

Universiteit van Pretoria

**ELEKTRIESE ENERGIE: 'N VOORVEREISTE VIR  
WELVAART**

**PROF JHR ENSLIN**

## CURRICULUM VITAE PROF. J.H.R. ENSLIN

John Heinrich Rüdiger Enslin is op 25 April 1939 in Oberhausen gebore. Hy matuleer aan die Hoërskool Ben Viljoen te Groblersdal, waarna hy Elektiese en Elektroniese Ingenieurswese aan die Randse Afrikaanse Universiteit studeer. In 1961, 1963 en 1965 word onderskeidelik die grade B.Sc. (Elektiese en Elektroniese), M.Sc. (Elektiese en Elektroniese) en Ph.D. (Elektiese en Elektroniese) aanvaar.

Van 1965 tot 1970 was hy assistent professor. Enslin het ook kontrakverbindings aanvaar by die Suid-Afrikaanse Spoorwag en die SA-oorsee se Hoërskool. In 1970 is hy aangestel as assistent professor en in 1975 as professor.

### **ELEKTRIESE ENERGIE: 'N VOORVEREISTE VIR WELVAART**

Hy is aangestel as assistent professor in die Departement Elektiese Ingenieurswese van die Universiteit van Pretoria, waar hy senior lektor. Op 1 September 1988 word hy voltydse professor en hoof van die departement Elektiese Ingenieurswese.

Gedurende 1967 besoek professor Enslin verskeie universiteite in Wes-Duitsland. Onder meer doen hy navorsing by die "Institut für Stromrichter-technik und Elektrische Antrieb" aan die "Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen".

### **JHR ENSLIN**

Hy is getroud met Elzabé Mare, is lid van die tuisleë en spesiale opvoedingskommissies, funksie en fotografiese klub, en is ook lid van die "Suid-Afrikaanse Vereniging van Ingenieurs".

Professor Enslin is ook regterende promotor en dosent van verskeie doktersgraadvervaardigers en is ook betrokke by die "Suid-Afrikaanse Vereniging van Ingenieurs" en die "Suid-Afrikaanse Vereniging van Hoërskoollede".

Intreerede gelewer op 9 Maart 1989 by die aanvaarding van die Professoraat en Hoofskap van die Departement Elektiese Ingenieurswese, Fakulteit Ingenieurswese, aan die Universiteit van Pretoria.

PROF. J.H.R. ENSLIN  
VISE-KANSELIER EN REKTOR

## **CURRICULUM VITAE PROF J.H.R. ENSLIN**

Johan Heinrich Richter Enslin is op 26 April 1959 in Bloemfontein gebore. Hy matrikuleer aan die Hoërskool Ben Viljoen te Groblersdal, waarna hy Elektriese en Elektroniese Ingenieurswese aan die Randse Afrikaanse Universiteit studeer. In 1981, 1983 en 1988 word onderskeidelik die grade BIng (Elektries en Elektronies), MIng (Elektries en Elektronies) (met lof) en DIng (Elektries en Elektronies) aan hom toegeken.

Gedurende 1983 behartig professor Enslin militêre kontraknavorsingsprojekte, waarna hy sy militêre opleiding aan die SA-seinskool te Heidelberg ontvang en in 1984 tot die rang van luitenant bevorder word. In 1985 word hy as projekingenieur by die Direktooraat Sein aangestel, waar hy projekteier van verskeie elektroniese oorlogvoeringsprojekte was. In 1986 sluit professor Enslin by die departement Elektriese Ingenieurswese van die Universiteit van Pretoria aan as senior lektor. Op 1 September 1988 word hy voltydse professor en hoof van die departement Elektriese Ingenieurswese.

Gedurende 1987 besoek professor Enslin verskeie universiteite in Wes-Duitsland. Onder meer doen hy navorsing by die "Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe" aan die "Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule" in Aachen.

Professor Enslin is getroud met Elsabé Mans, is lief vir die buitelewe en spandeer sy vrye tyd aan onderwaterduik, karate en fotografie.

Professor Enslin is 'n geregistreerde professionele ingenieur, outeur van verskeie publikasies en projekteier van 'n aantal navorsingsprojekte by die departement Elektriese Ingenieurswese aan hierdie Universiteit.

Dit is vervolgens vir my aangenaam om professor Enslin te versoek om sy professorale intrede te lewer oor die onderwerp "Elektriese Energie: 'n Voorvereiste vir Welvaart".

Prof D M Joubert  
VICE-KANSELIER EN REKTOR

## ELEKTRIESE ENERGIE: 'N VOORVEREISTE VIR WELVAART

### SAMEVATTING

Die uitdagings en beperkings wat aan die elektriese ingenieur gestel word in 'n dekade en eeu van tegnologiese wonders word bespreek. Daar word hoofsaaklik aandag gegee aan die energietegnologie en dienooreenkomstige geleenthede om welvaart binne Suid-Afrika te skep. Oplossings ten opsigte van die klein toetrede tot die professie word deur middel van selfverwesenliking en geleenthede aangespreek. Aspekte van die opleiding, kurrikulum en eienskappe van elektriese ingenieurs in Suid-Afrika, word behandel aan die hand van die vereistes vanaf die Suid-Afrikaanse nywerheid.

### SYNOPSIS

The challenges and constraints of the electrical engineer in a decade and century of multiple technology innovations are described. The emphasis is placed on the energy technology and the associated creation of prosperity within South Africa. The intervening of engineers to energy related careers is addressed with reference to opportunities in research activities and self-realization. Aspects of the training of electrical engineers, curricula, and properties of electrical engineers are discussed, with reference to the role of the electrical engineer in the South African industry.

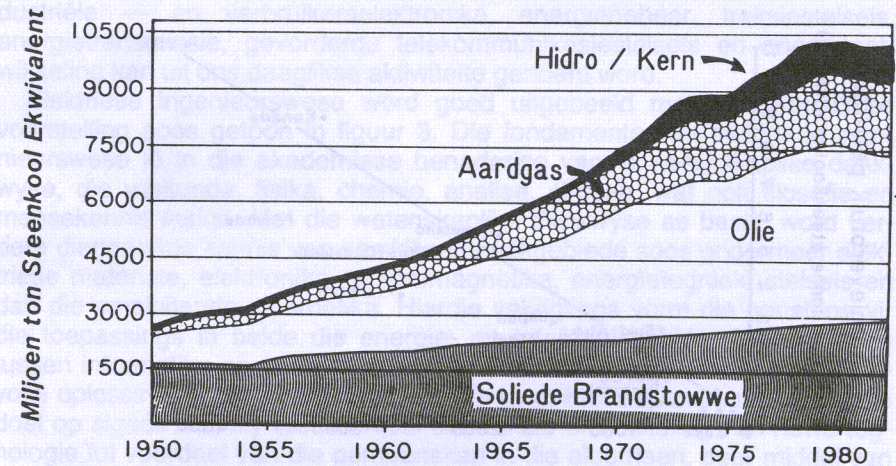
### INLEIDING

Die aarde het 'n kontinue drywingsinset van nagenoeg  $1,73 \cdot 10^{14}$  kW vanaf die son, met 'n jaarlikse energie-inhoud van  $1,5 \cdot 10^{18}$  kWh. Die syfer stem ooreen met ongeveer 10 000 keer die jaarlikse energieverbruik op die aarde [1]. Die reaksie is dus dat daar 'n oorvloed van energie op die aarde is en verder dat energie "gratis" is. Ongelukkig is die energie verspreid oor 'n groot area, met 'n piek drywingsdigtheid van slegs  $1 \text{ kW/m}^2$  in die middag, by die trope. Dit impliseer dat groot oppervlaktes en energie-omsetters met hoë effektiwiteit, gebruik moet word vir die omsetting van die primêre energiebron in verskillende bruikbare vorms, soos onder andere elektriese en aandrywingsenergie.

Dit is bekend dat die huidige biomassa tans net soveel energie stoor as

die totale hoeveelheid fossielbrandstowwe, soos steenkool, aardgasse en ander reserwes [1]. Tans word fossielbrandstowwe benut vir 90% van die wêreld se energiebehoefes. Dit skep 'n wanbalans in die energie-ewewig op die wêreld. Met toenemende uitwissing van plantegroei in die derde-wêreldgemeenskappe, word merkwaardige tekorte aan energie vir ontwikkelende gemeenskappe ondervind. Oor die lang termyn word permanente skade aan die gemeenskap en ekologie in die algemeen aangerig. Die gebruik van kommersiële energie, soos bv. steenkool, olie, gas en andere, het oor die afgelope drie dekades met meer as vyf keer toegeneem. Figuur 1 toon die kommersiële energieverbruik van die wêreld vanaf 1950-1982 [1].

Die per-capita-inkomste van 'n gemeenskap is ook direk eweredig aan die per-capita-energieverbruik. Persoonlike inkomste is welvaart wat beskikbaar is vir die gemeenskap. Dit impliseer dat toenames in energieverbruik gekoppel is aan toename in welvaart van 'n gemeenskap.



