

## MASTER

### Elektrificatie, plan Stoeburg : technisch-economische aspecten bij de elektriciteits-distributie in een grote stad

Ramos, V.S.

*Award date:*  
1969

[Link to publication](#)

#### **Disclaimer**

This document contains a student thesis (bachelor's or master's), as authored by a student at Eindhoven University of Technology. Student theses are made available in the TU/e repository upon obtaining the required degree. The grade received is not published on the document as presented in the repository. The required complexity or quality of research of student theses may vary by program, and the required minimum study period may vary in duration.

#### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain

1174 bse  
STUDIEBIBLIOTHEEK  
ELEKTROTECHNIEK

AFDELING DER ELEKTROTECHNIEK - HOOGBOUW

Groep OPWEKKING EN DISTRIBUTIE

Elektrificatie Plan Stoeburg

Technisch-Economische Aspecten  
bij de Elektriciteits-distributie  
in een grote stad.

V.S. Ramos.

EO - 69 - A7.

Afstudeeronderzoek verricht  
onder leiding van:

Ir. J.A. de Keuninck.

Groepsleider:

Prof. Ir. K.J.H. Stigter.

Bij het verzamelen van praktijkgegevens  
werd de volledige medewerking ondervonden  
van het G.E.B. Eindhoven.

TECHNISCHE HOGESCHOOL EINDHOVEN

I N H O U D.

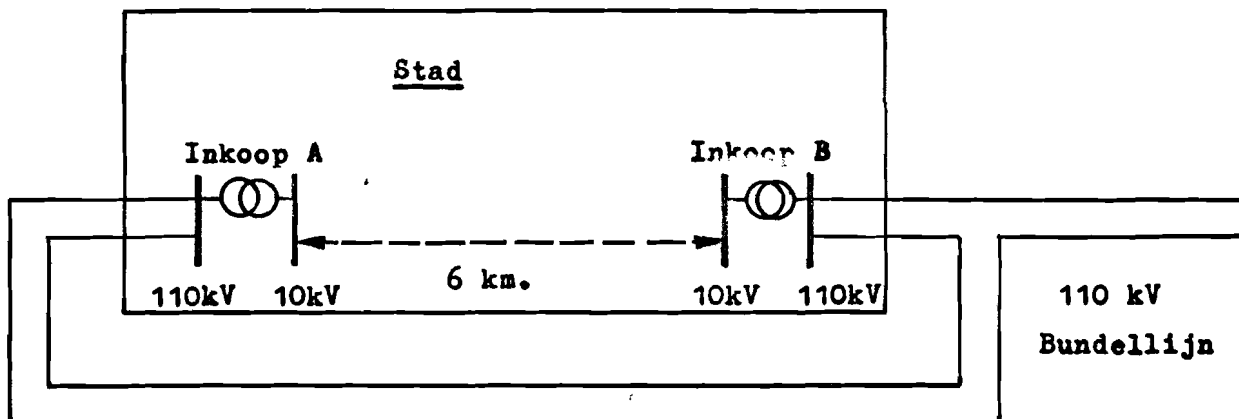
Blz.

I. ALGEMENE GEGEVENS	- 1 -
II. ARGUMENTATIE 10 kV KABELVERBINDING TUSSEN DE TWEE INKOOPSTATIONS	- 5 -
III. BEREKENING VAN HET KORTSLUITVERMOGEN AAN DE 10 kV RAILS IN DE INKOOPSTATIONS	- 8 -
IV. KEUZE VAN HET NOMINAAL VERMOGEN BIJ DE 110/10 kV TRANSFORMATOREN	-11 -
V. OPBOUW VAN HET HUIDIG 10 kV NET	-25 -
VI. KEUZE VAN 10/0.38 kV DISTRIBUTIE- TRANSFORMATOREN	-30 -
VII. VERLIEZEN IN KABELS EN KABELKOSTEN	-35 -
VIII. ENERGIEBALANS EN ONKOSTEN OVERZICHT	-47 -
IX. TARIEFSTELLING	-53 -
X. UITBREIDINGSPLANNEN	-59 -

Bijlagen: Grafieken I t/m III.

Tekeningen (1) t/m (8).

I. Algemene gegevens.



Voor plattegrond : zie tekening (1).

Gegevens 110 kV Bundellijn :

Transportcapaciteit per circuit = 800 - 900 Amp  
(gemidd. 160 MVA).

Huidig kortsluitvermogen in de stations : 3500 MVA.

Huidige belasting:

Inkoopstation A : 30 MW - 35 MVA ( $\cos \varphi = 0,86$ )

Inkoopstation B : 50 MW - 55 MVA ( $\cos \varphi = 0,91$ )

Totaal : 80 MW - 90 MVA

Jaarlijks accres:

Voor totale stadsbelasting : 8% per jaar

Inkoopstation A : 6% of 12% per jaar

Inkoopstation B : 9% of 6% per jaar

Amortisatie:

Transformatoren : 20 jaar  
Apparatuur : 20 jaar  
Kabels : 30 jaar  
Gebouwen : 40 jaar

Rentevoet: 5% per jaar.

Prijzen:

110/kV transformator : f 10,-- per kVA  
Schakelveld 110 kV : f 150.000,--.  
Schakelveld 10 kV : f 15.000,--.

10 kV kabels (G.P.L.K.):

3 x 240 mm<sup>2</sup> : f 65,50 per meter  
3 x 185 mm<sup>2</sup> : f 53,-- per meter  
3 x 95 mm<sup>2</sup> : f 32,50 per meter

1 kV kabel (G.P.L.K.):

4 x 70 mm<sup>2</sup> + 4 x 6 mm<sup>2</sup> f 27,-- per meter  
4 x 35 mm<sup>2</sup> + 4 x 6 mm<sup>2</sup> f 14,50 per meter

Aardleiding 25 mm<sup>2</sup> blank koper f 1,70 per meter.

Arbeidskosten grondwerk:

f 6,-- per meter voor 1 kabel )  
f 12,-- per meter voor 2 kabels ) 10 kV  
f 18,-- per meter voor 3 kabels )  
f 5,-- per meter voor 1 kabel 1 kV

Schakelvelden 10 kV :

Keuze uit : 250 - 350 - 450 MVA onderbrekings vermogen.  
(geheel gesloten installaties).

Transformatoren 110/10 kV :

Keuze uit : 25 - 35 - 45 MVA nominaal vermogen.

Ijzerverliezen : 0,1%

Koperverliezen : 0,35%.

Bedrijfstijd per jaar : 4500 uren.

6 maanden met hoogste piekbelasting 80 MW.

6 maanden met laagste piekbelasting 50 MW.

Inkoop energie:

Per kWh : f 0,035

Per kW : f 80,--

(De kW-prijs wordt éénmaal per jaar berekend voor de hoogste piekbelasting tijdens de spitsuren).

De afschrijving dient te geschieden in gelijke jaarlijkse bedragen voor rente + amortisatie (annuïteiten systeem).

Formule voor annuïteit:  $A = \frac{i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$

i = rentevoet (%)

n = amortisatietijd (jaren).

Bij het bepalen van de toe te passen kabel-diameters, kan gebruik gemaakt worden van de volgende tabel:

Gepantserde papierloodkabels volgens NEN 3172 (G.P.L.K.).

D	Amp.	kVA	$X_1$	$R_b$	$C_b$	
3 x 240	420	7170	0,0786	0,092	0,51	10 kV
3 x 185	360	6220	0,0786	0,12	0,46	
3 x 150	320	5520	0,082	0,14	0,43	
3 x 120	280	4920	0,085	0,17	0,40	
3 x 95	240	4240	0,088	0,21	0,37	
3 x 70	200	3550	0,091	0,28	0,33	
4 x 70	245			0,256		1 kV
4 x 50	195			0,359		
4 x 35	155			0,512		
4 x 25	130			0,717		

Tabel 1.

D : Nominale kerndoorsnede in  $\text{mm}^2$

Amp.: Toelaatbare continue stroom in ampère.

kVA : Maximum over te brengen vermogen in kVA

$X_1$  : Bedrijfsreactantie in  $\Omega/\text{km}$ .

$R_b$  : Bedrijfsweerstand per geleider in  $\Omega/\text{km}$ .

$C_b$  : Bedrijfscapaciteit per geleider in  $\mu\text{F}/\text{km}$ .

Stroombelastbaarheid in % bij meerdere kabels in één kabel sleuf (afstand tussen twee H.S.kabels ca. 7 cm.):

Aantal	2	3	4	5	6	8	10
%	90	80	75	70	65	62	60

## II. Argumentatie 10 kV kabelverbinding tussen de twee Inkoopstations A en B.

In normale bedrijfsvoering zal men het energie transport naar de twee Inkoopstations laten plaatsvinden over de 110 kV.hoogspanningslijnen. Het transport over een 10 kV verbinding heeft nl. veel hogere wattverliezen tengevolge. Een 10 kV.kabelverbinding zal dus voornamelijk tot doel hebben om in exeptionele noodgevallen een gedeelte van het energie transport te verzorgen, waarbij dan een reserve transformator in één der Inkoopstations uitgespaard zou kunnen worden.

Indien transformatoren van 25 MVA toegepast worden, kan men bij een maximale belasting van 90 MVA voor de gehele stad, volstaan met totaal 5 eenheden.

Bij deze opzet heeft men dan 4 eenheden constant in bedrijf en één reserve eenheid, die in een van de twee Inkoopstations opgesteld wordt.

Het ligt voor de hand 3 transformatoren op te stellen in het Inkoopstation B, zijnde het station met de grootste afname op dit ogenblik. De twee resterende transformatoren komen dan in het Inkoopstation A.

Mocht er in station B een transformator defect raken, dan moet er bij het huidig maximum van 55 MVA, een energie-transport van minimaal 5 MVA plaatsvinden over de kabelverbinding van station A naar station B.

Treedt er een transformatorstoring op in station A, dan moet er minimaal 10 MVA over de kabel getransporteerd worden van station B naar station A.

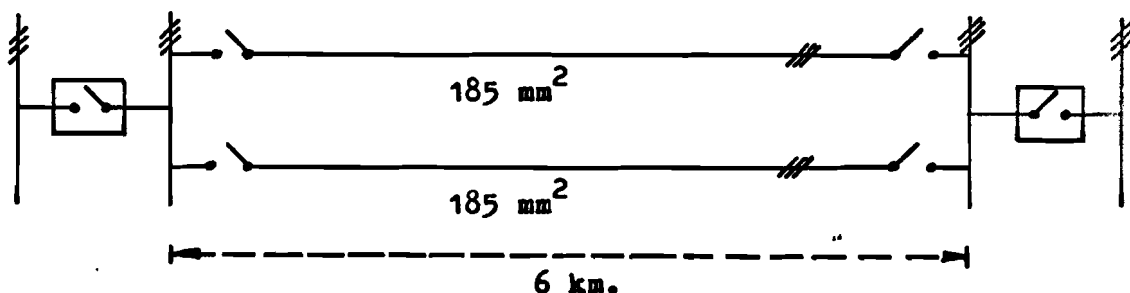
Het heeft geen nut de kabelverbinding te overdimensioneren, aangezien de kans dat én een transformator defect raak én een van de verbindingskabels defect raakt bij periodes met maximale belastingsafname, verwaarloosbaar klein geacht wordt.

Aangezien 10 MVA onmogelijk over één drie-aderige kabel getransporteerd kan worden, moeten twee kabels toegepast worden.



Volgens de tabel op blz. -4- kunnen twee kabels 185 mm<sup>2</sup> maximaal  $2 \times 6,2 = 12,4$  MVA overbrengen. Indien deze twee kabels in dezelfde sleuf liggen, wordt een veilig transportcapaciteit verkregen van  $90\% \times 12,4 = 11,2$  MVA.

De kans op een kabelstoring tijdens energietransport is gering te achten, zodat de twee kabels aangesloten kunnen worden op één vermogenschakelaar in ieder Inkoopstation, volgens onderstaand schema :



Globale onkosten raming:

12 km. kabel + sleuf	f 708.000,--
overige apparatuur	f 92.000,--
	<hr/>
	f 800.000,--

De kabels worden afgeschreven in 30 jaar. Dit geeft een annuïteit van 0,0651.

De apparatuur wordt afgeschreven in 20 jaar met een annuïteit van 0,0802.

De afschrijvingskosten voor de kabelverbinding bedragen dus jaarlijks : f 53.480,--.

Een transformator 25 MVA kost per jaar ca. f 35.000,-- aan afschrijving. Hierbij komen nog de ijzerverliezen, welke per jaar op ca. f 10.000,-- begroot mogen worden.

Concluderend mag men zeggen dat de extra reserve transformator zonder meer goedkoper is dan de kabelverbinding.

Volledigheidshalve is toch nagegaan hoe de stroomverdeling over de kabel en over de 110 kV H.S.lijn zich zou manifesteren, bij uitval van een transformator in een der Inkoopstations. Hiertoe werd een loadflow berekening toegepast volgens De Ward en Hale methode m.b.v. een I.B.M./360 rekenmachine. Hierbij is gebleken dat bij uitval van een transformator in een der Inkoopstations, de resterende transforen in beide gevallen toch overbelast raken.

Andere nadelen van de 10 kV.kabelverbinding zijn:

1. Indien de kabels in bedrijf zijn, betekent dit een verhoging van het kortsluitniveau in beide Inkoopstations. Hier moet terdege rekening mee worden gehouden.
2. T.g.v. het spanningsverschil tussen de twee Inkoopstations kunnen in de lus, gevormd door de 10 kV.kabelverbinding en de 110 kV. H.S.lijn extra inductieve stromen rond gaan lopen. Dit heeft dan onnodige wattverliezen tot gevolg.
3. Bij uitval van een transformator moeten de vermogensschakelaars van de 10 kV.verbinding in beide Inkoopstations onmiddellijk gesloten worden. Dit vereist dus additionele ingewikkelde beveiligingsmaatregelen.

Als eindconclusie mag gesteld worden:

De 10 kV.kabelverbinding tussen de twee Inkoopstations moet men laten vervallen, gezien de vele nadelen welke eraan verbonden zijn.

III. Berekening van het kortsluitvermogen aan de 10 kV.rails in de Inkoopstations.

Bij deze berekeningen wordt in eerste instantie uitgegaan van het huidige kortsluitniveau aan de 110 kV.rails, zijnde 3500 MVA. Voor de drie beschikbare transformatorvermogens berekent men het kortsluitvermogen aan de 10 kV.rails bij één of meerdere transformatoren parallel. Voor de kortsluitreactantie werden drie waarden gekozen : 10 - 15 - 20%. ( $\epsilon_k$ ).

Men kan hierbij als volgt te werk gaan:

- a. De impedantie van het 110 kV.net herleiden op basis van 10 kV. m.b.v. de formule:  $Z_1 = \frac{E^2}{MVA}$  . (E = 10 kV. (MVA = kortsluitniveau

Hieruit volgt voor de impedantie een waarde van 0,0286  $\Omega$ .

- b. Bij gekozen kortsluitreactantie van de transformator wordt voor een oo sterk voedend net het kortsluitvermogen (K.S.V.) aan de secundaire kant verkregen m.b.v. de formule:

$$K.S.V. = MVA \cdot \frac{100}{\epsilon_k} \quad MVA = \text{nominaal vermogen van de transformator.}$$

- c. De impedantie van de transformator wordt verkregen met de formule :  $Z_2 = \frac{E^2}{K.S.V.}$  (E = 10 kV.)

- d. Het werkelijke kortsluitvermogen aan de 10 kV.rails is dan:

$$K.S.N. = \frac{E^2}{Z_1 + Z_2}$$

Bij n transformatoren parallel krijgt men:

$$K.S.N. = \frac{E^2}{Z_1 + Z_n} \quad Z_n = \frac{Z_2}{n}$$

De resultaten van de berekeningen zijn samengevat in tabel 2. Vervolgens moet het kortsluitniveau in de Inkoopstations gefixeerd worden op een van de volgende waarden : 250 - 350 - 450 MVA. Ofschoon er slechts één prijs opgegeven is voor de schakelvelden, is het wel de bedoeling dat er rekening gehouden wordt met het feit dat apparatuur voor grotere kortsluitvermogens duurder zal zijn in aanschaf dan apparatuur voor lagere kortsluitvermogens.

Kortsluitvermogen aan 10 kV.rails					$I_{nom}$
Vermogen	$\epsilon_k$	1 Transf.	2 Parallel	3 Parallel	Amp.
25 MVA	10%	234 MVA	437 MVA	618 MVA	1445
	15%	159 "	304 "	437 "	
	20%	120 "	234 "	338 "	
35 MVA	10%	318 MVA	583 MVA	806 MVA	2021
	15%	219 "	411 "	583 "	
	20%	166 "	318 "	456 "	
45 MVA	10%	399 MVA	716 MVA	975 MVA	2600
	15%	276 "	511 "	716 "	
	20%	212 "	399 "	573 "	

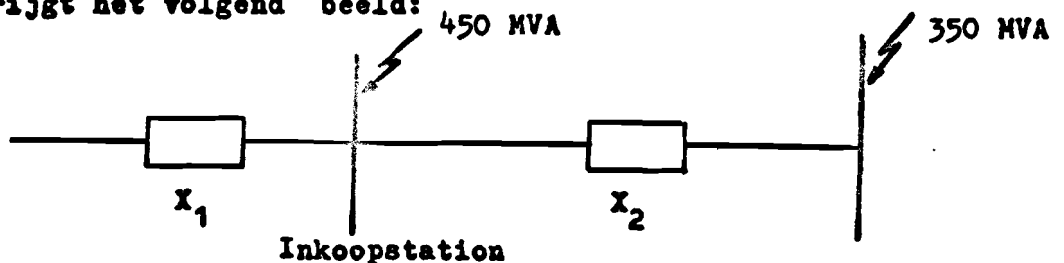
Tabel 2.

Indien in de Inkoopstations een K.S.niveau van 450 MVA aangehouden wordt, kan men uitrekenen op welke afstand de volgende stations moeten liggen om 350 MVA te bereiken.

Vooruitlopende op de verdere beschouwingen kan hier gezegd worden dat er in de uiteindelijke situatie twee soorten stations gevoed zullen worden vanuit de Inkoopstations :

- a. Stations die gevoed worden via 3 kabels 185 mm<sup>2</sup>.
- b. Stations die gevoed worden via 6 kabels 240 mm<sup>2</sup>.

Men krijgt het volgend beeld:



$$X_1 = \frac{100 \cdot 10^6}{450 \cdot 10^6} = 0,222 \Omega$$

$$(X_1 + X_2) = \frac{100 \cdot 10^6}{350 \cdot 10^6} = 0,286 \Omega$$

Hieruit volgt :  $X_2 = 0,064 \Omega$ .

Aangezien  $X_1$  overwegend inductief is (H.S.lijnen en transformatoren) mag men de invloed van de bedrijfsweerstand bij de 10 kV kabels verwaarlozen.

Uit de waarde van  $X_2$  kan men berekenen dat de stations met een voeding via 3 kabels  $185 \text{ mm}^2$  op minimaal 2,4 km afstand van het Inkoopstation moeten liggen terwijl de stations met een voeding via 6 kabels een minimale afstand van 5 km moeten hebben t.o.v. het Inkoopstation.

Om het K.S.niveau in de bovengenoemde secundaire stations te beperken tot 350 MVA, heeft men de keuze uit twee mogelijkheden:

1. Het K.S.niveau in de Inkoopstations wordt gehouden op maximaal 350 MVA.
2. Het K.S.niveau in de Inkoopstations wordt maximaal 450 MVA waarbij tevens de minimale afstanden in acht genomen moeten worden.

Deze laatste mogelijkheid vormt een ernstige handicap bij het projecteren van het 10 kV distributienet. Bovendien mist men dan de nodige flexibiliteit in het 10 kV net, aangezien de secundaire stations niet willekeurig op dichterbij gelegen (of nog te bouwen) Inkoopstations overgeschakeld kunnen worden.

Deze overwegingen hebben ertoe geleid dat men voor de gegeven situatie het K.S.niveau in de Inkoopstations moet beperken tot 350 MVA.

Met opzet is het K.S.niveau niet verder verlaagd tot 250 MVA aangezien dan de 110/10 kV transformatoren een te grote kortsluit reactantie moesten krijgen zoals in tabel 2 duidelijk te zien is.

Ook het toepassen van smoorspoelen is vermeden, aangezien dit een hoge investering vraagt. (De aanschaf van smoorspoelen mag men begrepen op f 25.000 à f 30.000,-- per 3 fasen).

IV. Keuze van het nominaal vermogen bij de 110/10 kV.  
transformatoren.

Uit tabel 2 kan men lezen dat de nominale stroom aan de  
secundaire zijde van de transformatoren de volgende waarde heeft:

25 MVA transformatoren :  $I_{nom} = 1445 \text{ A.}$

35 MVA transformatoren :  $I_{nom} = 2021 \text{ A.}$

45 MVA transformatoren :  $I_{nom} = 2600 \text{ A.}$

Hierbij moet men bedenken dat voor geheel gesloten schakel-  
materiaal bij 10 kV een af te schakelen nominale stroom van  
2600 A extreem hoog is. Deze schakelaars voor 2600 A. worden  
op dit ogenblik nog niet als standaard uitvoering geleverd.

Op grond hiervan moet dus de keuze van 45 MVA transformatoren  
verworpen worden.

De keuze tussen de 25 MVA en 35 MVA transformatoren zal dienen  
te geschieden op grond van technische en economische over-  
wegingen, die zeer sterk met elkaar verweven zijn. Hierbij  
moet bovendien rekening gehouden worden met de verdere opbouw  
van het 10 kV distributienet.

Als economische factor komen primair de jaarlijkse kosten in  
aanmerking, verdeeld in twee categorieën:

- a. Jaarlijkse afschrijving van de transformatoren met bijbehorende  
apparatuur (110 kV en 10 kV schakelvelden).
- b. Jaarlijkse verliezen in de transformatoren.
  - b-1 : Ijzerverliezen.
  - b-2 : Koperverliezen.

De jaarlijkse afschrijving en de ijzerverliezen geven geen pro-  
bleem, aangesien alle gegevens voor de berekening hiervan bekend  
zijn.

Om de jaarlijkse koperverliezen te kunnen berekenen moet de integraal :  $\int P_t dt$  over een geheel jaar bekend zijn.

Deze integraal wordt meestal omgevormd tot  $\int_0^{8760 \text{ uur}} I_t^2 \cdot R \cdot dt = I_{\text{max}}^2 \cdot R \cdot T_v$ .

