

# Elektriciteit, (een) merkwaardig goed!

Hoek, van, G.A.L.

Gepubliceerd: 01/01/1975

## *Document Version*

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

### **Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the author's version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

### **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
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

ELEKTRICITEIT,

(een)

MERKWAARDIG GOED!

Rede uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van  
buitengewoon hoogleraar in de Afdeling der Elektrotechniek  
aan de Technische Hogeschool Eindhoven  
op 31 oktober 1975  
door ir. G.A.L. van Hoek

*Mijne Heren leden van het College van Bestuur,  
Mijnheer de Rector Magnificus,  
Mijnheer de voorzitter van de Hogeschoolraad,  
Dames en Heren Hoogleraren, lectoren en verdere leden van de wetenschappelijke  
staf,  
Dames en Heren leden van de technische en administratieve staf,  
Dames en heren studenten,  
en voorts U allen, zeer gewaardeerde toebehoorders,*

De opdracht, die ik ruim een jaar geleden aanvaardde bij de aanvang van mijn functie als buitengewoon hoogleraar aan deze hogeschool vermeldt het geven van onderwijs in de technieken van de opwekking, transmissie en distributie van elektrische energie. Deze opdracht was in zekere zin een uitdaging want het is nog niet zo lang geleden dat vele studenten in de Afdeling der Elektrotechniek van de technische hogescholen in ons land de elektrische energietechniek als vieux jeu beschouwden en voor het merendeel hun aandacht wijdden aan zwakstroomtechnieken, telecommunicatie of wat tegenwoordig heet de informatietechnieken.

Doch mede door het uitstekende werk van een aantal hoogleraren aan de TH Delft, o.a. van prof. Boerema en van mijn voorganger aan deze hogeschool, prof. Stigter, viel er weer een oplevende belangstelling te bespeuren, die mogelijk ten dele ook wordt geïnduceerd door de kritische opmerkingen, waaraan de elektriciteitsvoorziening tegenwoordig blootstaat. Deze kritiek komt meestal van buiten de eigen vakdiscipline en een ieder kan er tegenwoordig thuis door kranten en televisie door worden overspoeld. Wat dit laatste betreft is het verheugend te noemen, indien mede daardoor bij studenten een extra impuls ontstaat om te weten te komen, hoe het nu eigenlijk wèl is gesteld met bepaalde problemen, de elektriciteitsvoorziening betreffende. Van mijn kant beschouw ik het als een eer, in bescheiden mate te mogen bijdragen aan de vorming van elektrotechnische ingenieurs vanuit de ervaring, die bij de elektriciteitsbedrijven in Nederland is opgedaan op het terrein van de elektrische energievoorziening.

Het lag voor de hand, bij de afgrenzing van de uitvoering van de genoemde opdracht uit te gaan van deze gewenste inbreng van prak-

tijkervaring, waardoor het bedoelde gebied zich in hoofdzaak uitstrekt over de werking van het gehele samenstel van produktie-eenheden, transmissie- en distributieverbindingen, zowel in normale als in abnormale omstandigheden, zonder in te gaan op de details van de meeste in een dergelijk samenstel voorkomende toestellen. In de behandeling van deze laatste wordt door anderen voorzien. Men zou het aldus afgegrensde gebied ook kunnen beschrijven met de term 'planning and operation of electricity supply systems.'

Voor deze rede, waarin slechts een klein gedeelte van dit gebied aan de orde kan komen, heb ik mijn keuze laten vallen op enkele actuele problemen. Ik zal het daarbij in hoofdzaak hebben over de benodigde reserve, de invloed van het in aanmerking komende produktiesysteem op het net, het tot zijn recht laten komen van de internationale samenwerking en de uitvoering van het net voor de hoogste spanningen.

*Dames en Heren,*

De elektriciteitsvoorziening levert een merkwaardig goed. Dit is de enige voorziening, voor zover mij bekend, die het klaarspeelt zonder enige voorraadvorming het verlangde te leveren met een levertijd gelijk aan nul. De elektriciteitsbedrijven doen dit voorts op een zodanige wijze, dat men het als een vanzelfsprekendheid accepteert en vrijwel niemand het zich realiseert. Dit geldt tevens voor de continuïteit van de levering, waarvan men de waarde pas beseft indien een enkele keer de voorziening van een deel van de afnemers gedurende korte tijd gestoord raakt.

Het ontbreken van een opslagmogelijkheid voor elektriciteit in de vorm en in de omvang die voor de elektriciteitsvoorziening van wezenlijke betekenis zou kunnen zijn heeft tot gevolg gehad, dat de elektriciteitsvoorziening naar andere middelen heeft moeten grijpen om aan de wisselende vraag van de verbruikers steeds volledig en onmiddellijk te kunnen voldoen.

Bij de dagelijkse bedrijfsvoering wordt gebruik gemaakt van een voorspelling van het uurlijkse belastingsverloop, van een zekere meelopende reserveproduktiecapaciteit in de centrales en van de primaire regeling die ervoor zorgt, dat de draaiende reserve steeds onmiddellijk gebruikt kan worden. De belastingsvoorspelling op korte termijn

berust op lange reeksen waarnemingen van het belastingsverloop en het herkennen hierin van dagelijkse, wekelijkse en jaarlijkse periodiciteiten, de invloed van buitentemperatuur, bewolkingsgraad enz.

Op langere termijn wordt de hoogste jaarbelasting voorspeld als een extrapolatie van de gedurende een lange reeks van jaren waargenomen ontwikkeling. Hierbij wordt rekening gehouden met bekende wijzigingen ten opzichte van het verleden. Aangetekend zij echter, dat de continuïteit van de elektriciteitsvoorziening, zoals wij die kennen, mede berust op het feit dat bij het vooruitzien op lange termijn rekening wordt gehouden met de hoogste waarde van de belasting, die kan worden verwacht en niet met de meest waarschijnlijke waarde. Op middellange termijn wordt zo'n schatting bijgewerkt aan de hand van intussen eventueel opgetreden wijzigingen in de ontwikkeling van de hoogste belasting.

Een methode om de grootte van de noodzakelijke reserve aan opgesteld produktievermogen te berekenen werd door de Nederlanders G. J. Th. Bakker en J. C. van Staveren in 1939 wereldkundig gemaakt (1). Deze 'loss of capacity' methode wordt thans, verfijnd sinds de komst van de computer, in vele landen gebruikt. Men hanteert hierin de statistisch bekende storingskansen van de opwekeenheden en gaat uit van een zeker te aanvaarden risico, dat bij het gelijktijdig aanwezig zijn van een aantal storingen de elektriciteitsvoorziening niet meer geheel in staat zou zijn, aan de vraag te voldoen. Dit risico moet klein zijn in verband met de gewichtige plaats, die de elektriciteitsvoorziening inneemt in het behoeft patroon van de mens, doch deze voorziening moet ook betaalbaar blijven. Daarom zou het mijns inziens goed zijn, indien de fabrikanten erin zouden slagen, de storingskansen van moderne produktiemiddelen – ook de conventionele – met een of enkele procenten terug te dringen (2). Zelfs al zouden de produktiemiddelen daardoor iets duurder worden, dan nóg zou dit kunnen leiden tot besparingen in de investeringen.

