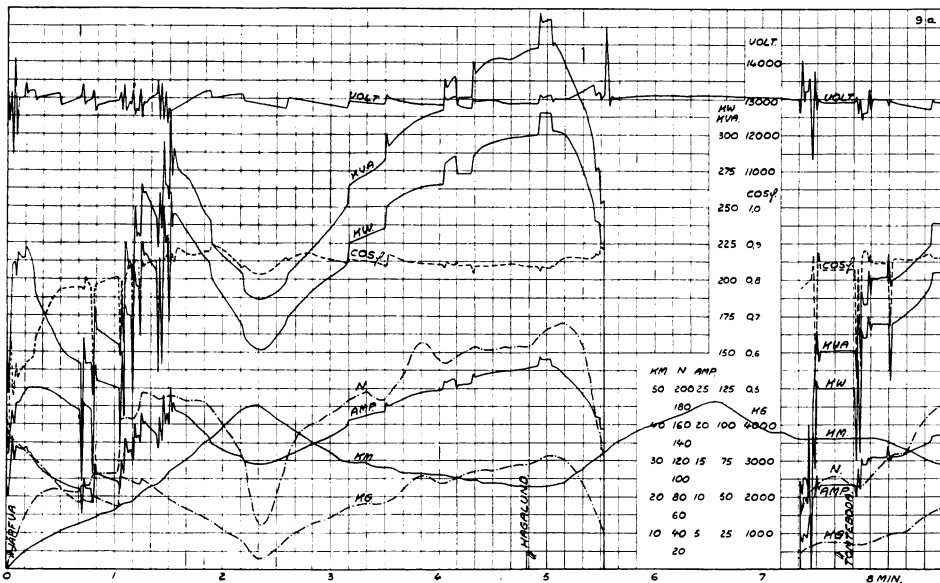


Bild 128 a. Elektriska lokomotivet n:r 2 med 265 tons tåg (inkl. lok.). Järfva—Värtan I.

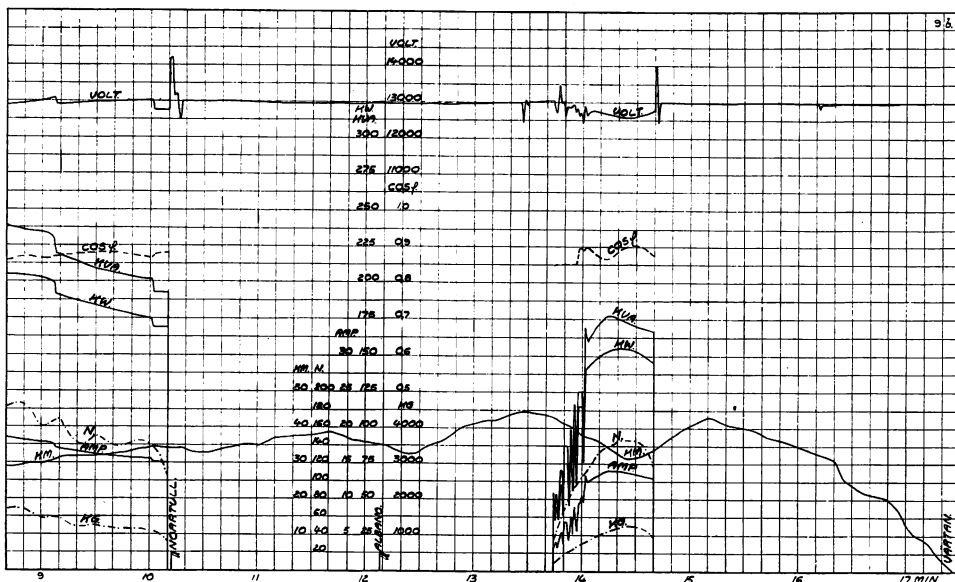


Bild 128 b. Elektriska lokomotivet n:r 2 med 265 tons tåg (inkl. lok.). Järfva—Värtan II.

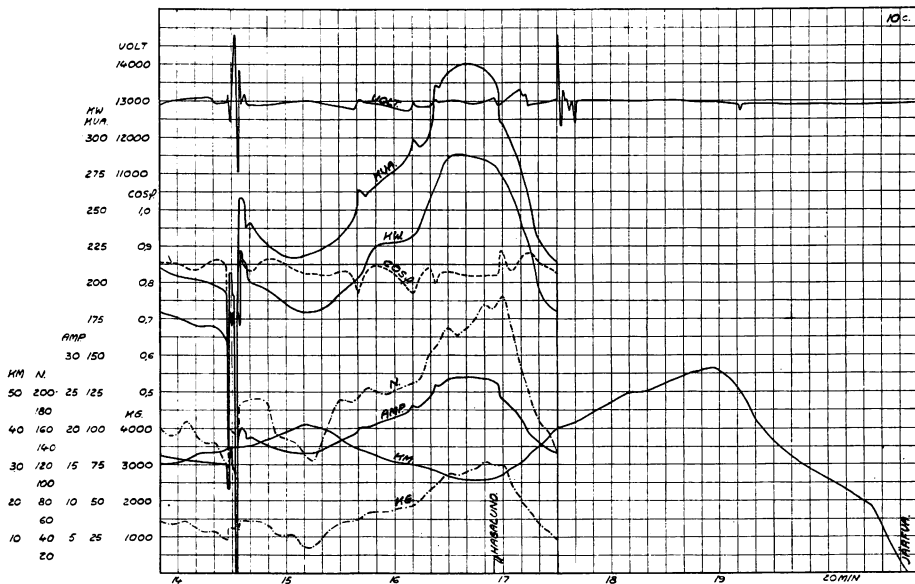


Bild 129 c. Elektriska lokomotivet n:r 2 med 265 tons tåg (inkl. lok.). Värtan—Järfva III.

TECKENFÖRKLARING TILL BILDERNA 114—129.

- Volt = Kontaktledningens spänning vid utledningen från kraftstationen.
 Amp = Strömstyrka i kontaktledningen.
 KVA = Ofvanstående volt \times amp $\times 10^{-3}$.
 KW = Energiförbrukning mätt vid utledningen från kraftstationen.
 Km = Tågens hastighet i km. pr timme.
 Kg = Dragkraft i kg. uppmätt i dragkroken.
 N = Beräknadt värde å af motorerna utveckladt hästkrafttal.