### GROEI VAN WÊRELD SE KOMMERSIËLE ENERGIEVRAAG

FIG. 1: Groei in die wêreld se kommersiële energieverbruik (1950-1982)

Figuur 2 toon die per-capita-energieverbruik teen die per-capita-nasionale inkomste van verskeie ontwikkelende en ontwikkelde lande [1,2]. Dit is duidelik dat daar 'n lineêre verband tussen die twee veranderlikes bestaan.

Bogenoemde bevinding is egter wat verwag word aangesien daar 'n kor-

relasie moet bestaan tussen welvaart en energieverbruik in 'n tegnologiese beskawing. Alle prosesse wat welvaart skep benodig energie. Energie word hoofsaaklik in die vervaardiging van ander tegnologieë gebruik, waarsonder welvaart in dié eeu ondekbaar is.

Verskeie probleme met die verhoogde gebruik van energie word egter ondervind [1,2,5]. Besoedeling, suureën, stoor van radio-aktiewe afval en andere, is tipiese probleme van ons tyd. Dit blyk dus duidelik dat daar 'n dilemma in die energietegnologie is. Aan die een kant word verhoogde welvaart benodig in die proses van ontwikkeling van ontwikkelende lande, terwyl groei egter gedemp moet word as gevolg van ekologiese en humanitiese faktore. Die bogenoemde dilemma ter voortbestaan van die mens vorm seker die grootste uitdaging aan elektriese ingenieurs.

### PER-CAPITA-NASIONALE INKOMSTE (1980)

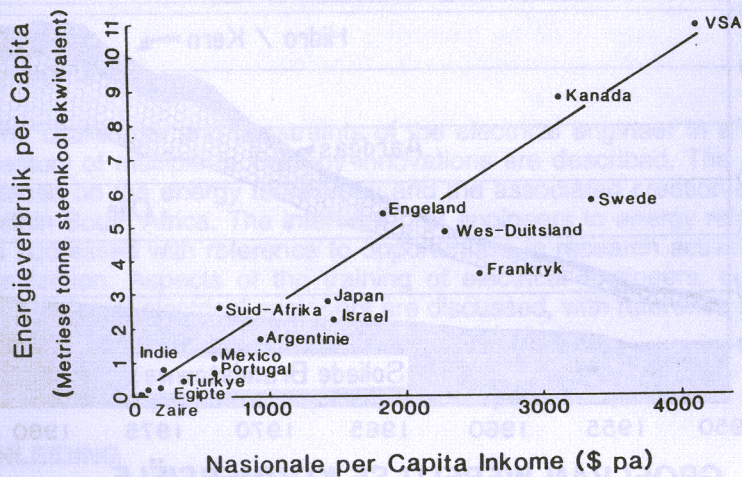


FIG. 2: Per-capita-energieverbruik teen per-capita-nasionale inkomste [1,2].

### ELEKTRIESE INGENIEURSWESE

Nuwe tegnologiese ontwikkelings het die soeklig al hoe meer op die rol, funksie en gevolge van ingenieurs, en veral elektriese ingenieurs, laat val. Die praktyk van ingenieurswese kom reeds vanaf die vroegste tye voor, in onder andere die Nylvallei en Mesopotamië is daar in 200 nC in veldslae

verwys na die Romeinse stormram as "ingenium" — 'n vernuftige toestel. Die naam "ingeniator", of ingenieur is egter eers sowat 1 000 jaar later aan die man wat oorlogsmasjienerie maak, toegeken. Siviële ingenieurs, in teenstelling met militêre ingenieurs, het eers later sy ontstaan gekry. Dit was egter die ontwikkeling van die telegraafstelsel in 1837 en die generator in 1857 wat die elektriese ingenieursprofessie se ontstaan tot gevolg gehad het.

Ontwikkelings in die tegnologie het elektriese ingenieurswese dan ook een van die mees dinamiese beroepe van die twintigste eeu gemaak. Die ontwikkeling van die elektroniese transistor deur die Bell Telephone Laboratories in 1948 en veral die grootskaalse integrasie van elektroniese funksies op een geïntegreerde stroombaai (VLSI) aan die einde van die sewentigers, het 'n grootskaalse revolusie in die elektrontegnologie laat ontstaan. Nuwe ontwikkelings in veral hoëtemperatuur-supergeleiers gedurende 1986 en 1987, asook ontwikkelings in die fotonika, sal sekerlik die elektrontegnologie wat kom, oorheers. Die resultate van baie van hierdie ontwikkelings is reeds daaglik in gebruik. Voorbeelde soos superrekenaars, gevorderde industriële — en verbruikerselektronika, energiebeheer, traksiestelsels, energietransmissie, gevorderde telekommunikasiestelsels en energieontwikkeling kan uit ons daaglikse aktiwiteite genoem word.

Elektriese ingenieurswese word goed uitgebeeld met die skematiese voorstelling soos getoon in figuur 3. Die fundamente van elektriese ingenieurswese lê in die akademiese benadering van 'n wetenskaplike denkwys, die wiskunde, fisika, chemie, analise, sintese, wat ook filosofie en mensekennis insluit. Met die wetenskaplike denkwys as basis, word verdere diepgaande kennis van verskillende vakgebiede soos ondermeer elektriese materiale, elektronika, elektromagnetiese, energietegniek, stelsels en dan die omsluitende kibernetika. Hierdie vakrigtings vorm die bousteune vir die toepassings in beide die energie- en informaticakvelde. Die skakeling tussen informatica en energie is van kardinale belang om sodoende 'n sinvolle oplossing vir toepaslike probleme te vind. Met die toepassings nie die doel op sigself nie, bly die hoofdoel steeds die ontwikkeling van nuwe tegnologie tot voordeel van die gemeenskap in die algemeen, deur middel van die skepping van werksgeleenthede, welvaart, verhoogde lewenstandaard en sodoende ekonomiese groei.

## 2. ELEKTRIESE INGENIEURSWESE

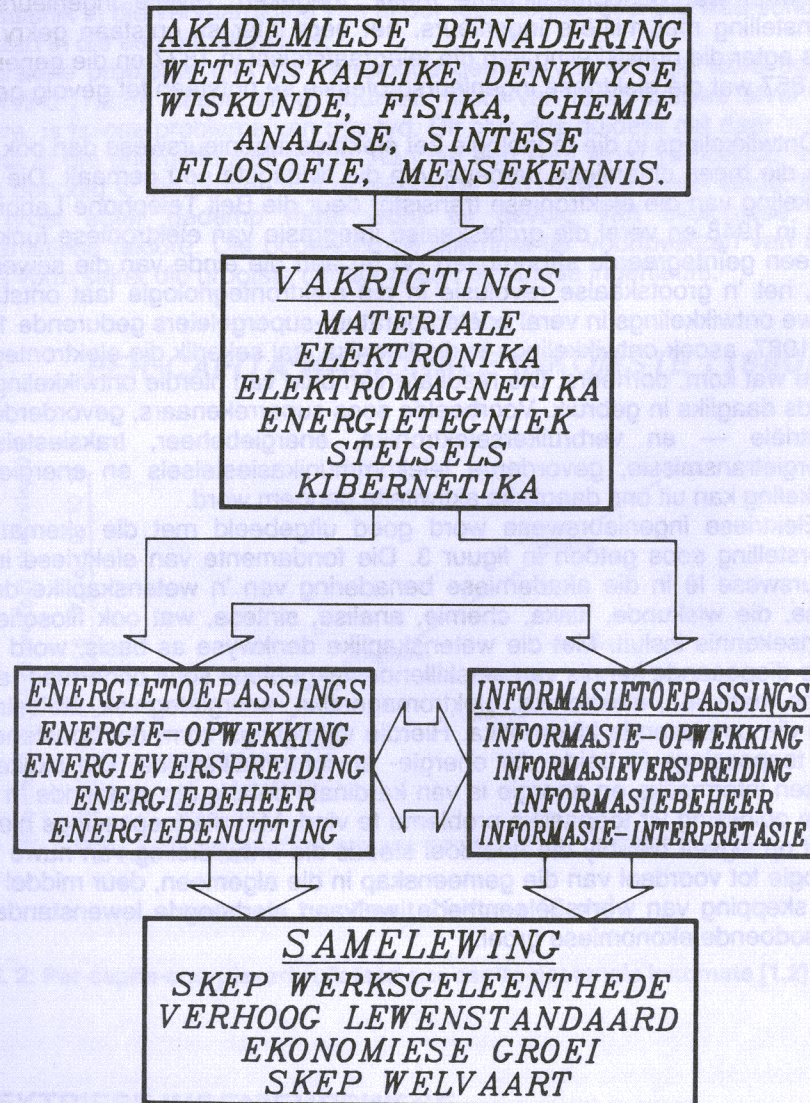


FIG. 3. Fondamente van Elektriese Ingenieurswese.

Elektriese ingenieurs wat hulle hoofsaaklik besig hou met die toepassing van energie tot voordeel van die gemeenskap sal nou verder behandel word. Elektriese energie-ingenieurs se werksaamhede word hoofsaaklik deur die blokdiagram in figuur 4 uitgebeeld. Die primêre energiebron, die son, en ander sekondêre bronne, soos onder andere verrykte uraan, vorm die inset tot die energielyn.