Ik vestig er Uw aandacht op, dat er in de berekening van het benodigde reserveproduktievermogen van wordt uitgegaan, dat het koppelnet, dat de centrales verbindt, zo sterk is dat het mogelijk is de verspreid opgestelde produktiereserve steeds daar te gebruiken waar er behoefte aan bestaat. Zonder koppelnet zou een veel grotere reserve in de centrales nodig zijn. Een ander belangrijk voordeel van het gekoppelde bedrijf is, dat de frequentie en de spanning binnen nauwe grenzen constant gehouden kunnen worden, zeker als het nationale

koppelnets in feite deel uitmaakt van het Westeuropese complex waarop in totaal het vijftienvoud van onze productiecapaciteit is aangesloten. Mede daardoor heeft de toepassing van elektriciteit op vele gebieden als huishouding, ambacht, industrie, openbaar transport en communicatie die geweldige vlucht kunnen nemen, die mede onze welvaart bepaalt. Het is goed, dit in gedachten te hebben indien wordt gevraagd, of de elektriciteitsopwekking niet méér gedecentraliseerd zou moeten worden. Er van uitgaande dat men niet veel van de verworven betrouwbaarheid van de elektriciteitsvoorziening zal willen en kunnen prijsgeven en men ook een grote verspilling in de vorm van een aanzienlijk grotere produktiereserve zal willen vermijden komt men tot de conclusie, die Went reeds trok in 1972 (3), dat alle centrale-complexen met het koppelnets verbonden moeten zijn. Dit zou echter bij het opsplitsen van de produktie van elektriciteit in een groot aantal kleinere centrales leiden tot een uitermate kleinmazig net van hoogspanningslijnen. U zult het met mij eens zijn dat dit geen aantrekkelijke gedachte is, want dit zou beslist ook voor het overgrote deel een bovengronds net zijn.

Een te grote centralisatie van de produktie is echter óók niet raadzaam, omdat dan relatief grote hoeveelheden elektriciteit zouden moeten worden getransporteerd naar de zwaartepunten van het verbruik; transport van elektriciteit is duur, vergeleken met het transport van andere vormen van energie.

Maar, hoe is het nu eigenlijk in Nederland gesteld? Wel, men kan beweren dat men bij de huidige maximale jaarbelasting en uitgaande van centrales van 4 eenheden, een redelijke eenheidsgrootte en de gebruikelijke reservefaktor Nederland zou kunnen voorzien vanuit ca. 7 centrales. Er zijn er echter 20, waarbij ik dan nog gemakshalve de verschillende centrales van een grote stad steeds als één centrale heb geteld. Er kan dan ook zeker worden gezegd, dat de elektriciteitsproduktie in Nederland al matig gedecentraliseerd is of, zo U wilt, matig gecentraliseerd. Bij deze oplossing hebben wij voldoende aan een grootmazig koppel- en transportnet van hoge spanning, opgebouwd uit verbindingen met een transportcapaciteit per circuit van  $1\frac{1}{2}$  tot 2 maal het vermogen van de grootste produktie-eenheid, die men op den duur op dit net denkt aan te sluiten. De taak van een dergelijk net is dan tweeledig:

– het mogelijk maken van wederzijdse hulpverlening in geval van

produktiestoringen;

- het vereffenen van de verschillen, die hun oorsprong vinden in het niet geheel samenvallen van de zwaartepunten van opwekking en verbruik, eensdeels als gevolg van de matige centralisatie, anderdeels als gevolg van de optimale inzet van de produktiemiddelen.

Voor wat de uitbreiding van de centrales betreft stelt men zich in Nederland voor volgens het ontwerp structuurschema elektriciteitsvoorziening (4) produktie-eenheden te kiezen die overeenkomen met ca. 5 à 6% van de hoogste jaarbelasting; daarnaast krijgt de zg. steg-eenheid, die de helft kleiner is, een kans en tenslotte wordt 10 à 15% van de noodzakelijk geachte uitbreidingen in de produktiesektor gerealiseerd in de vorm van gasturbines (aan de periferie van distributiegebieden) en warmtekrachtcombinaties (waar de verbruikspatronen van warmte en kracht goed bij elkaar passen).

*Dames en Heren,*

Nu ik vrij uitvoerig heb stilgestaan bij de ontwikkeling van de elektriciteitsproduktie in ons eigen land zou U de vraag kunnen stellen of er dan zo weinig Europees wordt gedacht dat het nog nodig is, dit onderwerp voor Nederland afzonderlijk te beschouwen. Het antwoord is tweeledig: er wordt wel degelijk in Europees verband samengewerkt, maar . . . . men moet beginnen met eerst orde op zaken te stellen in eigen huis. De samenwerking mag er niet toe leiden, dat men probeert, de ander de zwarte Piet toe te spelen; men mag dus niet verwachten dat men de bezwaren, die er natuurlijk ook aan de opwekking van elektriciteit kleven, naar het buitenland kan verleggen en de schone elektrische energie slechts vanuit het buitenland via het hoogspanningsnet kan importeren.

Ik kan U zeggen, dat er op het terrein van de elektriciteitsvoorziening zeer veel gebeurt in internationale samenwerking, men timmert er echter weinig mee aan de weg. Op het gebied van de gekoppelde bedrijfsvoering is sinds bijna 25 jaar (!) werkzaam de Union pour la Coordination de la Production et du Transport de l'Electricité, afgekort de UCPTE. In de UCPTE werken personen van de elektriciteitsbedrijven van acht Westeuropese landen samen, waaronder ook Nederland. In de gekoppelde netten wordt de stroomverdeling door fysische wetten bepaald, hetgeen iets anders is dan de vrije routekeuze

die de automobilist tot op zekere hoogte nog heeft op een internationaal doorverbonden rijkswegennet. In UCPTE-verband hebben gebeurtenissen in het net van het ene land invloed op de toestand in de buurlanden; men bewaakt het totaal dan ook gemeenschappelijk en maakt gebruik van moderne technieken: het onderling koppelen van de in de nationale bewakingscentra opgestelde computers staat voor de deur.

