

# WATERKRACHT PERSPECTIEVEN

## REDE

UITGESPROKEN BIJ DE AANVAARDING  
VAN HET AMBT VAN BUITENGEWOON  
HOGLERAAR IN DE WATERKRACHT-  
TECHNIEK AAN DE TECHNISCHE HOGE-  
SCHOOL TE DELFT, OP WOENSDAG  
19 OCTOBER 1955

DOOR

Ir A. R. H. BROUWER

1302 4117



*Mijne Heren Curatoren,  
Mevrouw en mijne Heren, leden van de Senaat,  
Dames en Heren Lectoren, Privaat-docenten en leden van de  
Wetenschappelijke Staf,  
Dames en Heren Studenten en voorts gij allen, die door Uw  
aanwezigheid blijk geeft van Uw belangstelling.*

*Dames en Heren,*

Het is in het kader van de herdenking van het vijftigjarig bestaan van de Technische Hogeschool wel passend er aan te herinneren, dat Professor van MOURIK BROEKMAN op 15 October 1924 en dus bijna precies 31 jaar geleden zijn ambt aanvaardde met een rede, getiteld: „Enige beschouwingen over het water als bron van energie.” De winning van waterkrachtenergie is dus reeds gedurende een geruime tijd aan de Technische Hogeschool gedoceerd.

Dit is een opmerkelijk feit, omdat in Nederland de topografische omstandigheden in het algemeen niet gunstig zijn voor de exploitatie van waterkrachtwerken. Desniettemin bestond voor dit soort energiewinning niet alleen bij de Professoren VAN MOURIK BROEKMAN en BEGEMANN maar ook bij civiel-ingenieurs, die onder hun leiding gevormd zijn, grote belangstelling. Deze belangstelling bestond in de laatste tijd nog altijd, althans wanneer U het met mij eens is, dat in de laatste vijf jaren betrekkelijk veel n.l. 80 ingenieurs of rond 12% van het totaal aantal afgestudeerde civiel-ingenieurs als keuzevak voor hun eindstudie Irrigatie en Waterkracht of Waterkracht of Irrigatie kozen en onder hen ongeveer de helft zich in bijzondere zin met waterkracht ingelaten hebben.

Persoonlijk kan ik mij deze belangstelling goed begrijpen, omdat ik het voorrecht gehad heb op dit gebied practisch werkzaam te zijn geweest en daardoor uit ervaring weet, welke aantrekkelijke aspecten hierbij te pas komen. Ik kan mij daarom

ook goed voorstellen, dat de Afdeling Weg- en Waterbouwkunde ongeveer een jaar geleden als haar mening uitsprak, dat in de bestudering der vraagstukken op het gebied van de winning van waterkracht algemeen vormende elementen besloten zijn, die een voortzetting van het onderwijs in dit opzicht wenselijk maken.

Er bestond ter gelegenheid van het aftreden van Professor BEGEMANN aanleiding tot bezinning over de vraag van de voortzetting van dit onderwijs, omdat in het verleden Nederlandse ingenieurs een werkkring op waterkrachtgebied in het voormalig Nederlands-Indië konden vinden, doch in de toekomst die kans veel geringer moet worden aangeslagen. Weliswaar zal bij een verder voortschrijdende ontwikkeling van Suriname en Nieuw-Guinea ook in die landen de behoefte aan waterkrachtenergie ontstaan of toenemen, maar naar zich laat aanzien zal hiermede nog wel enige tijd gemoeid zijn. Verder is overal ter wereld en in het bijzonder ook in nog onvoldoende ontwikkelde gebieden een streven merkbaar om bij deze ontwikkeling gebruik te maken van nationale hulpbronnen, waaronder ook waterkrachtenergie behoort. Het surplus aan intellect in Nederland en het tekort aan deskundigen in die gebieden opent in beginsel de mogelijkheid Nederlandse civiel-ingenieurs aan de ontginning van waterkrachtobjecten te doen medewerken.

Al te optimistische verwachtingen mag men daarvan mijns inziens echter niet koesteren, omdat ook vele andere landen bereid zijn die ontwikkeling te bevorderen. Nederlandse ingenieurs zijn daarbij in het nadeel, zolang zij geen voldoende ervaring opgedaan hebben. Wel zullen zij tewerk gesteld kunnen worden, indien hulpbehoevende landen overgaan tot de instelling van diensten, waarin naast onervaren inheemse ingenieurs ook buitenlandse collega's plaats kunnen vinden.