De term  $T_v$  wordt genoemd : Het aantal verliesuren per jaar. De koperverliezen kunnen dus berekend worden indien de waarde voor de verliesuren in de Inkoopstations bekend is.

Deze waarde ontbreekt echter bij de algemene gegevens, zodat er met behulp van gegevens van het G.E.B. Eindhoven een acceptabele schatting voor gemaakt is.

Hiertoe zijn er van het G.E.B. Eindhoven twee dagbelastingsgrafieken verkregen nl. een grafiek van de dag met de hoogste belasting (18 december 1968) en een grafiek van de dag met de laagste belasting (25 juni 1968).

M.b.v. deze grafieken zijn twee termen berekend:

$$T_v' = \frac{1}{P_{\text{max}}^2} \int_0^{24 \text{ uur}} P_t^2 dt \quad T_v' = \text{het aantal verliesuren per dag voor het maximum op die dag.}$$

$$T_b' = \frac{1}{P_{\text{max}}} \int_0^{24 \text{ uur}} P_t dt \quad T_b' = \text{het aantal bedrijfsuren per dag voor het maximum op die dag.}$$

Voor de dag met het hoogste maximum (62 MW) krijgt men

$$T_v' = 13,8 \text{ uren, } T_b' = 17 \text{ uren.}$$

Voor de dag met het laagste maximum (43 MW) geldt:

$$T_v' = 12,7 \text{ uren, } T_b' = 17 \text{ uren.}$$

Voor een globaal inzicht wordt bovendien gerekend met de verhouding: 
$$\frac{\text{Hoogste maximum per jaar}}{\text{Laagste maximum per jaar}} = \frac{62}{43} \approx \frac{3}{2}$$

(Deze verhouding is ook voor de getallen van toepassing, die bij de algemene gegevens vermeld zijn, t.w. 80 MW en 50 MW :

$$\frac{80}{50} \approx \frac{3}{2} )$$

Geverifieerd kan nu dus worden of het tegen : half jaar

laagste belasting + een half jaar de hoogste belasting, wel  
aanvaardbaar is i.v.m. het aantal bedrijfsuren per jaar voor  
het hoogste maximum van dat jaar.

$$17 \text{ uren per dag} = 17/24 = 0,7$$
$$(2/3 P_{\max} \times 0,7 + P_{\max} \times 0,7) \times 4380 = P_{\max} \cdot Y$$
$$Y = 5100 \text{ uren.}$$

Deze waarde is zeer duidelijk te hoog vergeleken met de 4500  
uren bij deze opdracht en de waarde van 4355 uren, die voor  
Eindhoven geldt.

Aannemende dat het belastingpatroon van de stad Stoeburg  
grote gelijkenis vertoont met het belastingpatroon van de  
stad Eindhoven, moet dus naar een andere indeling gezocht  
worden.

Als resultaat wordt hierbij gevonden : 9 maanden voor het  
laagste maximum en 3 maanden voor het hoogste maximum,  
hetgeen 4580 bedrijfsuren voor het hoogste maximum per  
jaar oplevert.

Door deze indeling te gebruiken kan nu het aantal verliesuren  
uitgerekend worden, waarbij de verhoudens  $\frac{\text{bedrijfsuren per dag}}{\text{verliesuren per dag}}$

$\frac{7}{5}$  aangehouden wordt voor elke dag van het jaar.

Dit geeft dan gedurende 9 maanden met  $2/3 P_{\max}$  :

4580 bedrijfsuren van  $2/3 P_{\max}$ .

en  $5/7 \times 4580 = 3260$  verliesuren van  $2/3 P_{\max}$ .

Gedurende 3 maanden met  $P_{\max}$  :

1530 bedrijfsuren van  $P_{\max}$ .

en  $5/7 \times 1530 = 1080$  verliesuren van  $P_{\max}$ .

Alle getallen worden vervolgens gereduceerd op  $P_{\max}$  :

$2/3 \times 4580 + 1530 = 4580$  bedrijfsuren van  $P_{\max}$ .

$(2/3)^2 \times 3260 + 1080 = 2530$  verliesuren per jaar van  $P_{\max}$ .

Eenvoudigheidshalve kan men de verdere berekeningen uitvoeren  
met 2500 verliesuren per jaar voor het hoogste maximum in dat  
jaar, terwijl voor de bedrijfsuren het getal 4500 reeds bij de  
algemene gegevens vermeld is.



Een ander belangrijk punt bij het berekenen van de koper-verliezen, is de toename van de  $P_{\max}$  per Inkoopstation gedurende de eerstkomende jaren.

Bij de probleemstelling is de snelheid van de groei van de afzonderlijke Inkoopstations opengelaten, waarbij voor het accres in deze stations een keuze gemaakt moet worden uit de twee volgende alternatieven:

1. Station A : 6% accres per jaar en Station B : 9% accres per jaar.
2. Station A : 12% accres per jaar en Station B : 6% accres per jaar.

Het accres per jaar voor de totale afname is in beide gevallen: 8%. Indien het jaarlijks accres op logaritmisch papier uitgeset wordt, krijgt men rechte lijnen (zie grafieken I t/m III).

Uit de situering van de Inkoopstations blijkt, dat Station B op dit ogenblik de voeding van de oude binnenstad (nabij de rivieroever) en een klein gedeelte van de woonwijken voor haar rekening neemt. Station A verzorgt de voeding van het industrieterrein en het grootste gedeelte van de woonwijken. Indien men nu bedenkt dat de toename van het vermogen in woonwijken een sterkere stijging vertoont dan het vermogen in winkel- en kantoorcentra (dit is een algemene tendens), dan ligt het voor de hand om aan te nemen dat het jaarlijks accres voor Inkoopstation A groter zal zijn dan het jaarlijks accres voor Inkoopstation B.

Deze aanwijzingen worden nog versterkt door het feit dat het grootste gedeelte van de uitbreidingsgebieden hoogst waarschijnlijk geveed zal worden vanuit Inkoopstation A.

(Zie situatie voor geplande uitbreiding op tekening (1)).

Conclusie:

Het jaarlijks accres voor de maximale afname in Inkoopstation A: 12%.  
" " " " " " " " Inkoopstation B: 6%.

Berekening van de tijd waarin het vermogen verdubbelt:

Bij accres = 12% :  $(1 + 0,12)^x = 2$ .  $x$  = aantal jaren waarin verdubbeling optreedt.

$$x \log (1 + 0,12) = \log 2.$$

$$x = \frac{\log 2}{\log 1,12} = \frac{0,30103}{0,04922} = 6,125.$$

M.a.w. : verdubbeling v/h vermogen vindt plaats in 6 1/4 jaar.

Bij accres = 6% : verdubbeling v/h vermogen in 12 jaar

Bij accres = 8% : " " " in 9 jaar.

Nu de keuze van het accres in de twee Inkoopstations eenmaal gemaakt is, ligt daarmee het aantal transformatoren dat per jaar in elk Inkoopstation nodig is ook vast.

Hierbij moeten de volgende punten mede in overweging genomen worden:

1. Reeds eerder werd in dit verslag betoogd, dat een directe 10 kV.kabelverbinding tussen de huidige Inkoopstations wegens de ernstige nadelen niet aangelegd kan worden.

Dit betekent, dat uitval van een transformator in het betreffende Inkoopstation zelf opgevangen moet kunnen worden.

M.a.w. per Station moet steeds 1 reserve transformator extra opgesteld worden.

Deze transformator kan als een zuivere reserve-eenheid beschouwd worden; ze wordt slechts dan aan het 10 kV.net gekoppeld, indien een andere transformator defect raakt of uit bedrijf genomen wordt voor reparatie of controle.

Een tweede mogelijkheid is deze reserve transformator continu op het 10 kV.net in te schakelen, parallel aan een of meerdere eenheden. Het voordeel hiervan is dat de belastingsgraad van de andere transformatoren verlaagd wordt wat economisch aantrekkelijk kan zijn. Bij het vaststellen van de kortsluit reactanties moet dan wel rekening gehouden worden met de mogelijkheid dat minstens twee transformatoren parallel in bedrijf kunnen zijn.

2. Essentieel bij de gehele opzet is de vraag : Hoe groot mag de vermogensafname per Inkoopstation maximaal worden?

Maatgevend bij de beantwoording van deze vraag is het aantal uitgaande kabels om het maximale vermogen te kunnen transporteren. In eerste instantie werd besloten om per Inkoopstation maximaal 20 uitgaande kabels te projecteren. Bij een groter aantal uitgaande kabels loopt men snel de kans, dat de deratingfactor (= verhouding tussen de veilige stroomcapaciteit en de maximale stroomcapaciteit) te laag zou worden. Nabij het Inkoopstation moeten de uitgaande kabels nl. slechts in een beperkt aantal sleuven gelegd worden. Met een gemiddelde van ca. 5 MVA per kabel wordt bij 20 kabels een maximale transportcapaciteit verkregen van 100 MVA.

Dit is een aanvaardbare waarde voor het maximale vermogen per Inkoopstation.

In de uiteindelijke situatie wordt bij het toepassen van 25 MVA eenheden verkregen : 4 transformatoren + 1 reserve en bij het toepassen van 35 MVA eenheden : 3 transformatoren + 1 reserve.

Uit de grafieken I t/m III kan men aflezen, dat Inkoopstation A bij een accres van 12% reeds over  $9\frac{1}{2}$  jaar een afname van 100 MVA bereikt heeft, terwijl Inkoopstation B, met een accres van 6% per jaar, over 10 jaar een afname van 100 MVA bereikt.

3. Bij de gegevens is o.a. vermeld, dat het huidig K.S.niveau aan de 110 kV.rails een waarde heeft van 3500 MVA, terwijl de gemiddelde transportcapaciteit per circuit 160 MVA bedraagt. Rekening meehoudend dat een der circuits gestoord kan raken, moet dus 160 MVA als het veilig transport vermogen naar de stad beschouwd worden.

In grafiek III kan afgelezen worden dat bij een accres van 8%, reeds over 7 à 8 jaar een totaal maximum van 160 MVA voor de gehele stad bereikt zal zijn.

Dit betekent dat het Provinciaal Bedrijf tegen die tijd een derde circuit 110 kV. in bedrijf genomen moet hebben, om de stijgende belasting op te kunnen vangen.

Dit derde circuit zal een verhoging van het K.S.niveau aan de 110 kV. zijde in de Inkoopstations veroorzaken. Aangenomen mag worden dat het Provinciaal Bedrijf in haar verderop gelegen hoofdstation over zal gaan tot het toepassen van energie-schakelaars voor 5000 MVA afschakelvermogen, zijnde ongeveer het maximum dat bij 110 kV. wordt toegepast.

In de Inkoopstations zal het voedend K.S.vermogen dan globaal gesteld mogen worden op 4000 - 4200 MVA.

Bij het bepalen van de grootte der toe te passen transformatoren en hun kortsluitreactanties moet reeds op dit ogenblik het toekomstig maximum van 4200 MVA verdisconteerd worden.

Dit betekent een correctiefactor in verhogende zin van de in tabel 2 vermelde kortsluit reactanties.

Men krijgt dan:

voor 25 MVA transformatoren ( $\mathcal{E}_k = 13,2\%$  indien max. 2 parallel  
( $\mathcal{E}_k = 19,7\%$  indien max. 3 parallel

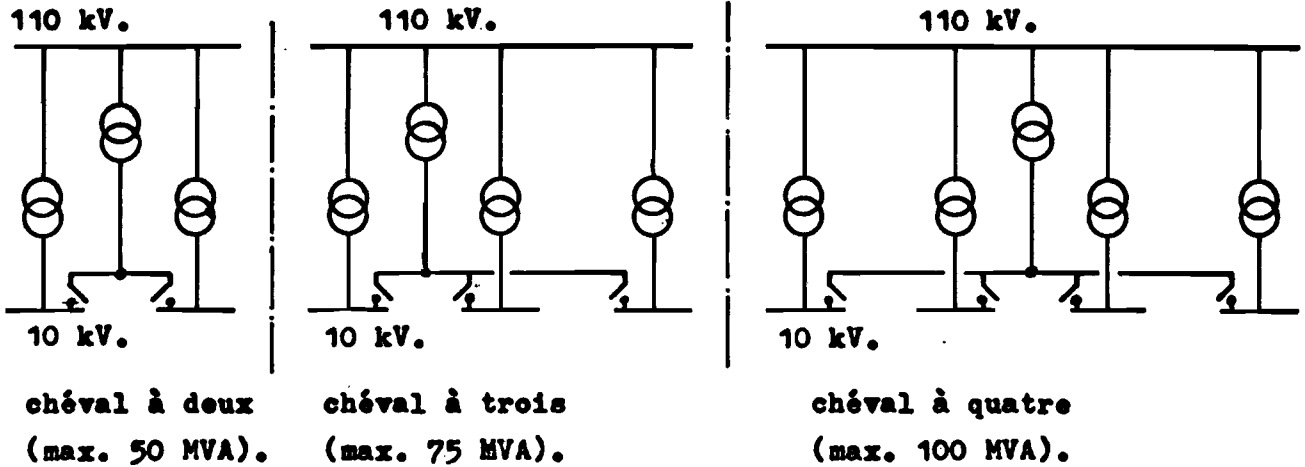
voor 35 MVA transformatoren ( $\mathcal{E}_k = 18,3\%$  indien max. 2 parallel  
( $\mathcal{E}_k = 27,4\%$  indien max. 3 parallel.

Aannemende dat er maximaal 2 transformatoren parallel geschakeld worden, moeten er dus eenheden van 25 MVA met

$\mathcal{E}_k = 13,2\%$  of eenheden van 35 MVA met  $\mathcal{E}_k = 18,3\%$  besteld worden.

Schakelschema's:

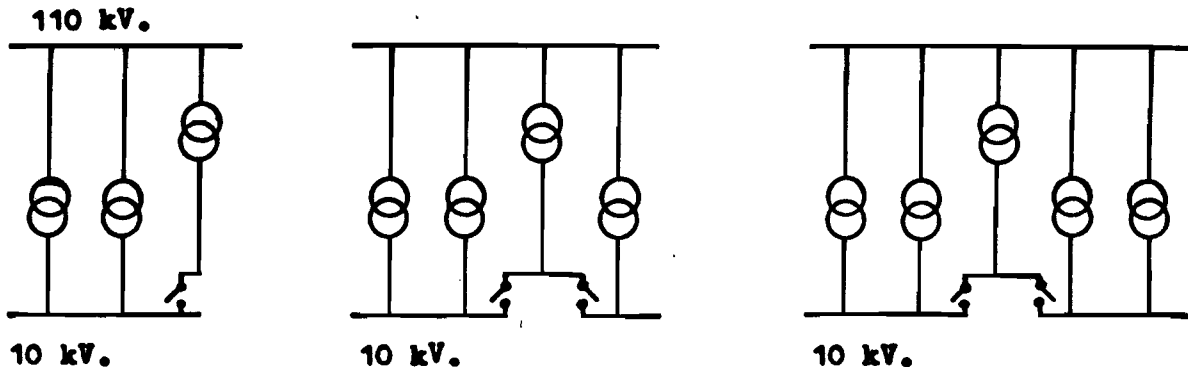
Indien transformatoren van 25 MVA gekozen worden, ontstaan achtereenvolgens de volgende schakelingen:



Vooral de laatste schakeling is uit bedrijfstechnisch oogpunt bijzonder onplezierig vanwege het aantal schakelvelden dat men nodig heeft en de ingewikkelde beveiligingen, die noodzakelijkerwijs toegepast moeten worden.

Om dit te vermijden zou overgegaan kunnen worden tot "blokvorming". D.w.z. twee transformatoren van 25 MVA worden parallel geschakeld tot één transformatie-eenheid van 50 MVA.

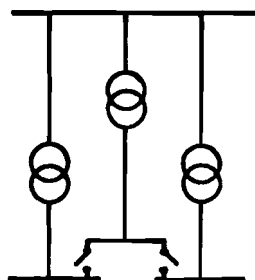
Hierbij krijgt men dan de volgende schakelingen:



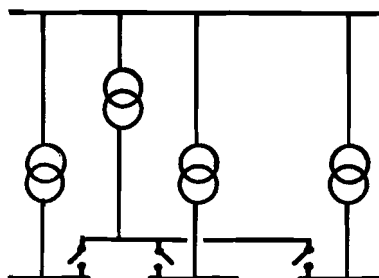
Dese opzet is bovendien veel overzichtelijker en qua bediening zal het zeker minder fouten in de hand werken.

Indien men slechts 2 transformatoren parallel wil schakelen op dezelfde 10 kV.rail, betekent het dat de reserve transformator slechts in de middelste schakeling continu aan de 10 kV.rail gekoppeld kan zijn. In de twee andere gevallen mag de reserve transformator slechts dan op de 10 kV.rail geschakeld worden, indien een van de andere transformatoren uit bedrijf wordt genomen.

Bij de keuze van 35 MVA eenheden krijgt men achtereenvolgens de volgende situaties:



chéval à deux  
(max. 70 MVA).



chéval à trois  
(max. 105 MVA).

Deze 35 MVA transformatoren worden als zelfstandige eenheden in bedrijf genomen (geen "blokvorming"). Zoals later zal blijken heeft deze oplossing voor de verdere opbouw van het 10 kV.net bijzonder prettige consequenties.

Nu alle gegevens bekend zijn, kan als laatste stap overgegaan worden tot de economische beschouwingen.

Hierbij wordt vooropgesteld dat alle continu in bedrijf zijnde transformatoren een nagenoeg gelijke belastingsgraad toebedacht worden.

Economische beschouwingen.

1. Afschrijving.

Als uitgangspunt worden hierbij de algemene gegevens beschouwd.  
Een amortisatietijd van 20 jaar geeft een annuïteit van: 0,08024.  
Een 110 kV. schakelveld + een 10 kV. schakelveld kosten dus per  
jaar :  $8,024\% \times f 165.000,-- = f 13.230,--$ .

Aankoopprijs van een 25 MVA transformator : f 250.000,--  
" " " 35 MVA " : f 350.000,--.

Voor de transformatoren moet men behalve de 8,024% voor  
rente + afschrijving ook nog 0,5% voor onderhoud per jaar  
berekenen.

M.a.w. een transformator 25 MVA kost per jaar : f 21.300,--  
" " 35 MVA " " " : f 29.850,--.

Een transformator 25 MVA + schakelaars : f 34.530 afschrijving pj
Een transformator 35 MVA + schakelaars : f 43.080 afschrijving pj.

2. Verliezen.

De waarde voor de ijzerverliezen is opgegeven als 0,1%.

Dit houdt in, dat voor een 25 MVA transformator de ijzer-  
verliezen 25 kW bedragen en voor een 35 MVA transformator  
35 kW. Deze verliezen treden gedurende 8760 uren per  
jaar op, ook bij een reserve transformator welke niet  
continu op de 10 kV.rails geschakeld is.

De in geld uitgedrukte waarde van deze ijzerverliezen is:

De kWh.prijs bij een 25 MVA transformator = f 7.670,- per jaar

De kW. prijs bij een 25 MVA transformator = f 2.000,- per jaar

De kWh.prijs bij een 35 MVA transformator = f 10.740,- per jaar

De kW. prijs bij een 35 MVA transformator = f 2.800,- per jaar.

Totaal aan ijzerverliezen per transformator per jaar:
Bij een 25 MVA transformator = f 9.670,--
Bij een 35 MVA transformator = f 13.540,--.

De koperverliezen per jaar worden berekend met 2500 verliesuren voor het maximum in dat jaar.

Indien het maximale vermogen in een Inkoopstation aan het eind van het jaar  $P_{\max}$  (in MVA uitgedrukt) bedraagt en indien er  $n$  transformatoren met een nominaal vermogen van  $P_{tr}$  (in MVA) continu op de 10 kV.rails gekoppeld zijn, dan bedraagt de maximale belastingsgraad per transformator:

$$\frac{P_{\max}}{n \cdot P_{tr}}$$

Bij een opgegeven koperverlies van 0,35%, heeft een volbelaste transformator  $P_{tr} \times 3,5$  kW aan koperverliezen.

Bij  $n$  transformatoren met een maximale belastingsgraad van  $\frac{P_{\max}}{n \cdot P_{tr}}$  krijgt men  $\frac{P_{\max}^2}{n \cdot P_{tr}} \times 3,5$  kW aan koperverliezen.

De kW.prijs hiervoor is  $\frac{P_{\max}^2}{n \cdot P_{tr}} \cdot f 280,--$  per jaar.

Met 2500 verliesuren bedraagt de kWh.prijs  $\frac{P_{\max}^2}{n \cdot P_{tr}} \cdot f 310,--$ .

Totaal aan koperverlieskosten per jaar:

Voor  $n$  transformatoren van 25 MVA :  $W_{cu} = \frac{P_{\max}^2}{n \cdot 25} \cdot f 590,-$  per jaar  
(totaal)

Voor  $n$  transformatoren van 35 MVA :  $W_{cu} = \frac{P_{\max}^2}{n \cdot 35} \cdot f 590,-$  per jaar  
(totaal).

Teneinde een objectieve vergelijking mogelijk te maken, moeten alle in de achtereenvolgende jaren optredende onkosten contant gemaakt worden (kapitaliseren v/d onkosten).

Dit houdt in dat alle onkosten gereduceerd moeten worden naar het begin v/h jaar 1, hetgeen geschiedt kan m.b.v. de formule

$$\text{contante waarde} = S \times \frac{1}{(1+i)^n}$$

$i$  = rentevoet.

$n$  = jaar waarin de onkosten voorkomen.

$S$  = onkosten in jaar  $n$ .



Overzicht van de verlieskosten.