Op het gebied van de planning bestaat een nog bredere Europese organisatie, nl. de Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique, afgekort de UNIPEDE. Deze organisatie heeft een studie aangevat om te komen tot een optimaal Europees net met de bedoeling, precies als destijds in Nederland, nu op Europees niveau de benodigde produktiereserve te beperken, doordat men dan ook voor langere tijd gebruik kan maken van de in andere landen opgestelde reserve. Naast een grote mate van vertrouwen vereist dat echter voor een land als Nederland ook, dat het aantal internationale koppelpunten (we hebben er nu maar één!) wordt uitgebreid. Dat zou echter tevens de mogelijkheid scheppen dat bijv. twee buurlanden niet ieder aan de eigen kant van de grens een hoogspanningslijn aanleggen, doch in goede samenwerking zich beperken tot één.

Ik spreek hier gaarne mijn vertrouwen uit dat de vrijwilligheid, waarop de samenwerking in internationaal verband berust, een goede basis is om de geschetste mogelijkheden verder te ontwikkelen. Met het toenemen van de afhankelijkheid van thermisch produktievermogen in de andere Westeuropese landen wordt het wederzijdse belang van dergelijke maatregelen steeds duidelijker.

*Zeer geachte toeboorders,*

Met betrekking tot de uitbreiding van het koppel- en transportnet in ons land moet worden opgemerkt, dat nieuwe projecten voor bovengrondse hoogspanningslijnen in de laatste tijd in toenemende mate bekritiseerd worden. Daarbij wordt er dan meestal op aangedrongen, de nieuwe verbinding geheel of ten dele ondergronds uit te voeren. Vaak wordt er in dergelijke gevallen van uitgegaan, dat alleen de kosten een bezwaar zouden kunnen zijn. Dit laatste nu is in feite onjuist, er zijn juist voor de hogere spanningsniveaus ook belangrijke

technische bezwaren.

Alvorens hier dieper op in te gaan, wil ik het vraagstuk eerst wat achtergrond geven. Er zijn veel méér verbindingen, die te maken hebben met de elektriciteitsvoorziening dan die, welke U ziet. Naast de verbindingen voor de spanningsniveaus van 110 kV en hoger, die het koppel- en hoofdtransportnet vormen, bestaan er hoofddistributieverbindingen met spanningen tussen 1 en 60 kV, en echte distributieverbindingen – die tenslotte bij de woonhuizen eindigen – met spanningen onder 1 kV. De genoemde spanningsgrenzen maken een vergelijking met buitenlandse netten, b.v. met dat van Duitsland, mogelijk. Ik doe dit voor het jaar 1973.

Voor alle spanningsniveaus te zamen genomen blijkt, dat in Nederland 87% van de lengte van de verbindingen ondergronds was uitgevoerd, en in Duitsland 43%, een factor 2 ten gunste van Nederland dus. Vrijwel dezelfde getallen vindt men indien men de netten voor 110 kV en hoger buiten beschouwing laat. Het zou sterk overdreven zijn te stellen, dat Nederland in feite één groot stadsgebied is, en toch benadert ons percentage ondergrondse kabel dat van een grote stad als b.v. Hamburg, waar het verkabelingspercentage 90 bedraagt. Men mag dus concluderen dat er in ons land altijd al veel gedaan is met betrekking tot het ondergronds uitvoeren van de verbindingen.

Daar echter, waar de technische moeilijkheden een rol van betekenis gaan spelen, is het percentage verkabelde trajectlengte ook in Nederland aanzienlijk kleiner. In de netten voor 110 kV en hogere spanningen is bij ons 6,5% als kabel uitgevoerd (in Duitsland wederom ongeveer de helft hiervan). Ik vraag er echter wel Uw aandacht voor, dat het totaal van de netten voor 110 kV en hogere spanningen in Nederland slechts 2% van de lengte van de verbindingen van alle spanningsniveaus uitmaakt. Dit gedeelte ziet U echter vrijwel geheel, doordat het voor deze spanningsniveaus bij de huidige stand van de techniek slechts mogelijk is, korte gedeeltes ondergronds uit te voeren. Daardoor moet men zich beperken tot de meest gevoelige situaties, zoals het samenkomen van vele verbindingen in de omgeving van een schakelstation, terwijl men ook het doorsnijden van een uitermate gevoelig landschap zal willen vermijden door – als er geen andere routes zijn – een gedeelte van het tracé te verkabelen. Bij het voortschrijden van de techniek zullen de mogelijkheden hiervoor kunnen toenemen.

Op dit moment zijn echter – zoals gezegd – de technische mogelijkheden voor het toepassen van ondergrondse kabels in netten voor hoge spanning nog zeer beperkt. Welke zijn dan die technische nadelen van ondergrondse kabels, vergeleken met bovengrondse lijnen? Zoals U weet hangen de geleiders van een bovengrondse hoogspanningslijn door middel van isolatoren aan de masten; de geleiders zelf zijn niet geïsoleerd. De bovengrondse hoogspanningslijn is dus in feite van relatief eenvoudige constructie: er kunnen maar weinig isolatieproblemen zijn en ten aanzien van de door de verliezen ontstane warmte geldt, dat die onmiddellijk aan de omgevende lucht kan worden afgegeven, waardoor de belastbaarheid van een bovengrondse lijn groot is. Het beheersen van het spanningsniveau is bij een bovengrondse lijn een kwestie van de afstanden van de geleiders van de verschillende fasen onderling, de afstanden ten opzichte van de masten en ten opzichte van de aarde en van de lengte van de isolator-kettingen.

Bij een ondergrondse kabel moet men de geleider over de volle lengte isoleren, vervolgens moet men het geheel voldoende beschermen tegen invloeden van buitenaf, zoals beschadigingen en indringen van vocht en de door de verliezen ontstane warmte kan normaliter slechts via het isolatiemateriaal en de aarde, waarin de kabel is gelegd, worden afgevoerd. Ook is er, vergeleken met de bovengrondse lijn, bij de kabels een extra warmtebron, althans bij de alom verbreide toepassing van wisselspanning, doordat er ook in de isolatie verliezen ontstaan, de zg. diëlektrische verliezen. Deze diëlektrische verliezen nemen kwadratisch toe met de spanning en vertegenwoordigen bij de hogere spanningsniveaus een belangrijke extra hoeveelheid nutteloze warmte. Voorts moet men bij de hogere spanningsniveaus de isolatiedikte groter kiezen waardoor de verlieswarmte nog minder gemakkelijk vanuit het inwendige van de kabel wordt afgevoerd, hetgeen ten koste gaat van de nuttige transportcapaciteit van de kabel.