Ik breng in dit verband in herinnering, dat de Nederlandse Regering het verlenen van diensten aan het buitenland en minder ontwikkelde gebieden ook op ingenieursgebied, zowel in de vorm van individuele dienstneming als via de activiteit van ingenieursbureaux, gaarne ziet. Men kan zich nu – los van het bestaande of dreigende tekort aan civiel-ingenieurs in Nederland – in het belang van afgestudeerden en van Nederland zelf de vraag stellen of deze dienstverlening op waterkrachtgebied wenselijk is. Dat is m.i. wel het geval, omdat de opgedane er-

varing voor in Nederland in studie zijnde of komende plannen en ook voor Nieuw-Guinea en desgewenst ook voor Suriname van belang kan zijn. Bovendien zou een Nederlandse diplomatieke activiteit tot plaatsing van ingenieurs in minder ontwikkelde gebieden en die van Nederlandse ingenieursbureaux met meer succes bekroond kunnen worden. Men dient zich dan echter af te vragen of er dan geen bijzondere maatregelen getroffen zouden moeten worden. Deze zouden misschien hierin kunnen bestaan, dat men veelbelovende ingenieurs in daarvoor in aanmerking komende landen ervaring laat opdoen en daarvoor de nodige middelen van Overheidswege beschikbaar stelt. Ik ben op deze aangelegenheid enigszins diep ingegaan, omdat dit in het belang kan zijn voor het betrekkelijk groot aantal ingenieurs, dat dank zij de voortreffelijke voorlichting van mijn voorgangers voorliefde voor de waterkrachttechniek hebben getoond en in het algemeen onder de jonge generatie een grote belangstelling bestaat om in het buitenland werkzaam te zijn. Het is voor de docent ongetwijfeld een voorrecht om naast het bijbrengen van algemeen vormende kennis mede te kunnen werken aan het verschaffen of helpen bevorderen van mogelijkheden om daadwerkelijk waterkracht-ingenieur te zijn.

Na deze inleiding zou ik Uw aandacht willen vragen voor enkele aspecten van de winning van waterkrachtenergie.

Onder waterkrachtenergie zou ik willen verstaan de energie, die de mens ontleent aan een nuttige beweging van water en onder het winnen daarvan het bedenken en toepassen van zodanige middelen, dat de samenleving van de gewonnen energie het grootst mogelijke profijt kan trekken. In deze definities liggen de aspecten en ook de vormende elementen van de bestudering daarvan besloten.

In de eerste plaats merk ik dan op, dat hier sprake is van een energiebron. Tegenwoordig wordt hiervan feitelijk alleen nog maar gebruik gemaakt door een omzetting in elektrische energie, hetgeen mogelijk geworden is door de ontwikkeling van turbines, generatoren, transformatoren en transmissieleidingen. Er zijn echter ook andere energiebronnen, die in het verleden en in de toekomst aan de behoeften van de menselijke samenleving voldeden of kunnen voldoen, zoals de zonne-energie, het gebruik van fossiele brandstoffen – zoals steenkool,

bruinkool en aardolie – en in de meeste moderne vorm van atoomenergie.

In verband hiermee zal het alleen mogelijk zijn waterkrachtwerken te bouwen, indien de kostprijs van de energie in vergelijking tot die uit andere bronnen aantrekkelijk is en de rentabiliteit van het waterkrachtobject gewaarborgd is. Er valt in dit verband daarom sterk de nadruk op de economische levensvatbaarheid en de zo groot mogelijke efficiency van elk waterkrachtobject. Dit geldt niet alleen voor het geheel maar ook voor de onderdelen, waaruit een waterkrachtwerk bestaat.

Verder zal iedere energievoorziening en dus ook een waterkrachtwerk aan de eis moeten voldoen, dat de levering van energie ongestoord verloopt. In verband hiermede zal de ontwerpende ingenieur in hoge mate moeten streven naar bedrijfszekere installaties.

Een derde aspect betreft de grootte van de uitbouw van een waterkracht-object. Natuurlijk zal dit in staat moeten zijn om aan de ogenblikkelijke energiebehoefte te voldoen. Aan de andere kant dient in het algemeen rekening gehouden te worden met een groeiende behoefte. En verder zal voorkomen moeten worden, dat men slechts een deel van de potentiële energie benut, omdat dit op roofofbouw neer zou komen.

Er is derhalve een fundamentele studie nodig om tot een technisch-economische oplossing te geraken. De aspecten, die zich hierbij kunnen voordoen, worden in hoge mate beïnvloed door de klimatologische en andere omstandigheden, die van invloed zijn op de hoeveelheid water, die voor de opwekking van waterkrachtenergie beschikbaar is. Aangezien deze hoeveelheid water en ook de energiebehoefte niet constant is, zal men bovendien moeten nagaan of het wellicht noodzakelijk en wenselijk kan zijn om een combinatie van een waterkracht- en een calorische voorziening tot stand te brengen.

Wanneer men zich vanuit deze algemene gezichtspunten nu afvraagt, hoe een waterkrachtwerk tot stand komt, dan kan daarvan het volgende worden gezegd.