Transformatoren 25 MVA :

Jaar	Inkoopstation A					Inkoopstation B				
	P <sub>max</sub>			W <sub>cu</sub>	W <sub>fe</sub>	P <sub>max</sub>			W <sub>cu</sub>	W <sub>fe</sub>
	MVA	N	n	gld.	gld.	MVA	N	n	gld.	gld.
1	38,5	3	2	17.550	29.010	58	4	4	19.820	38.650
2	43,5	3	2	22.350	29.010	61,5	4	4	22.650	38.650
3	48,5	3	2	27.750	29.010	65,5	4	4	25.300	38.650
4	54	4	4	17.200	38.650	69,5	4	4	28.450	38.650
5	61	4	4	21.950	38.650	74	4	4	32.250	38.650
6	68	4	4	27.300	38.650	78	5	4	35.820	48.300
7	76	5	4	34.100	48.300	83	5	4	40.600	48.300
8	85	5	4	42.600	48.300	88	5	4	45.700	48.300
9	95	5	4	53.250	48.300	93	5	4	51.000	48.300
10						99	5	4	57.800	48.300

Transformatoren 35 MVA :

Jaar	Inkoopstation A					Inkoopstation B				
	P <sub>max</sub>			W <sub>cu</sub>	W <sub>fe</sub>	P <sub>max</sub>			W <sub>cu</sub>	W <sub>fe</sub>
	MVA	N	n	gld.	gld.	MVA	N	n	gld.	gld.
1	38,5	3	3	8.350	40.600	58	3	3	18.950	40.600
2	43,5	3	3	10.650	40.600	61,5	3	3	21.650	40.600
3	48,5	3	3	13.220	40.600	65,5	3	3	24.100	40.600
4	54	3	3	16.420	40.600	69,5	3	3	27.200	40.600
5	61	3	3	20.900	40.600	74	4	4	23.050	54.200
6	68	3	3	26.050	40.600	78	4	4	25.600	54.200
7	76	4	4	24.350	54.200	83	4	4	29.000	54.200
8	85	4	4	34.400	54.200	88	4	4	32.600	54.200
9	95	4	4	38.100	54.200	93	4	4	36.450	54.200
10						99	4	4	41.300	54.200

N = totaal aantal opgestelde transformatoren.

n = totaal aantal continu op de 10 kV.rails geschakelde transformatoren

Overzicht van de totale onkosten : (bedragen in guldens).

Transformatoren 25 MVA.

Jaar	Totale verlieskosten	Afschrijving + rente	Totaal bedrag	Contante waarde
0-1	105.030	241.500	346.530	330.000
2	112.660	241.500	354.160	321.200
3	120.710	241.500	362.210	313.000
4	122.950	276.230	399.180	328.500
5	131.500	276.230	407.730	320.000
6	150.070	310.760	460.830	344.000
7	171.300	345.300	516.600	367.000
8	184.900	345.300	530.200	359.000
9	200.850	345.300	546.150	352.000

Transformatoren 35 MVA.

Jaar	Totale verlieskosten	Afschrijving + rente	Totaal bedrag	Contante waarde.
0-1	108.500	258.480	366.980	349.500
2	113.500	258.480	371.980	337.500
3	118.520	258.480	377.000	325.500
4	124.820	258.480	383.300	315.000
5	138.750	301.560	440.310	345.000
6	146.450	301.560	448.010	335.000
7	161.750	344.640	506.390	360.000
8	175.400	344.640	520.040	352.000
9	182.950	344.640	527.590	340.000

De totale contante waarde aan het begin v/h jaar 1 bedraagt  
 voor 25 MVA transformatoren : f 3.034.700,--.  
 voor 35 MVA transformatoren : f 3.059.500,--.

Bekijkt men het verloop van de contante waarde voor de twee typen, dan ziet men dat de transformatoren 35 MVA voor de eerste jaren duurder uitkomen.

Het verschil wordt echter snel ingehaald, aangezien deze 35 MVA transformatoren vanaf het jaar 5, goedkeper zijn in bedrijfsvoering.

Hieruit volgt, dat indien het Inkoopstation voor meer dan 2/3 belast is, 35 MVA transformatoren goedkeper worden.

Neg een punt in het voordeel van de 35 MVA transformatoren is het nominaal vermogen hiervan, welke nl. zeer gunstig ligt in verband met de verdere opbouw van het 10 kV.net.

Al deze factoren samen leiden tot de definitieve keuze:

In de Inkoopstations werden 35 MVA transformatoren (110/10kV) toegepast.

## V. Opbouw van het huidig 10 kV.net.

Als eerste punt bij de opbouw van het huidig 10 kV.net moet een aanvaardbare verdeling van de belastingsdichtheden in de stad verkregen worden.

De totale afname in de twee Inkoopstations bedraagt op dit ogenblik ca. 90 MVA.

Op het industrieterrein bevindt zich 1 Groot-Industrie met een continubelastingen van 8 MW ( $\cos \varphi = 0,8$ ).

Verder zijn er totaal nog 8 middelgrote Industrieën (waarvan 5 op het Industrieterrein). Aangenomen mag worden dat deze industrieën ieder 750 kW. belasting hebben ( $\cos \varphi = 0,8$ ).

De totale industriële afname bedraagt zodoende 14 MW en er resteert 66 MW voor de niet-industriële afnemers.

Wat betreft het oppervlak is de stad in twee gebieden verdeeld:

1. De Stads-kern (winkels, - bedrijven - kantoren - hotels) 18 km<sup>2</sup>
2. Wooncentra (overwegend huishoudelijke afnemers) 29 km<sup>2</sup>.

bij Het geschat aantal inwoners van de stad bedraagt 200.000, zodat men<sup>1)</sup> een gemiddelde gezinsgrootte van 4 personen uitkomt op ca. 50.000 woningen. Normaliter mag aangenomen worden dat het grootste gedeelte van deze woonhuizen buiten de stads-kern gesitueerd zullen zijn. In dit geval is overeengekomen om een verhouding van 1 : 4 aan te houden, d.w.z. 10.000 woningen in de stads-kern en 40.000 woningen in de wooncentra.

Teneinde een reële aanname te kunnen maken met betrekking tot de huidige maximaal optredende belasting per woonhuis, is het jaarverslag 1968 van de Technische Dienst Gemeente Bedrijven Eindhoven, geraadpleegd.

In genoemd jaarverslag komen o.a. grafieken voor van de gemiddelde belasting per verbruiker, waarbij de metingen werden verricht in 550 woningen in een arbeiderswijk (Bennekel) en in 240 woningen in een middenstandswijk (Witte Dorp).

De maximale gemiddelde belasting bedraagt in Bennekel 525 W en in Witte Dorp 725 W.

Een antwoord op de vraag: "Op welk tijdstip treedt het maximum bij woonhuizen op", werd gevonden in het VDEN rapport : Analyse Belastingpatroon woonhuis verbruik.

In dit rapport werden e.a. metingen besproken, die in de maanden met de hoogste belasting (december, januari 1967) verricht werden in de gemeente Rotterdam. De grafieken tonen aan dat bij de meeste huishoudingen rond 20.00 uur een uitgesproken maximum optreedt, welk maximum reeds om 16.00 uur begint in te zetten en voor het grootste gedeelte in de spitsuren meetelt.

Aangezien de stad Stoeburg een hoog maximum heeft en relatief weinig industrie bezit, mag geconcludeerd worden dat de woonhuizen een hoge graad van electrificatie bezitten.

Rekening houdend met alle voorgaande factoren, wordt de gemiddelde maximale belasting tijdens de spitsuren per woonhuis gesteld op 600 Watt.

Volledigheidshalve wordt hierbij nog 25 Watt extra per woonhuis berekend voor Openbare verlichting, portiek- en trappenhalverlichting, liftinstallaties enz.

Voor de niet huishoudelijke afname in de stadskern houdt men over : 41 MW. Dit is bij  $\cos \varphi = 0,9$  : 45,5 MVA.

Teneinde een realistischer beeld te krijgen met de werkelijkheid, wordt de stadskern in twee gedeeltes verdeeld nl.

4 km<sup>2</sup> met belastingdichtheid = 4 MVA / km<sup>2</sup>  
en 14 km<sup>2</sup> " " = 2,1 MVA/km<sup>2</sup>

Voor de wooncentra is de belastingdichtheid 0,96 MVA/km<sup>2</sup>, hetgeen voor de verdere berekeningen afgerond wordt naar 1 MVA/km<sup>2</sup>.

Op tekening (2) ziet men de drie belastingdichtheden in kaart gebracht.

In de uiteindelijke situatie is ook op het Industrieterrein een L.S.net geprojecteerd van 1,2 MW totaal, aannemende dat ook hier woningbouw en openbare verlichting moet voorkomen (zie tekening (4)).

Dit kan gedaan worden zonder in conflict te komen met de totale belasting, aangezien het voor de hand ligt om aan te nemen dat de Groot-Industrie zijn belasting tijdens de spitsuren terug zal regelen.

Als volgend punt wordt bekeken op welke manier de elektrische energie vanaf de Inkoopstations verdeeld kan worden over de gehele stad. Er worden twee systemen nader onderzocht:

- a. systemen met slechts één soort tussenstations
- b. systemen met twee soorten tussenstations.

Hierbij moet men bedenken dat een aantal transformatorstations samen aangesloten worden op een tussenstation, dat Wijkstation genoemd wordt. Deze Wijkstations kunnen direct een aansluiting krijgen op een Inkoopstation (systeem a) óf via een ander soort tussenstation met een Inkoopstation verbonden worden (systeem b).

Zoals in de praktijk worden de Wijkstations geprojecteerd voor een nominaal vermogen van 10 MVA. Teneinde het belastingaccres in de eerstkomende jaren op te kunnen vangen, wordt de huidige gemiddelde belasting per Wijkstation op 7 MVA gesteld, zodat er nu minimaal 11 Wijkstations nodig zijn.

Er worden 12 Wijkstations gekozen en deze worden zodanig over de stad verdeeld, dat ze zo dicht mogelijk bij de belastings-zwaartepunten gesitueerd zijn. Hierbij moet rekening worden gehouden met het feit dat vooral in de dichtbebouwde stadskern de Wijkstations niet op die plaatsen gebouwd kunnen worden, waar een optimale situering het wenselijk maakt.

De twee systemen a en b zijn geschetst op de tekeningen (3) en (4).

Aangezien de verbinding naar een Wijkstation 10 MVA moet kunnen transportereren, worden er 3 kabels met een doorsnede van  $185 \text{ mm}^2$  toegepast in de uiteindelijke situatie. De redenering verloopt analoog aan de redenering in hoofdstuk I (bij het kiezen van de kabel-diameter voor de verbinding tussen twee Inkoopstations).

Vooropgestaan heeft de overweging dat de Wijkstations geen koppeling onderling zullen krijgen.

Een onderlinge koppeling verlegt nl. het vraagstuk betreffende de reservecapaciteit voor noodsituaties. Hierbij treedt in dit geval geen belangrijke besparing aan kabelkosten op. Bovendien zal in een later stadium blijken, dat onderlinge koppelingen de flexibiliteit in het 10 kV.net verminderen.

Oriënterende berekeningen tonen aan dat het niet aan te bevelen is om vier kabels  $95 \text{ mm}^2$  toe te passen i.p.v. drie kabels  $185 \text{ mm}^2$ .

Op de tekening (3) is de situatie te zien met de huidige 12 Wijkstations (genummerd 1 t/m 12) en de geplande 10 toekomstige Wijkstations, genummerd 13 t/m 22.

In de uiteindelijke situatie zullen de totale kabelkosten  $f$  20.370.000,-- bedragen. Hiervan is op dit ogenblik reeds  $f$  12.622.000,-- besteed, terwijl in de toekomst nog  $f$  7.748.000,-- uitgegeven zal moeten worden.

Op tekening (4) is het systeem te zien, waarbij de Wijkstations via een tussenstation gevoed worden. Dit tussenstation zal in het vervolg met de naam Distributiestation aangeduid worden.

Het nominaal vermogen van deze Distributiestationen ligt tussen 30 - 40 MVA waarbij in de uiteindelijke situatie drie distributiestationen aansluiten op een Inkoopstation, terwijl een Distributiestation de voeding voor 3 à 4 Wijkstations zal verzorgen.

Het ligt voor de hand om deze Distributiestationen te dimensioneren voor 35 MVA nominaal vermogen, zodat ieder Distributiestation in de Inkoopstations op een aparte 110/10 kV. transformator aangesloten kan worden.

Teneinde een vergelijking met de voorgaande situatie mogelijk te maken, moeten eerst de kosten van een Distributiestation vastgesteld worden.

Per 10kV. schakelveld worden de volgende afmetingen aangehouden:

minimaal benodigde hoogte : 2.50 meter.

minimaal benodigde diepte : 3.00 meter.

Front breedte : 0.50 meter.

Volgens praktijkgegevens mag per  $\text{m}^3$  een bedrag van  $f$  300,-- berekend worden, inclusief de benodigde kabelkelder.

Per schakelveld bedragen de gebouwkosten dus  $f$  975,-- hetgeen afgerond wordt naar  $f$  1.000,--.

Indien een Distributiestation via 6 à 7 kabels met een Inkoopstation verbonden wordt en met 4 Wijkstations, dan moet er minimaal ruimte zijn voor 19 schakelvelden.

Een Distributiestation wordt dus geprojecteerd voor 25 schakelvelden, zodat de bouwkosten  $f$  25.000,-- bedragen.

Berekeningen tonen aan dat voor de verbinding Inkoopstation-Distributiestation 6 kabels met een doorsnede van  $240 \text{ mm}^2$  toegepast moeten worden in de uiteindelijke situatie. Hierbij is dan rekening gehouden met uitval van één kabel en met een derating-factor van 90% voor maximaal 2 kabels in dezelfde sleuf.

Rekeninghoudend met al deze factoren komt men uit op een totaalbedrag van f 20.181.000,-- in de uiteindelijke situatie. Bij dit bedrag zijn inbegrepen alle kabelkosten én de gebouwen inrichtingskosten voor 5 Distributiestations. (Evenals bij systeem (a) is ook hier het industriegebied buiten beschouwing gelaten).

Van bovengenoemd bedrag is dan reeds besteed f 11.754.000,--, terwijl in de toekomst nog f 8.427.000,-- uitgegeven zal moeten worden.

In de uiteindelijke situatie zal het systeem met Distributiestations dus f 189.000,-- goedkoper zijn dan systeem a.

Uit Bedrijfstechnisch oogpunt heeft het bovendien de volgende voordelen:

1. Minder uitgaande kabels in de Inkoopstations.
  2. De meeste uitgaande kabels in de Inkoopstations hebben een grotere diameter en dientengevolge een grotere kortsluitvastheid.
  3. Bij toenemende belasting in een Inkoopstation kan men de voeding van bepaalde Wijkstations over nemen op een ander Distributiestation. Indien dit Distributiestation op een ander Inkoopstation geschakeld is, betekent dit een vermindering van de belasting in het eerstgenoemd Inkoopstation.
- Dit wordt vergemakkelijkt door het feit, dat de Wijkstations geen onderlinge koppeling bezitten.

#### Conclusie:

Het 10 kV.net moet opgebouwd worden door toepassing van Distributiestations volgens tekening (4).



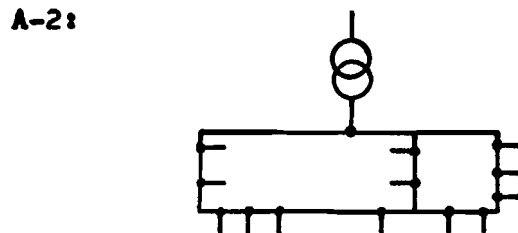
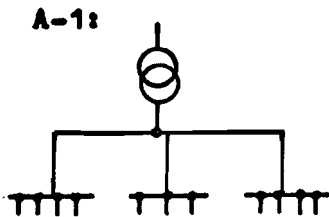
VI. Keuze van 10/0.38 kV. Distributietransformatoren.

Aangezien de keuze van de Distributietransformatoren samenhangt met de opbouw van het laagspanningsnet, wordt hier een korte beschouwing gegeven over Laagspanningsnetten.

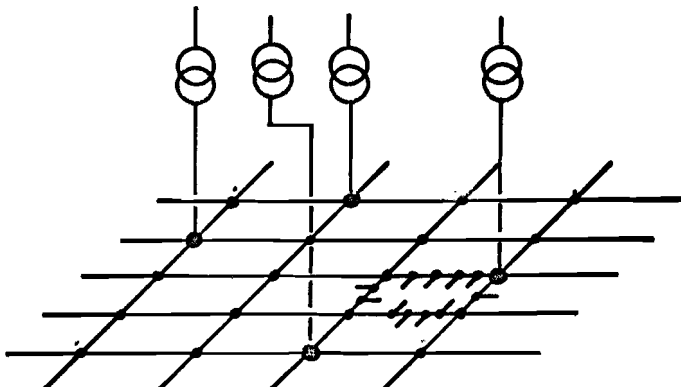
Een mogelijke indeling is de volgende:

- A. Niet vermaasde netten.
- B. Vermaasde netten.

- A. Bij niet-vermaasde netten kan een onderverdeling gemaakt worden in:
  - 1. Open L.S.netten, waarbij iedere afnemer slechts één enkelvoudige verbinding heeft met een distributietransformator.
  - 2. Ringnetten, waarbij de secundaire zijde van een transformator ringvormig gesloten kan zijn.



- B. Bij vermaasde L.S.netten wordt de voeding verzorgd door 4 of meer transformatoren, terwijl het gehele net tot een hecht netwerk verbonden is:



In een vermaasd gebied kan een transformator uitvallen, zonder dat dit gevolgen heeft voor de continuïteit van de energie levering. Men moet dus altijd verifiëren of de uitval van een transformator geen ontoelaatbare overbelasting van de resterende transformatoren tot gevolg heeft.

Hierbij moet opgemerkt worden, dat men in de praktijk een belastingsgraad van 130% gedurende twee uur als toelaatbaar beschouwt.

Om dit mogelijk te maken, mag er in een vermaasd gebied gemiddeld geen hogere belastingsgraad voorkomen dan 75% per transformator.

Bovendien moet men bij vermaasde netten op de volgende punten letten:

1. Alle smeltveiligheden in de primaire kabelverdeelkasten hebben dezelfde nominale waarde, zodat het voor de hand ligt om alle uitgaande kabels een gelijke doorsnede te geven.
2. Men krijgt een extra criterium in de knooppunten bij een kabelstoring. Dit criterium houdt in dat bij een storing alleen de gestoorde kabel uit moet vallen, hetgeen slechts m.b.v. een net-model getoetst kan worden.
3. Bij alle kruisingen van kabels worden door-verbindingen gemaakt, hetgeen impliceert dat er meer kabelverdeelkasten geprojecteerd moeten worden.

Al deze overwegingen in aanmerking genomen, mag geconcludeerd worden dat het bijzonder moeilijk is om een niet vermaasd net in een oudere binnenstad alsnog te gaan vermazen.

Dit is dan ook de reden, dat bij de gegeven conceptie de gebieden met  $2,1 \text{ MVA/km}^2$  en  $4 \text{ MVA/km}^2$  als niet vermaasd beschouwd zullen worden, terwijl de gebieden in de wooncentra met  $1 \text{ MVA/km}^2$  wel als vermaasd behandeld zullen worden. Het verschil zal o.a. tot uiting komen in de gemiddelde belastingsgraad der Distributietransformatoren.

De grootte der Distributietransformatoren is op de volgende waarden genormaliseerd:

100 - 160 - 200 - 250 - 315 - 400 - 500 - 630 - 1000 kVA.

Voor de andere gegevens wordt het volgend overzicht gehanteerd:

Nom.Vern. (kVA)	Reeks A			Reeks B		
	$W_{fe}$ (W)	$W_{cu}$ (W)	Prijs (Gld.)	$W_{fe}$ (W)	$W_{cu}$ (W)	Prijs (Gld.)
100	305	1670	3.340,-	255	1430	3.600,-
160	435	2150	4.342,-	345	2080	4.680,-
200	520	2625	5.010,-	415	2515	5.400,-
250	600	2900	5.845,-	490	2835	6.174,-
315	745	3165	6.930,-	610	3225	7.320,-
400	880	4185	8.350,-	725	3975	8.730,-
630	1285	5300	12.191,-	1125	5260	12.745,-
1000	1630	8270	18.370,-	1390	7650	19.800,-
$\epsilon_k = 3,5\%$ ; Magnetisatie = 0,6%.						

Reeks A is duidelijk bedoeld voor transformatoren die vaker uitgeschakeld worden (Industrie-transformatoren).

Indien de transformatoren het gehele jaar door ingeschakeld blijven, is reeks B economischer.

De rente + afschrijving bedraagt 8,024% per jaar; onderhoud bedraagt 1% per jaar.

Voor reeks B wordt dan verkregen:

Nom.Vern. (kVA)	Kapitaal+ onderhoud	Onkosten $W_{fe}$ (Gld.)	Onkosten $W_{cu}$ (Gld.)	Totaal p. jaar (Gld.)	
100	325	98,-	240,-	663,-	$W_{cu}$ : voor 2500 ver- liesuren, in de spits volbelast
160	423	133,-	348,-	904,-	
200	487	160,-	421,-	1068,-	
250	557	189,-	475,-	1221,-	
315	662	236,-	540,-	1438,-	
400	788	280,-	665,-	1733,-	
630	1150	434,-	881,-	2465,-	
1000	1788	536,-	1280,-	3604,-	

Gebieden met 2,1 MVA/km<sup>2</sup> en 4 MVA/km<sup>2</sup> :

Voor deze gebieden werden 400 kVA transformatoren gekozen.

1. Wegens de beschikbare ruimte in de binnenstad (kelders, kiosken enz.) komen de grotere eenheden niet in aanmerking. Ook de warmte-afvoer kan in deze ruimten een beperking vormen t.a.v. het toepassen van grote transformatoren.
2. Aangezien het L.S.net in deze gebieden niet vermaasd is, past men liever geen grotere transformatoren toe omdat bij uitval hiervan veel afnemers gedupeerd worden.
3. Een 400 kVA transformator is klein en licht genoeg om op het dak van een gebouw geïnstalleerd te worden.
4. Berekeningen tonen aan, dat men, bij het toepassen van nog kleinere eenheden, veel duurder uitkomt.

Indien men de transformatoren tijdens de spitsuren gemiddeld voor 85% belast, geeft dit 340 kVA maximaal per transformator.

Men heeft dan nodig:

Voor de gebieden met	4 MVA/km <sup>2</sup>	12	transformatoren	per	km <sup>2</sup>
" " " "	2,1 MVA/km <sup>2</sup>	6	"	"	"

Voor deze gebieden moeten dus totaal 132 transformatoren toegepast worden.

Uit bedrijfstechnisch en economisch oogpunt worden deze transformatoren aangesloten op ring-kabels, met maximaal 6 transformatoren per ring. In een Wijkstation kunnen dan 4 ringen aangesloten worden (Zie tekening (5)).

Gebieden met 1 MVA/km<sup>2</sup>:

Deze gebieden zijn vermaasd aan de L.S.zijde, zodat een maximale belastingsgraad van 75% aangehouden wordt.

Indien ook voor deze gebieden transformatoren van 400 kVA toegepast worden, zijn er minimaal 4 eenheden nodig per km<sup>2</sup>. De gemiddelde belastingsgraad wordt dan 62,5%.