Toen in 1920 Emanuël het principe van de oliedrukkabel aangaf, werd het mogelijk eenfase-kabels te ontwikkelen voor spanningen van 110 kV en hoger. De isolatie bestaat daarbij uit een groot aantal lagen dun papier, gedrenkt in dunne olie, die via de holle geleider en uitwendig op gezette afstanden aangebrachte expansiereservoirs onder een geringe overdruk wordt gehouden. Vele verbeteringen zijn sindsdien aangebracht en sinds kort is dit kabeltype ook voor 380 kV beschikbaar; in Nederland werd onlangs het eerste, korte, kabel-

gedeelte voor 380 kV operationeel. Het onderbrengen van een potentiaalverschil van deze orde met een transportvermogen van ca. 900 MVA in een flexibele kabel met een buitendiameter van ca. 10 cm, bestand tegen hetzelfde stootspanningsniveau als waar de overige onderdelen van het net tegen bestand moeten zijn (1425 kV topwaarde) is een bewonderenswaardige prestatie.

Als gebruiker kunnen we dus constateren, dat kabels tot en met het spanningsniveau van 380 kV tegenwoordig tot de technisch realiseerbare mogelijkheden behoren.

Waardoor wordt het toepassen van de oliedrukkabel dan nog geremd? Wel, door

- de hoge kosten, hetgeen ten dele ook samenhangt met het in vergelijking met een bovengrondse hoogspanningslijn te geringe transportvermogen, waardoor het nodig is, meer kabels per fase parallel toe te passen om hetzelfde transportvermogen te krijgen als van de bovengrondse lijn;
- de grote aardcapaciteit, die leidt tot dure compensatiemaatregelen, een moeilijker bedrijfsvoering, een geringere belastbaarheid en in netten met blusspoelaarding tot het aanzienlijk sneller bereiken van de grens, bij overschrijding waarvan dit aardingsstelsel niet meer kan worden toegepast;
- de geringere betrouwbaarheid of - zo U wilt - de grotere niet-beschikbaarheidsgraad van de kabels, grotendeels veroorzaakt door de lange reparatieduur.

Over het kostenaspect wordt in een recente Nederlandse studie van De Haas, Kreuger, Lely en Suyver (5) gezegd, dat een kabeluitvoering van een bepaald uniform in deze studie gekozen tracé ca. 5 maal zoveel kost bij 150 kV en ca. 14 maal zoveel bij 380 kV, vergeleken met een bovengrondse hoogspanningslijn van overeenkomstige spanning. Kijkt men naar de investeringsbedragen, dan zou het additioneel verkabelen van b.v. 5% van ons 150 kV-net meerkosten ad 80 miljoen gulden veroorzaken, terwijl het verkabelen van b.v. 5% van het 380 kV-net (dat thans een lengte heeft van 390 km) meerkosten van ca. 150 miljoen gulden zou meebrengen\*). De genoemde auteurs merken m.i. terecht op, dat men zich moet afvragen welke andere milieubescherpende maatregelen men voor dergelijke bedragen kan nemen: een afweging, hoe het geld het beste kan worden

\*) prijspeil 1973

besteed, is dan zeker op zijn plaats.

De grotere aardcapaciteit van de uitvoering van een tracé in oliedruk-kabel veroorzaakt een 20 tot 30 maal zo groot blindvermogen als bij de bovengrondse uitvoering, met de moeilijkheden, die ik reeds kort heb aangeduid, ten aanzien van spanningsregeling en stabiliteit. Tevens wordt de nuttige belastbaarheid van de kabel zelf erdoor beperkt.

Met betrekking tot de betrouwbaarheid vindt men in de literatuur, dat de bedoelde kabels 3 tot 25 maal zo lang buiten bedrijf zijn als bovengrondse hoogspanningslijnen. Dit wordt ten dele veroorzaakt door de geringere storingstijd van de bovengrondse lijn als gevolg van fouten van voorbijgaande aard enerzijds en anderzijds door de grotere storingsgevoeligheid van de kabel met bijbehorende accessoires (vooral de stopmoffen), doch in grote mate tevens doordat bij blijvende fouten de tijd die verloopt tussen het gestoord raken en het weer bedrijfs gereed zijn bij kabels aanzienlijk groter is dan bij een bovengrondse lijn.

De plaats van de storing moet worden opgezocht, het repareren op zich is meer specialistenwerk en de plaats van de reparatie moet zorgvuldig worden afgeschermd tegen weersinvloeden.

De kabelfabrikanten zouden er dan ook m.i. rekening mee moeten houden, dat de betrouwbaarheid van de elektriciteitsvoorziening verlangt, dat de kabels zelf weinig storingsgevoelig zijn, maar vooral ook dat men specialisten voor het uitvoeren van reparaties, bij wijze van spreken de klok rond, ter beschikking heeft. Ik heb altijd nog in herinnering de reparatie van een telecommunicatiekabel van een elektriciteitsbedrijf, op St.-Nicolaasavond. Dat gebeurde 20 jaar geleden, en we vonden het allemaal een vanzelfsprekende zaak, de reparatie niet tot de volgende dag uit te stellen. Dit zou ook in 1975 voor belangrijke kabels nog moeten kunnen!

Het onderzoek van de kabelfabrieken en van de elektriciteitsbedrijven in een groot aantal landen is er al jaren op gericht ook voor de hogere spanningsniveaus meer aanvaardbare oplossingen te verkrijgen voor het uitvoeren van gedeelten van het net met ondergrondse kabels. In dit onderzoek kan men twee hoofdrichtingen onderscheiden en wel

- het verbeteren van de toepassingsmogelijkheden van de oliedruk-kabel
- het ontwikkelen van nieuwe kabeltypes.

Met het verbeteren van de toepassingsmogelijkheden van de olie-

drukkabels werd in het recente verleden voortgang geboekt door:

- het verbeteren van de isolatie waardoor de maximum bedrijfspeldsterkte kon worden verhoogd tot ca. 14 MV/m, zodat het mogelijk werd onder behoud van de flexibiliteit grotere geleiderdoorsneden toe te passen;
- het toepassen van een speciale kabelbedvulling met betrouwbare warmte-afvoer, in plaats van de vaak aanwezige in dit opzicht slechte grond;
- het toepassen van kunstmatige koeling door het aanbrengen van parallel met de kabel verlopende waterpijpen, de zg. externe kunstmatige koeling;
- het kruiselings verbinden van de kabelmantels, waarmee onder normale bedrijfsomstandigheden het optreden van mantelstromen wordt voorkomen en aldus een bijkomende warmtebron wordt vermeden;
- het toepassen van kunstmatige inwendige koeling, door het oliekanal in de geleider te vergroten en de isolatie-olie, die bij de stopmoffen buiten de kabel wordt gebracht, in warmtewisselaars te koelen.

