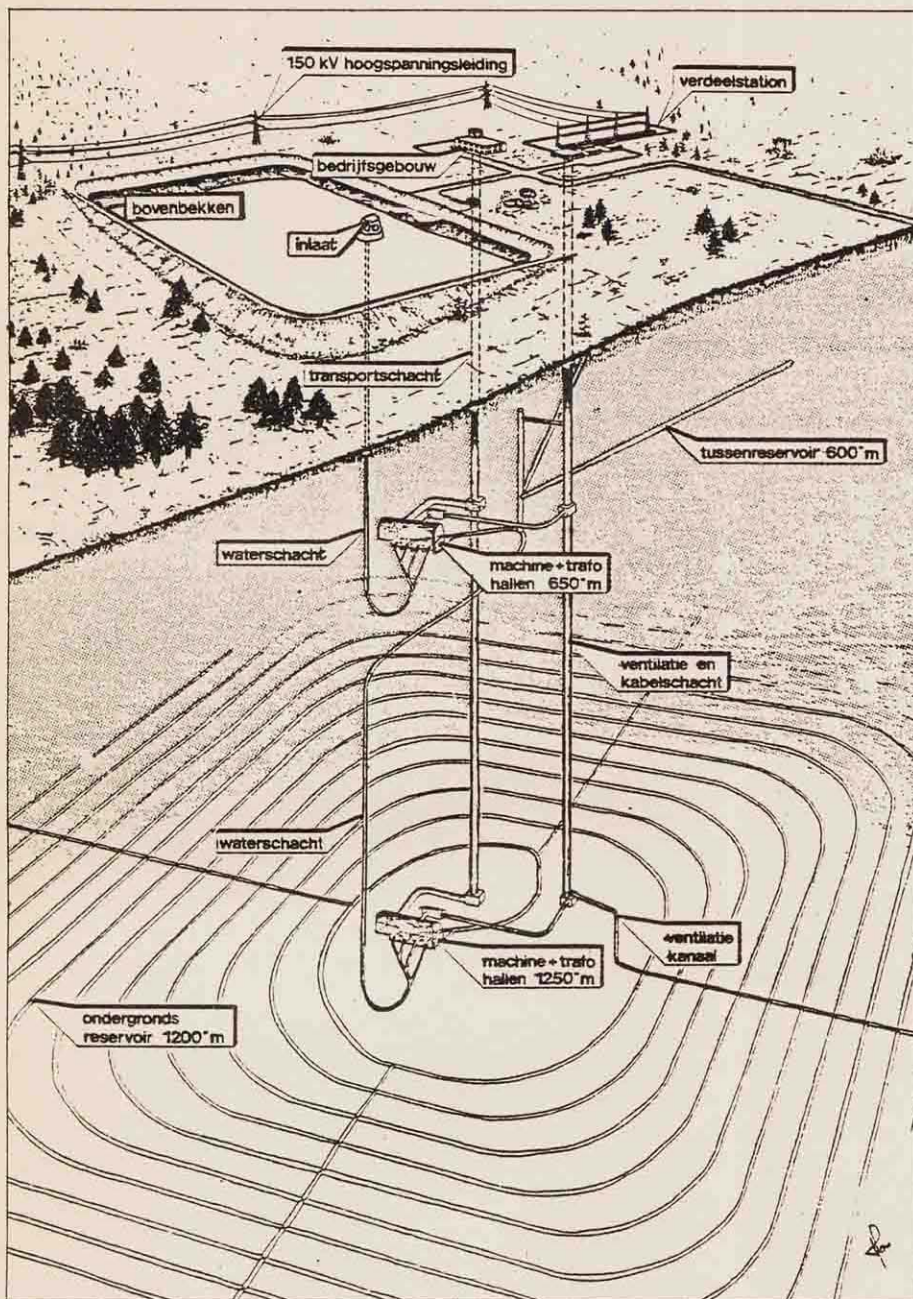


# katern



elektriciteit  
uit  
gasstroom

witte  
steenkol  
in Limburg

Impressie 800MW O.P.A.C.