### ELEKTRIESE ENERGIE-INGENIEURSWESE

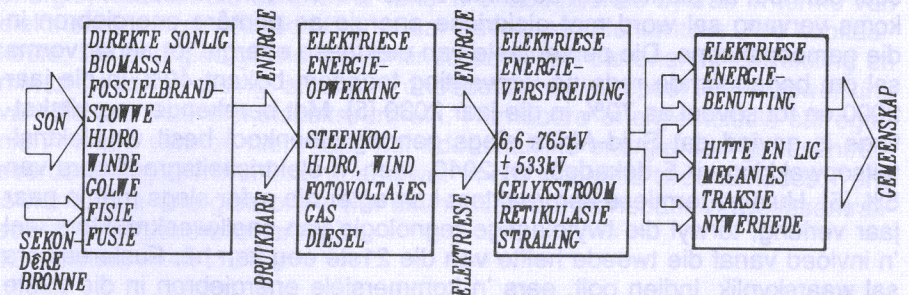


FIG. 4: Aspekte van die werksaamhede van Elektriese Energie-ingenieurs.

Uit die energiebronne word bruikbare energie verkry in die vorm van direkte sonlig, reënsiklusse, biomassa, fossielbrandstowwe, winde, aardgasse, golwe, kernenergie en andere. Die bruikbare energie kan dan in verskillende vorms omgeskakel word in onder andere sigbare lig, meganiese, termiese en elektriese energie. Die elektriese energiekomponent word opgewek deur van steenkool/kern/aardgas-stoomaanlegte, hidro- en windturbines, fotovoltaiiese sonpanele of dieselgenerators gebruik te maak. Deur middel van verskillende verspreidingsmetodes soos onder andere: 6,6 — 765 kV lyne en kables; ± 533 kV GS-lyne; 0,38 — 11 kV retikulatie kables en lyne, word elektriese energie versprei na 'n verskeidenheid van verbruikers, waar die energie dan in verskillende vorms aangewend word tot voordeel van die gemeenskap.

### ENERGIE-AANBOD EN -AANVRAAG IN SUID-AFRIKA

Suid-Afrika is hoofsaaklik aangewese op steenkool (ongeveer 32%) vir sy energiebehoefte, alhoewel ingevoerde petroleum vanuit olie, tans 'n groot deel van die verbruik uitmaak (ongeveer 30%), terwyl elektriese energie sowat 26% van die totale energieverbruik vorm, soos getoon in figuur 5. 'n Verwagte toename na tussen 40 en 50% in die volgende twee dekades

word voorsien [5]. Die totale energieverbruik binne Suid-Afrika beloop sowat 45 Mtoe<sup>1</sup> per jaar in 1987, wat 0,5% van die totale wêreldverbruik uitmaak. Energieverbruik vind hoofsaaklik in die 1<sup>e</sup>-wêreld-gemeenskap binne Suid-Afrika plaas. Tans is die verbruik van energie in die vorm van plante-groei, hout en dierereste binne Suid-Afrika sowat 7% van die totaal. Dié verbruik vind hoofsaaklik in die 3<sup>e</sup>-wêreldgemeenskap plaas. Ongelukkig word daar in die meeste gevalle nie energiebeplanning binne die 3<sup>e</sup>-wêreldgemeenskappe gedoen nie, wat impliseer dat hout en plantegroei al hoe skaarser in dié gemeenskappe raak.

Tans is 20 miljoen mense sonder die voorreg van elektrisiteit. Dit impliseer dat hout en plantegroei as primêre energievorms in die afsienbare toekoms vervang sal word met elektriese energie as primêre energiebron in die gemeenskappe. Die persentasie van elektriese energie tot ander vorms sal om bogenoemde rede na verwagting toeneem bokant 40% in die jaar 2000 en tot soveel as 70% in die jaar 2030 [5]. Met berekende vooruitskattings is gevind dat Suid-Afrika slegs genoeg steenkool besit vir elektrisiteitsopwekking vir 5 dekades, tot 2040, teen 'n elektrisiteitsgroeikoers van 5% [5]. Huidige termiese kernreaktors kan egter die syfer slegs met 'n paar jaar verleng, terwyl die twyfelagtige tegnologie van snelweekreaktors wel 'n invloed vanaf die tweede helfte van die 21ste eeu kan hê. Fusiereaktors sal waarskynlik, indien ooit, eers 'n kommersiële energiebron in die 22ste eeu kan wees [5]. Die feit bly staan dat nie-hernubare energiebronne 'n baie problematiese bron van energie is en waarskynlik meer probleme in die toekoms sal oplewer.

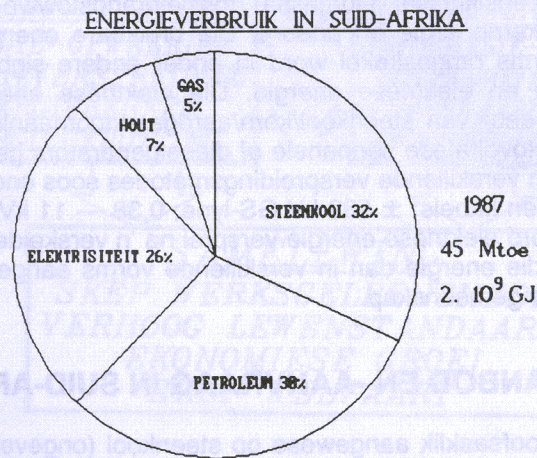


FIG. 5: Energieverbruik in Suid-Afrika.

Energie-ontwikkeling deur middel van die bestaande tegnologie gaan hand aan hand met 'n hoë waterverbruik, tipies 2,23 l/kWh in 1987, 'n lewensnoodsaaklike middel wat baie skaars in Suid-Afrika is. Suid-Afrika se welvaart is baie sterk gekoppel aan die skep van nuwe werksgeleenthede vir die 3<sup>e</sup>-wêreldgemeenskap, wat hoofsaaklik gedentraliseer is en katastrofiese gevolge sal oplewer indien almal gesentraliseer moet word. Werksgeleenthede gaan hand aan hand met energieverbruik wat impliseer dat die 5% groei ten minste tot in die 21ste eeu voortgesit moet word. Dit blyk dus dat die huidige jaarlikse elektriese energieverbruik van 130 000 GWh sal verdubbel voor 2000. Die direkte bydrae van die primêre bron van energie, naamlik die son, lewer tans 'n onbeduidende bydrae in terme van elektriese energie-ontwikkeling en sal weens lae effektiwiteite, hoë kapitaalkoste, lae energiedigtheid, diskontinue aard van die energie-opwekking en min of geen navorsing, steeds 'n onbeduidende rol speel in die opwekking van die jaarlikse elektrisiteitsverbruik. Hernubare energiestelsels sal egter nie in totale vermoë nie, maar wel noodsaaklike energie aan gedentraliseerde energieverbruikers moet lewer in die volgende twee dekades. Tans is hernubare energiebronne wel ekonomies aanwendbaar vir gedentraliseerde energieverbruikers [6].

1. 1 Mtoe = 44 · 10<sup>15</sup> J

## ELEKTRIESE ENERGIE AS SKEPPER VAN WELVAART

Die skep van welvaart in 'n gemeenskap is slegs moontlik indien die bedryfsfaktore optimaal benut word. Ondernemingsgees, kapitaal, grondstowwe, arbeid, tegnologie en energie is noodsaaklike faktore in die proses van skepping van welvaart in enige gemeenskap. Geen nywerheidsontwikkeling, ekonomiese groei, of die skep van nuwe werksgeleenthede kan bereik word nie, indien bogenoemde faktore, en vir die doeleindes van hierdie referaat, energie, nie optimaal benut word nie. Ingenieurs skep nuwe werksgeleenthede, en die elektriese ingenieurs skep die werksgeleenthede deur middel van energie en tegnologie.

Uit die 1987 jaarverslag van ESKOM [3], is dit duidelik dat ongeveer 120 · 10<sup>9</sup> kWh elektriese energie verkoop is, wat 'n korttermyn-groeikoers van 4,4% en 'n langtermyn-groeikoers, oor 5 jaar, van 5% handhaaf, met 'n omset van oor die R7 000 miljoen. Vir die aanwending van hierdie elektriese energie in die breë industrie, word welvaart geskep in die verhouding van 1:8, bereken op tipiese industriesyfers wat die energieprys as die totale omset van die aanleg uitdruk. Dit impliseer dat 'n omset van nagenoeg R58 000 M berekenbaar is, wat 'n groot bydrae tot die totale BNP van Suid-Afrika maak. Nywerhede wat deur middel van energie en tegnologie nuwe werksgeleenthede skep, skep in die proses ook noodsaaklike buitelandse valuta, wat vir 'n ontwikkelende staat soos Suid-Afrika, noodsaaklik is.

Om op te som is dit dus noodsaaklik om in ontwikkelende ge-

meenskappe 'n hoë groeikoers in energieverbruik te handhaaf in die strewa na groter welvaart en sodoende meer werksgeleenthede vir almal.