Het onderzoek naar andere combinaties van vast en vloeibaar isolatiemateriaal heeft tot nu toe helaas nog niet voldoende resultaten opgeleverd, doch het wordt hier en daar nog voortgezet.

De genoemde verbeteringen bij de klassieke oliedrukkabel leidden tot een vergroting van het transportvermogen; daardoor daalde ook het aantal parallelle kabels, dat nodig is om hetzelfde transportvermogen te bereiken als van de bovengrondse lijn, hetgeen ook een gunstige invloed had op de aardcapaciteit van de kabeluitvoering. Deze effecten waren overigens al verwerkt in de kostenvergelijking, waarvan ik U sprak. Met betrekking tot de kosten moet nog worden gezegd, dat de stijging van de koperprijs intussen alle winst die ten aanzien van de kabelkosten door de genoemde verbeteringen had kunnen worden bereikt, te niet deed; bovengrondse lijnen zijn tegenwoordig vrijwel steeds uitgerust met staal-aluminium geleiders, die niet zoveel duurder werden; de prijsverhouding tussen kabels en bovengrondse lijnen is dan ook nauwelijks verbeterd.

Het toepassen van geforceerde koeling – één van de genoemde maatregelen – draagt er echter m.i. niet toe bij, de niet-beschikbaarheids-

percentages van de kabels te verbeteren, doordat ook de koelinstallaties een zekere storingsgevoeligheid hebben. Het idee om de isolatieolie tevens als koelmiddel te gebruiken zou ik persoonlijk met de grootste terughoudendheid willen beschouwen in verband met het risico, dat vervuiling van de isolatieolie in de warmtewisselaars de vergaanduitgebuitede isolatie-eigenschappen van de olie zou verminderen.

Van kunstmatige koeling zou overigens in het algemeen kunnen worden gesteld, dat het 'kurieren am Symptom' is, er wordt niets principieels veranderd. Doen we dat wél, dan komen we op het terrein van de ontwikkeling van nieuwe kabeltypes.

Men zoekt naar oplossingen die ten aanzien van de geschetste bezwaren principieel een verbetering inhouden.

Pakt men de warmte-ontwikkeling bij de bron aan, dan leidt dit tot het denken over suprageleidende of cryogene kabels. Door extreme koeling wordt de weerstand van de stroomgeleider vrijwel nul, of bij iets minder vergaande koeling, sterk verminderd. Men denkt transportvermogens van 4000 - 8000 MVA en meer bij 380 kV te kunnen bereiken. Hierbij zou ik echter twee aantekeningen willen maken. Na mijn opmerking over de koeling van oliedrukkabels zal het U niet verbazen dat ik huiver bij de gedachte, de betrouwbaarheid van onze elektriciteitsvoorziening afhankelijk te maken van kabels, die hun taak alleen kunnen verrichten dank zij gecompliceerde koelinstallaties, die de temperatuur voortdurend moeten houden op waarden die liggen in het gebied van 270 tot 200 graden onder nul, afhankelijk van het kabeltype. Ook de reparatieduur van de kabels zelf schijnt buitengewoon lang te moeten zijn, men spreekt van 3 tot 5 maanden, hetgeen ik als ontoelaatbaar zou willen kwalificeren.

De tweede kanttekening is, dat wij ons moeten afvragen of wij kabels met dergelijke grote transportvermogens wel nodig hebben. Rekening houdend met de taken van het koppel- en transportnet, waarover ik sprak, trek ik dit - ook op vrij lange termijn - in twijfel.

In verband met storingen, waarmee men ook in de netten rekening moet houden, is nl. een zekere minimum graad van vermazing noodzakelijk, hetgeen ons aan de andere kant in staat stelt de transportcapaciteit van de verbindingen zelf beperkt te houden. Naar mijn overtuiging zullen wij bij een spanningsniveau van 380 kV voldoende hebben aan kabels met een transportcapaciteit van 2000 - 4000 MVA. Dat moeten dan echter wel kabels zijn met een geringe aardcapaciteit,

een gering niet-beschikbaarheidspercentage (dus een weinig gecompliceerde opbouw) en toepassing ervan moet gepaard gaan met aanvaardbare kosten. Geen van deze eigenschappen kan men met redelijkheid toedichten aan de suprageleidende of cryogene kabels.

Er is daarentegen wel een ander type kabel in ontwikkeling, dat een goede kans maakt bij verder voortgezette ontwikkeling in vergaande mate aan onze ingenieersdromen tegemoet te komen. Ik doel hier op wat in de wandeling doorgaans spacerkabel wordt genoemd. Hierbij wordt de isolatie in principe gevormd door het gas zwavel-hexafluoride onder een bepaalde druk, dat tevens een goede warmtegeleiding heeft, terwijl diëlektrische verliezen vrijwel afwezig zijn. Wat de isolatie betreft zal aldus het gebruik van vaste en vloeibare materialen geheel kunnen worden vermeden, ware het niet dat de papierisolatie in de conventionele kabel ook nog tot taak heeft, de geleider op zijn plaats te houden in het hart van de kabel! Hiervoor moet in de spacerkabel een aparte voorziening worden getroffen door de geleider op gezette afstanden door middel van afstandsstukken van vast materiaal af te steunen tegen de mantel. Aan deze afstandsstukken, de spacers, ontleent de kabel zijn naam. Ze vormen tevens ook de moeilijkheid waarmee de onderzoekers zich geconfronteerd zien. De spacerkabel wordt ontwikkeld als een logisch uitvloeisel van de gesloten schakelinstallaties voor hoge spanning en aangezien Nederland bij het tot ontwikkeling brengen van dergelijke installaties altijd voorop heeft gelopen, mag het geen verwondering wekken dat ook in Nederland de ontwikkeling van spacerkabel aan de gang is. Helaas moet ik daarbij opmerken, dat het woord kabel hier nog nauwelijks op zijn plaats is, want in een uitvoering voor 380 kV bestaat het geheel uit een stijve mantel met een diameter van 40 à 50 cm en een fabricagelengte van 12 - 20 meter (6). Dit betekent, dat vele fabricagelengtes in het veld tot een doorlopend geheel zullen moeten worden verbonden, waarbij dan de uiterste voorzorg in acht moet worden genomen ten aanzien van het stofvrij uitvoeren van deze verbindingswerkzaamheden. Het is dus méér een soort beschermde installatie voor hoge spanning dan een kabel, althans indien wij bij het uitspreken van het woord kabel denken aan een transportmiddel voor elektriciteit dat in zekere mate buigbaar is en daardoor een vrij grote fabricagelengte van enkele honderden meters kan hebben.