Men moet in de eerste plaats weten waar de energiebehoefte bestaat, hoe groot zij nu is en in de toekomst zal zijn en voor welk doel de energievoorziening in het leven geroepen moet worden. Het is met name van belang of men uitsluitend met een industrieel bedrijf te maken heeft of met een algemene

electriciteitsvoorziening, waarvan het karakter zeer wisselend kan zijn. Zo zal men in een overwegend agrarische streek een geheel ander belastingdiagram moeten verwachten dan in een omgeving, waarin industrieën, een stedelijke bevolking en eventueel spoorweg- en andere belangen aanwezig zijn. Op grond van onderzoekingen op dit gebied zal men zich dus allereerst een denkbeeld moeten vormen van de huidige en toekomstige behoefte aan energie en de daarvoor geldende redelijke kostprijzen.

Nu is waterkrachtenergie alleen beschikbaar als er water en een verval aanwezig is, zoals in rivieren, hooggelegen meren en aan de kust in verband met de eb en vloed beweging. Beperken we ons tot de eerstgenoemde mogelijkheden, dan zal men aan de hand van topografische kaarten nagaan, waar voldoende verval aanwezig is en zal men verder gegevens moeten zien te verkrijgen betreffende de beschikbare hoeveelheden water. In ontwikkelde landen, waar waterkracht potentieel aanwezig is, kan men voor dit doel van het waterkrachtkadaster gebruik maken. Dit vermeldt alle gegevens omtrent het verval en de beschikbare debieten. Zijn deze gegevens niet beschikbaar, dan zal een hydrologische studie gemaakt moeten worden. Aan de hand van dit soort gegevens komt men tot een voorlopige keuze van de objecten, die de gunstigste perspectieven bieden.

Daarna zal een locale verkenning nodig zijn. Deze verkenning is van fundamenteel belang voor de beoordeling van de uitvoerbaarheid, de vaststelling van de aanlegkosten en de beslissing over de economische verwerkelijking van het object. In de meeste gevallen zal daarbij de hulp van een ervaren mijnbouwkundig ingenieur of geoloog niet gemist kunnen worden. Immers is het van groot belang de geologische gesteldheid van de terreinen te kennen, waar kunstwerken moeten worden gebouwd, tunnels of reservoirdammen aangelegd, waar een gevaar voor afschuivingen bestaat en poreuse terreinen worden aangetroffen, die een ernstig verlies aan water zouden kunnen veroorzaken. Verder zal men tijdens deze verkenning alle gegevens moeten verzamelen betreffende de aanleg van toegangswegen, de gunstigste plaats van kunstwerken, de beschikbaarheid van bouwmaterialen, enz.

Nadat deze basisgegevens verzameld zijn en zo nodig controle metingen en aanvullende kaarteringen verricht zijn, is

men in staat een voorlopig project voor de waterkrachtvoorziening te maken, een raming van de aanlegkosten op te stellen en de kostprijs van de energie te bepalen.

Voor een eindbeslissing is uiteraard de medewerking van electrotechnische en werktuigkundige deskundigen en van de machine-industrie nodig.

Men kan daarom zeker stellen – en dit is niet in het minst een der aantrekkelijke aspecten van de waterkrachttechniek – dat een waterkrachtwerk alleen tot stand kan komen door een harmonieuze samenwerking van vele deskundigen. Daaronder behoren topographen, hydrologen, geologen, waterbouwkundigen, wegebouwers, experts op het gebied van dammen en tunnels, constructeurs van staal en gewapend beton constructies, deskundigen op het gebied van turbines, electrotechnische ingenieurs, de machine- en electrotechnische-industrie en bekwame aannemers. Voorts zal in vele gevallen de hulp ingeroepen moeten worden van waterloopkundige en grondmechanicalaboratoria. Niet in de laatste plaats zal men zich voor ogen moeten houden, dat waterkrachtobjecten kapitaal-intensieve bedrijven zijn en zal men dus aan de financiering en alle daaraan verder verbonden aspecten grote aandacht moeten besteden. Indien in dit samenspel van deskundigen aan een civiel-ingenieur de coördinatie wordt toevertrouwd, dan spreekt het vanzelf, dat men in belangrijke mate met zaken te maken krijgt, die niet tot zijn eigen vakgebied horen. Hierdoor wordt een verruiming van inzicht verkregen, die het werk van de waterkracht-ingenieur zeer aantrekkelijk maakt.

Ook wanneer aan de civiel-ingenieur een meer bescheiden rol wordt toegekend, dan is een waterkrachtobject interessant, omdat er verschillende typen van waterkrachtwerken bestaan en daarbij ook in onderdelen grote verschillen optreden. Men onderscheidt n.l. werken, waarbij grote hoeveelheden water bij een klein verval moeten worden verwerkt zoals in beneden rivieren en bij eb en vloed centrales. Verder werken, die in hoofdzaak bestaan uit grote reservoirs, die door de afsluiting van een dal gevormd worden. Daarvoor zijn grote dammen nodig, waarachter in de regel de waterkrachtcentrale direct aansluit. En tenslotte heeft men werken, waarbij het water direct aan een rivier wordt ontleent en die een serie van kunstwerken vereisen. Elk van deze typen brengt zijn eigen problemen mede. Ik zal

de verleiding weerstaan daarop diep in te gaan en zal mij daarom tot een kort exposé beperken.