## BEPERKINGS IN DIE ENERGIETEGNIEK

### Hoëvlakmannekrag

Hoëvlakmannekrag vorm die grootste beperking wat die energietegniese, en in die algemeen die groei van Suid-Afrika, kniehalter. Dit is tans onmoontlik om selfs die vakante poste van hoëvlakmannekrag binne Suid-Afrika te vul. Mannekragbepalings lewer gewoonlik heelwat kritiek, maar kan heelwat insigte in die mannekragprobleem ontbloot. Een van die ondersoek van mannekragbepalings word jaarliks deur die Federasie van Verenigings vir Professionele Ingenieurs (FVPI) gedoen [7]. Die ondersoek word baseer op werklik vakante poste. Die resultate van die poste vir elektriese ingenieurs, in beide die informasie- en energieveld, word in figuur 6 getoon [7].

Die resultate impliseer dat daar 'n tekort van sowat 300 ingenieursgradiate is, of 'n gemiddelde tekort van nagenoeg 1:2. Indien die energiegradiate en informasiegradiate verder verdeel word, blyk dit dat veral die jong energie-ingenieurs is, wat in tekorte van meer as 200 drastiese afmetings aanneem, wat 'n verhouding van 4 poste vir elke nuwe graduatus impliseer [7]. Ander statistieke toon dieselfde tendens. Watter statistiek of ondersoek as basis gebruik word is irrelevant, die beginsel is egter van belang. Uit die statistiek lyk dit na die paradys vir voornemende elektriese ingenieurs, die statistiek toon egter die mees fundamentele beperking van ekonomiese groei, werksgeleenthedskepping en welvaartskepping binne Suid-Afrika. Buiten die feit dat vakante poste nie gevul kan word nie, kan die effek van "genoeg" ingenieurs nie bepaal word nie. 'n Probleem wat deur die gemeenskap aangespreek moet word, voordat oplossings gevind word. Suksesverhale van Japan, Korea en Taiwan kan as voorbeelde uitgewys word waar hoëvlakmannekrag die verskil gemaak het.

ELEKTRIESE EN ELEKTRONIESE INGENIEURS  
VOORSPELLING VIR 1989 EN 1991

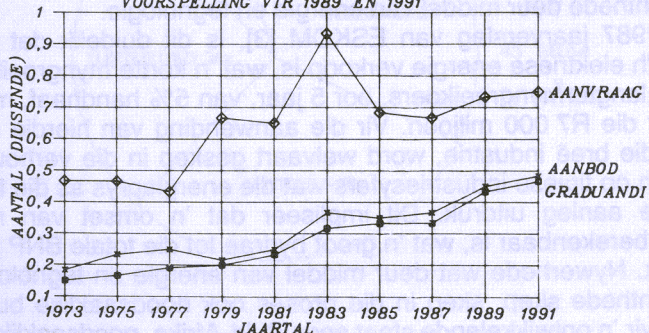


FIG. 6: Vraag en aanbod van elektriese ingenieurs.

## Befondsing van Navorsing en Ontwikkeling

Wat saam met mannekragontwikkeling gaan, is die befondsing van navorsing en ontwikkeling, wat noodsaaklik is vir die opleiding van hoëvlakmannekrag. In Suid-Afrika het die nywerheid tot op hede 'n redelike onbeduidende rol gespeel in die befondsing van navorsing en ontwikkeling in die algemeen. Befondsing word tans hoofsaaklik deur die owerheid gedoen wat 'n beperking stel op die toepasbaarheid van die navorsing en industrialisasie van die navorsing. In baie gevalle eindig goeie navorsing as literatuur in biblioteke, maar word selde tot nywerheidsprodukte verwerk. Daar is tans groot moontlikhede om juis hierdie navorsing meer toepassingsgerig te stuur, tot voordeel van die gemeenskap.

### Nie-hernubare energiebronne

Om na die beperkings en tekortkominge in die tegnologie te verwys, kan verskillende aspekte aangespreek word. Van die belangrikste is die feit dat die energietegnologie hoofsaaklik op nie-hernubare energiebronne gebaseer word. Baie min aandag word tans aan die benutting van hernubare energiebronne, soos direkte sonlig, biomassa, wind, hidro en ander bronne gewy. Dit impliseer dat die fossielbrandstowwe nie net uitgeput word nie, maar besoedeling, afvalberging en suurreën, drastiese afmetings aanneem. Die tegnologie is tans, veral in bogenoemde aspekte, so beperk, dat oplossings in die volgende 2-3 dekades moontlik te laat sal wees om permanente en onherstelbare skade aan die ekologiese stelsel te verhoed.

### Effektiwiteit van energie-opwekking

Die gemiddelde effektiwiteit van energie-opwekking is tans 24% [1,5], wat impliseer dat 76% van die primêre energiebronne, hetsy steenkool, uraan of gas tans verkwis word met die opwekking van elektrisiteit. As ons die totale effektiwiteit van petroleum en ander vorms van energie op 'n vergelykende basis neem, is die gemiddelde effektiwiteit ongeveer 34%, wat impliseer dat daar steeds 'n neiging is om nie-elektriese energievorms aan te wend in tegnologieë soos padvervoer, traksie, verhitting en andere. Hernubare elektriese energie-ontwikkeling, buiten die hoë energiekoste, besit tans dieselfde nadelige eienskappe. 'n Tipiese enkelband fotovoltaïese energie-omsetters het as gevolg van die maksimum energiegaping, teoretiese effektiwiteite van ongeveer 25% in GaAs, met 'n kommersiële effektiwiteit van ongeveer 12%. Sekere laboratoriumopstellings toon egter effektiwiteite van oor die 32% vir wyeband fotovoltaïese stelsels [17]. Die totale fotovoltaïese energiestelsel het 'n heelwat laer effektiwiteit. Tipiese effektiwiteite in huidige opstellings is ongeveer 5-6%. Wind- en hidro-energiestelsel het

hoër teoretiese effektiwiteit van nagenoeg 59% [1], met kommersiële opstellings wat teen effektiwiteite van ongeveer 30-40% bedryf word.

Elektriese energie-omsetters in toepassings van elektriese energiebenutting soos ondermeer traksie, kragbronne en andere, het tans baie lae effektiwiteite. Dit impliseer dat daar nog 'n serieverlieskomponent in die benuttingsproses van elektriese energie is. Drywingselektroniese omsetters kan egter meeste van hierdie beperkings oorkom [11].

### Waterverbruik tydens energie-opwekking

Wat tans hand aan hand gaan met die opwekking van elektrisiteit, is die gebruik van water. Eskom is Suid-Afrika se enkele grootste verbruiker van water, tans sowat 270 000 Ml p.a. [3]. Water is, soos reeds genoem, een van die skaarste natuurlike bronne in Suid-Afrika en noodsaaklik vir mense-like verbruik en landbou. Alternatiewe tegnieke van verkoeling word reeds gebruik en sal uitgebrei moet word in die afsienbare toekoms. Figuur 7 toon die waterverbruik van Eskom die afgelope 10 jaar.

### WATERVERBRUIK VAN ESKOM

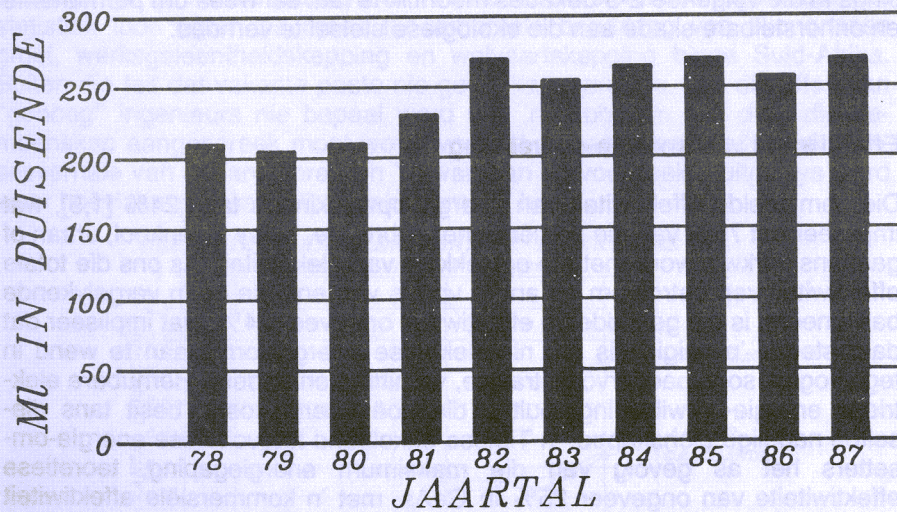


FIG. 7: Waterverbruik van Eskom, benodig vir elektriese energie-opwekking [3].

### Benutting van infrastruktuur en kapitaal

Die elektrisiteitslas is oor die algemeen baie kompleks en ingewikkelde voorspeltegnieke word benodig om 'n tipiese patroon vas te stel. Dit is belangrik om die laskromme vooruit te bepaal sodat die energiestelsel optimaal bedryf kan word. Figuur 8 toon tipiese laskurwes vir die somer, winter en spitsaanvraag in 1986 [4].

Indien die laskrommes nie goed voorspel kan word nie, kan die benutting van die energiestelsel se infrastruktuur sterk daaronder ly.