Men is geconfronteerd met de moeilijkheid, dat bij hogere druk van het SF<sub>6</sub> de invloed van stofdeeltjes op de overslagspanning van de afstands-

stukken aanzienlijk is. Om dit in de hand te houden werkt het huidige ontwerp met een relatief lage druk, te weten 3,5 - 5 bar bij 20 graden, hetgeen dan voor 380 kV leidt tot de genoemde grote buitenafmetingen. Daarbij heeft men dan al gebruik moeten maken van zogenaamde dusttraps, veldvrije ruimten waarin men de ondanks alle voorzorgen toch nog in het inwendige aanwezige stofdeeltjes door een soort formeringsproces tracht te vangen.

Ik zeg U dit alles om U het juiste gevoel te geven voor de moeilijkheden, waarvoor fysici en elektrotechnici zich geplaatst zien wanneer zij een 'echte' spacerkabel zouden moeten fabriceren, waarmee ik bedoel een flexibele kabel met gasisolatie en wel voor de spanningniveaus, waarbij wij daaraan behoefte hebben. Een kleinere uitwendige diameter is dan een eerste vereiste hetgeen onherroepelijk leidt tot het toepassen van een hogere gasdruk. Dit heeft echter bij zwavelhexafluoride zijn beperkingen door de lage verzadigingsspanning in het in aanmerking komende temperatuurtraject. Een verdubbeling van de druk ten opzichte van het bestaande ontwerp lijkt echter niet onmogelijk. De moeilijkheden zullen zich dan concentreren op het vinden van afstandstukken van het juiste materiaal en van de juiste vorm en op het bestrijden van de invloed van stofdeeltjes. In Engeland zijn de Central Electricity Research Laboratories in samenwerking met de industrie al enige jaren bezig onderzoekwerk in deze richting uit te voeren (7).

Gezien de zeer aantrekkelijke eigenschappen van dergelijke kabels vergeleken met die van de bestaande oliedrukkabels, te weten

- geen merkbare diëlektrische verliezen, zodat deze extra warmtebron wegvalt;
  - goede warmtegeleiding van de geleider naar de mantel;
  - een diëlektrische constante van de isolatie gelijk aan 1, waardoor de aardcapaciteit ca. 4 maal zo klein is als die van papierkabels,
- zou ik er een warm pleidooi voor willen houden dat de fysici en de ingenieurs bij de kabelfabrieken, de elektriciteitsbedrijven en de technische hogescholen gezamenlijk het onderzoek naar de flexibele kabel met gasisolatie voor 380 kV aanvatten resp. voortzetten. Een dergelijke kabel zou in grote lengtes fabrieksmatig kunnen worden vervaardigd zodat het tot stand brengen van vele lassen tussen korte stukken in het veld, wat toch altijd onder meer primitieve omstandigheden moet plaatsvinden dan in de fabriek mogelijk is, zou kunnen worden vermeden. De onderzoekers mogen dan wellicht enige hoop putten uit de uitspraak van Cherry (8), Director General of the

Transmission Development and Construction Division van de CEGB, die gezegd heeft:

'At present the compressed gas-insulated cable is at the stage of the original Ferranti 10 kV-cable, in that it is a rigid construction made up on site from very short lengths of about 10 to 15 meters'. Dit stadium hebben wij destijds bij de normale kabels ook overwonnen dus, en ik hoop dat U mij dit simplisme toestaat, waarom niet bij de spacerkabels? Ik wil daarbij nog één aantekening maken, namelijk dat het wellicht mogelijk is, de eisen ten aanzien van de optredende overspanningen, waaraan de kabel zal moeten voldoen, opnieuw te bezien. Ook in dit opzicht moet men niet méér vragen dan nodig is en een onderzoek naar de werkelijk in onze netten voor hoge spanning optredende overspanningen zal m.i. zeker op zijn plaats zijn. Wellicht dat de hogescholen in goede samenwerking met de elektriciteitsbedrijven ten aanzien van dit onderwerp een naar mijn mening belangrijk onderzoek zouden kunnen opzetten.

*Dames en Heren,*

Het zal deskundigen onder U zijn opgevallen, dat ik er nog niet op heb gewezen, dat een aantal bezwaren tegen het gebruik van de bestaande kabels zou vervallen, indien men zou overgaan van transmissie met draaistroom op transmissie met behulp van hooggespannen gelijkstroom. De diëlektrische verliezen als extra warmtebron zouden dan wegvallen, de grote aardcapaciteit van de kabels zou geen blijvende blindvermogens- en spanningsmoeilijkheden meer veroorzaken, het kruiselings verbinden van de mantels zou overbodig worden.

Het isolatiemateriaal wordt bovendien bij gelijkspanningskabels efficiënter gebruikt, zodat dergelijke kabels tegen geringere kosten en gemakkelijker voor hoge spanningen kunnen worden geconstrueerd. Het is op deze gronden dat Banks in zijn chairman's address voor de Power Division van the Institution of Electrical Engineers in Engeland in 1973 (9) sprak over ondergrondse transmissie als 'the elegant alternative', daarbij wel eerlijksheidshalve opmerkend dat het zwaartepunt van het terugdringen van de kosten dan zou worden verlegd naar de uiteinden van deze kabels, te weten de nu nog omvangrijke installaties voor de omzetting van draaistroom in gelijkstroom en omgekeerd, die men, door het nog steeds ontbreken van een betrouwbare gelijkstroomschakelaar van het in aanmerking komende afscha-

kelvermogen, dan in grote aantallen nodig heeft. Banks baseert zijn voorkeur op de stelling, dat het steeds groeiende elektriciteitsverbruik het ontwikkelen van transmissieverbindingen van steeds groter transportvermogen noodzakelijk zal maken.

Zoals U begrepen zult hebben ben ik het met deze stelling niet eens, gezien de taken, die in de toekomst voor het net van de hoogste spanning zullen zijn weggelegd. Banks meent, dat het probleem van de transmissie van elektrische energie als totaliteit opnieuw zal moeten worden doordacht, waarbij gelijkstroomtransmissie dan naar zijn mening een overheersende rol zal spelen. Een dergelijke omwenteling lijkt mij echter voorlopig economisch en technisch niet haalbaar, en ook niet nodig.

Dat wil niet zeggen, waarde toehoorders, dat hier voor U staat een verklaard tegenstander van gelijkspanning. Zie ik aan de ene kant nauwelijks een mogelijkheid voor ons kleine vaderland voor het introduceren van gelijkspanningstransmissie op enige schaal van betekenis, wel zou de gelijkspanning een kans kunnen maken bij de bestrijding van een euvel, waaraan gekoppelde draaistroomcomplexen op den duur gaan lijden, namelijk dat van het excessieve kortsluitvermogen.