De totale kosten per jaar voor de verliezen, afschrijving en onderhoud bedragen f 1.328,-- per transformator.

Wil men transformatoren van 315 kVA gebruiken, dan moeten er minimaal 5 eenheden toegepast worden per  $\text{km}^2$ . Per jaar bedragen de kosten hierbij f 1.112,-- per transformator. Bovendien krijgt men de meerkosten voor een extra transformatorstation per  $\text{km}^2$ .

De totale kosten voor de transformatoren + stations zijn dus bij de 315 kVA eenheden hoger dan bij de 400 kVA eenheden. Ook de grotere eenheden zijn duurder, aangezien altijd minimaal 4 transformatoren per  $\text{km}^2$  toegepast moeten worden.

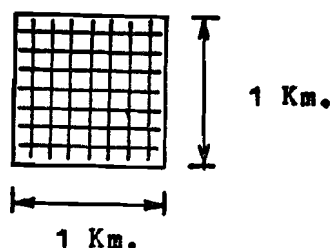
De eindconclusie moet luiden:

In de gehele stad worden slechts Distributietransformatoren met een nominaal vermogen van 400 kVA toegepast.

## VII. Verliezen in kabels en kabelkosten.

### VII-1. Laagspanning-kabels.

Aangezien een concrete netsituatie ontbreekt, moet er gewerkt worden met een model dat de werkelijkheid zo dicht mogelijk benadert. Hiertoe is een rastermodel gekozen voor alle L.S.netten.



Om de berekeningen uit te kunnen voeren, worden de volgende veronderstellingen gemaakt:

1. Alle kabels hebben een lengte van 1 km.
2. Het aantal kabels is afhankelijk van de belasting per  $\text{km}^2$ .
3. De kabels worden aan één der uiteinden gevoed met  $I_{\text{max}}$ . Om de 250 meter vindt dan een afname van  $1/4 \times I_{\text{max}}$  plaats.
4. Er moet naar gestreefd worden voor de gehele stad slechts één diameter L.S.kabel toe te passen.

De uiteindelijke doorsnede der L.S.kabels is bepaald op  $70 \text{ mm}^2$  en wel om de redenen:

Voor de gebieden met  $2,1 \text{ MVA}/\text{km}^2$  en  $4 \text{ MVA}/\text{km}^2$  blijkt een doorsnede van  $70 \text{ mm}^2$  het goedkoopst te zijn, waarbij de kabelkosten afgewogen zijn tegen de kabelverliezen per jaar.

Voor de gebieden met  $1 \text{ MVA}/\text{km}^2$  komt men in de huidige situatie goedkoper uit met kabels van  $50 \text{ mm}^2$ . Indien kabel  $70 \text{ mm}^2$  toegepast wordt, betekent het voor deze gebieden dat het L.S.net geschikt is voor minstens het dubbele vermogen, zodat in de toekomst een vermogentoeename eenvoudig opgevangen kan worden door de huidige transformatoren uit te wisselen tegen grotere eenheden en/of meer transformatorstations bij te bouwen.

Deze laatste overwegingen zijn geheel in overeenstemming met de procedures van netvermazing m.b.v. een net-model.

Aanbevolgen smeltveiligheid voor een  $70 \text{ mm}^2$  kabel : 225 A.

29 Gebieden met 1 MVA/km<sup>2</sup> (vermaasd)      1 MVA = 1515 A.

Hiervoor worden 15 kabels per km<sup>2</sup> toegepast, hetgeen 101 A per kabel oplevert. Volgens de eerder genoemde veronderstellingen krijgt men dan 3672 W per kabel, hetgeen 9180 kWh per jaar betekent indien 2500 verliesuren aangehouden worden.

De totale verlieskosten per km kabel bedragen f 615,- per jaar  
Afschrijving + rente      per km kabel bedragen f 2080,- per jaar.

Voor 29 gebieden wordt verkregen : f 267.525,00 (verliezen)  
+ f 904.800,00 (kabelkosten)  
f 1.172.325,- (totaal per jaar).

14 Gebieden met 2,1 MVA/km<sup>2</sup>      (2,1 MVA = 3180 A).

Voor de gebieden zou men met 15 kabels per km<sup>2</sup> nog uit kunnen komen. Besloten wordt echter om 20 kabels per km<sup>2</sup> toe te passen, omdat

- Een extra reserve-capaciteit van 35% wordt verkregen.
- Het gemiddelde spanningsverlies in de kabels geringen wordt.
- De totale onkosten slechts f 300,00 per km<sup>2</sup> per jaar meer bedragen.

20 kabels per km<sup>2</sup> geeft I<sub>max</sub> = 159 A per kabel, hetgeen 9125 W per kabel betekent.

De totale verlieskosten per km kabel bedragen f 1.527,00 per jaar.  
Afschrijving + rente      per km kabel bedragen f 2.080,00 per jaar.

Voor 14 gebieden wordt verkregen : f 427.500,00 (verliezen)  
+ f 582.400,00 (kabelkosten)  
f 1.009.900,00 (totaal per jaar).

4 Gebieden met 4 MVA/km<sup>2</sup>      (4 MVA = 6060 A).

Voor deze gebieden worden 40 kabels per km<sup>2</sup> toegepast. Dit geeft per kabel I<sub>max</sub> = 151,5 A, hetgeen 8259 W verlies betekent.

De totale verlieskosten per km kabel bedragen f 1.383,50 per jaar.

Voor 4 gebieden wordt verkregen : f 221.344,00 (verliezen)  
+ f 332.800,00 (kabelkosten)  
f 554.144,00 (totaal per jaar).

## VII-2. Hoogspanning-kabels.

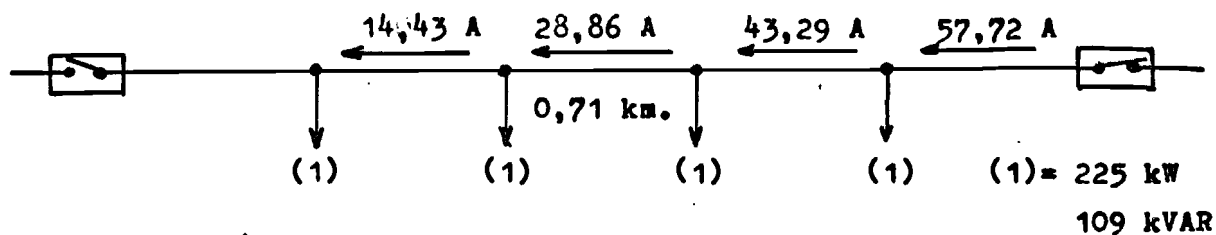
VII-2v1. Ringkabels vanuit een Wijkstation voor voeding der transformatorstations (Zie tekening (5)).

De doorsnede van deze 10 kV ringkabels is bepaald op  $95 \text{ mm}^2$  en wel om de volgende redenen:

1. Bij een defect in de kabel moet de voeding van het gehele gebied van één kant kunnen geschieden. Dit betekent dat de ringkabels op dit ogenblik minimaal 2,1 MVA moeten kunnen transporteren. Rekening houdend met een belasting-toename, moeten de ringkabels derhalve voor 3,5 à 4 MVA geprojecteerd worden. Tabel 2 wijst uit dat de doorsnede  $95 \text{ mm}^2$  hiervoor het best geschikt is.
2. Economische berekeningen tonen aan, dat het geen aanbeveling verdient een grotere diameter dan  $95 \text{ mm}^2$  toe te passen.

Gebieden met  $1 \text{ MVA/km}^2$  (vermaasd).

De totale lengte der ringkabels bedraagt 102,8 km. Men krijgt dus een gemiddelde lengte van 3,544 km per ring. Per ring worden 4 transformatoren van 400 kVA aangesloten, met een huidige maximale belasting van 250 MVA, m.u.v. de ringkabels waar een middelgrote Industrie ook op aangesloten wordt. Indien het L.S.net vermaasd is, moet erop gelet worden, dat de ringkabel slechts aan één kant gesloten is in het Wijkstation. Bij een defect in de ringkabel moeten nl. alle transformatoren uitgeschakeld worden. Indien slechts de helft van de transformatoren uitgeschakeld wordt, zal het gehele gebied door de overgebleven transformatoren gevoed worden, waarbij onherroepelijk overbelasting op zal treden.



$$R_b = 0,21 \Omega/\text{km.}$$

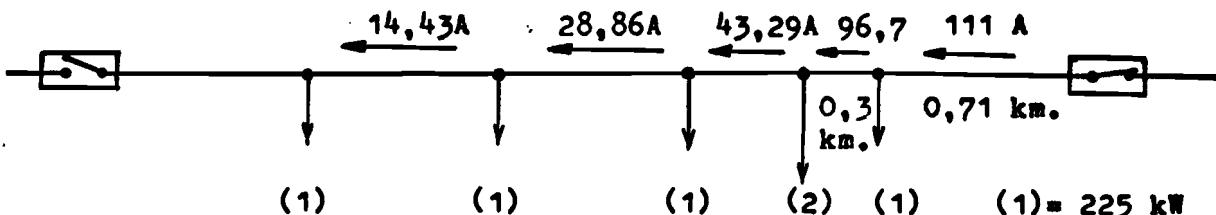
De afstand tussen twee aftakkingen is 0,71 km.



In de getekende situatie bedragen de wattverliezen 2792 W.  
 Met 2500 verliesuren komen de totale verlieskosten op f 468,--  
 per jaar. (Indien de ringkabel van twee kanten gevoed mocht  
 worden, zouden de verlieskosten f 156,-- per jaar bedragen).  
 Er zijn drie ringkabels waarop een middelgrote industrie aange-  
 sloten is, nl. twee ringkabels van Wijkstation 11 en één ringkabel  
 van Wijkstation 10.

De afstand Wijkstation - Industrie bedraagt ca. 1 km.

De afname van een Industrie is 750 kW bij  $\cos \varphi = 0,8$ .



(1) = 225 kW  
 109 kVAR  
 (2) = 750 kW  
 562 kVAR.

De totale verliezen worden nu 8255 per ringkabel.

De middelgrote Industrieën veroorzaken dus een extra verlies  
 van 5463 W. In dit stadium wordt aangenomen dat ook de  
 middelgrote industrieën een belastingpatroon vertonen met 2500  
 verliesuren voor het maximum. De extra verliezen in de drie  
 ringkabels komen dan op totaal f 2.745,-- per jaar.

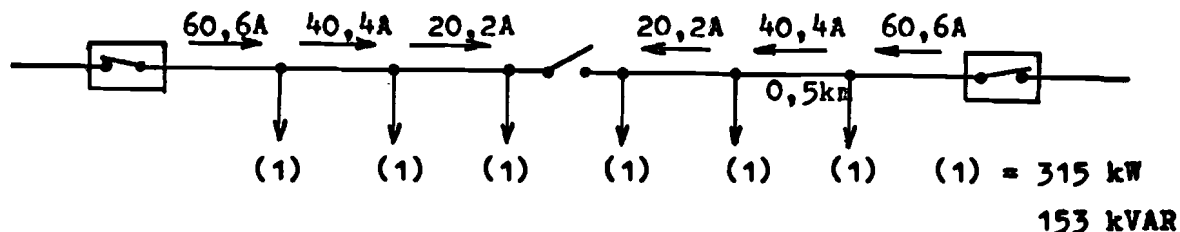
3,544 km. kabel 95 mm<sup>2</sup> kost per jaar f 8.850,-- aan rente + afschrij-  
 ving.

De totale onkosten per jaar voor de ringkabels in de gebieden  
 met 1 MVA/km<sup>2</sup> worden dus : f 16.306,-- (verliezen)  
 + f 256.650,-- (kabelkosten)  
 f 272.956,-- (totaal).

Gebieden met 2,1 MVA/km<sup>2</sup>.

Deze gebieden zijn niet vermaasd aan de L.S.zijde, hetgeen be-  
 tekent dat de ringkabels in het midden geopend zijn en van twee  
 kanten gevoed worden (beide schakelaars in het Wijkstation zijn  
 gesloten).

De totale kabellengte bedraagt 49,1 km, zodat gemiddeld 3,507 km per ring verkregen wordt, waarop 6 transformatoren met een maximale belasting van 350 kVA, aangesloten zijn.



De verliezen in deze situatie zijn 3598 W, hetgeen  $f$  602,70 per jaar betekent.

3,507 km. kabel 95 mm<sup>2</sup> kost per jaar  $f$  8.776,-- aan rente + afschrijving.

De totale onkosten per jaar voor de ringkabels in de gebieden met 2,1 MVA worden dus

$f$ 8.437,--	(verliezen)
$+ f$ <u>122.864,--</u>	(kabelkosten)
$f$ 131.301,--	(totaal).

Gebieden met 4 MVA/km<sup>2</sup>.

In deze gebieden worden twee ringen per km<sup>2</sup> geprojecteerd met 6 transformatoren per ring. Men krijgt dan totaal 23,6 km kabel, zodat de gemiddelde ringlengte 2,95 km. wordt.

De maximale belasting per transformator is 334 kVA (300 kW - 146 kVAR).

Ook hier worden de ringkabels in het midden geopend, terwijl de voeding van twee kanten geschiedt.

De verliezen per ringkabel werden 2735 W.

Het totale onkosten overzicht is als volgt:

Verliezen	: $f$ 3.666,--
Kabelkosten:	$f$ <u>59.060,--</u>
Totaal	: $f$ 52.726,--

VII.-2.2. 10 kV. kabels voor voeding der Wijkstations.

Bij het berekenen van de maximale afname per Wijkstation, is het van belang om ook rekening te houden met de inductieve en capacatieve vermogens-opname in de ringkabels.

Het inductief vermogen is afhankelijk van de stroom door de kabel en kan berekend worden door de wattverliezen te vermenigvuldigen met de factor  $X_1 / R_b$ . Het capacatief vermogen is slechts afhankelijk van de lengte van de kabel en van de grootte  $C_b$ .

(Voor de waarden van  $R_b$ ,  $X_1$  en  $C_b$  zie tabel 2).

Voor de gebieden met 1 MVA/km<sup>2</sup> vindt men per ringkabel:

Het inductief vermogen = 1,17 kVAR (3,46 kVAR voor ringen met een middelgrote industrie).

Het capacatief vermogen = -41,2 kVAR.

Bij de gebieden met 2,1 MVA/km<sup>2</sup> geldt per ringkabel:

Het inductief vermogen = 1,51 kVAR

Het capacatief vermogen = - 40,7 kVAR.

Bij de gebieden met 4 MVA/km<sup>2</sup> geldt per ringkabel:

Het inductief vermogen = 1,13 kVAR.

Het capacatief vermogen = - 34,3 kVAR.

Aan de hand van tekening (5) wordt dan het volgend overzicht verkregen:

Wijkstation No.	Max. vermogen (kW)	(kVAR)	(kVA)	I <sub>A max</sub>	Aantal kabels	I <sub>max</sub> / (A) kabel	I <sub>max</sub> <sup>2</sup> / (A) <sup>2</sup> kabel
1	7574	3503	8348	482	3	160,7	25.820
2	7302	3392	8038	464	3	154,7	23.930
3	7393	3429	8150	471	3	157	24.650
4	5408	2516	5951	344	3	114,7	13.150
5	5681	2627	6261	362	3	120,6	14.580
6	5681	2627	6261	362	3	120,6	14.580
7	4602	2063	5045	291	3	97	9.409
8	3611	1584	3943	228	2	114	13.000
9	2708	1188	2958	171	2	85,5	7.310
10	7075	3326	7816	451	3	150,3	22.590
11	6928	3484	7752	447	3	149	22.200
12	5417	2376	5915	342	3	114	13.000

Met aantal kabels is in voorgaand overzicht bedoeld het aantal kabels, dat toegepast wordt voor de voeding van de Wijkstations. In een eerder stadium is reeds vastgelegd dat voor de voeding der Wijkstations kabels toegepast worden met een doorsnede van  $185 \text{ mm}^2$ .

De karakteristieke grootheden voor deze doorsnede zijn te vinden in tabel 2.

Rekening houdend met deze grootheden en met de waarden, die vermeld staan in het voorgaand overzicht, komt men tot de volgende uitkomsten:

Wijkstation No.	$I_{\text{max}}^2$ / kabel ( $A^2$ )	Afstand (km.)	Totale verliezen (W) (+VAR)		Cap. vermo. (-VAR).	Totaal react.ver (-VAR).
1	25.820	1,0	27.900	18.150	43.500	25.350
2	23.930	2,4	62.100	40.400	104.400	64.000
3	24.650	2,1	55.800	36.300	91.200	54.900
4	13.150	1,2	17.010	11.050	52.200	41.150
5	14.580	1,2	18.900	12.300	52.200	39.900
6	14.580	3,2	50.400	32.800	139.200	106.400
7	9.409	1,9	19.320	12.570	82.650	70.080
8	13.000	1,4	13.100	8.520	40.600	32.080
9	7.310	1,3	6.840	4.450	37.700	33.250
10	22.590	1,1	26.850	17.420	47.850	30.430
11	22.200	3,8	91.200	59.300	165.300	106.000
12	13.000	1,8	25.260	16.450	78.300	61.850

Voor de totale wattverliezen in de voedingkabels der Wijkstations wordt gevonden  $414.680 \text{ W}$ .

De totale onkosten voor deze kabels bedragen op dit ogenblik

f 69.458,- (verliezen).

f 247.357,- (rente+afschrijving).

f 316.815,- (totaal per jaar).

VII. - 2.3. 10 kV.kabels voor voeding der Distributiestationen.

Op tekening (4) is te zien hoe de huidige Wijkstations gegroepeerd zijn per Distributiestation.

Door de Wattverliezen en het reactief vermogen van de 185 mm<sup>2</sup> kabels op te tellen bij de belasting der bijbehorende Wijkstations, wordt de maximale afname in de Distributiestationen verkregen.

Dit resulteert in de volgende waarden:

Distributiestation B <sub>1</sub>	27.839 kW + 11.655 kVAR	(30.180 kVA)
" B <sub>2</sub>	19.675 kW + 8.654 kVAR	(21.490 kVA)
" A <sub>1</sub>	19.563 kW + 8.988 kVAR	(21.530 kVA).

Nu de afname der Distributiestationen bekend is, kan men de verliezen berekenen in de toevoerkabels vanaf de Inkoopstations. Zoals reeds eerder werd betoogd, moeten deze verbindingkabels tussen Inkoopstation en Distributiestation een doorsnede krijgen van 240 mm<sup>2</sup>. Voor de voeding van station B<sub>1</sub> worden 6 kabels toegepast en voor de stations B<sub>2</sub> en A<sub>1</sub> 5 kabels.

De kabelgrootheden in aanmerking genomen, komt men tot de volgende uitkomsten:

Distr. station	I <sub>max</sub> (A)	Aantal kabels	Afstand (km)	Totale verliezen		Cap. verm. (-kVAR)	Reactief vermogen (kVAR)
				(kW)	(+kVAR)		
B <sub>1</sub>	1741	6	8,4	1.171	994	805	+ 189
B <sub>2</sub>	1241	5	4,3	365,5	310	344	- 34
A <sub>1</sub>	1243	5	3,4	290	246	272	- 26

De totale Wattverliezen in de kabels 240 mm<sup>2</sup> bedragen 1.826,5 kW.

De totale onkosten voor deze kabels:

f 305.938,--	(verliezen)
f 413.000,--	(rente+afschrijving)
f 718.938,--	(totaal per jaar).

### VII. - 3. L.S. en H.S.kabels op het Industrieterrein.

Aangezien het voor de hand ligt dat op het Industrieterrein ook niet-industriële afnemers (woonhuizen, openbare-verlichting enz) gevestigd zijn, is besloten om het niet-industrieel verbruik te stellen op 1,2 MW totaal ( $\cos \varphi = 0,9$ ).

De berekening van de verliezen in het L.S.net loopt analoog aan de berekeningen voor de gebieden in de stad.

Men krijgt  $167 \text{ kVA/km}^2 = 253 \text{ A/km}^2$ , zodat per  $\text{km}^2$  2 L.S. kabels met een doorsnede van  $70 \text{ mm}^2$  toegepast worden.

De Wattverliezen per kabel bedragen in dit geval 5760 W.

De onkosten per jaar van het L.S.net komen op:

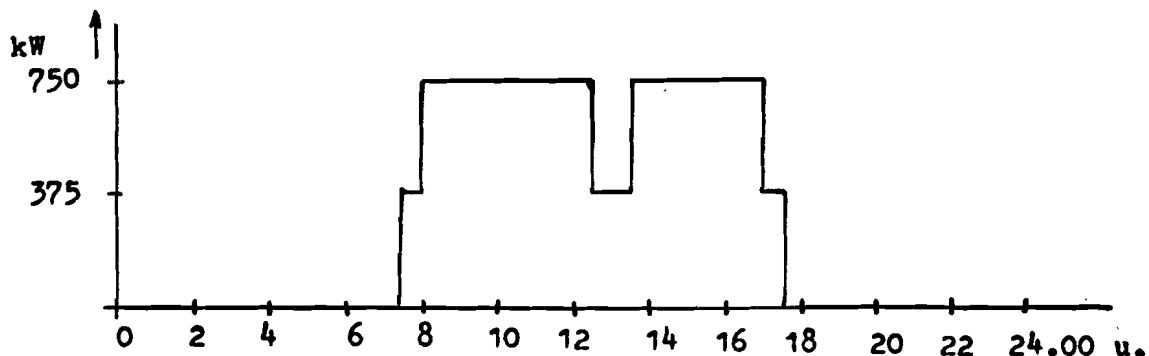
$$\begin{aligned} & f 15.436,-- \text{ (verliezen)} \\ & + \underline{f 33.280,--} \text{ (kabelkosten)} \\ & f 48.716,-- \text{ (totaal per jaar).} \end{aligned}$$

Voor deze niet-industriële afnemers worden op het Industrieterrein 5 transformatorstations geprojecteerd. Voor de ligging hiervan zie tekening (4). In deze stations komen eenheden van 400 kVA met een gemiddelde belastingsgraad van  $\frac{1332}{2000} = 66,5\%$ .

Per transformator geldt dan  $W_{fe} = 725 \text{ W}$ ,  $W_{cu} = 1750 \text{ W}$ .

#### H.S.kabels.

Teneinde de verliezen in de H.S.kabels te berekenen, moet een juiste waarde voor de verliezen van de industrieën gevonden worden. Hiertoe zijn, aan de hand van gegevens, belastingpatronen vastgesteld voor de werkdagen.  
Belastingpatroon voor de middelgrote industrieën:



Het geschetste belastingpatroon geeft per werkdag 9 bedrijfsuren voor het maximum van die dag (750 kW) en 8,5 verliesuren van dat maximum.