De eerst genoemde werken in de beneden riveren vereisen een studie van het karakter van de rivier, van de belangen van eigenaren van aangrenzende terreinen, van de scheepvaart, het vloten van hout, de visstand, de juiste ligging van de stuw en van het centrale-gebouw en de stabiliteit van alle kunstwerken.

Het is U natuurlijk bekend, welke imposante en grootse ingenieurswerken tot stand komen bij de aanleg van grote reservoirs en van de afsluitende dammen. Bij dit soort werken zal de uiterste zorgvuldigheid in acht genomen moeten worden, omdat het bezwijken van de dam tot enorme verwoestingen aanleiding kan geven. Het spreekt daarom vanzelf, dat men aan de funderingsbodem, de damconstructie en de uitvoering daarvan en aan de capaciteit van de overlaat en andere belangrijke aangelegenheden de grootst mogelijke zorg moet besteden. De opslibbing van dit soort reservoirs beperkt de economische levensduur daarvan. Om deze reden zal het stroomgebied van zulk een reservoir zoveel mogelijk tegen erosie beschermd moeten worden.

Het zoëven genoemde derde type van waterkrachtwerk, waarbij het water direct aan de rivier wordt ontleend, bevindt zich meestal in de boven- of middelloop van een rivier. Hierbij komt al direct de toegang tot zulke werken de aandacht vragen en zal men een wegttracé of een kabelbaan, een tandradbaan of een remhelling behoeven. Verder zullen de nodige kunstwerken in en naast de rivier gebouwd moeten worden om het vereiste stuwpeil en de af te tappen hoeveelheid water te waarborgen. Daarbij zullen met het water meegevoerd grind en zand met behulp van dikwijls ingenieuze zuiveringsinrichtingen verwijderd moeten worden. Het leidingsstelsel kan uit een aaneenschakeling van kanalen, overdekte leidingen, tunnels of leidingen onder druk bestaan. In verband met de wisselende energiebehoefte gedurende het etmaal of in een langere periode zijn meestal accumulatiebekkens nodig, waarin water kan worden verzameld of waaruit water afgetapt kan worden om aan de wisselende omstandigheden het hoofd te kunnen bieden. Een drukleiding vormt de verbinding tussen de aanvoerleiding op hoog niveau en de waterkrachtcentrale op laag niveau, waarin de turbines en elektrische installaties opgesteld worden. De cen-



trale zelf behoort tot de utiliteitsgebouwen, die aangepast moeten zijn aan alle bedrijfsomstandigheden.

Uit deze korte opsomming van het eigenlijke werk van een waterkracht-ingenieur blijkt, hoe gevarieerd het programma kan zijn en welke mogelijkheden zich op dit gebied voor hem kunnen voordoen.

Ik wil nu Uw aandacht vragen voor de omvang van de bestaande en de potentiële waterkrachtenergie en voor enkele moderne toepassingen voor de winning daarvan.

Er is sinds lang een economische groei in de wereld merkbaar. De daarmee samenhangende verbetering van de levensstandaard, waarnaar in het bijzonder ook vele landen streven, die na de jongste wereldoorlog hun zelfstandigheid hebben verkregen of tot nieuwe activiteit zijn overgegaan, is natuurlijk niet mogelijk zonder een daaraan evenredige ontwikkeling van de energiebronnen. Daarom wordt in landen, die over natuurlijke energiebronnen, in welke vorm ook beschikken, een in versneld tempo toenemende aandacht aan de ontwikkeling daarvan besteed. Electricische energie heeft de industrie, de kleinbedrijven en de landbouw in staat gesteld de productie van hun bedrijven te rationaliseren, de arbeidsvoorwaarden te verbeteren en het gebrek aan arbeidskrachten in de landbouw door de mechanisatie daarvan aan te vullen, kortom de economische productiviteit in alle sectoren van de menselijke samenleving te verhogen en de levensomstandigheden te vergemakkelijken en te veraangename.

De enorme toename van het electriciteitsgebruik in de wereld, dat zich momenteel overigens nog tussen zeer wijde grenzen beweegt voor de verschillende in hoge mate ontwikkelde landen enerzijds en nog niet ontwikkelde of achtergebleven gebieden anderzijds, heeft de Unesco in 1951 aanleiding gegeven tot de publicatie van een geschrift, getiteld: „Energy in the service of Man”. Op grond hiervan is het electriciteitsgebruik van de wereld in 1947 bepaald op 25 biljoen kWh per jaar en wordt dit voor het jaar 2000 geschat tussen grenzen, die neerkomen op het drie- en elfvoudige daarvan. Hoewel de ramingen van de beschikbare fossiele brandstoffen zeer uiteenlopen en periodiek in belangrijke mate worden herzien, bestaat de kans, dat deze energiebronnen niet in staat zullen blijken aan de behoefte aan electricische energie op den duur te voldoen.