Naarmate er meer produktievermogen rechtstreeks op het net van de hoogste spanning wordt aangesloten neemt ook de amplitudo van de stroom, die bij het optreden van een kortsluiting in dit net ontstaat, toe. Dit heeft zowel in thermisch als in dynamisch opzicht een grote belasting van alle door de kortsluitstroom doorlopen elementen tot gevolg. In het Westeuropese gekoppelde complex dreigen de waarden, waaraan de installaties thans voldoen – en die 10 jaar geleden aan de grens van het technisch mogelijke lagen – in de eerstkomende 10 à 15 jaar te worden overschreden, althans als we een spanning van 380 kV voor dit net handhaven.

Men zou dan de bijdrage aan de kortsluitstroom, die afkomstig is van een groep andere landen, willen vermijden. In de Nederlandse situatie zou men dan kunnen denken aan het plaatsen van een element in serie met onze buitenlandse verbindingen; zo'n element zou bij voorkeur in normale bedrijfsomstandigheden geen belemmering moeten vormen voor de uitwisseling van elektrische energie, doch zou de stroom bij het ontstaan van een kortsluiting wel binnen enkele milliseconden moeten begrenzen.

Essentieel is, dat dit gebeurt voordat de kortsluitstroom zijn eerste amplitudo bereikt.

Men zou in dit verband kunnen denken aan een zg. korte koppeling draaistroom/gelijkstroom/draaistroom tussen bijvoorbeeld twee rails-systemen in eenzelfde onderstation. Er zou aan zo'n element wel een automatische regeling moeten worden toegevoegd ter vervanging van de normaal in draaistroomnetten aanwezige, via de primaire regeling verkregen, frequentie-ondersteunende hulp uit het buitenland.

De korte koppeling is echter slechts één van de mogelijkheden; een andere wordt gevormd door de zg. resonantiekoppeling. Daarmee wordt bedoeld een samenstel van condensatoren en verzadigbare spoelen, die onder normale omstandigheden in serieresonantie zijn en daardoor een geringe impedantie vormen en waarbij de resonantiekring wordt verstemd wanneer de doorgaande stroom een bepaalde waarde overschrijdt.

Dergelijke resonantiekoppelingen bestaan reeds voor de lagere spanningen en de kleinere doorgaande vermogens en misschien zou dit systeem ook voor de hogere spanningen en grote doorgaande vermogens kunnen worden ontwikkeld. Een voordeel van de resonantiekoppeling is, dat de frequentie-ondersteunende hulp van de primaire regeling vanuit het buitenland zonder speciale maatregelen zou blijven bestaan.

Het onderzoek naar verschillende soorten kortsluitstroombegrenzende koppelingen voor de hoogste spanningsniveaus komt thans in de belangstelling; ook de technische hogescholen kunnen in dit opzicht mogelijk een bijdrage leveren.

### *Dames en Heren,*

In het voorgaande heb ik getracht U een beeld te geven van enige problemen waarvoor de elektriciteitsvoorziening zich geplaatst ziet. Ik hoop dat men in goede samenwerking tussen de elektriciteits-bedrijven, de hogescholen en de industrie erin zal slagen, steeds tijdig voor de problemen een passende oplossing te vinden. Het zal daarmee nl. mogelijk moeten blijven om voor die toepassingen, waarvoor elektriciteit de meest verantwoorde energievorm is, inderdaad te blijven kiezen voor elektriciteit, onder het motto: 'Elektriciteit, merkwaardig goed!'

Op dit punt van mijn voordracht gekomen, wil ik overgaan tot het spreken van enige woorden, die meer in het persoonlijke vlak liggen.

In de eerste plaats wil ik mijn eerbiedige dank betuigen aan H.M. Koningin Juliana voor haar besluit, mij te benoemen tot buitengewoon hoogleraar aan deze Technische Hogeschool.

Voorts spreek ik mijn oprechte dank uit aan diegenen, die mij voor deze functie hebben voorgedragen en aan diegenen die aan het tot stand komen van de voordracht op enigerlei wijze hebben bijgedragen. In gelijke mate ben ik dank verschuldigd aan de directie van de N.V. Samenwerkende Elektriciteits-Productiebedrijven te Arnhem, zonder wiens welwillende medewerking ik deze benoeming niet zou hebben kunnen aanvaarden.

*Mijne here leden van het College van Bestuur,*

Ik ben U zeer erkentelijk voor het vertrouwen dat U in mij hebt gesteld. U heeft mij de gelegenheid geboden vanuit de ervaring, die ik heb opgedaan en nog dagelijks opdoe bij mijn werkzaamheden voor de elektriciteitsvoorziening, een inbreng te geven bij de opleiding van elektrotechnische ingenieurs in de energietechnische richting. Ik geef U de verzekering dat ik mij naar beste vermogen van deze taak zal kwijten.

Zoals U bekend is, ligt intussen het eerste volledige studiejaar achter mij en ik moet U zeggen dat een deel van de ervaring die ik daarbij heb opgedaan, mij met zorg vervult. Ik ben met U van mening, dat het contact van de Hogeschool met de praktijk via een buitengewoon hoogleraarschap zeer zinvol kan zijn. Wil men echter ervan verzekerd zijn dat dergelijke verbintenissen ook in de toekomst mogelijk blijven, dan zal m.i. de positie van de buitengewoon hoogleraar in relatie tot de omstandigheden, waaronder hij zijn werk moet verrichten, nader moeten worden bezien. Ik wil U daarover binnenkort enige opmerkingen doen toekomen en ik vertrouw er gaarne op dat U hieraan in het belang van de Hogeschool aandacht zult willen besteden.

*Mijne Heren Hoogleraren, lectoren en verdere leden van de wetenschappelijke staf van de Afdeling der Elektrotechniek,*

De samenwerking, die ik vanaf het begin van mijn werkzaamheden in Uw afdeling heb mogen ervaren, was voor mij onontbeerlijk. Ik ben mij ervan bewust, dat de mogelijkheden van mijn kant, om de contacten te verdiepen, beperkt waren. De wijze waarop U dit heeft opgevangen, zowel binnen als buiten het officiële kader, stemmen mij tot dankbaarheid. In het bijzonder dank ik U, hooggeleerde Ter Horst, voor de steun, die U mij hebt verleend en de vriendschap die U mij hebt geschonken.

*Hooggeleerde Stigter,*

Dat ik aan deze Hogeschool heb mogen treden in Uw voetsporen, is voor mij een grote eer. Uw kennis heb ik steeds met respect ervaren, Uw bescheidenheid heb ik daarbij hoog geschat en Uw taakopvatting strekt mij ten voorbeeld. Dat U mij hebt willen steunen bij de aanvang van mijn taak heb ik zeer gewaardeerd.