### ELEKTRISITEITS-AANVRAAGPATROON

1. Spitsaanvraagdag 86/06/20
2. 'n Tipiese winterdag 86/08/27
3. 'n Tipiese somerdag 86/01/21

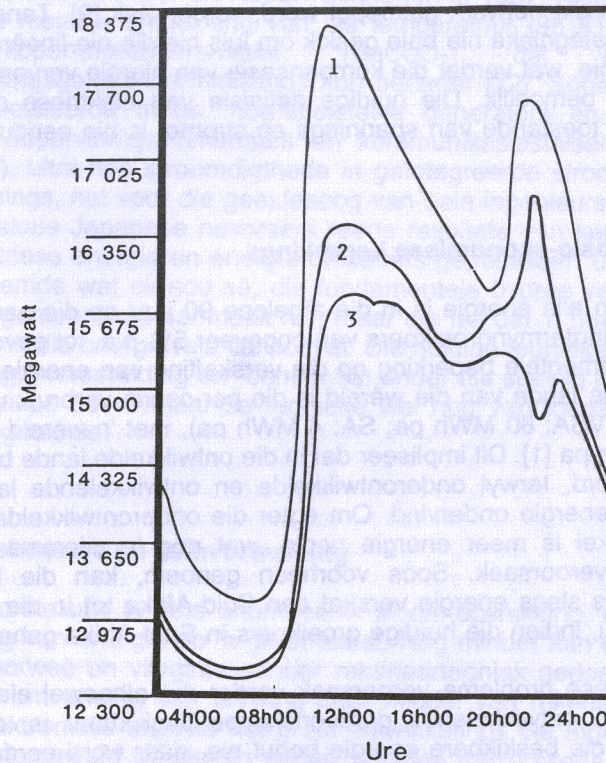


FIG. 8: Elektrisiteitsaanvraagpatroon [4].

In 1987 was die geïnstalleerde vermoë van Eskom 31261 MVA, met 'n spitsaanvraag van 20 001 MVA en 'n totale energieverbruik van 122 524 GWh [3]. Wat 'n gemiddelde belading van 14 GW of 45% verteenwoordig. Dit impliseer dat sowat 55% van die kapitale investering die koste aan die spitsvraag, oorbepanning, reserwe, onderhoud en slegte arbeidsfaktor is. Sinvolle en ekonomiese stoor- en kompensasiemetodes is daarom van groot belang. Nuwe tegnologieë in kompensasië- en stoormediums word wêreldwyd ondersoek.

Reaktiewe drywing is die deel van die beladingsdrywing wat wel die stelsel belas, maar tog nie werkbare energie aan die las lewer nie [8]. Dit veroorsaak dat die kapitaal en infrastruktuur van die energiestelsel nie effektief benut word nie. In die laaste aantal jare, met toenemende gebruik van drywingselektroniese beheerstelsels, word die eenvoudige sinusvormige stroom- en spanningsgolfvorms in die energiestelsel vervorm. Dit het tot gevolg dat die netwerk teen 'n hoër belading bedryf moet word en verder het die vervormde spanningsgolfvorms katastrofiese effekte op elektriese apparatuur wat aan die netwerk gekoppel word, veroorsaak [9]. Tans is die beskikbare analisetegnieke nie baie geskik om juis hierdie nie-lineêre lasse te kan analiseer nie, wat verder die kompensasië van hierdie vervorming in die stelsels baie bemoeilik. Die huidige definisie van elektriese drywing onder vervormde toestande van spannings en strome, is nie eenduidig en akkuraat nie [10].

### Groeiakoers en sosio-ekonomiese beperkings

Meer as 90% van alle energie is in die afgelope 90 jaar op die aarde gebruik [1], wat 'n langtermyn-groeiakoers van ongeveer 5% p.a. tot gevolg het. Dit plaas 'n fundamentele beperking op die verskaffing van energie. In die geïndustrialiseerde lande van die wêreld is die per-capita verbruik van energie baie hoog (VSA: 80 MWh pa; SA: 4 MWh pa), met 'n wêreld gemiddeld van 1,9 MWh pa [1]. Dit impliseer dat in die ontwikkelde lande baie energie vermors word, terwyl onderontwikkelde en ontwikkelende lande 'n groot tekort aan energie ondervind. Om egter die onderontwikkelde lande verder te ontwikkel is meer energie nodig, wat nog 'n dilemma in energieverkaffing veroorsaak. Soos voorheen genoem, kan die huidige steenkoolreserwes slegs energie verskaf aan Suid-Afrika tot in die middel van die 21ste eeu, indien die huidige groeiakoers in Suid-Afrika gehandhaaf word.

Sosio-ekonomiese probleme veroorsaak verder dat alhoewel elektriese energie in sekere ontwikkelende gemeenskappe beskikbaar is, die gemeenskappe nie die beskikbare energie benut nie, daar word eerder vandalisme gepleeg. Tipiese voorbeelde kan in Suid-Afrika gevind word, soos onder andere in die verstedelike swart gemeenskappe om die hoofstede. Die kapitaal-, politieke- en energiestruktuur word hoofsaaklik daarvoor ge-

blammeer. Baie hoë owerheidspesifikasies, geskik vir 1<sup>e</sup>-wêreldtoestande, maak dit baie moeilik en duur om elektriese energie aan hierdie gemeenskappe te lewer. Daar word ook nie genoeg aandag deur ingenieurs aan die spesifieke gemeenskappe se energiebehoefes gegee nie.

Bogenoemde beperkings het egter oplossings binne die tegnologiese ontwikkelings.

## TEGNOLOGIESE UITDAGINGS IN DIE ENERGIETEGNIEK

### Supergeleiding

Daar was groot opgewondenheid in die gelede van wetenskaplikes en ingenieurs met die ontwikkeling van die teorie van supergeleiding deur John Bardeen, Leon Cooper en Robert Schrieffer in 1957, Maar dit is egter eers in 1986 met die ontdekking van lae temperatuur (95 K) supergeleidende barium-koper-oksiedkeramieke, ( $\text{BaCuO}_2$ ) dat die ingenieurs toepassingsgerigte ontwikkelings kon benader [12]. Supervinnige, magneties geveiteerde treine, hoë-effektiewe generators en verspeidingsnetwerke, supervinnige rekenaars en kommunikasiestelsels, supermagnete (>30 T), ultra-hoë stroomdigthede in geïntegreerde stroombane en ander toepassings, het voor die geestesoog van baie ingenieurs gegaan. In 1988 het verskeie Japanese navorsers reeds resultate van keramiekgenerators vir elektriese energie en energie-omsetters gepubliseer. Dit is egter nie die bogenoemde wat ek sou sê, die fundamentele bydrae van supergeleiding tot ons gemeenskap sal maak nie, maar die feit dat 'n nuwe wetenskaplike filosofie in die energieveld sal posvat. Die huidige tegnieke van energie-ontwikkeling, -verspreiding en -beheer sal onder die soeklig kom om te sien of die afgelope 80-100 jaar se tegnieke wel nog van toepassing is met dié nuwe tegnologie.

### Superrekenaars en seinverwerking

Rekenaarstelsels is tans onontbeerlik in die opwekking, en veral die verspreiding van energie op 'n groot skaal. Nog minder kan die veilige bedryf van spoorweë en vliegtuie sonder rekenartegniek gedoen word. Die beheer en omvorming van drywing deur middel van rekenaarbeheerde drywingselektroniese stelsels het groot ontwikkelings die afgelope aantal jare in die energieveld tot gevolg gehad. Vinnige mikrorekenaars, veral geskik vir seinverwerking, het die beheer van hierdie drywingselektroniese stelsels prosessinchron (in-tyds) gemaak, wat 'n positiewe invloed op die dinamiese beheer van stelsels met 'n inherente hoë dinamiese responsie, ge-

had het. Die ontwikkelings in die rekenartegnologie, beide sagteware en hardeware, sal sekerlik voortduur tot voordeel van hierdie tegnologieë.

### Materiale

Deur van nuwe materiale gebruik te maak, kan bestaande ontwerpstechnieke verbeter word en sekere beperkings kan oorkom word. Keramieke en aardmagnete met hoë vloeddighede vind reeds toepassings in verskillende drywingstelsels, soos ondermeer magnetiese levitasiestelsels, generators, masjienbeheertoepassings, energiestoormedia en andere. Materiale vir elektro-chemiese batterye kan 'n merkwaardige invloed tot die groot probleem van die energie/massaverhouding van huidige batterye hê [14]. Amorfe- en dunfilmsilikonetegnologie vir sonpanele vind reeds toepassings in verskeie verbruiksartikels soos bv. sakrekenaars. Toekomstige energiestelsels sal in 'n groter mate van sodanige nuwe materiale gebruik maak.