Hetzelfde geldt, zoals ik nog hoop aan te tonen, voor waterkrachtenergie. Het is daarom een verheugend bericht, dat binnen afzienbare tijd atoomenergie beschikbaar zal komen om de behoefte te helpen dekken. Het is daarbij uiteraard de vraag voor welke prijs atoomenergie aan de industrie en ten behoeve van een algemene electriciteitsvoorziening ter beschikking kan worden gesteld. Het is echter bijna wel zeker, dat de winning van waterkrachtenergie, die aan locale omstandigheden gebonden is en daarom betrekkelijk kostbare transmissieleidingen nodig maken, in vele gevallen duurder zal blijken te zijn, dan die van een geperfectioneerde winning van atoomenergie.

Toch is het in dit verband interessant te vernemen tot welke schatting van het potentieel waterkrachtvermogen Dr. Ing. VLADIMIR SLEBINGER komt in een publicatie voor de Fourth World Power Conference. Hij heeft zich aan die schatting gewaagd door gebruik te maken van de waterkrachtkadasters in verschillende landen en voorts door het opstellen van een berekening met behulp van kaarten en hydrologische gegevens.

Nu is een schatting van het potentiële waterkrachtvermogen vanzelfsprekend nog iets geheel anders dan het technisch uitvoerbare en het economisch aanvaardbare vermogen. De grens tussen deze beide vermogens is natuurlijk veranderlijk en zal bij toepassing van atoomenergie weer geheel anders kunnen komen te liggen dan in het verleden en thans.

Voor Europa, waarvan de kadastrale gegevens het best bekend zijn, komt SLEBINGER tot de conclusie, dat van het potentiële vermogen 70% uitvoerbaar zal zijn. De U.S. Geological Service komt echter slechts tot 35%. Voor de overige werelddelen waagt SLEBINGER zich niet aan een uitspraak op dit gebied, omdat daarvoor onvoldoende gegevens bekend zijn.

Onder het voorbehoud, dat zijn raming 15% mis kan zijn, schat hij het potentiële waterkrachtvermogen in de wereld op 4,4 miljard kW in een gemiddeld droog jaar en op 34% daarvan in een extreem droog jaar. Bij een belastingfactor van 50% van alle in de toekomst potentieel mogelijke waterkrachtcentrales zou de elektrische productie in een gemiddeld droog jaar dan gesteld kunnen worden op rond 19 biljoen kWh of rond 7% van de voor het jaar 2000 door de Unesco geraamde maximale energiebehoefte. Intussen zal zelfs bij ongewijzigde economische verhoudingen dit percentage veel kleiner uitvallen, omdat van

het potentiële vermogen slechts een betrekkelijk klein gedeelte technisch of economisch winbaar zal blijken te zijn. Een waarschuwend geluid ten aanzien van al dit soort schattingen werd gehoord ter gelegenheid van de Fifth International Congress of Large Dams, op grond waarvan een potentieel waterkrachtvermogen slechts aanwezig wordt geacht in tropische zônes met een regenval boven 1500 mm en in gematigde zônes met een regenval boven 760 mm per jaar. Op deze manier komt men slechts tot een vermogen van rond 12% van dat van SLEBINGER.

Hoe dit ook zij, het waterkrachtvermogen is op den duur zeker niet in staat om aan de stijgende behoefte aan energie te voldoen. Bovendien komt dit vermogen zeer verspreid over de wereld voor. Het rijkt aan vermogen zijn in volgorde de werelddelen Azië, Afrika en Zuid-Amerika.

Dit is wel begrijpelijk, omdat de klimatologische en topografische omstandigheden aldaar bijzonder gunstig zijn voor het voorkomen van waterkrachten.

Intussen is nog een enorme uitbreidingsmogelijkheid voor de winning van waterkracht aanwezig, want het geïnstalleerde vermogen bedraagt momenteel in de wereld slechts 100 miljoen kW. Vooral gedurende de oorlog en ook daarna is een grote activiteit ontplooid om van deze natuurlijke energiebron gebruik te maken. Behalve in verband met oorlogsomstandigheden en de daarmee gepaard gaande verstoring van normale verbindingen is deze activiteit mede het gevolg van de verdere ontwikkeling van de chemische industrie en de toenemende vraag naar staal en aluminium. Ook speelt hierbij een rol de toepassing van de „multi-purpose-planning” van rivieren, waarbij de belangen van de scheepvaart, het voorkomen van overstromingen, de energievoorziening, de bevoeiing, de drinkwatervoorziening en de recreatie in onderling verband worden bekeken. In het bijzonder in de Verenigde Staten van Noord Amerika, Canada, Frankrijk, Zwitserland, Italië, India, Chili, en andere landen is de activiteit op waterkrachtgebied in de laatste jaren opvallend. Andere landen, zoals Noorwegen en Oostenrijk, zijn bezig en beramen plannen om het overschot aan beschikbare waterkrachtenergie via koppelleidingen naar het buitenland uit te voeren. Indien in toenemende mate op dit gebied in Europa samenwerking verkregen zou kunnen worden, is het ook voor Nederland van belang bij dit overleg steeds

meer en misschien ook financieel te worden betrokken en van de mogelijkheden op dit gebied te profiteren.