bijlage bij allicht

redactieadres: postbus 8107, 5004 GC Tilburg, tel. 040 122819  
giro 4208201 t.n.v. penningm. Allicht, Tilburg

losse verkoop € 1,00

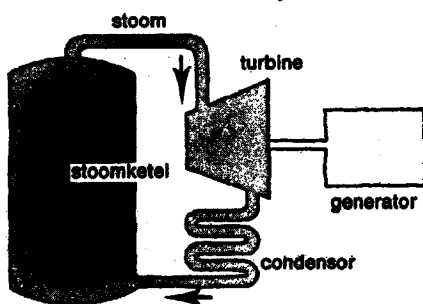


# elektriciteit uit gasstroom

De MHD-techniek is een methode om het rendement van elektriciteitscentrales direkt te verhogen. En wel aanzienlijk, met ongeveer een faktor twee. De techniek staat echter in Nederland op een laag pitje.

## techniek en voordelen

De conventionele stoomcyclus



Een zeer heet, elektrisch geleidend medium dat door een magnetisch veld beweegt, wekt een elektrische spanning op. Op dit principe berust de werking van de MHD-generator. Deze kan gekoppeld worden aan de apparatuur van de huidige elektriciteitscentrales. Het rendement kan op deze manier verhoogd worden tot circa 60%; een goede reden dus om het onderzoek naar de toepassingsmogelijkheden aan te moedigen. De activiteiten blijken in Nederland echter op een laag pitje te staan. Bij de opwekking van elektriciteit in de centrales wordt gebruik gemaakt van de warmte die vrijkomt bij de verbranding van primaire energie-dragers, zoals kolen en gas. Met deze warmte wordt stoom geproduceerd. Deze stoom drijft vervolgens een turbine aan, waar een dynamo ofwel generator aan gekoppeld is. Een groot deel van de warmte verdwijnt echter via het koelwater en in de buitenlucht. Dat betekent een grote belasting van het milieu. Hierdoor is het rendement van dit proces niet erg hoog, maximaal 40%. Dit betekent dat slechts 40% van de geproduceerde warmte omgezet wordt in elektrische energie.

Bij gebruik van een MHD-generator wordt het rendement aanzienlijk verhoogd. Het principe gaat als volgt: een zeer heet elektrisch geleidend gas van ongeveer 2000 °C wordt door een kanaal gestuurd waarin een sterk magnetisch veld heerst. Hierdoor worden de positieve en negatieve ladingen in dat gas van elkaar gescheiden, waardoor een spanningsverschil ontstaat tussen boven- en onderkant van dat kanaal. Dit spanningsverschil wordt dan afgenomen via elektrodes welke in de kanaalwand zijn ingebouwd. Na dit kanaal gepasseerd te zijn is het gas nog heet genoeg om er een konventionele turbine mee aan te drijven. Er zijn twee fundamentele redenen waardoor het rendement verhoogd wordt:

- een hoge begintemperatuur is belangrijk om in staat te zijn een voldoende groot verloop van de temperatuur in het kanaal te bewerkstelligen. Hoe groter dit verschil, des te groter het rendement.

- . warmte wordt direkt omgezet in elektriciteit, dus zonder gebruik van draaiende delen, die wrijvingsverliezen veroorzaken.

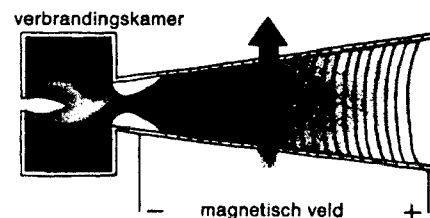
Deze toename van het rendement heeft een besparing van brandstoffen tot gevolg van 20 tot 30%. Bovendien een aanzienlijke beperking van de thermische vervuiling van het oppervlaktewater en veel minder luchtverontreiniging. Toch zal het nog wel een tiental jaren duren voordat de eerste commerciële MHD-centrales in West-Europa kunnen gaan draaien. Dit is voor een deel te wijten aan de geringe activiteiten die ontplooid worden op het gebied van MHD-onderzoek. In Nederland is vrijwel het hele MHD-onderzoek aan de Technische Hogeschool in Eindhoven gekoncentreerd. Men houdt zich vooral bezig met onderzoek aan zogenaamde gesloten MHD-systemen, die vooral geschikt zijn voor toepassing in kleinere elektriciteitscentrales. Eind vorig jaar heeft Geerlings, directeur energie-ontwikkeling van het ministerie van Economische Zaken, een miniatuur MHD-centrale in bedrijf gesteld, die bedoeld is om de technische en economische haalbaarheid van MHD-centrales verder te onderzoeken. Economische Zaken heeft het Eindhovens projekt gesubsidieerd met zes miljoen gulden. Daarbij is wel de voortgang van het projekt afhankelijk gesteld van een tweetal factoren. In de eerste plaats is positief advies vereist van een onderzoekskommissie, die een vergelijkende studie verricht van het MHD-systeem en andere rendementsverhogende voorschakelsystemen. Ten tweede eist Economische Zaken een grotere betrokkenheid van de Nederlandse industrie in het MHD-projekt.