### Drywingselektroniese stelsels

Drywingselektroniese stelsels vir die beheer van groot hoeveelhede drywing het 'n metamorfose ondergaan met die ontwikkeling van hoësnelheid-drywingselektroniese komponente. Die invloed van drywingselektroniese stelsels is waarneembaar in byna alle fasette van elektriese ingenieurswese. Die neiging in drywingselektroniese beheerstelsels is om die skakelfrekwensies te verhoog met die voordeel van die kompaktheid, betroubaarheid en koste. Die produk van die skakelfrekwensie en drywingsvermoë kan gewoonlik uitgedruk word as 'n konstante, wat 'n funksie is van die stand van die tegnologie [11]. Tans is dié produk in die omgewing van 400 MW.Hz, wat impliseer dat 'n laefrekwensiestelsel van 50 Hz ongeveer 8 MW se drywing kan hanteer, of 'n hoëfrekwensiekragbron met 'n vermoë van 200 W 'n skakelfrekwensie van 2 MHz kan hanteer. Nuwe materiale soos GaAs kan waarskynlik, veral in die hoëfrekwensiegebied, 'n groter produk te weeg bring. In die vervaardigingstechnologie word hoëdrywinglasers (CO<sub>2</sub>) gebruik om verharding, plaatsnywerk en ander take te verrig [16]. Die beheer en kragbronne van die lasers het spesifieke vereistes wat slegs moontlik gemaak word deur gebruik te maak van drywingselektroniese stelsels. Deur middel van drywingselektroniese stelsels kan hernubare energiestelsels (son, wind, hidro) aangewend word tot voordeel van verskeie gemeenskappe, soos onder andere 3<sup>o</sup>-wêreld- en gedentraliseerde gemeenskappe.

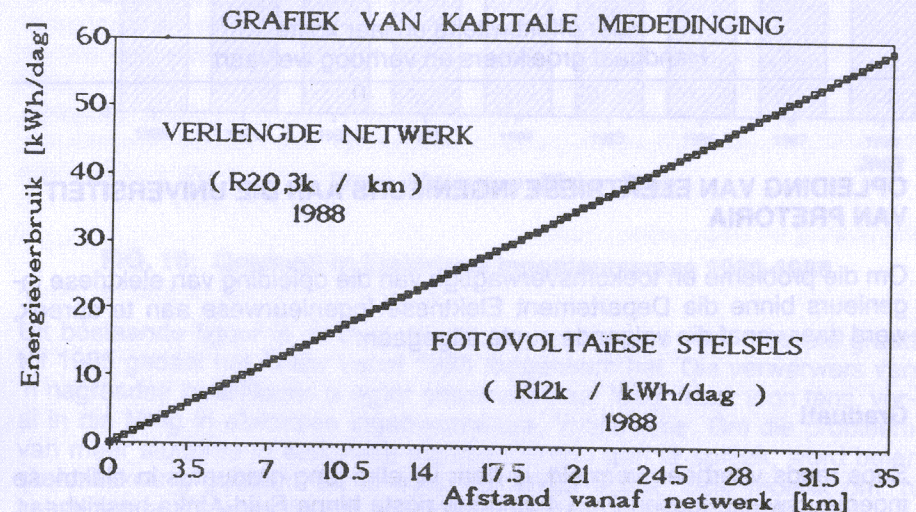
### RENAISSANCE IN DIE ENERGIETEGNIEK

Met die ontwikkeling van bogenoemde tegnologieë het verskillende studierigtings van elektriese energie-ingenieurswese in 'n fase van renaissance

ingegaan. In 1981 het die Franse Nasionale Spoorweë die vinnigste passasierstrein ingestel wat teen 270 km/h beweeg. Die trein is een van die mees suksesvolle projekte in die veld van elektriese traksie [13]. Nuwe beplannings toon dat nuwe treine in Europa en die VSA ingestel gaan word wat teen snelhede hoër as 300 km/h beweeg [13]. Lineêre masjiene en magnetiese levitasie is verantwoordelik vir verskeie MAGLEV-vervoerstelsels in Tokyo en Europa. Die tegnologie sal baie vinniger ontwikkel met die implementering van hoëtemperatuur-supergeleiers. Supergeleidende elektriese generators en energiestoorstelsels is reed in produksie in Japan.

Met nuwe batterytegnologie is die vooruitsigte van stedelike elektriese voertuie al hoe meer rooskleurig, veral waar sonpanele geïntegreer word op die voertuie en elektriese laaipunte by parkeersones aangebring word. Drywingselektroniese stelsels maak weer eens hierdie tegnologie beskikbaar vir aanwending in die gemeenskap.

'n Nuwe filosofie vir die opwekking en verspreiding van energie is tans besig om pos te vat. Geykte tegnieke waar 'n gesentraliseerde energie-opwekkingsfasiliteite gebruik word, die energie dan deur middel van lang verspreidingsnetwerke na verbruikers oor 'n baie groot area te versprei, verkeer tans onder groot druk as gevolg van omgewingsprobleme, betroubaarheid en hoë koste. Gedesentraliseerde energie-opwekking skakel verskeie van bogenoemde probleme uit, plattelandse en veral huishoudelike verbruikers, kan die beginsel van desentraliseerde energievoorsiening voordelig vind. In dié opsig kan hernubare energiestelsels met groot ekonomiese voordeel gebruik word.



**FIG. 9: Vergelykende kapitaalkoste van verlengde retikulasielyne en gedesentraliseerde fotovoltaïese energiestelsels**

Figuur 9 toon die lyn van kapitale mededinging tussen die verlenging van bestaande retikulasielyne en 'n fotovoltaïese stelsel. Dit is baie duidelik dat vir klein elektriese energieverbruikers (10-20 kWh/dag), fotovoltaïese stelsels reeds kan meding met verlengde retikulasielyne by afstande korter as 7 km [6].

Daar kan baie voorbeelde van nuwe tegnologiese ontwikkelings, en die invloed daarvan in die elektriese energie-ingenieurswese uitgewys word. Kortliks word die invloed van die tegnologie in die volgende diagram opsommenderwys uiteengesit word:

ENERGIE-ONTWIKKELING	ENERGIE-VERSPREIDING	ENERGIE-AANWENDING
Gedesentraliseerde ontwikkeling	Laer elektriese en magnetiese velde	Rekenaarbeheer Vinnige optiese seinverwerking
Hernubare energieopwekking	Hoër frekwensies	Hoër kwaliteit in omvormers Vervoertegnologie
Hoë-effektiwiteitgenerators	Langer GS-transmissie Laer vervorming, Stoorkapasiteit in	Hoër drywing en vinniger Drywingselektronika
Stadiese opwekking	Hidro en batterye	
Hoër effektiwiteite en laer koste Handhaaf groeiakoers en verhoog welvaart		

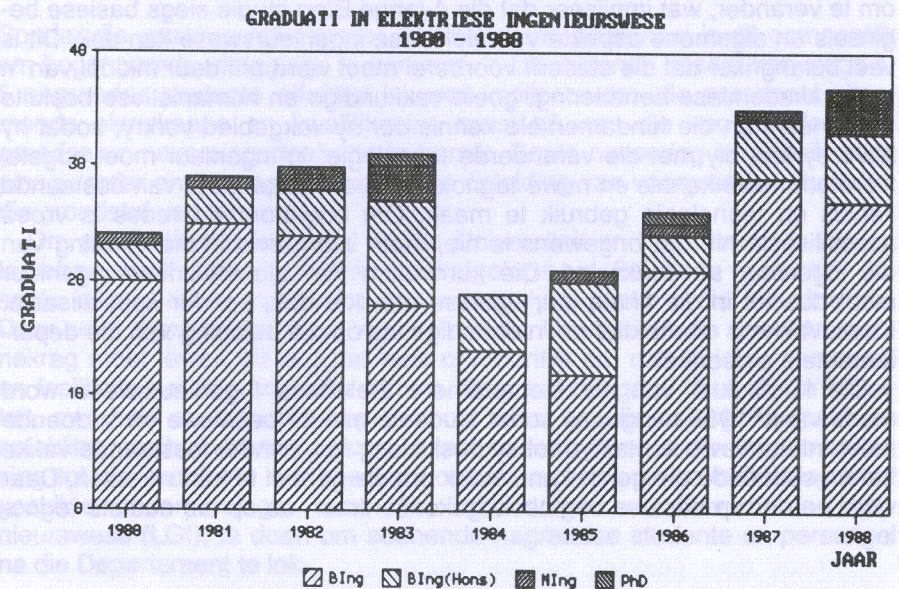
## OPLEIDING VAN ELEKTRIESE INGENIEURS AAN DIE UNIVERSITEIT VAN PRETORIA

Om die probleme en toekomsverwagtinge van die opleiding van elektriese ingenieurs binne die Departement Elektriese Ingenieurswese aan te spreek, word daar vanaf die volgende punte uitgegaan:

### Graduati

Soos reeds voorheen vermeld, is daar vir elke jong graduatus in elektriese ingenieurswese, tussen 2 en 4 vakante poste binne Suid-Afrika beskikbaar, wat op die langtermyn 'n knellende invloed het op die skepping van welvaart en nuwe werkseleenthede. Dié probleem kan slegs deur middel van langtermynbeplanning deur die betrokke instansies reggestel word.