Ik hoop U in dit korte overzicht een denkbeeld te hebben gegeven van het betrekkelijk doch anderzijds toch ook niet te verwaarlozen belang van de waterkrachtenergie in de wereld en van onze naaste omgeving.

Als men zich nu afvraagt, in welke richting zich de moderne waterkrachttechniek beweegt, dan moet hierbij onderscheid gemaakt worden tussen de opzet, het civiel-technische, het electro-mechanische gedeelte en de bedrijfsvoering van waterkrachtwerken.

Wat de opzet betreft is er een tendens aanwezig om waterkrachtwerken, die het water direct aan een rivier ontlenen, in toenemende mate te doen dienen als spitscentrales naast calorische centrales met een basisbelasting en dit wel in het bijzonder als de kosten voor de waterkrachtvoorziening niet groter zijn dan die van de besparing aan brandstoffen en overige benodigdheden van calorische centrales. Daarnaast is men in het bijzonder in Europa bezig met de aanleg van grote reservoirs, waardoor het mogelijk is om het gehele jaar door een zoveel mogelijk constante belasting door het waterkrachtwerk te doen afgeven. In Frankrijk, Engeland en Amerika worden min of meer gevorderde plannen bestudeerd voor de bouw van getijdencentrales, waarbij van de eb en vloed beweging gebruik wordt gemaakt. In landen met een grote behoefte aan elektrische energie zal men het inconvenient van een intermitterende of niet constante energieafgifte van dit soort centrales kunnen opheffen, door tijdelijke stopzetting van calorische centrales en waterkrachtwerken, die hun energie aan grote reservoirs ontlenen.

In vele landen wordt aandacht besteed aan het oppompen van tijdelijk overtollige hoeveelheid water in reservoirs, waaruit gesuppleerd kan worden gedurende de perioden, dat er meer water nodig is dan in die perioden in de rivier beschikbaar. Op deze wijze kan tijdelijk aan een grotere energiebehoefte worden voldaan of kan energie beschikbaar gesteld worden op tijdstippen, waarin zij tegen een hogere prijs afgezet kan worden.

Bij het ontwerpen van waterkrachtreservoirs is het o.a. noodzakelijk de maatgevende afvoer te kennen voor het dimentioneren van de overlaat, waarover al het toegevoerde water tot afstroming moet komen, zodra het reservoir tot het ontworpen

peil gevuld is. Voor het bepalen van deze afvoer wordt in navolging van HAZEN veelvuldig de waarschijnlijkheidsleer en de mathematisch statistische methoden op dit gebied toegepast.

Men is in Amerika echter tot de opvatting gekomen, dat voorspellingen omtrent toekomstige omstandigheden niet met voldoende zekerheid aan de genoemde methode ontleend kunnen worden. Men geeft daarom in gevallen, waarbij grote verwoestingen aangericht kunnen worden, tegenwoordig de voorkeur aan de z.g. „unit hydrograph”-methode, die echter alleen met succes toegepast kan worden als men over behoorlijke basisgegevens beschikt. Aanleiding voor deze veranderde opinie is het voorkomen van exceptionele hoge rivierafvoeren, die bij de toepassing van de methode HAZEN niet voor den dag komen.

Bij de bouw van reservoirdammen spelen de verbeterde constructiemethoden, de keuze van de bouwmaterialen, de middelen tot verlaging van de warmteontwikkeling in beton door koeling van de materialen vóór de menging en diverse andere omstandigheden een rol bij het streven naar de bouw van steeds hogere dammen.

Bij aarden dammen gaat men hierbij reeds tot een hoogte van 140 m in gewalste uitvoering. Gespoelde dammen worden steeds minder toegepast.

Stalen drukleidingen zijn in het verleden veelvuldig toegepast. Bij het toenemen van de inwendige druk bij waterkrachtwerken, die met een groot verval en een grote hoeveelheid water werken, werd de toepassing van stalen leidingen practisch onmogelijk, omdat de wanddikte daarvan dan te groot zou worden. Men is toen overgegaan tot z.g. „bandagierte Röhre”, die bestaan uit cilindrische mantels, waaromheen stalen ringen gekrompen werden. Nog later heeft men de buizen versterkt met ringvormige of continu gewonden kabels van een bijzondere staalsoort. En ten slotte is men er toe gekomen om de stalen buisleiding in de fabriek aan een overmatige druk te onderwerpen en op die wijze een leiding samen te stellen, die aan de bedrijfseisen ten volle voldoet. Er is in dit opzicht derhalve een belangrijke ontwikkeling te constateren.

Op het gebied van turbines is een duidelijke streven merkbaar naar de opstelling van steeds groter eenheden. Zo zijn in Amerika en elders al Francis turbines geïnstalleerd van 110.000 kW en Kaplan turbines van rond 50.000 kW. Francis turbines

worden reeds toegepast met een drukhoogte van 300-450 m, waarvoor vroeger alleen Pelton turbines in aanmerking gekomen zouden zijn.