*Waarde Bakker,*

Op deze plaats spreek ik gaarne mijn erkentelijkheid uit voor het feit dat U het daarheen hebt willen leiden dat de directie van de SEP instemde met het combineren van mijn SEP-taken met die van buitengewoon hoogleraar aan deze Hogeschool. Dat U mij in het eerste jaar van deze dubbele taak, wellicht ten koste van U zelf, hebt ontzien waardeer ik zeer. Dit heeft het mij mogelijk gemaakt de aanvangsmoeilijkheden van de nieuwe functie te overwinnen op een wijze, die ik in overeenstemming achtte met de verantwoordelijkheid die ik bij het aanvaarden van deze functie op mij had genomen.

*Waarde Suyver,*

Ik heb het voorrecht gehad, onder Uw directe leiding mijn werkzaamheden voor de Nederlandse elektriciteitsvoorziening te mogen aanvangen. Na 10 jaar uit Uw directe omgeving weggeweest te zijn,

keerde ik in Uw onmiddellijke nabijheid terug. Steeds heb ik groot ontzag gehad voor Uw kennis van zaken op velerlei gebied en ik dank U dan ook vanaf deze plaats voor het vele, dat U mij heeft geleerd.

*Hooggeleerde Van Staveren,*

Uw plaats in de elektriciteitsvoorziening is altijd een zeer bijzondere geweest. Dat U mij heeft ingeleid in de internationale samenwerking op dit gebied, waarvan ik vandaag ook heb getuigd, heb ik zeer gewaardeerd. Dat U vandaag hier aanwezig hebt willen zijn beschouw ik als een hoge eer.

*Hooggeleerde De Haas,*

Samen hebben wij vele jaren gewerkt aan taken, die ons in hun ban hadden. Wij hebben het werken in teamverband ervaren als een onschatbaar goed. Voor de vriendschap die daaruit is ontstaan ben ik U zeer dankbaar. Dat U mij vanuit Uw eigen ervaring als buitengewoon hoogleraar ook thans hebt willen bijstaan, vervult mij met grote erkentelijkheid.

*Mejuffrouw, Mijne Heren leden van de vakgroep Technieken van de energievoorziening,*

In het jaar, dat achter ons ligt, kwam de formele instelling van de vakgroep, zoals die in de daaraan voorafgaande jaren feitelijk was gegroeid, tot stand. U hebt mij intussen, naar ik hoop, leren kennen als een overtuigd voorstander van samenwerking. In het woord samenwerking ligt besloten, dat ieder naar beste kunnen bijdraagt aan het verwezenlijken van het gemeenschappelijke doel: het vormen van de studenten, daarbij rekening houdend met andermans mogelijkheden en wensen; dat is, als het goed is, een multilateraal gebeuren. Ik geef U de verzekering, dat ik gaarne mijn bijdrage aan deze vorm van samenspel zal leveren.

Ik teken daarbij echter aan, dat ik het eens ben met de uitspraak van prof. Kylstra in zijn inaugurele rede (10), dat een vakgroep al gauw te groot is om als ongestructureerde eenheid te functioneren. Juist

wanneer de taken veelomvattend zijn is de kans, naast het doel te schieten, niet denkbeeldig. Slechts een duidelijk uitgestippeld beleid en goed gedefinieerde verhoudingen kunnen dit dan verhoeden.

Wanneer we ons spiegelen aan het bedrijfsleven – en waarom zouden we niet? – dan zien we dat een nadere structurering van één groep van de omvang als de onze daar een vanzelfsprekende zaak is. M.i. zou de WUB een dergelijke structurering, doorgezet in een delegatie van verantwoordelijkheden en bevoegdheden, moeten toelaten. De hoofdlijnen hiervan zouden dan bijvoorbeeld jaarlijks opnieuw door het bestuur van de vakgroep kunnen worden vastgesteld.

Voorts verdient het de aandacht, dat de omvang van het bestuur van een vakgroep volgens de huidige regelingen relatief groot is. Ook daarop wees Kylstra reeds. Een verbetering in dit opzicht zou m.i. kunnen worden bereikt door in de nadere uitwerking van de organisatie duidelijker te laten doorwerken het verschil tussen inspraak en medezeggenschap. Dat zou kunnen leiden tot een meer geïnstitutionaliseerde vorm van inspraak, een snellere besluitvorming en een meer doelgericht werken.

#### *Dames en Heren studenten,*

Ik heb in deze rede gewag gemaakt van een aantal punten die onderzoek vergen, en die rechtstreeks verband houden met de wens, ook in de toekomst de elektrische energievoorziening met dezelfde betrouwbaarheid en kwaliteit te kunnen voortzetten, daarbij echter tegelijk, waar redelijkerwijze mogelijk, rekening houdend met gerechtvaardigde en afgewogen wensen ten aanzien van het ontzien van het milieu. Ik hoop, dat dit ook voor U een uitdaging is, naar vermogen hieraan bij te dragen, als student nu, en als ingenieur later.

#### *Zeer geachte toehoorders,*

Ik dank U voor Uw aandacht.

## Literatuurverwijzingen

1. G.J.Th. BAKKER en J.C. VAN STAVEREN: Le rapport entre la puissance installée et la charge maxima admissible d'un centrale et d'un groupe de centrales interconnectés  
CIGRE 1939, rapport nr. 331
2. G.A.L. VAN HOEK: Review of electric power supply in the Netherlands, Convention on modern steam plant practice 1971, paper nr. 73 (Inst. of Mech. Eng., London)
3. J.J. WENT: Noodzaak van de transmissie van elektrische energie  
Stichting Toekomstbeeld der Techniek, 1972, publ. nr. 11, hoofdstuk 1
4. Ontwerp structuurschema elektriciteitsvoorziening 1975, deel a: beleidsvoor-  
nemen  
Tweede Kamer, zitting 1974-1975, nr. 13488
5. J. DE HAAS, F.H. KREUGER, M.C. LELIE en J.J. SUYVER: Consequen-  
ties van het toepassen van ondergrondse kabel in 150 kV- en 380 kV-netten  
Elektrotechniek 53 (1975) (5)
6. F.H. KREUGER en G.C. VAN DEVENTER: Spacer Cable  
CIGRE 1974, rapport nr. 21-04
7. B.P. HAMPTON: A flexible, compressed gas insulated cable  
Inst. of Electr. Eng., London, Conference on Progress in overhead lines and  
cables for 220 kV and above, IEE Conf. Publication Nr. 44, 1968, paper nr. 61
8. D.M. CHERRY: Containing the cost of undergrounding  
Proc. IEE, Vol. 122, No. 3, March 1975
9. J. Banks: Electric power transmission: the elegant alternative  
Proc. IEE, Vol. 121, No. 1, January 1974
10. F.J. Kylstra: Proces en processor  
Intreerede Technische Hogeschool, Eindhoven 1974