Volgens verskeie aanwysers is die voedingsbron van ingenieurswese en beroepsgerigte studierigtings, naamlik die geskikte blanke manlike matrikulant, reeds ten volle benut [15]. Verhoging van elektriese ingenieurgraduati moet dus geskied deur 'n verskuiwing van studente vanaf ander rigtings, soos onder andere die bestuurswetenskappe, medies, ander ingenieursdisiplines, en die toename van dames en anderkleuriges tot die beroep. Elke een van bogenoemde oplossings het egter sy eie tekortkominge. Om die saak in perspektief te plaas, word die graduati van die Departement Elektriese Ingenieurswese die afgelope agt jaar, in figuur 10 getoon. Slegs BIng, BIng (Hons), MIng en PhD graduati vanaf 1980 tot 1988, word aangetoon.



**FIG. 10: Graduati in Elektriese Ingenieurswese 1980-1988**

Uit bostaande figuur is dit duidelik dat die verwerwers van 'n eerste graad tot 1985 gedaal het, maar vanaf 1986 toegeneem het. Die verwerwers van 'n nagraadse kwalifikasie is egter onaanvaarbaar laag, maar toon tans, veral in die MIng in elektriese ingenieurswese, 'n toename. Om die probleem van meer studente in elektriese ingenieurswese aan te spreek, word beter skoleskakeling gedoen. Dit is egter vir enige skoolier baie moeilik om 'n keuse tussen die energieveld en informasieveld reeds op skool te maak.

Uit die opleiding van elektriese ingenieurs is dit verder nie sinvol om verskillende kurrikula in elektriese en elektroniese, of energie- en informasie-ingenieurswese reeds vanaf die 1<sup>o</sup>-studiejaar te maak nie. Die verdeling

behoort eers, indien ooit voorgraads, in die 3<sup>e</sup> of 4<sup>e</sup>-studiejaar te geskied. Die boustene van die toepassingsvelde is dieselfde. Die loopbaan van die graduatus is verder alles behalwe uitgespel as hy op skool is. Binne 2-4 jaar na graduering is die waarskynlikheid goed dat hy in 'n ander toepassingsveld as sy oorspronklike keuse werksaam sal wees. Daar word ten sterkste aanbeveel dat daar 'n gemeenskaplike kurrikulum vir elektriese en elektroniese ingenieurswese moet wees tot ten minste die 3<sup>e</sup>-studiejaar.

## Kurrikulum

Soos reeds in die vorige paragrafe uiteengesit, is die tegnologie snel besig om te verander, wat impliseer dat die 4-jarige BEng-studie slegs basiese beginsels en algemene aspekte van elektriese ingenieurswese kan dek. Dit is veel belangriker dat die student voorberei moet word om deur middel van 'n goeie akademiese benadering, goeie vakkundige en humanitiese besluite moet neem en die fundamentele kennis oor sy vakgebied verkry, sodat hy altyd by kan bly met die veranderde tegnologie. 'n Ingenieur moet opgelei word om nuwe kennis en nuwe tegnologie te ontwikkel deur van bestaande kennis en tegnologie gebruik te maak. Om bogenoemde redes is vroeë spesialisasie nie net ongewens is nie, maar *afbrekend* in die vorming van die ingenieur se denkwys. Die kurrikulum van die elektriese ingenieur moet dus tot in die finale jaar basiese aspekte dek, sonder spesialisasie. Keusevakke is oneffektief en 'n onnodige las op die belading van die departementele personeel.

Die kurrikulum van die Departement Elektriese Ingenieurswese word reeds vanaf 1989 aangepas sodat studente minder passiewe en sodoende meer interaktiewe kontaktyd tot sy beskikking het, minder losstaande vakke het en sodoende die genot kan smaak om die geheel te kan verstaan. Daar word eerder op basiese beginsels gekonsentreer, as op die nuutste tegnologie.

## Navorsing en nagraadse studie

Die aantal voltydse nagraadse studente binne die Departement is tans onaanvaarbaar laag. In 'n snel veranderde tegnologiese wêreld, raak dit al hoe belangriker dat die beginsel van navorsing, ontwikkeling en nagraadse spesialisasie uitgebou moet word. In 'n gemeenskap waar nuwe oplossings op gemeenskaplike probleme gevind moet word, is dit uiters belangrik dat die vlak van ons innoverende mannekrag verhoog moet word. As teken word gestel om ongeveer 35% van die geskikte voorgraadse studente, as nagraadse studente te neem teen die jaar 2000, 'n syfer van ongeveer 60 studente. Die huidige *infrastruktuur*, *fasiliteite* en *geskikte personeel* is totaal ontoereikend om die getalle te kan akkomodeer.

Indien ons nie die uitdagings aanvaar nie, sal Suid-Afrika slegs as 'n 3<sup>e</sup>-

wêreldgemeenskap bekend staan wat hoëtegnologie gebruik. Navorsingsrigtings moet ook baie oordeelkundig gekies word en internasionale skakeling moet uitgebou word, sodat kontinue bydraes op 'n internasionale forum steeds gemaak kan word.

Met die nagraadse opleiding word in 'n groter mate op die ontwikkeling van innoverende denke gekonsentreer. Geykte formele nagraadse lesings is eerstens nie slegs tydrowend, vervelig en 'n onnodige belading op die student nie, maar demp sy motivering, geesdrif en innoverende denke. Projekgeoriënteerde programme word ontwikkel om op alle vlakke van nagraadse studie innovasie te bevorder.

## Personeel

Sonder die *geskikte* navorsings- en doserende personeel is dit onmoontlik om bogenoemde uitdagings te aanvaar. 'n Uitnemende dosent kan slegs 4-5 nagraadse studente effektief lei, wat impliseer dat alle personeel uitnemende eienskappe en kwalifikasies moet hê, om die voorgraadse, nagraadse en navorsingsdoelwitte te bereik. Goeie navorsing en ontwikkeling ploeg verder oteenseglik terug na die opleiding van voorgraadse studente, die grondstof van innovasie.

Om egter hierdie personeel na die Universiteit en Departement te lok, en te behou, word al hoe moeiliker in die afgelope tyd. Salarisse van senior dosente is *glad* nie kompetierend met soortgelyke poste in die industrie nie. Daar word deur die industrie verwag dat die Universiteit die geskikte mannekrag moet lewer, dit is egter tans onmoontlik om met huidige personeel en fasiliteite net kop bo water te hou. Daar sal dringend deur die Universiteit, owerheid en industrie beplan moet word om die belangrike taak van opleiding van hoëvlakmannekrag te laat oorleef. Tans is die enigste oplossing tot die probleem om heelwat kontraknavorsing en -ontwikkeling deur geskikte ondernemings, soos die Laboratorium vir Gevorderde Ingenieurswese (LGI), te doen om sodoende nagraadse studente en personeel na die Departement te lok.

## Fasiliteite

Sonder geskikte en moderne toerusting, navorsingsruimte, geskikte infrastruktuur en administratiewe personeel is dit onmoontlik om uitnemende ingenieurs voor- en nagraadse op te lei. Kapitaalbegrotings word jaarliks met groot hoeveelhede besnoei. Die kapitaalbegroting van die Departement is tans nie veel groter as een goeie instrument per jaar nie, wat duurder rekenaar- en ander fasiliteite onmoontlik maak om aan te koop. Die Departement het tans 'n groot probleem om veral navorsing- en voltydse nagraadse personeel te huisves. Kantoorruimtes is uiters skaars. Weer eens kan sekere kapitaalartikels deur middel van kontraknavorsing deur LGI aangekoop word.

## Universiteit-industriesamewerking

Uiteindelik lei die Universiteit ingenieurs op vir die industrie en toepaslike navorsing word tot voordeel van die industrie en gemeenskap in die algemeen uitgevoer. Dit is dus sinvol dat daar baie goeie samewerking tussen die Universiteit en die industrie moet wees. Die samewerking kan beskou word vanuit die volgende hoofpunte:

### (i) Opleiding

Opleiding van professionele elektriese ingenieurs geskied oor 'n tydperk van 4 jaar aan die Universiteit en 3 jaar binne die industrie. Die invloed van die industrie op opleiding is daarom deurslaggewend. Daar word aanbeveel dat professorale leerstoele deur die industrie ingestel moet word binne die Departement om sodoende die industrie-aspekte binne sekere kurrikula in te voer, geskikte dosente te akkomodeer en opleiding van hoëvlakmannekrag in die algemeen te bevorder.

### (ii) Navorsing

Toepaslike navorsingsprogramme is in baie opsigte, soos reeds genoem, die oorlewing van 'n ingenieursdepartement. Sonder 'n goedgestruktureerde navorsingsprogram kan 'n departement nie anders as om te stagneer en sodoende onbekwame ingenieurs op te lei nie. Geskikte navorsingsprojekte kan sinvol deur die industrie geïdentifiseer word en op 'n doelwit-kontrakbasis aan die Departement uitgegee word vir ontwikkeling. Sodoende kan die departement oorleef en die industrie kan waardevolle navorsingsresultate verkry.