Helaas heeft de industrie tot nu toe maar bitter weinig belangstelling getoond, behalve dan deelname aan een studie in opdracht van Economische zaken door VMF, HOLEC, ECN en het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium. Ze willen blijkbaar geen geld investeren in een projekt, dat misschien pas over tien jaar of nog langer voor de industrie interessante resultaten gaat opleveren. In het buitenland wordt vooral veel onderzoek gedaan aan open MHD-systemen. De resultaten in de USA, China, Rusland en diverse andere landen zijn zeer bemoedigend. In Rusland levert een 25 megawatt MHD-centrale al stroom aan het Moskouse elektriciteitsnet.

Of Nederland in de toekomst een actieve rol zal kunnen gaan spelen op het gebied van de MHD-techniek is een onzekere zaak. Veel zal afhangen van de vraag of de TH in Eindhoven in staat zal zijn om de Nederlandse industrie nauwer bij hun projekt te betrekken.

HB

De magneto-hydrodynamische generator



belangstelling gering

# witte steenkool in Limburg

Bij de uitdrukking WITTE STEENKOOL denkt men onwillekeurig aan bergachtige streken waar met waterkracht elektriciteit wordt opgewekt. Maar ook in Nederland is dit mogelijk, getuige al eerder in dagbladen verschenen artikelen. Een voorbeeld is het plan Lieveense, waarover in een volgend nummer meer. In dit artikel gaat het over een projekt dat de pers gehaald heeft onder de naam "Witte steenkool in de Limburgse mijnen".

Schommelingen in de vraag naar elektriciteit beïnvloeden het rendement van de opwekking ongunstig. Overdag is de vraag hoog, terwijl er 's nachts stroom over is. De hier beschreven methode zorgt voor een evenwichtiger patroon van de vraag.

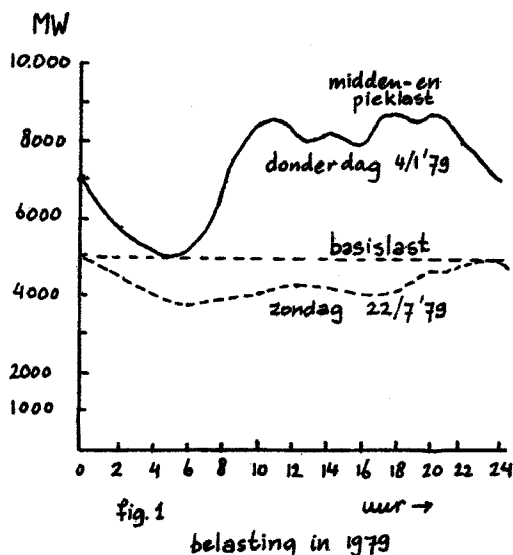
Het artikel berust op een voorstudie.

Eind 1979 was het totale opgestelde elektrisch vermogen in Nederland ca. 15.000 MW (= megawatt; één magawatt is één miljoen watt). De grootste belastingpiek daarentegen bedroeg in dat jaar 9400 MW (zie figuur 1). In feite is er dus overcapaciteit. Bovendien is de toename van het elektriciteitsverbruik minder dan lange tijd geraamd werd. Zelfs zoveel minder dat men daarom de stroomtarieven wil verhogen. In ieder geval zal er in Nederland voor de nabije toekomst voldoende produktievermogen beschikbaar zijn.