Voor 5 werkdagen per week en 50 werkweken per jaar, resulteert dit in 2250 bedrijfsuren en 2125 verliesuren per jaar.

De totale afname per jaar is 1.687.500 kWh.

Het belastingpatroon voor de Grote-Industrie:



Dit patroon geldt voor 5 werkdagen per week.

Voor de weekeinden is gegeven, dat de continue belasting 5 MW bedraagt. Ook hier zijn 50 werkweken per jaar verondersteld. De totale afname per jaar is 48.750.000 kWh.

Het aantal bedrijfsuren v/h maximum (8 MW) per jaar : 6100 uren.

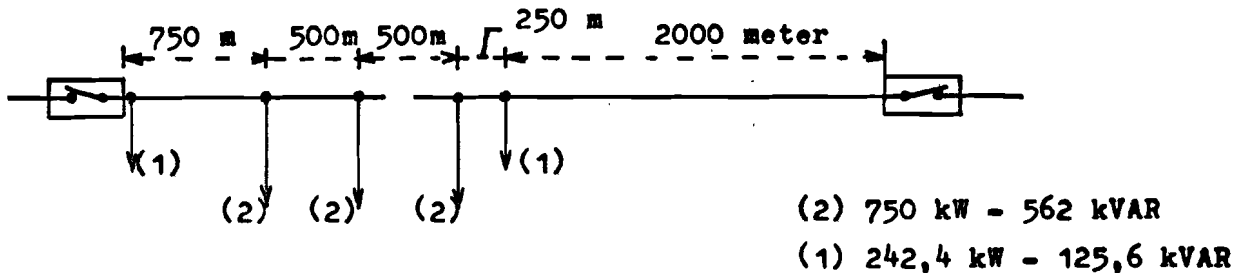
" " verliesuren " " " " : 4635 uren.

De middelgrote en grote industrieën betrekken hun elektrische energie rechtstreeks van het 10 kV net, waarbij de totale onkosten van transformatorstations, transformatoren en de transformator-verliezen voor eigen rekening komen.

a. Op het Industrieterrein worden twee 10 kV ringen geprojecteerd, waarop de middelgrote industrieën en de niet-industriële transformatoren aangesloten worden. Evenals in de stad worden deze ringen uitgevoerd met kabels van 95 mm<sup>2</sup> doorsnede. De lengten bedragen respectievelijk 4 en 6 km.

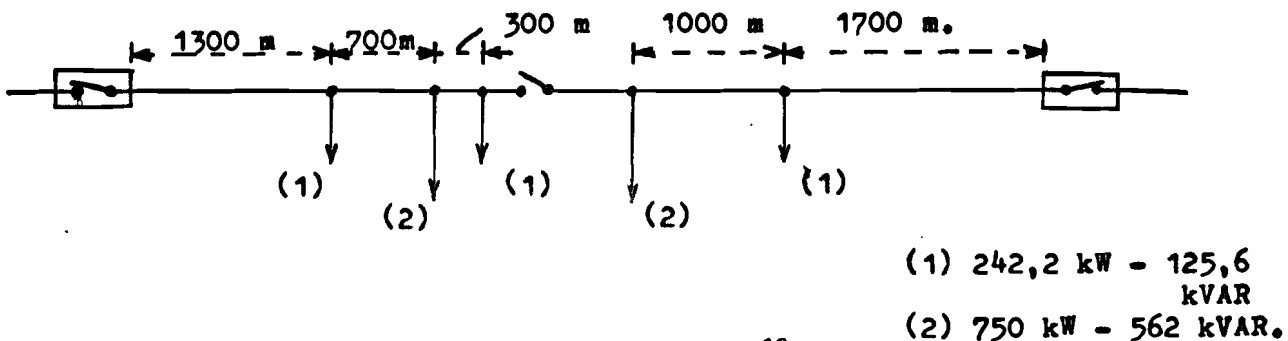
Op de ringkabel van 4 km. lengte worden aangesloten 3 middelgrote industrieën en 2 transformatorstations, waarvan één is aangebouwd aan het Distributiestation A<sub>2</sub>.

Men krijgt het volgend beeld:



De totale Wattverliezen in deze ringkabel bedragen 13.077 W.  
 Deze verliezen worden grotendeels veroorzaakt door de industriële afnemers, zodat gerekend mag worden met ca. 2150 verliesuren.  
 De totale verlieskosten per jaar worden f 2020,--.

Op de ringkabel van 6 km. lengte worden 2 middelgrote industrieën en 3 transformatorstations aangesloten.



De totale Wattverliezen zijn hierbij 15.680 W.  
 Indien men rekent met 2200 verliesuren, resulteert dit in een bedrag van f 2.455,-- per jaar.  
 De kosten voor 10 km. kabel (95 mm<sup>2</sup>) zijn f 32.500,-- per jaar voor rente en afschrijving.

b. Vervolgens worden de voeding-kabels van Distributiestation A<sub>2</sub> naar de Groot-Industrie bekeken (afstand = 500 m.)

Hier moet bij het bepalen der verlieskosten op een belangrijk punt gelet worden: De kW.prijs wordt betaald voor de maximale kW.afname tijdens de spitsuren (16.30 - 19.00).



Voor de Groot-Industrie zijn de Wattverliezen tijdens de spitsuren een factor  $(6/8)^2$  van de Wattverliezen maximaal.

I.v.m. de hoge waarde van de verliesuren, is het bij de groot-industrie wel lonend om voedingskabels met een doorsnede van  $240 \text{ mm}^2$  toe te passen. Dit in tegenstelling tot de voedingskabels der Wijkstations.

Er worden 3 kabels  $240 \text{ mm}^2$  toegepast, zodat de maximale verliezen (bij 10 MVA belasting) 15.400 W bedragen.

De totale verlieskosten per jaar : f 3.186,--

De " kabelkosten " " : f 6.975,--

Samen : f 10.161,--

c. Verliezen in de kabels vanaf Inkoopstation A naar het Distributiestation  $A_2$ .

Het essentiële punt bij het berekenen van deze verliezen is, het bepalen van de waarde voor de verliesuren.

Voor de niet-industriële afname op het industrieterrein is het volgende

belastingpatroon gekozen: 0.00 - 7.00 u : 100 kW.

7.00 - 8.00 : 300 kW.

8.00 - 17.00 : 1,0 MW.

17.00 - 18.00 : 1,2 MW.

18.00 - 24.00 : 400 kW.

Op zondagen 0.00 - 7.00 : 100 kW.

7.00 - 17.00 : 200 kW.

17.00 - 24.00 : 400 kW.

Het totaal van de niet-industriële + industriële afname geeft dan 3257 verliesuren van het maximum per jaar (in station  $A_2$ ).

Het maximum bedraagt 12,79 MW; Het maximum tijdens de spitsuren is 10,78 MW. (7,64 MVAR).

Er moeten 4 kabels  $240 \text{ mm}^2$  geprojecteerd worden voor de voeding van het Distributiestation  $A_2$ .

De maximale verliezen zijn daarbij 352 kW; De verliezen tijdens de spitsuren 262 kW.

De verlieskosten per jaar bedragen f 63.550,--

De kabelkosten " " " f 120.800,--

Totaal f 184.350,--

VIII. Energiebalans en onkosten-overzicht.

VIII. - 1. Energiebalans.

Door de verliezen in de Distributietransformatoren en de H.S.kabels te sommen bij de belasting van de bijbehorende gebieden, kan men de huidige maximale belasting in de twee Inkoopstations verkrijgen (in spitsuren).

Inkoopstation A:

Niet-industriële afnemers	+ 18,3 MW	+ 8,9 MVAR
Verliezen in 10/0.38 kV.transformatoren.	+ 0,2 MW	+ 0,8 MVAR
Industriële afnemers	+ 12,0 MW	+ 9,0 MVAR
Verliezen in H.S.kabels (totaal)	+ 0,7 MW	- 1,3 MVAR
Afname aan de 10 kV.rails in het Inkoopstation (4500 bedrijfsuren)	: 31,2 MW	+ 17,4 MVAR.

Inkoopstation B:

Niet-industriële afnemers	+ 49,9 MW	+ 24,2 MVAR
Verliezen in de 10/0.38 kV.transformatoren.	+ 0,5 MW	+ 1,8 MVAR
Verliezen in H.S.kabels (totaal).	+ 1,9 MW	- 1,8 MVAR
Afname aan de 10 kV.rails in het Inkoopstation (4500 bedrijfsuren).	: 52,3 MW	+ 24,2 MVAR

De verliezen in de L.S.kabels voor de gebieden die gevoed worden door het Inkoopstation A bedragen 1,045 MW; voor de gebieden gevoed door het Inkoopstation B bedragen de verliezen 4,425 MW.

De totale kWh-verliezen van het gehele Distributienet (L.S. en H.S.) bedragen 24.216.000 kWh (8,8 MW) per jaar.

Het aantal bedrijfs<sup>en</sup> van het maximum per Inkoopstation bedraagt 4500 uren, zodat totaal wordt ingekocht: 375.750.000 kWh (83,5 MW). Hiervan worden verkocht 351.534.000 kWh (74,7 MW).

De verkoop is als volgt verdeeld over de afnemers:

Groot-Industrie	:	48.750.000 kWh - 6 MW	in spitsuren
Middelgrote-Industrieën	:	13.500.000 kWh - 6 MW	" "
Niet-Industriële afnemers:	:	289.284.000 kWh - 62,7MW	" "

Overeengekomen is, dat de energie aan de 10 kV.zijde in de Inkoopstations wordt ingekocht. De afschrijving en de verliezen der 110/10 kV.transformatoren komen voor rekening van het Provinciaal Bedrijf.

De rekening v/h Prov. Bedrijf aan het eind van het jaar is:

te betalen aan kW.prijs	:	f 6.680.000,--
" " " kWh.prijs	:	f 13.151.250,--
<u>Totaal</u>	:	<u>f 19.831.250,--</u>

## VIII. - 2. Bijkomende onkosten.

### 1. Transformatorstations.

Gebouw + grond	f 12.000,--
Apparatuur	f 20.000,--
Transformator (400 kVA)	f 8.730,--
Montage + transport	f 1.000,--
Onderhoud	<u>f 270,--</u>
	f 42.000,--

Totaal in de stad 248 eenheden : f 2.976.000 (gebouwkosten).

f 7.440.000 (trf.+ apparatuur).

De gebouwen worden in 35 jaar afgeschreven : f 181.536,-- per jaar.

De apparatuur word in 20 jaar afgeschreven : f 596.688,-- per jaar.

De 5 transformatorstations voor de niet-industriële afnemers op het industrieterrein kosten per jaar f 3.630,-- aan gebouwen en f 11.940,-- aan apparatuur.

### 2. Wijkstations.

Bij 3 voedingskabels, 6 ringkabels (12 schakelvelden) en 1 koppelveld, moet men minimaal ruimte hebben voor 16 schakelvelden.

Indien alle Wijkstations geprojecteerd worden met ruimte voor 20 schakelvelden, bedragen de gebouwkosten per Wijkstation  $20 \times f 1.000,-- = f 20.000,--$ .

Bij 12 Wijkstations geeft dit  $f 240.000,--$  aan gebouwkosten.

Bij afschrijving in 35 jaar (annuïteit = 0,0610) worden de afschrijvingskosten  $f 14.640,--$  per jaar.

Per aanwezig schakelveld wordt  $f 15.000,--$  berekend. Per Wijkstation moet ook nog  $f 15.000,--$  extra opgeteld worden voor montagekosten + verdere apparatuur. Dit geeft een totaalbedrag van  $f 2.400.000,--$ .

Bij afschrijving in 20 jaar (annuïteit = 0,0802) wordt dit  $f 192.480,--$  per jaar.

### 3. Distributiestations.

De Distributiestations worden gdimensioneerd met ruimte voor 25 schakelvelden, hetgeen  $f 25.000,--$  kost.

Voor 4 stations moet men dus per jaar afschrijven  $6,1\% \times f 100.000,-- = f 6.100,--$ . Ieder Distributiestation wordt bovendien uitgevoerd met 2 koppelvelden en 1 schakelveld extra voor toonfrequent injectie. Per station wordt een extra bedrag van  $f 30.000,--$  in rekening gebracht voor montagekosten, diverse apparatuur en speciale voorzieningen.

Samen met de benodigde schakelvelden komen de totale inrichtingskosten voor 4 stations op  $f 1.195.000,--$ .

Aan afschrijving geeft dit een bedrag per jaar van  $f 95.855,--$ .

### 4. Inkoopstations.

In de uiteindelijke situatie heeft ieder Inkoopstation 3 schakelbatterijen van ieder 13 velden, verdeeld als volgt:

2 transformator-velden.

6 velden voor uitgaande kabels naar een Distributiestation.

1 dwarskoppelveld

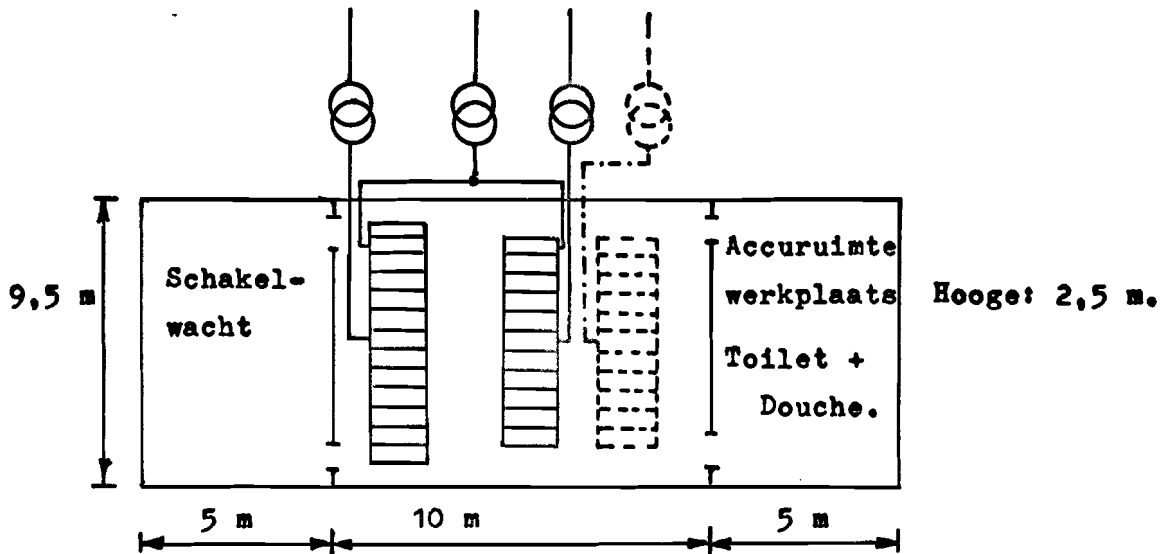
1 langskoppelveld

3 reserve velden (eventueel voor verbinding naar een Wijkstation).

Totale inhoud van een Inkoopstation is  $475 \text{ m}^3$ . De prijs per  $\text{m}^3$  wordt hierbij gesteld op  $f 350,--$ . Bij dit bedrag is dan inbegrepen de voorzieningen voor verlichting, verwarming, sanitair en kabel kelder.

De totale gebouwkosten bedragen dus f 171.000,-- , hetgeen per jaar f 10.400,-- aan afschrijving betekent.

Situatie-schets:



Voor de inrichting exclusief de schakelvelden wordt per Inkoopstation een bedrag van f 300.000,-- gerekend. (schakelwacht e.d.).  
In station A staan 17 schakelvelden; deze kosten f 255.000,--  
In station B staan 22 schakelvelden; deze kosten f 330.000,--.

Inkoopstation A :	gebouwkosten per jaar = f	10.400,--
	afschrijving apparatuur=f	44.500,-- (per jaar)
Inkoopstation B :	gebouwkosten per jaar = f	10.400,--
	afschrijving apparatuur=f	<u>50.525,--</u> (per jaar)
	Totaal	f 115.825,--.

5. <u>Verliezen</u> , in alle L.S.kabels	f 931.800,--
in alle transformatoren	f 167.600,--
in alle H.S.kabels	f 475.016,--

6. <u>Amortisatie</u> van alle L.S.kabels	f1.852.200,--
van alle H.S.kabels	f1.259.206,--.

7. Aardingsnet.

Aangenomen wordt, dat de lengte van de aardleiding (25 mm<sup>2</sup> blank koper) gelijk is aan de lengte der L.S.kabels (totaal 891 km).  
De totale kosten zijn dan 891.000 x f 2,-- = f 1.782.000,--.  
Bij afschrijving in 30 jaar betekent zulks f 115.830,-- per jaar.

8. Kabelverdeelkasten.

In totaal 1520 à f 500,-- per stuk. Dit geeft totaal f 760.000,--.  
De verdeelkasten worden in 20 jaar afgeschreven, zodat de kosten per jaar f 60.800,-- bedragen.

9. Toonfrequent installatie.

Deze bestaat uit 4 zenders in de Distributiestationen (à f 65.000,-- per stuk) + 1 centrale commando installatie (à f 70.000,--).  
De totale kosten voor montage + speciale voorzieningen worden gesteld op f 50.000,--.  
Bij afschrijving in 20 jaar, bedragen de jaarlijkse kosten: f 30.476,--.

10. Kantoorgebouwen.

Hierbij inbegrepen zijn ook de benodigde ruimten voor werkplaatsen, magazijnen enz.  
De totale gebouwkosten mét inrichting, verwarming, machines en kantoorbenodigdheden worden begroot op f 8.000.000,--.  
Van dit bedrag wordt gemiddeld 7% per jaar afgeschreven, zodat de jaarkosten zijn : f 560.000,--.

11. Magazijnvoorraden.

Deze worden aan het eind v/h jaar begroot op f 800.000,--.  
De jaarlijkse kosten van de voorraden worden gesteld op 10% van de aanschafprijs.  
In dit geval moet dus f 80.000,-- in rekening gebracht worden.

12. Wagenpark.

De totale afschrijving bedraagt hierbij 10% van f 425.000,--,  
voor onderhoud + reparatie wordt f 5.000,-- per jaar berekend.  
De totale kosten bedragen f 47.500,-- per jaar.

13. Meterijktafels.

2 stuks à f 80.000,-- per stuk. Afschrijven in 20 jaar : f 12.832,--.

14. Gelijkstroom netmodel t.b.v. nervermazing.

Dit kost f 150.000,-- hetgeen bij afschrijving in 20 jaar, een bedrag van f 12.030,-- per jaar betekent.

15. Hulpkabels, voor differentiaal-beveiliging, meting en sturing.

De prijzen voor de hulpkabels :  $5 \times 4 \times 0,8 \text{ mm}^2 = f 3,--$  per meter  
 $10 \times 4 \times 0,8 \text{ mm}^2 = f 4,60$  per meter  
 $20 \times 4 \times 0,8 \text{ mm}^2 = f 6,--$  per meter.

Tussen Inkoopstations en Distributiestationen worden 40-aderige kabels toegepast; tussen Distributiestation en Wijkstations 20-aderige kabels; tussen Inkoopstations en Centraal Commandoruimte 80-aderige kabels en langs de ringkabels in de vermaasde gebieden 20-aderige kabels.

De totale onkosten bedragen dan f 559.672,--. Bij afschrijving in 30 jaar bedragen de kosten per jaar f 36.400,--.

16. Mobilofoon-installatie.

Vaste post + bediening : f 150,-- per maand.

22 mobiele eenheden à f 55,-- per maand.

Totale onkosten per jaar : f 16.300,--.

17. Personeelskosten.

Het bedrijf heeft totaal 178 personeelsleden indienst.

De totale loonkosten over 12 maanden : f 2.040.000,--

35% voor Gratificaties, sociale lasten enz: f 715.000,--

f 2.755.000,--

Er is overeengekomen de totale salariskosten per jaar

af te ronden naar f 3.000.000,--.

-----

Totale onkosten : f 9.876.666,--

Onvoorzien : f 123.334,--

Totaal : f 10.000.000,-- per jaar.

### IX. Tariefstelling.

In het voorgaande hoofdstuk zijn de totale bijkomende kosten vastgesteld op f 10.000.000,--.

Bij deze onkosten zijn ook inbegrepen de verlieskosten, zijnde f 1.574.416,--.

Deze verlieskosten komen echter reeds tot uiting in de energierekening, zodat ze dus niet als extra onkosten opnieuw verdisconteerd mogen worden.

Energier rekening :	f 19.831.250,--
Kapitaalslasten (f 10.000.000,- - f 1.574.416)	<u>f 8.425.584,--</u>
Totaal	f 28.256.834,--.

Er komen nog twee extra posten in aanmerking nl. de winst en de vooruit-investering.

#### Winstberekening:

Om de winst te kunnen berekenen moet het geheel aan geïnvesteerd kapitaal op dit ogenblik bekend zijn.

Aangenomen mag worden, dat het bedrag aan afschrijving 7% is van het totaal geïnvesteerd kapitaal.

Bij een afschrijving van ca. f 5.500.000,-- komt men dan op een totale investering van f 78.500.000,--.

Van dit bedrag is f 10.000.000,-- vastgesteld als eigen aandelen, zijnde 1/8 van het totaal bedrag.

Overeengekomen is om dit jaar een winst uit te keren van 5% van het aandelen-kapitaal. Dit betekent een bedrag van f 500.000,--.

Extra bedrag per verkochte kWh :  $\frac{f 500.000,--}{351.534.000} = 0,142 \text{ cent.}$

#### Vooruit-investering:

De opzet bij de vooruit-investering is, om een bedrag ter grootte van de amortisatie-toename gedurende de eerstkomende twee jaar, nu reeds liquide in kas te krijgen.

Bij een accres van 8% bedraagt de toename in twee jaar 17%.



Aan vooruit-investering moet dus een bedrag, gelijk aan 17% van de huidige afschrijving, berekend worden.

Dit geeft  $17\% \times f 5.500.000,-- = f 935.000,--$ .

Extra bedrag per verkochte kWh :  $\frac{f 935.000}{351.534.000} = 0,266 \text{ cent.}$

Nu alle kapitaalslasten en bijkomende kosten bekend zijn, kan vervolgens overgegaan worden tot het toekennen van deze onkosten aan de verschillende groepen.

De onkostenberekening is zodanig opgezet, dat niet alleen de bedragen van de onkosten bekend zijn, maar dat bovendien een goede schatting van de verdeling van de onkosten over verschillende afnemers mogelijk is.