### (iii) Werwing van studente

Universiteitsdepartemente kan slegs die aantal ingenieurs oplei wat inskryf vir 'n spesifieke dissipline. Tans word groot pogings aangewend om deur middel van skoleskakeling meer skoliere na elektriese ingenieurswese te lok. Die industrie kan egter ook 'n merkwaardige bydrae maak deur geskikte beurse, beide voor- en nagraads, aan voornemende studente beskikbaar te stel. Wat saam met werwing gaan is natuurlik die vergoedingspakket, werkstevredenheid en geleenthede tot selfverwesenliking van elektriese ingenieurs.

## Resultate

Tans lewer die Departement hoofsaaklik ingenieurs aan die industrie. 'n Opname van beursgewers van finale-jaar elektriese ingenieurstudente, die afgelopen 3 jaar, toon die statistiek, soos in figuur 11 getoon word. Dit is duidelik dat veral ESKOM en YSKOR die grootste verskaffers is van beurse aan elektriese ingenieurstudente.

Navorsing word tans hoofsaaklik aan *voltydse* nagraadse studente en

publikasies van internasionale gehalte gemeet. Gedurende 1987-1989 het die volgende aantal gekeurde publikasies verskyn:

1987: 2 publikasies in gekeurde konferensieverrigtinge

1988: 4 publikasies in gekeurde vaktydskrifte

: 5 publikasies in gekeurde konferensieverrigtinge

1989: Reeds 12 aanvaar in gekeurde konferensieverrigtinge

Reeds 3 aanvaar by gekeurde vaktydskrif

## BEURSGEWERS IN ELEKTRIESE INGENIEURSWESE

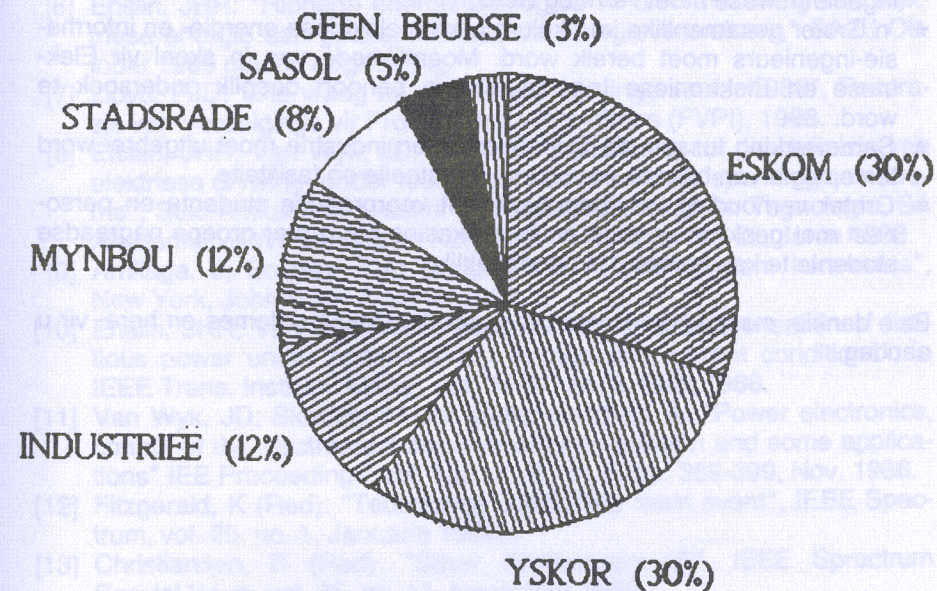


FIG. 11: Verdeling van 4<sup>e</sup>-jaarstudente se beursgewers

Altesaam 14 van bogenoemde referate word voorgedra by buitelandse konferensies, waar die outeurs die referate self moet gaan voordra teen 'n hoë koste. Hierdie kostes kan onder huidige omstandighede nie deur universitêre navorsingsfondse befonds word nie.

Vanuit die Departement het die afgelopen 3 jaar 7 MIng-studente en 1 PhD-student gegraduateer, wat te laag is om aan die behoeftes van die nywerheid te voldoen. Daar word tans gepoog om 'n groter hoeveelheid voltydse PhD-studente binne die Departement te akkommodeer.

## GEVOLGTREKKINGS EN DOELWITTE

Om op te som, kan die volgende stellings gemaak word:

- ★ Om welvaart en werksgeleenthede te skep is *genoeg* elektriese ingenieurs noodsaaklik. Die huidige groeikoers van 5% in elektriese energie-verbruik moet gehandhaaf word vir ekonomiese groei, skepping van werksgeleenthede en welvaart.
- ★ Deur middel van nuwe tegnologie word nuwe uitdagings van uiteenlopende aard aan die elektriese energie-ingenieurs gestel. Dit plaas 'n beperking op die eienskappe van voornemende elektriese ingenieurs.
- ★ Die aantal uitnemende graduati, beide voor- en nagraads, in elektriese ingenieurswese moet verhoog word.
- ★ 'n Groter gesamentlike kurrikulum tussen elektriese energie- en informasie-ingenieurs moet bereik word. Moontlikhede van 'n skool vir Elektriese en Elektroniese Ingenieurswese behoort deeglik ondersoek te word.
- ★ Samewerking tussen die Departement en industrie moet uitgebrei word ten opsigte van beurse, navorsing, leerstoelle en fasiliteite.
- ★ Groter verhouding van nagraadse tot voorgraadse studente en personeel met geskikte vermoë en kwalifikasies om groter groepe nagraadse studente te kan hanteer, is noodsaaklik.

Baie dankie, meneer die Rektor, meneer die Dekaan, dames en here, vir u aandag.

## VERWYSINGS

- [1] Dunn, PD: "Renewable energies: sources, conversion and applications", IEE Energy Series 2, Peter Peregrinus Ltd, London, United Kingdom, 1986.
- [2] Hedley, D: "World energy. The facts and the future", Euromonitor Publications, 1981.
- [3] ESKOM: 1987 ESKOM Jaarverslag.
- [4] ESKOM: Statistiese Jaarboek 1986.
- [5] De Villiers, JWL: "Energy for future generations, 34th Bernard Price Memorial Lecture 1985", SAEI Elektron, vol. 3, no. 1, pp. 5-13, Januarie 1986.
- [6] Enslin, JHR: "Hibriede energietopologieë vir die verskaffing van elektriese energie aan gedentraliseerde energieverbruikers," SAEI Oktober 1988 maandvergadering.
- [7] Lloyd, PJD: "Die vraag na en aanbod van ingenieurs, 1988", Federasie van Verenigings vir Professionele Ingenieurs (FVPI), 1988.
- [8] Enslin, JHR; Van Wyk, JD: "n Nuwe benadering tot die definisie van elektriese drywing, onder toestande van vervormde spannings en strome", Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie, SA Akademie vir Wetenskap en Kuns, vol. 7, no 2, pp. 76-82, Junie 1988.
- [9] Arrillaga, J; Bradley, DA; Bodger, PS. "Power system harmonics", New York, John Wiley & Sons, 1985.
- [10] Enslin, JHR; Van Wyk, JD: "Measurement and compensation of fictitious power under non-sinusoidal voltage and current conditions", in IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. IM-37, no. 3, Sept 1988.
- [11] Van Wyk, JD; Skudely, H-Ch; Müller-Hellman, A: "Power electronics, control of the electromechanical energy conversion and some applications" IEE Proceedings, vol. 133, pt. B, no. 6, pp. 369-399, Nov. 1986.
- [12] Fitzgerald, K (Red): "Technology 1988: The main event", IEEE Spectrum, vol. 25, no. 1, Januarie 1988.
- [13] Christiansen, D (Red): "Silver Anniversary 25", IEEE Spectrum Special Issue, vol. 25, no. 11, November 1988.
- [14] WNNR: WNNR 1987-Jaarverslag.
- [15] Terblanche, SA: "Tegnologiese mannekrag vir ekonomiese ontwikkeling" Konferensie oor mannekragontwikkeling vir die 21ste eeu. Universiteit van Pretoria, 4-7 Nov 1980.
- [16] Bredenkamp, GL: "High power gas lasers developed in South Africa", SAEI Elektron vol. 6, no. 1, pp. 6, Januarie 1989.
- [17] Jurgen, RK (Red): "Technology 1989", IEEE Spectrum, vol. 26, no. 1, Januarie 1989.

# ELECTRIC ENERGY: A PREREQUISITE FOR PROSPERITY

## SUMMARY

Electric energy is a fundamental prerequisite for prosperity in any community, moreso for South Africa. Energy is needed for existence at large, while electric energy is a prerequisite for the development of any community.

The earth has a continuous power input of nearly 20 million Terrawatt from the sun. This large amount of energy is in fact ten thousand times larger than the current annual world energy consumption, if the power input is taken over one year. It seems that we have a lot of energy, unfortunately the energy is spread over a large area, the peak power density from the sun is reasonably low and interrupted by daily cycles. There is therefore a great number of opportunities, in energy technology, open to electrical engineers.

The challenges and constraints of the electrical engineer in a decade and century of multiple technology innovations are described. The emphasis is placed on energy technology and the associated creation of prosperity within South Africa. The intervening of engineers to energy careers is addressed with reference to opportunities in research activities and selfrealization. Aspects of the training of electrical engineers, curricula, and properties of electrical engineers are discussed, with reference to the role of the electrical engineer in the South African industry.