Zoals bekend worden generatoren gekoeld. Hiervoor werd vroeger dikwijls een open systeem van luchtkoeling gebruikt, waarbij de koele lucht aan de buitenlucht ontleend werd en de warme lucht naar buiten afgevoerd werd, voorzover daaraan voor de verwarming van de centrale in koude streken of perioden geen behoefte bestaat. Tegenwoordig circuleert bij moderne uitvoeringen de lucht tot afkoeling van de generator in een gesloten systeem, dat zelf weer door een waterkoeling afgekoeld wordt. Op deze wijze komt er minder stof in de generator, blijft de temperatuur lager, is minder onderhoud nodig, ontstaat minder lawaai en is in warme streken of 's zomers de temperatuur in de centrale lager, omdat minder warmte door de generatoren afgegeven wordt.

In enkele landen en met name in Zweden, Noorwegen, Frankrijk en Zwitserland past men ondergrondse centrales toe, waarbij niet in de eerste plaats een bescherming tegen oorlogsgevaar maar topografische omstandigheden en overwegingen van rentabiliteit een rol spelen. Als enkele van de belangrijkste voordelen worden de geringe onderhoudskosten en de lange levensduur genoemd en daarom ziet men dikwijls niet op tegen een hoger bedrag voor de aanlegkosten van dit soort werken.

Dit exposé wil ik beëindigen door nog even de aandacht te vestigen op de toepassing van een automatische bedrijfsvoering en die van de afstandbediening vanuit een centraal punt van centrales zowel met een gering als een betrekkelijk groot vermogen. In Canada, de United States, Frankrijk en in afgelegen streken van Schotland wordt dit systeem met succes toegepast.

Uit deze betrekkelijk summier gehouden opsomming van enige moderne opvattingen en toepassingen op het gebied van de winning, de exploitatie en de bedrijfsvoering van waterkrachtwerken zal U zijn gebleken, dat ook op dit technisch gebied de ontwikkeling niet stil staat en dat van deze menselijke inspanning de samenleving kan profiteren, omdat daardoor sneller, beter en goedkoper in de behoefte aan elektrische energie in de toekomst kan worden voldaan.

Er rest mij thans nog een persoonlijk feit te memoreren. De

belangstelling, die ik voor de waterkrachtstudie tijdens de colleges van VAN MOURIK BROEKMAN als privaat-docent verkreeg, werd gedurende mijn diensttijd in het voormalig Nederlands-Indië verdiept door de samenwerking met alle chefs en collega's van de Dienst voor Waterkracht en Electriciteit en later – zowel voor als na de oorlog – van het Departement van Verkeer en Waterstaat. Het zou mij te ver voeren alle Heren met name te noemen, aan wie ik mij in dit opzicht verplicht gevoel. Ieder, die hem van nabij gekend heeft, zal echter kunnen billijken, dat ik hierbij een uitzondering maak voor Ir. CH. F. VAN HAEFTEN, die mijn eerste chef was bij de aanleg van het waterkrachtwerk Oebroeg en mijn hoogste chef tijdens de bezetting van Indië door de Japanners gedurende de laatste wereldoorlog. Ik wil hier gaarne mijn gevoelens van dankbaarheid en hoge waardering uitspreken voor Ir. VAN HAEFTEN, omdat zijn leiding en adviezen mij hebben helpen vormen en ik hem vooral in de moeilijke periode, waarover ik het zo juist had, heb leren kennen als een zeer bekwaam ingenieur, een geboren leider, een hoogstaand mens en een uitstekend Nederlander, die helaas zijn leven heeft verloren tijdens de dramatische omstandigheden in Indië tijdens de laatste oorlog. Ik ben er van overtuigd, dat velen met mij hem nog steeds in hoge ere houden.

*Dames en Heren,*

Aan het einde gekomen van mijn exposé over enige waterkrachtperspectieven zij het mij allereerst vergund mijn eerbiedige dank uit te spreken jegens Hare Majesteit de Koningin voor mijn benoeming tot buitengewoon hoogleraar aan de Technische Hogeschool.

*Mijne Heren Curatoren,*

Ik ben U zeer erkentelijk voor het vertrouwen, dat U in mij als opvolger van Professor BEGEMANN voor wat het onderwijs in waterkrachtaangelegenheden betreft, hebt gesteld en voor het feit, dat U mij voor deze functie hebt voorgedragen. Ik wil U gaarne toezeggen, dat ik er naar zal streven dit vertrouwen te blijven behouden.

*Mevrouw en mijne Heren, leden van de Senaat,*

Ik acht het een groot voorrecht in Uw midden te zijn opgenomen en in onderling overleg en samenwerking de belangen van de Technische Hogeschool te mogen helpen behartigen.