Zoals reeds eerder gezegd, worden er dit jaar verkocht  
351.534.000 kWh (74,7 MW).

Aan industriële afnemers 62.250.000 kWh (12 MW)

Aan niet-industriële afnemers 289.284.000 kWh (62,7 MW).

De verdeling van de niet-industriële afname geschiedt als volgt:

Na aftrek der L.S.verliezen in de woongebieden, resteert per woonhuis gemiddeld 585 W. Bij 4500 bedrijfsuren wordt dan per woning 2630 kWh/jaar verkegen. Dit is een hoge waarde, vergeleken met een gemiddelde van 1200 - 1500 kWh normaal per jaar in Nederland. Echter, zoals reeds eerder betoogd, mag bij de gegeven 4500 bedrijfsuren voor een stad met relatief weinig industrie, een hoge graad van electrificatie in de woonhuizen verondersteld worden. (Veel boilers, enz.).

Van de totaal 50.000 woningen zijn er 2.500 aangesloten op een bedrijfsmeter (winkels, kleine bedrijven enz.), zodat voor zuiver huishoudelijk gebruik een afname verkregen wordt van  $47.500 \times 2630 = 125.000.000 \text{ kWh (27,8 MW)}$ .

De Openbare verlichting heeft een totale maximale belasting van 3 MW bij 3.650 bedrijfsuren per jaar (gemiddeld 10 bedrijfsuren/dag).

Dit geeft een totale afname van 10.950.000 kWh (3 MW) per jaar.

Voor de andere afnemers (winkels, kantoren, hotels, kleine bedrijven enz.) wordt dan gevonden een jaarverbruik van 153.334.000 kWh bij een maximale belasting van 31,9 MW. (Tijdens spitsuren).

Verdeling van de omkosten over de verschillende groepen van afnemers.

Hierbij moet rekening gehouden worden dat de industriële afnemers géén aandeel hebben in afschrijving + verliezen van het L.S.net en in de afschrijving + verliezen der distributietransformatoren. Bovendien heeft de grootindustrie geen aandeel in afschrijving en verliezen der ringkabels en in de afschrijving der Wijkstations. Voor de industriële afnemers gelden de volgende uitgangspunten:

1. Inkoopstations - De kosten voor amortisatie van gebouw + apparatuur worden omgeslagen naar evenredigheid van de MW belasting tijdens de spitsuren.
2. Kabels - De kosten voor amortisatie + kW.prijs van de verliezen worden omgeslagen naar evenredigheid van de maximale MW.aandeel in die kabels. De kWh.prijs van de verliezen wordt omgeslagen naar evenredigheid van de totale kWh.afname per jaar.
3. Wijkstations - (alleen geldig voor middelgrote industrieën) - De kosten voor amortisatie van gebouw + apparatuur worden omgeslagen naar evenredigheid van de maximale MW belasting.

Met deze uitgangspunten komt men voor de groot-industrie uit op een totaal bedrag van f 160.291,-- en voor de gezamenlijke middelgrote industrieën op een bedrag van f 148.464,--.

4. De personeelskosten + amortisatie van kantoorgebouw (+ inrichting):  
Deze kosten worden omgeslagen naar evenredigheid van de totale kWh.afname per jaar, vermenigvuldigd met een bepaalde toerekeningsfactor. Deze toerekeningsfactor wordt verdisconteerd omdat bij louter industriële afnemers de onderhoudskosten, administratiekosten enz. drastisch zouden verminderen.

Toerekeningsfactor voor Groot-industrie : 0,25.  
" " Middelgrote -industrie : 0,5  
Aandeel van Groot-industrie in personeelskosten+gebouwen: f 122.000,--  
" " Middelgrote-industrie " " : f 67.700,--

5. Overige onkosten - uitgezonderd dié onderdelen welke niet van toepassing zijn voor de industriële afnemers (b.v. netmodel, toonfrequente apparatuur, mobilfoon-installatie enz.).  
Deze onkosten worden omgeslagen naar evenredigheid van de totale kWh.afname.

Aandeel van Groot-industrie : f 26.000,--  
" " Middelgrote-industrie : f 8.000,--.

6. Winsttaandeel - voor de industriële afnemers vastgesteld op 0,1 cent/kWh.

Aandeel van Groot-industrie : f 48.750,--  
" " Middelgrote-industrie : f 13.500,--

7. Vooruit-investering -

Aandeel van Groot-industrie : 0,15ct/kWh = f 73.125,--  
" " Middelgrote-industrie: 0,2 ct/kWh = f 27.000,--.

Totaal aan extra onkosten:

Voor Groot-industrie - f 430.166,--  
Voor Middelgrote-industrie - f 264.664,--.

Bij deze onkosten moeten nog opgeteld worden f 80,-- per kW.  
belasting in de spitsuren en 3,5 ct. per kWh.afname.

Totale rekening voor Groot-industrie - f 2.616.416,--  
" " " Middelgrote-industrieën - f 1.217.164,--  
" " " Niet-industriële-afnemers - f 25.858.254,--

Als laatste onderdeel kunnen nu de voorgestelde tariefvormen behandeld worden.

Groot-industrie: Bij het bepalen van het tarief moet men zich het gevaar van de twee extrema bewust zijn:

- a. Bij een hoge kW.prijs kan deze Groot-industrie overwegen om noodaggregaten op te stellen, die tijdens de spitsuren ingeschakeld worden (piekshaving). Bij een langlopend contract riskeert het electriciteits-bedrijf de kans minder geld te ontvangen dan van tevoren gepland was.
- b. Een hoge kWh.prijs heeft tot gevolg dat de kWh.prijs 's-nachts ook hoog zal zijn. Dit kan een verlaging van de kWh.afname 's-nachts tot gevolg hebben, hetgeen juist tegen de bedoeling van het electriciteits-bedrijf is. Als gulden middenweg wordt gekozen voor een prijs van 4,3 ct/kWh. Dit brengt per jaar een bedrag op van f 2.096.250,--. De kW.prijs moet totaal opbrengen f 519.791,--. Dit betekent f 86,63 per kW., afgerond naar f 87,-- per kW. (gemeten tijdens spitsuren) per jaar.

Middelgrote-industrieën: Deze werken slechts overdag, zodat ze niet in aanmerking komen voor extra lage kWh.prijzen. Aan de andere kant mag hun kW.prijs in de spits niet te laag zijn, daar de afnemers anders een lichtvaardige houding gaan aannemen, t.a.v. hun kW.aandeel in de spitsuren. Een hoge kW.prijs dwingt hun dus in de spitstijd hun kW-meter in de gaten te houden.

Een aannemelijk tarief voor deze groep is dus:

f 100,-- per kW in de spitsuren.

Met een kWh.prijs van 4,58 ct/kWh (af te ronden naar 4,6 ct/kWh) wordt het totaal te betalen bedrag bereikt.

De Niet-Industriële afnemers: Deze moeten samen een bedrag van f 25.858.254,-- opbrengen, hetgeen neerkomt op gemiddeld 8,95 ct/kWh. De huishoudingen en de Openbare verlichting (+ verkeersverlichting) worden onder één noemer gebracht, aangezien zij geen mogelijkheid hebben hun afname tijdens de spitsuren te beperken.

Bovendien bezitten deze twee groepen geen aparte kW-meter zodat slechts een kWh-prijs betaald wordt.

Het ligt voor de hand om de kWh-meting voor de Openbare verlichting in de transformatorstations plaats te doen vinden. Dit geeft op dit ogenblik ca. 250 meetpunten totaal, vergeleken met de 47.500 meetpunten in de huishoudingen.

Men mag dus de Openbare verlichting toch een goedkoper tarief geven, omdat de meter-opnamekosten, administratie- en incassokosten veel geringen zijn verhoudingsgewijs.

Voorgestelde tarief voor Openbare verlichting : 9 ct./kWh.  
" " " Huishoudingen : 10 ct./kWh.

Blijft over voor winkels, kantoren en kleinere bedrijven:  
f 12.372.704,-- (gemiddeld 8,07 ct./kWh).

Voor deze afnemers wordt eveneens gedacht aan f 100,-- per kW. per jaar.

Per kWh moet dan berekend worden 5,98 cent, eventueel afgerond naar 6 ct/kWh.

Volledigheidshalve moet vermeld worden, dat alle afnemers een bijdrage moeten betalen voor de aansluitkosten + meterhuur. Deze bijdrage is echter gering en wordt in dit verslag niet nader gespecificeerd.

**X. Uitbreidingsplannen.**

De uitbreidingsplannen worden bekeken over een tijdsbestek van 9 jaren. De uitgangspunten zijn:

- a. De gebieden met een huidige belastingsdichtheid van 1 MVA/km<sup>2</sup> zullen over 9 jaar een belastingsdichtheid hebben van 1,5 MVA/km<sup>2</sup>. Het accres is hierbij 4% per jaar.
- b. De gebieden met een huidige belastingsdichtheid van 2,1 MVA/km<sup>2</sup> zullen toegenomen zijn tot 2,5 MVA/km<sup>2</sup>; 4 MVA/km<sup>2</sup> zal over 9 jaar 5,0 MVA/km<sup>2</sup> geworden zijn. Dit betekent voor deze gebieden een accres van 2 - 2,2% per jaar.
- c. De uitbreidingsgebieden zullen over 9 jaar gemiddelde belastingsdichtheid hebben van 1 MVA/km<sup>2</sup>.

Indien slechts in de uitbreidingsgebieden nieuwe Wijkstations bijgebouwd worden (zoals geprojecteerd op tekening (4), dan krijgt men het volgend overzicht:

Wijkstation no.	Huidige afname (kVA)	Afname over 9 jaar (kVA)	Wijkstation no.	Huidige Afname (kVA)	Afname over 9 jaar (kVA).
1	8.348	10.000	10	7.816	11.000
2	8.038	10.000	11	7.752	10.000
3	8.150	10.000	12	5.915	10.000
4	5.951	8.000	17		7.000
5	6.261	8.000	18		7.000
6	6.261	8.000	19		8.000
7	5.045	7.000	20		8.000
8	3.943	6.000	21		8.000
9	2.958	6.000	22		8.000
13		6.000			
14		5.000	Distr.A <sub>2</sub>	13.000	20.000
15		6.000			
16		6.000			
<b>Totaal</b>	<b>54.955</b>	<b>96.000</b>	<b>Totaal</b>	<b>34.483</b>	<b>97.000</b>

Uit dit overzicht blijkt dat reeds 6 Wijkstations hun nominaal vermogen bereikt hebben, terwijl bij Wijkstation 10 het nominaal vermogen zelfs overschreden is.

Dit houdt dus in dat over 9 jaar ook binnen de huidige stadsgrenzen nieuwe Wijkstations bijgebouwd moeten zijn. Men heeft een nauwkeurige aanwijzing waar deze nieuwe Wijkstations gesitueerd moeten worden.

Op tekening (6) is te zien, dat de stadskern drie nieuwe Wijkstations geprojecteerd zijn (no's 23, 24 en 25) en in de woonwijken twee nieuwe Wijkstations (no's 26 en 27).

Hierbij wordt gedacht aan de mogelijkheid om een volledige H.S.ringkabel over te schakelen op een der nieuwe Wijkstations.

I.v.m. de opbouw van het 10 kV.net is dit gemakkelijk door te voeren.

Wijkstation 23 neemt één ring over van Wijkstation 1

"	24	"	"	"	"	"	"	2
"	25	"	"	"	"	"	Wijkstations 3 en 6	
"	26	"	"	"	"	"	10 en 12	
"	26	"	twee	"	"	"	Wijkstation 11	
"	27	"	"	"	"	"	10.	

Deze overschakelingen resulteren in het volgend overzicht.

Wijkstation.	Afname over 9 jaar		Wijkstation	Afname over 9 jaar	
	(kVA)	(A)		(kVA)	(A)
1	7.500	433	10	6.500	376
2	7.500	433	11	7.000	404
3	7.500	433	12	8.500	490
4	8.000	462	17	7.000	404
5	8.000	462	18	7.000	404
6	5.500	318	19	8.000	462
7	7.000	404	20	8.000	462
8	6.000	347	21	8.000	462
9	6.000	347	22	8.000	462
13	6.000	347	26	6.000	347
14	5.000	289	27	3.000	173
15	6.000	347			
16	6.000	347	Distr.A <sub>2</sub>	20.000	1155
23	2.500	144			
24	2.500	144			
25	5.000	289			

Voor de voeding der Wijkstations zijn drie voorstellen tot uitbreiding opgesteld: Uitbreidingsplannen I - II - III.  
(Zie tekening (6), (7) en (8).).

Bij een eerste bestudering der drie uitbreidingsplannen ziet men, dat de situering der nieuw bij te bouwen Distributiestations wezenlijke verschillen vertoont.

Aangezien de bouw van deze stations op korte termijn een aanvang zal nemen, moet er dus t.a.v. de uitbreidingsplannen een snelle beslissing genomen worden.

#### Uitbreidingsplan I.

Het essentiële bij dit plan is, dat de reeds bestaande Inkoopstations verder uitgebreid worden tot 140 MVA, voor de voeding van 4 Distributiestations.

Dit plan heeft grote nadelen:

1. Om moeilijke schakelingen bij de transformatoren te vermijden (chêval à quatre en chêval à cinq), moet men noodgedwongen overgaan tot het opstellen van twee reserve-transformatoren per Inkoopstation.
2. In eerste instantie is besloten om het nominaal-vermogen per Inkoopstation te beperken tot 100 MVA, om een groot aantal uitgaande kabels te vermijden. Bij uitbreidingsplan I komt men dus in ernstige moeilijkheden i.v.m. het aantal uitgaande kabels per Inkoopstation.
3. Men krijgt zeer lange 10 kV.verbindingen naar de Distributiestations, hetgeen hoge Wattverliezen in de 10 kV.kabels impliceert. Het bijleggen van extra kabels om deze verliezen te verminderen is niet aan te bevelen, aangezien de totale onkosten toch hoog komen te liggen.

De eenduidige conclusie is dientengevolge, dat overgegaan moet worden tot decentralisatie van de inkoop.

Hiervoor komen dan de uitbreidingsplannen II en II in aanmerking.



Uitbreidingsplan II.

Hierbij is een nieuw Inkoopstation C geprojecteerd buiten de stad. Dit Inkoopstation wordt gevoed door 110 kV.kabels vanuit Inkoopstation B (of eventueel door bovengrondse 110 kV lijnen vanaf het hoofdverdeelstation v/h Provinciaal Bedrijf).

Het biedt veel voordelen om dit nieuwe Inkoopstation snel in bedrijf te nemen.

- a. Het Distributiestation C<sub>1</sub> (eerst B<sub>1</sub> genoemd) wordt gevoed d.m.v. een korte 10 kV.verbinding.
- b. De voedingskabels naar C<sub>1</sub> vanuit Inkoopstation B komen vrij en kunnen gebruikt worden om het nieuw bij te bouwen Distributiestation B<sub>1</sub> te voeden.
- c. Ook komt er een transformator vrij in Inkoopstation B. Het geprojecteerde Distributiestation B<sub>3</sub> kan hierop aangesloten worden. Door de Wijkstations 10, 17 en 27 over te nemen op station B<sub>3</sub>, kan tegelijkertijd het Inkoopstation A voor een gedeelte ontlast worden.

Een economische vergelijking van plan I met plan II levert de volgende bedragen op (hierbij wordt slechts de voeding van de binnenstad en de aangrenzende uitbreidingsgebieden bekeken, omdat het verschil tussen de twee plannen vooral hier tot uiting komt):

Plan I:

Distr.station B <sub>1</sub> -25,5 MVA	afname-6kabels naar Inkoop B	verlies=835,5 kW
" " B <sub>3</sub> -16 MVA	" -4 " " "	"-verlies=336 kW
" " B <sub>4</sub> -16 MVA	" -4 " " "	"-verlies=543 kW

De totale verlieskosten bedragen	f 287.300,-- per jaar.
Afschrijving + rente voor 110 km kabel	f 511.500,-- per jaar.
Totaal	f 798.800,-- per jaar.

Plan II:

Voor de overeenkomstige Distributiestations komt men hierbij op 667 kW verlies in de 10 kV.voedingskabels. De totaalkosten hiervoor zijn f 111.750,-- per jaar.

Rente + afschrijving voor 54,9 km 240 mm<sup>2</sup> kabel is f 255.500 per jaar.

Bovendien moeten de afschrijvingskosten van de 110 kV.verbinding verdisconteerd worden.(De verlieskosten van de 110 kV.verbinding worden door het Provinciaal Bedrijf gedragen).

Volgens gegevens van kabelfabrikanten mag men voor een 1-aderige oliedruk 110 kV.kabel met een doorsnede van  $240 \text{ mm}^2$ , globaal f 90,-- rekenen per meter per ader.

Stelt men kabelgarnituur + sleufkosten op f 10,-- per meter per fase, dan kost één circuit  $240 \text{ mm}^2$  f 300,-- per meter. 2 circuits van 8,0 km. lengte kosten samen f 4.800.000,-- hetgeen f 315.000,-- aan rente + afschrijving per jaar betekent.

Plan II geeft dus, voor de voeding der drie genoemde Distributiestations een besparing van f 114.550,-- per jaar vergeleken met plan I.

### Uitbreidingsplan III.

Dit plan voorziet eveneens in de bouw v.e. nieuw Inkoopstation C. Ofschoon ook bij dit plan de twee huidige Inkoopstations ontlast worden, zijn de benodigde investeringen veel hoger dan bij plan II. Het aantrekkelijke van plan III is echter dat de decentralisatie veel rigoureuzer doorgevoerd is. Op langere termijn kan zelfs de overname van het Distributiestation  $A_2$  door het Inkoopstation C overwogen worden.

Plan III wordt dus zeker niet verworpen, echter het wordt enigszins gewijzigd en in een later stadium uitgevoerd.

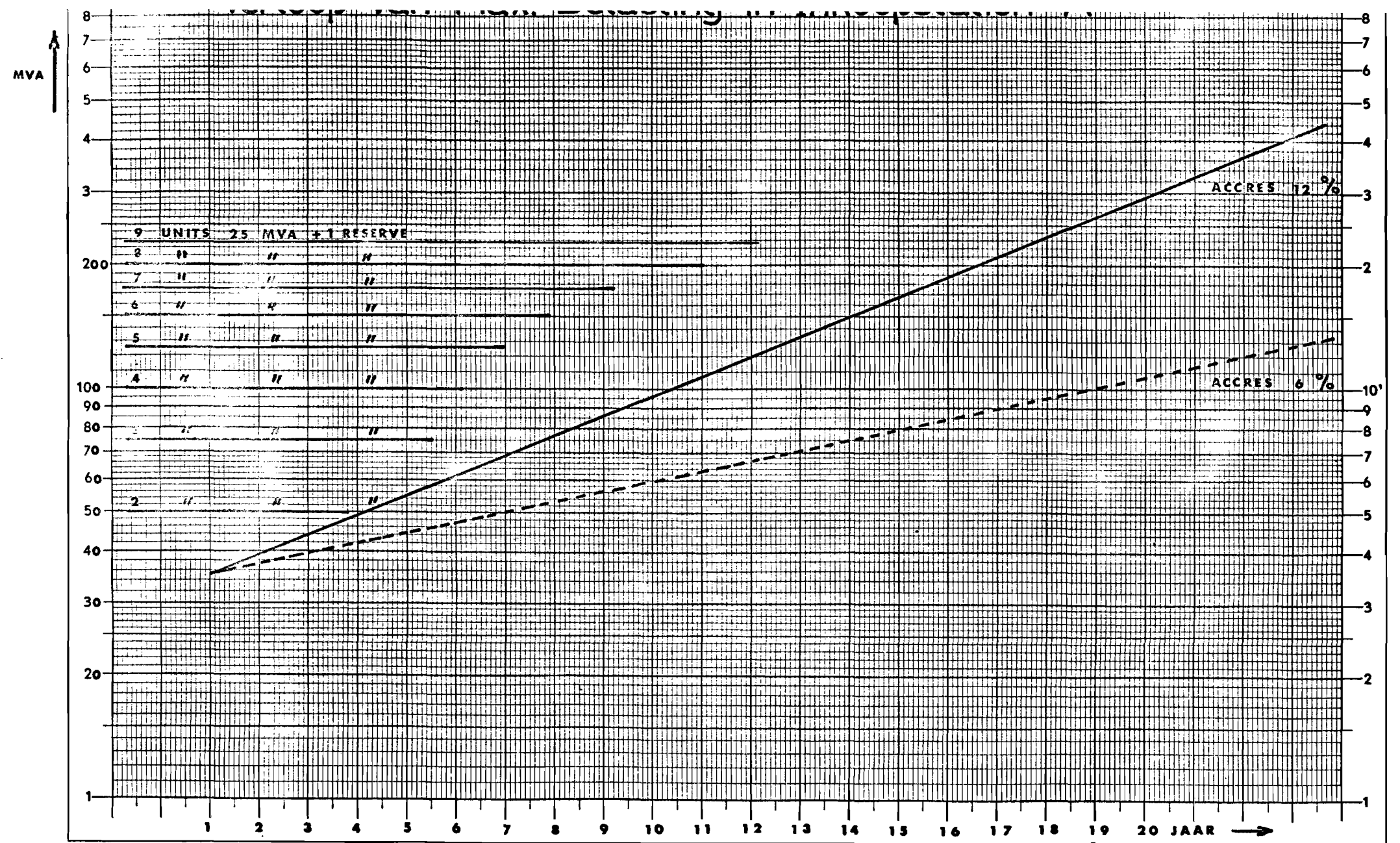
### Eindconclusie:

Men moet nu reeds terrein reserveren voor de twee nieuwe Inkoopstations overeenkomstig plan II en plan III.

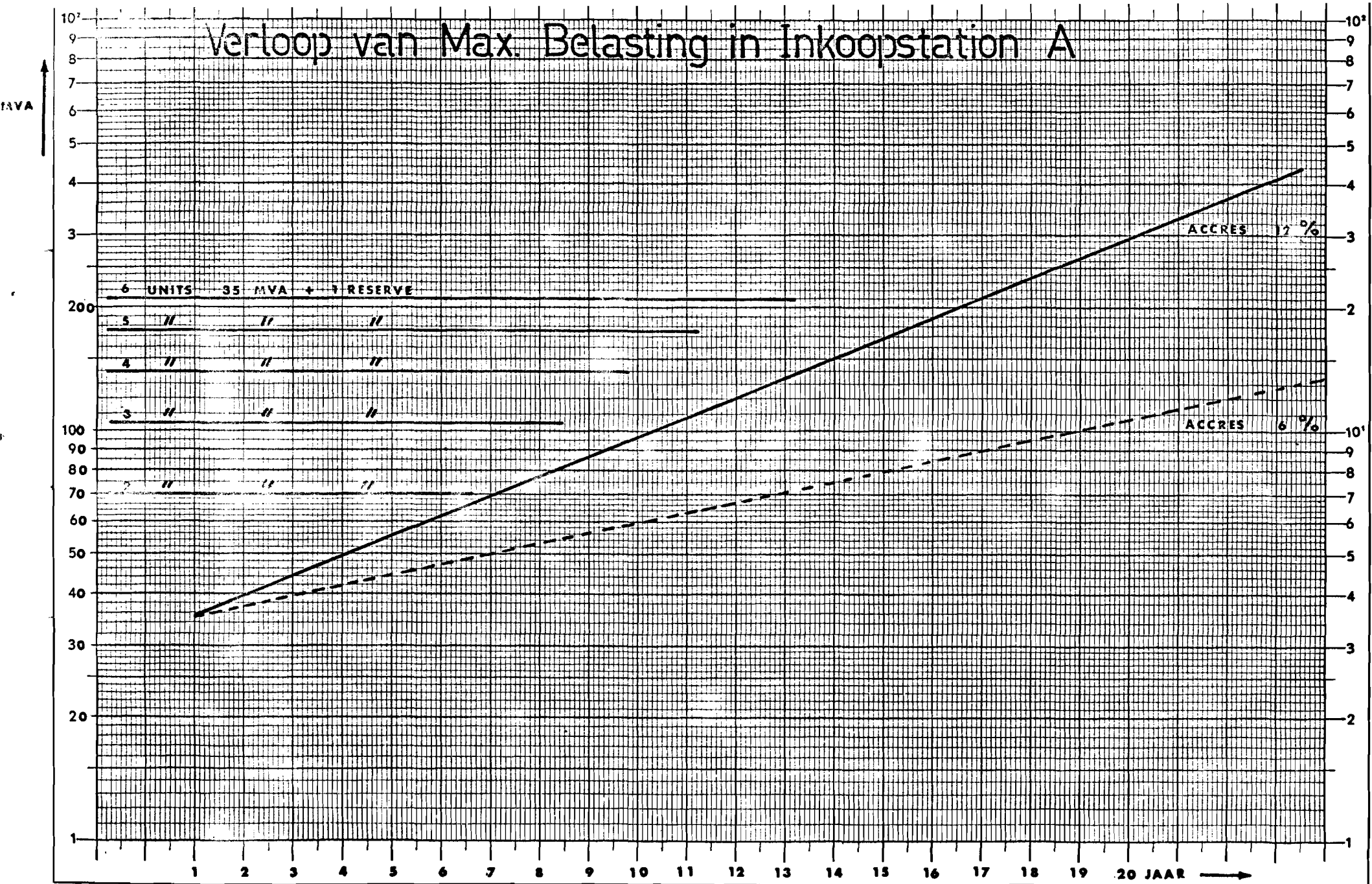
Op korte termijn moet een aanvang gemaakt worden met het realiseren van plan II, terwijl plan III in een later stadium in gewijzigde vorm voor realisatie in aanmerking komt.

## LITERATUURLIJST.

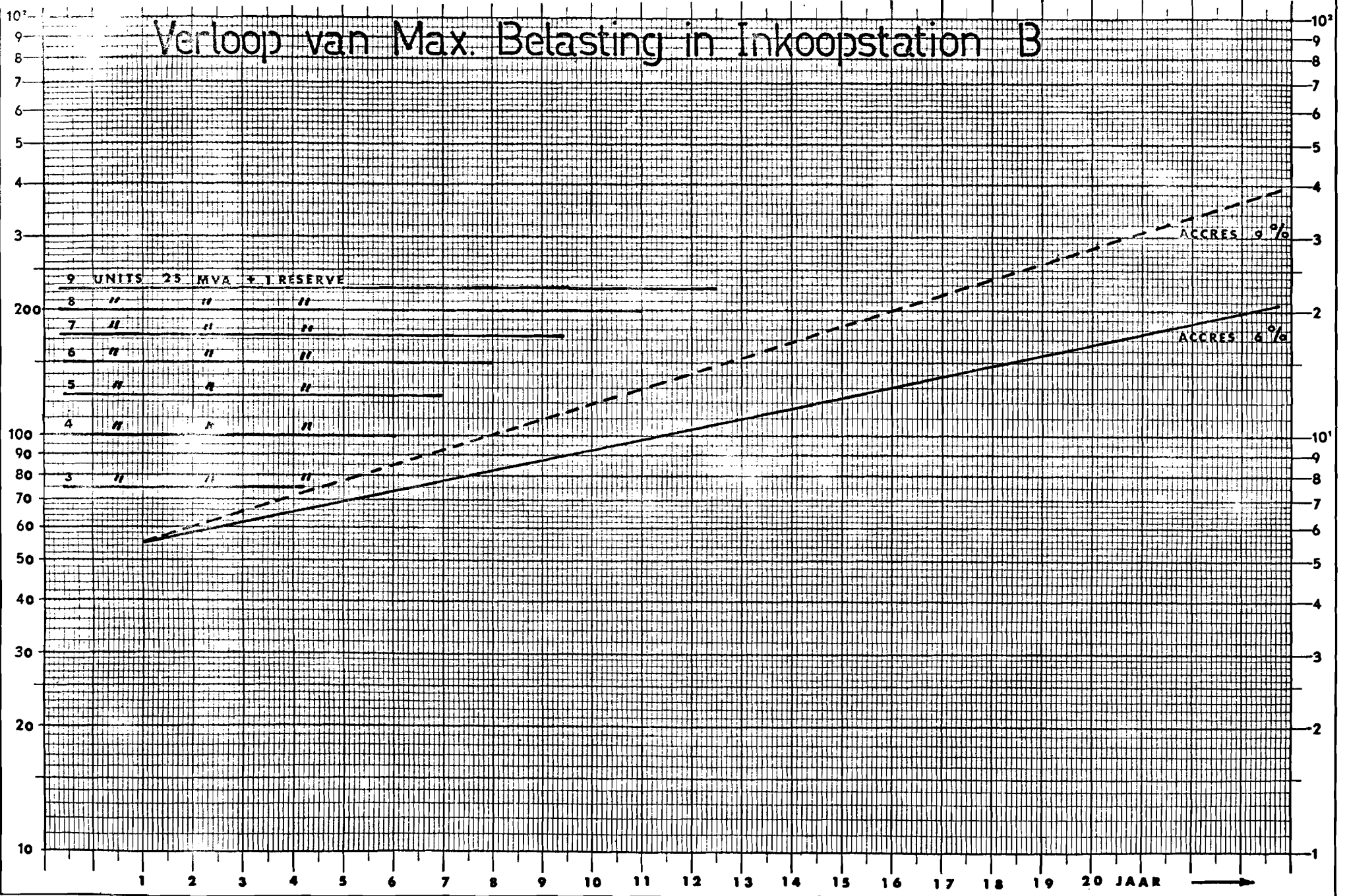
1. **Kostprijs en tarief bij electriciteit**  
Dr. J.M.E.M. Zonneberg.
2. **De inrichting van L.S.netten in middelgrote steden.**  
Ir. K. Brouwer. (Electrotechniek 28<sup>o</sup> jaarg. no. 25).
3. **Enkele technische en economische aspecten bij de projectering en instandhouding van middelspann.Distributienetten.**  
Ir. H.A.L.M. Hustinx. (Electrotechniek 34<sup>o</sup> jaarg. no. 6).
4. **Standardisatie Net-transformatoren.**  
Centraal Bureau der VDEN (Circulaire no. 53/68).
5. **Planung und Bau von Stromversorgungsnetten für Städte.**  
H. Ruff. (Siemens uitgave).
6. **Analyse Belastingspatroon Woonhuisverbruik.**  
Subcommissie voor de statistiek der VDEN (Rapport 1968).
7. **Beschouwing over de electriciteitstarieven in Nederland.**  
F.W.J. Straakenbroek. (Electrotechniek 42<sup>o</sup> jaarg. no. 13).
8. **Beschouwing over tarieven.**  
Ir. J.W. Bartelds. (Electrotechniek 42<sup>o</sup> jaarg. no. 26).  
(Electrotechniek 43<sup>o</sup> jaarg. no. 21).
9. **Industriële Economie.**  
Prof. Dr. J. Wemelsfelder (Diktaat T.H. Eindhoven).
10. **Jaarverslag 1968 der Technische Bedrijven**  
G.E.B. Eindhoven.



# Verloop van Max. Belasting in Inkoopstation A

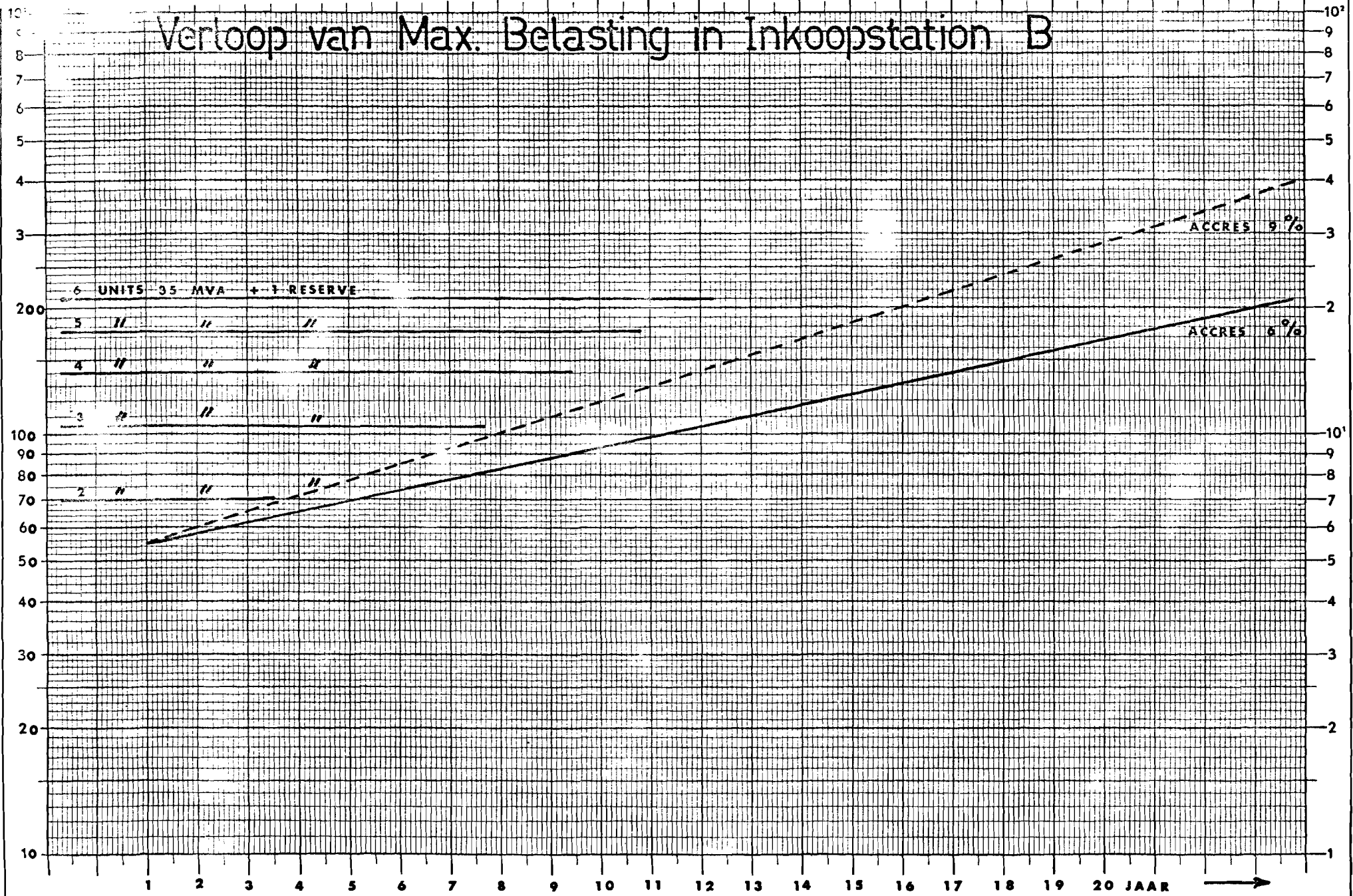


# Verloop van Max. Belasting in Inkoopstation B



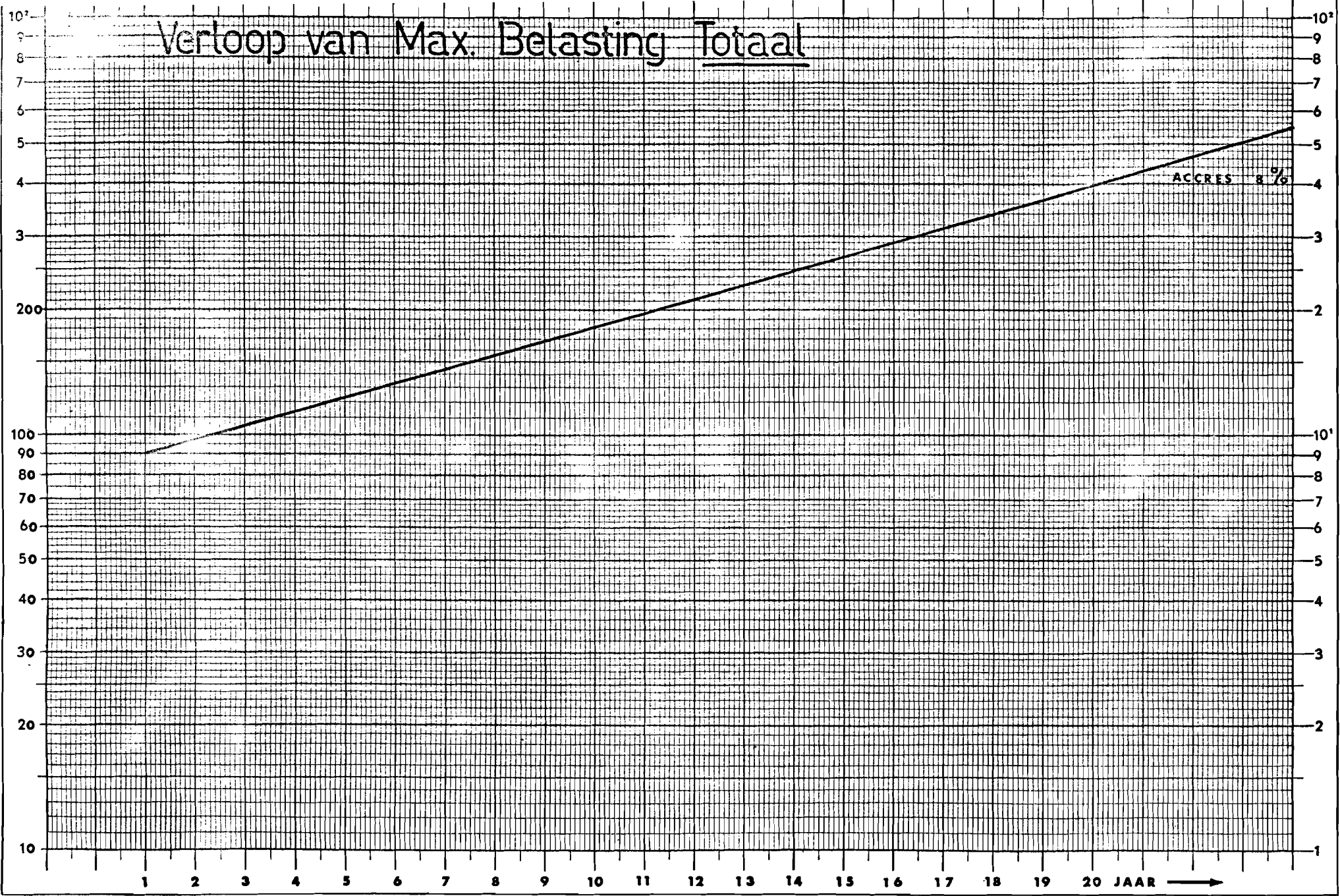
# Verloop van Max. Belasting in Inkoopstation B

MVA



# Verloop van Max. Belasting Totaal

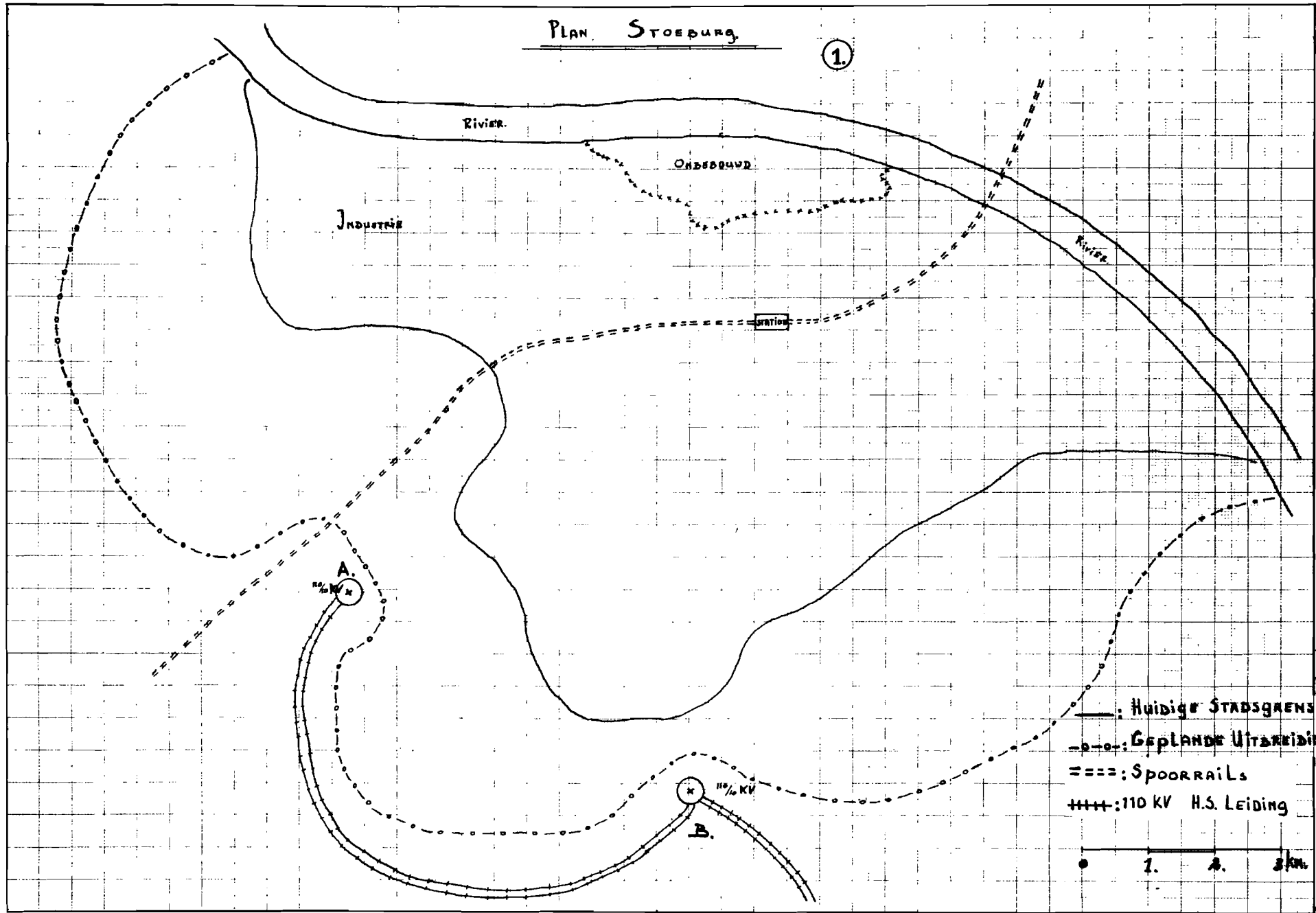
IVA





PLAN. СТОЕБУРГ

①



Rivier.

Индустрия

ОЗЕРОВАЯ

станция

Rivier.

A.  
110 KV

110 KV

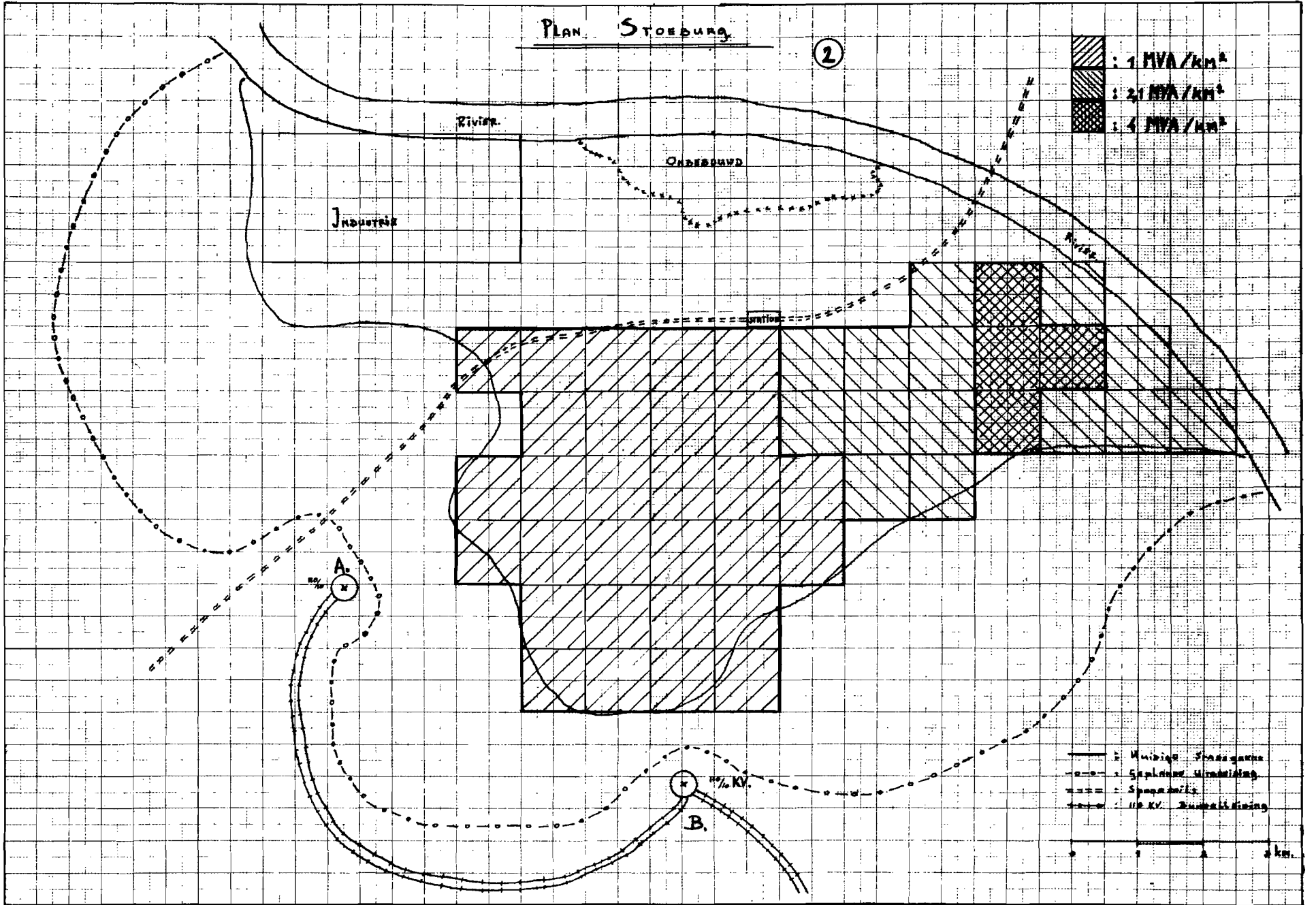
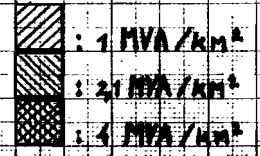
B.