*Mijne Heren ambtgenoten van de Afdeling Weg- en Waterbouwkunde,*

Gaarne wil ik uiting geven aan mijn erkentelijkheid voor de wijze waarop U mij in Uw kring hebt opgenomen en mij van voorlichting hebt gediend bij de aanvaarding van een functie, die tot voor kort geheel nieuw voor mij was. Uit de beschouwingen van mijn rede zal U zijn gebleken, dat er bij de bestudering van de waterkrachttechniek vele gebieden zijn, waarop Uw bijzondere ervaring van groot belang is. Ik hoop daarom dan ook van de door U uitgesproken bereidwilligheid om mij in bijzondere gevallen van voorlichting te dienen gebruik te maken.

*Waarde BEGEMANN,*

Ik zal steeds een dankbare herinnering behouden aan de wijze, waarop U mij met de op waterkrachtgebied te behandelen stof vertrouwd hebt gemaakt. Bovendien is de prettige omgang, die sinds onze eerste kennismaking in Indië heeft bestaan en door het thans bestaande contact weer is mogelijk geworden, voor mij een voortdurend genoegen.

*Waarde VREEDENBURGH,*

Als het U gaat als mij, dan denk ik steeds met genoegen terug aan de tijd, dat wij met vele andere collega's het voorrecht hadden in Nederlands Indië bij de Dienst voor Waterkracht en Electriciteit werkzaam te zijn. Weliswaar liepen onze werkzaamheden in verband met de ons toevertrouwde taak uiteen, maar dit nam niet weg, dat een vruchtbare samenwerking heeft



bestaan, totdat Uw tijd gekomen was om in Nederland de functie van hoogleraar aan de Technische Hogeschool te vervullen. Ik acht het een voorrecht nu weer in dit opzicht tot een prettige samenwerking ook met U geroepen te zijn.

*Waarde BERKHOUT,*

De door Professor BEGEMANN verrichte zware taak van het doceren van Irrigatie en Waterkracht delen wij nu samen. Wij hebben van het begin af de behoefte gevoeld hierbij een zeer nauw contact te onderhouden, omdat wij beiden te maken hebben met niet inheemse takken van de praktijk van een civiel-ingenieur. Ik ben er van overtuigd, dat deze samenwerking in het belang zal zijn voor de studenten, die ons beiden dikwijls als ondeelbare eenheden zien van het vak van hun keuze.

*Mijne Heren leden van de wetenschappelijke staf van de Afdeling Weg- en Waterbouwkunde,*

Hoewel het contact tussen U en gewone hoogleraren veel intensiever is dan dit met mij als buitengewoon hoogleraar het geval kan zijn, hoop ik toch, dat dit zo zal uitgroeien, dat wij op den duur de overtuiging hebben, dat wij elkaar niet kunnen missen. In het bijzonder op Ir. RIETVELD en Ir. VAN GEUNS hoop ik ook in de toekomst een beroep te mogen blijven doen. Gaarne betuig ik mijn erkentelijkheid voor de wijze waarop zij en ook Ir. VAN MALDE mij tot nu toe behulpzaam geweest zijn bij de uitoefening van mijn taak.

*Mijne Heren HEEDERIK, HUPKENS VAN DER ELST, VERHEY en DER WEDUWEN,*

Ik wil hier gaarne openlijk uitspreken, hoezeer ik het heb gewaardeerd, dat U mij in de gelegenheid gesteld hebt om de uitnodiging te aanvaarden om mij beschikbaar te stellen voor het doceren van de waterkrachttechniek aan de Technische Hogeschool. Ik acht dit in de eerste plaats een bewijs van Uw

ruime belangstelling voor het algemeen belang, die mij overigens bekend was. En voorts een bewijs van vertrouwen, dat ik een goede weg zal weten te vinden om meer dan een heer op de juiste wijze te dienen. Ik geef U gaarne de verzekering, dat ik zal trachten mijn functie als raadgevend ingenieur zo goed mogelijk te vervullen en de daarbij verkregen ervaring ten goede te doen komen aan de opleiding van civiel-ingenieurs.

*Dames en Heren Studenten,*

Het is betrekkelijk moeilijk om in de korte tijd, die er elk cursusjaar beschikbaar is voor het doceren van de waterkracht-techniek, U een zo afgerond mogelijk denkbeeld daarvan te geven als in overeenstemming is met de gevarieerdheid van dit onderwerp. Ik zal mij daarom tot de hoofdzaken moeten beperken en het zal daarom dus wel nodig zijn, dat U ernstig werk maakt van de bestudering van de bestaande litteratuur. Mochten zich daarbij moeilijkheden voordoen, dan ben ik uiteraard gaarne bereid om deze te helpen oplossen. In het algemeen stel ik voorzover de tijd dit toelaat een veelvuldig contact met U op hoge prijs. Ik hoop, dat op deze wijze het resultaat van Uw studie U voldoening zal schenken en U voor deze tak van de techniek een belangstelling moogt verkrijgen, die zij zeker waard is.