- : Huidige STADSGRENS
- o-o-: GELANDE UITBREIDING
- ===: SPOORRAILS
- ||||: 110 KV H.S. LEIDING

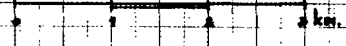
0 1 2 3 km.

PLAN STOEBOURG

②



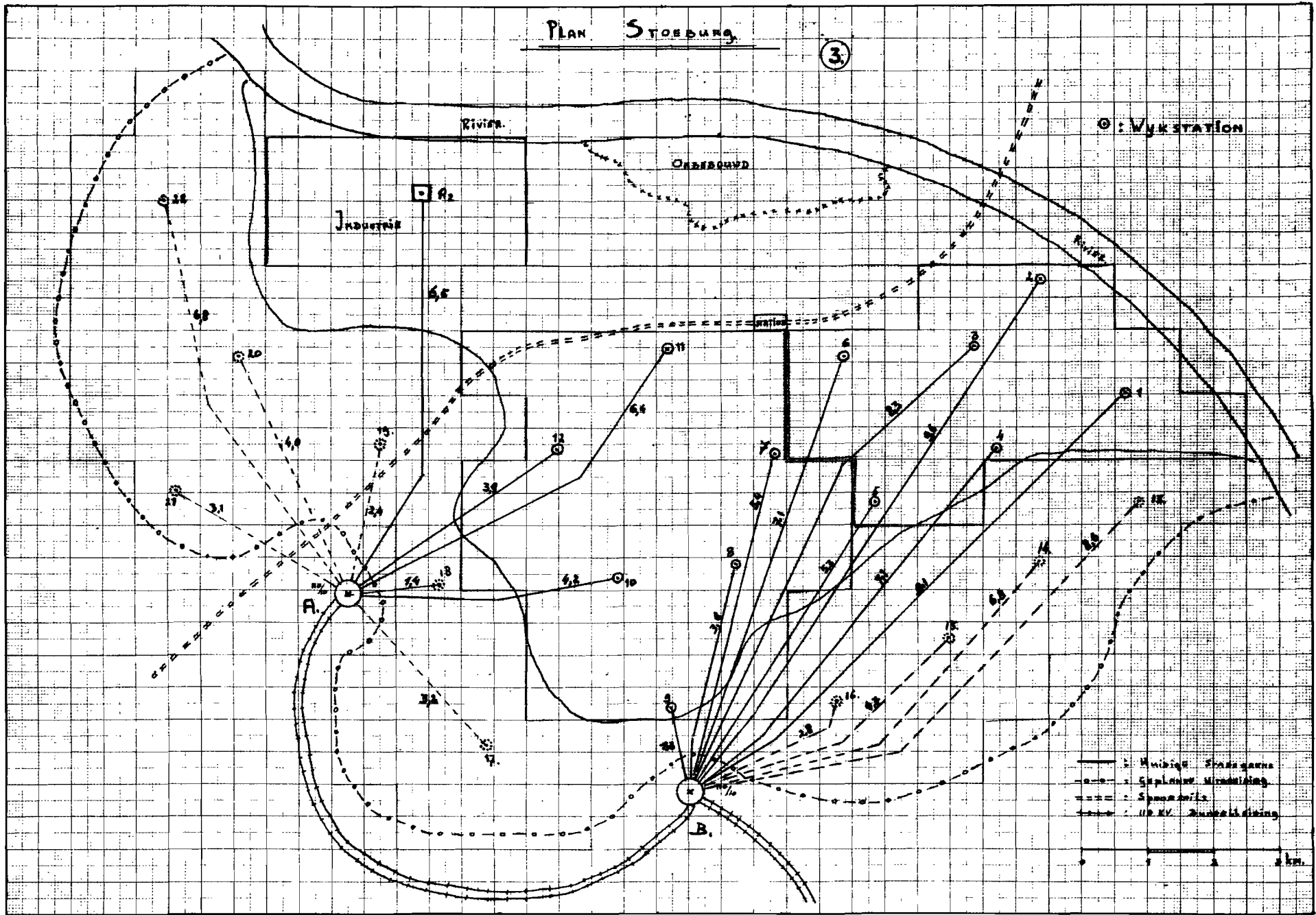
- : 220 KV Stroomlijn
- - - : 110 KV Stroomlijn
- . - . : Spoorlijn
- - - : 110 KV Stroomlijn



PLAN STOBURG

3

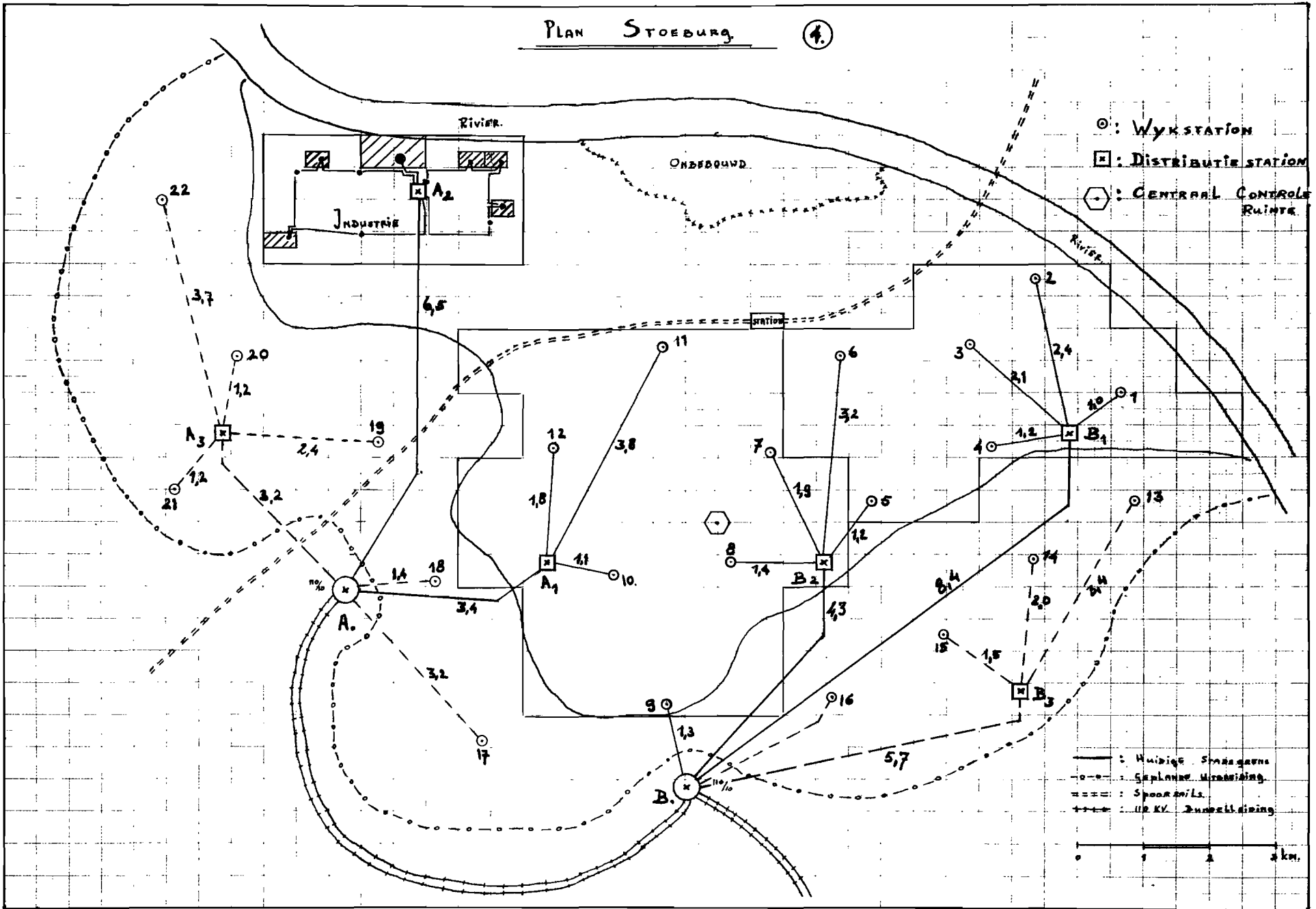
⊙ : Vykstation



- Kuhig
- - - Splaner
- ... Splaner
- · - · 110 KV

1 km

PLAN STOEBOURG (4)



- : WYKSTATION
- : DISTRIBUTIE STATION
- ⬡ : CENTRAAL CONTROLE PUNT

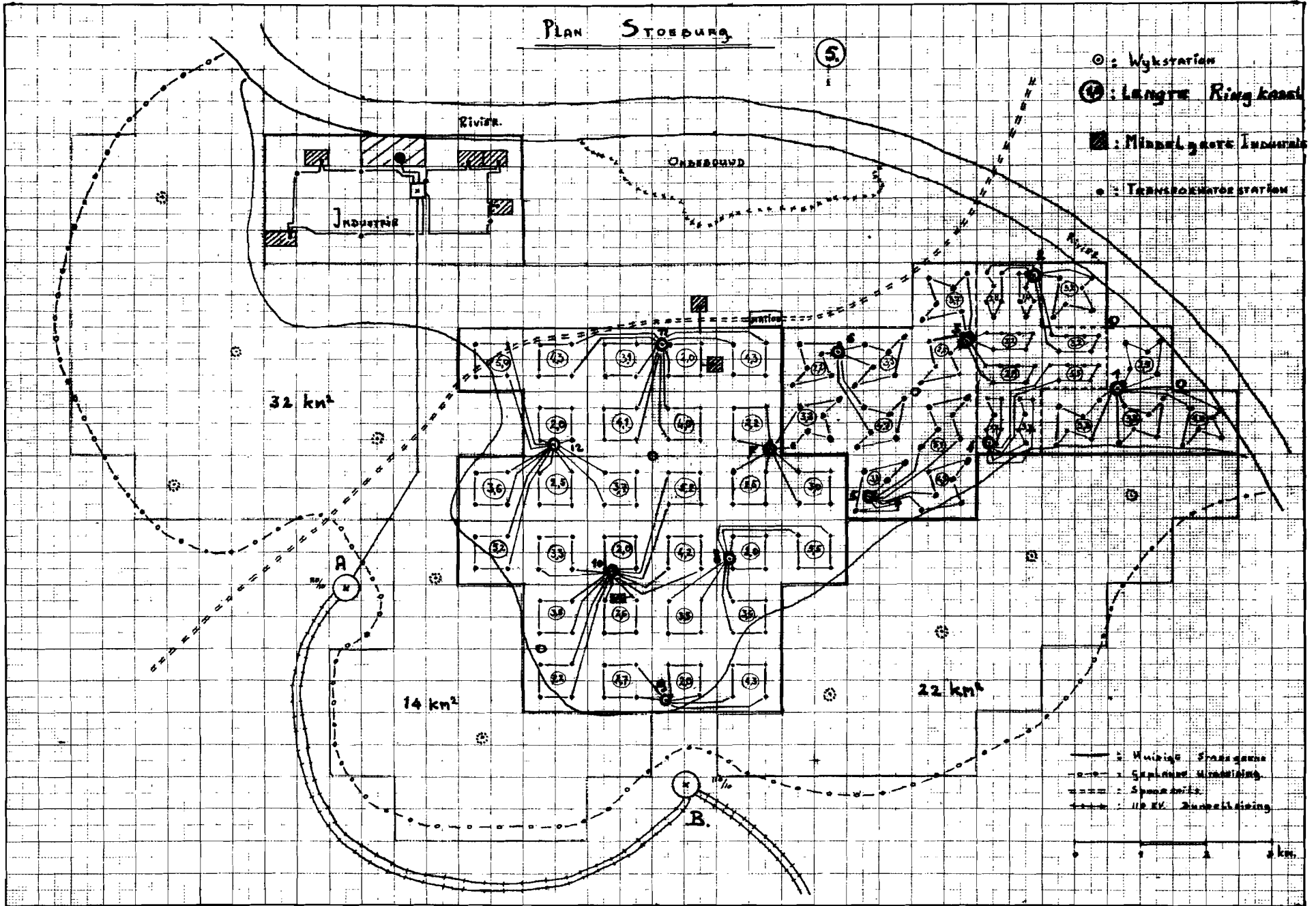
- : Huidige Smasgaane
- - - : geplande uitbreiding
- ⋯ : 110 KV aansluiting



# PLAN STOEUBURG

5

- ⊙ : Wykstation
- ⊗ : Lange Ringkaast
- : Middelgrote Industrie
- : Transformatorstation



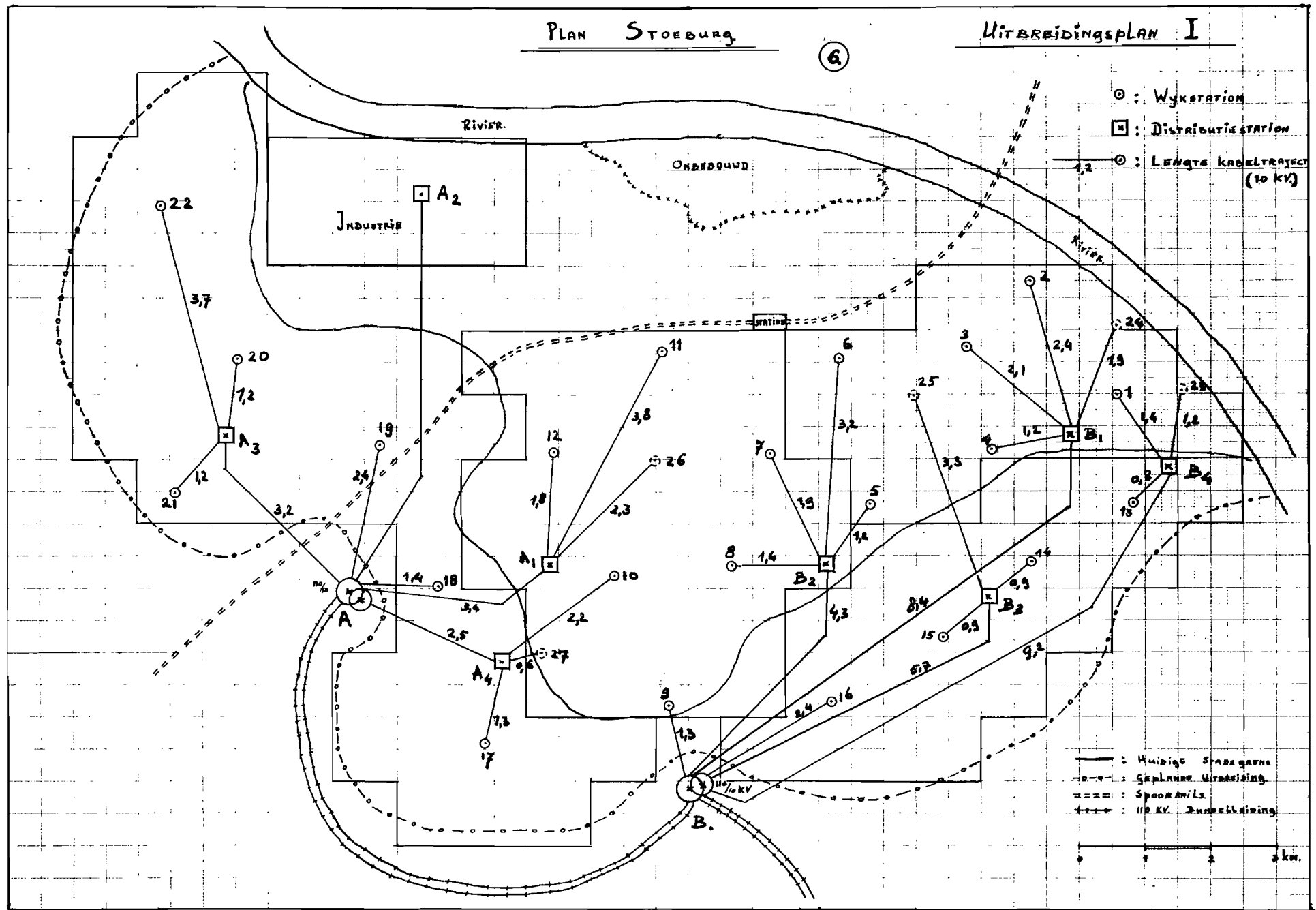
- : Wissige Spannings
- - - : Geplande Wisselspanning
- ... : Spannings
- · - · : 110 KV. Ruiterleiding

0 1 2 km

PLAN STOEBUG.

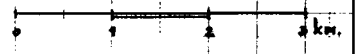
6

UITBREIDINGSPLAN I



- : WYKSTATION
- : DISTRIBUTIE STATION
- : LENGTE KABELTRACÉ (10 KV)

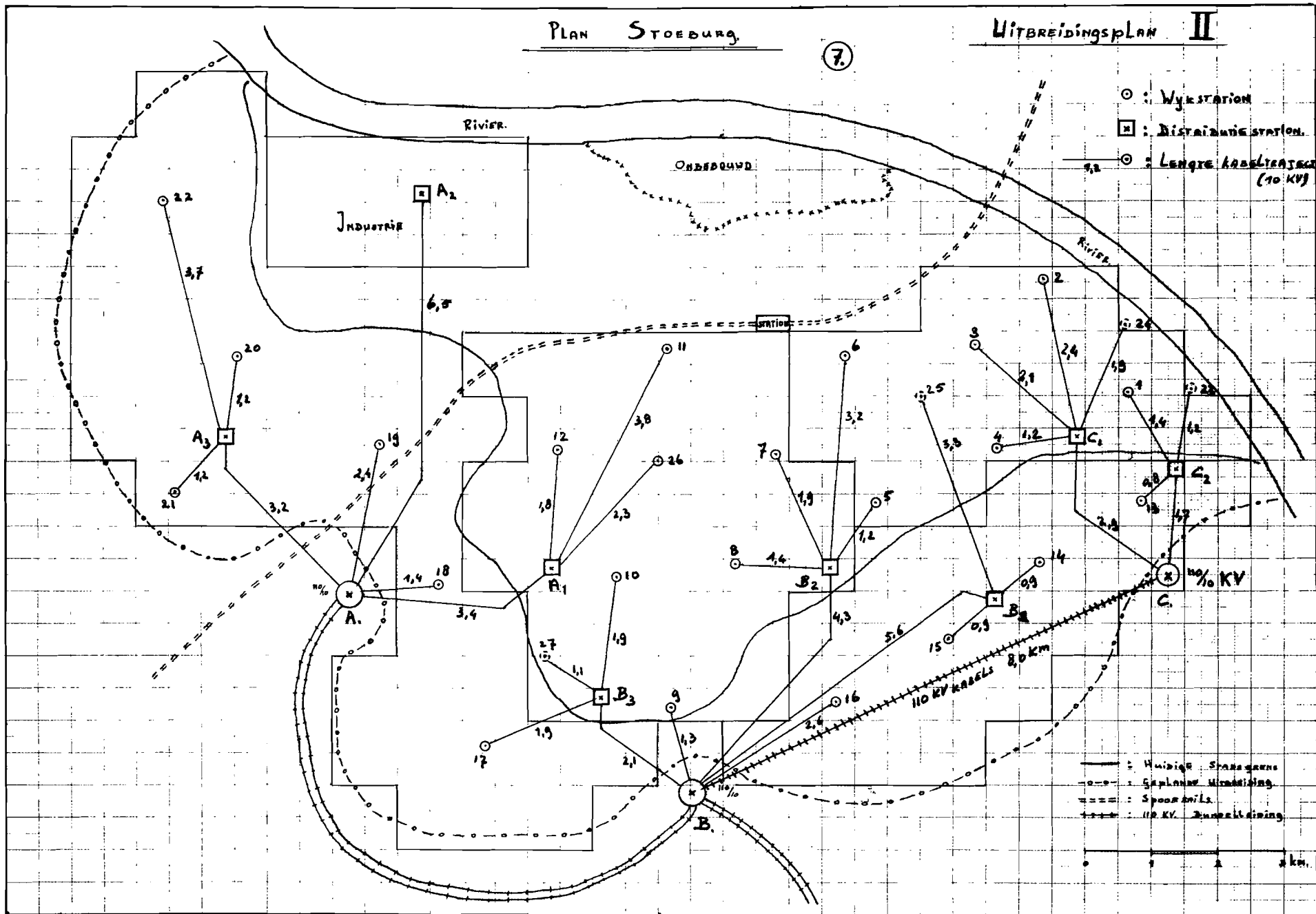
- : HUIDIGE SPANNING
- - - : GEPLANNDE UITBREIDING
- ... : 110 KV. ZUSCHLEISSING



PLAN STOEBOURG

7.

UITBREIDINGSPLAN II



- : WYKSTATION
- : DISTRIBUTIE STATION.
- : LENGTE KABELTRAJECT (10 KV)

- : Huidige Spannings
- - - : Geplande Uitbreiding
- == : Spannings
- ++ : 110 KV Kabelleiding



PLAN STOEBOURG

8

UITBREIDINGSPLAN III