Iedere dag verschilt de vraag van uur tot uur. Daarom zijn centrales voortdurend onderhevig aan een proces van op- en afregelen. In het algemeen wil men vermijden dat een centrale 's nachts wordt stopgezet en 's morgens weer opgestart wordt. Een dergelijke "koude start" neemt namelijk enkele uren in beslag. Men doet er trouwens goed aan te bedenken dat het vermogen van een kerncentrale nauwelijks te regelen is. Een kerncentrale is daarom volstrekt niet geschikt om de pieken in de vraag te volgen. Voorlopig kunnen deze centrales alleen de al bestaande overcapaciteit nog verder vergroten.

In Nederland zijn als normale pieklasteenheden gasturbines opgesteld, ongeveer 345 MW.

## Inleiding



Een nadeel hiervan is minder efficiënt gebruik van de hoogwaardige brandstof gas. Een alternatief voor gasturbines is het opslaan van energie in zgn. akkumulatiecentrales, dit is tijdelijke overcapaciteit benutten om overtollige energie op te slaan. Door het toevoegen van een akkumulatiecentrale is het mogelijk aan de tijdelijk toenemende vraag naar elektriciteit te voldoen zonder uitbreiding van het bestaande produktievermogen. De bedoeling van een pomp akkumulatiecentrale (PAC) is het overdag gebruiken van tijdens nachturen opgeslagen energie. De PAC berust op het omhoog- en omlaagbrengen van water met behulp van pompen en turbines. Gedurende de piekbelasting wordt het water naar beneden gevoerd om via turbines elektriciteit op te wekken.

Het inzetten van een PAC kan leiden tot de volgende verbeteringen in de elektriciteitsproduktie:

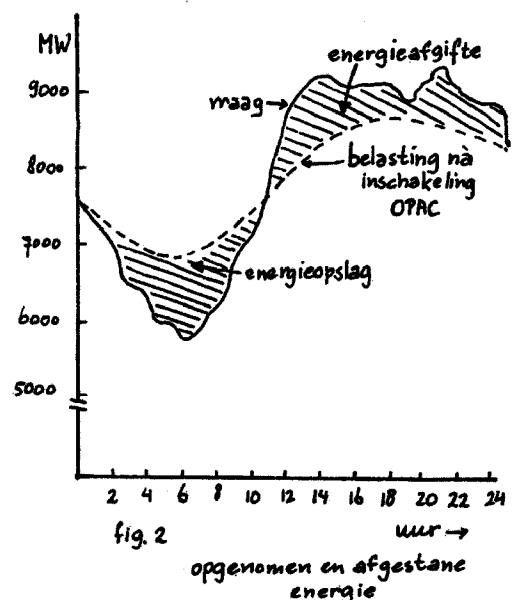
- . voor het produceren van het piekvermogen kan het dure gas vervangen worden door goedkopere brandstof;
- . het rendement van de overige centrales wordt hoger, omdat ze gelijkmatiger belast worden;
- . het aantal centrales kan verminderd worden;
- . het gehele produktiesysteem wordt beter regelbaar (zie figuur 2);
- . er wordt een snel inzetbaar reserve-vermogen geschapen;
- . wisselende energieproductie van bronnen als zonne- en windenergie kan ermee worden opgevangen.

De eerste PAC's werden in de jaren twintig in Duitsland en Zwitserland aangelegd. Daar gebruikte men de natuurlijke hoogteverschillen. In Nederland denkt men aan een ondergrondse PAC (OPAC) met een ondergronds in plaats van een bovengronds benedenbekken. Het voordeel hiervan is dat er meer plaatsen voor in aanmerking komen daardat de inbreuk op het milieu beperkt blijft. Een OPAC legt een veel geringer beslag op het landoppervlak. Dit kan voor een centrale met een energiehoeveelheid van 4000 MWh/dag op 20 tot 40 hectare neerkomen, dat is ééntiende van het voor een gebruikelijke PAC vereiste grondoppervlak. De voor de bouw hiervan toe te passen technieken vallen geheel binnen het raamwerk van de PAC's en de mijnbouwkundige werken die tegenwoordig worden uitgevoerd. Doordat in de loop van de tijd veel ervaring met gewone waterkrachtcentrales en PAC's is opgedaan, hebben de elektromechanische installaties een hoge graad van betrouwbaarheid bereikt. Bij de konstruktie van een OPAC moet met een groot aantal factoren rekening gehouden worden, zoals de hoeveelheid opgeslagen energie, de snelheid van opname en afgifte en het energieverlies van het systeem. Verder de geologische structuur ter plaatse en de gevol-

## akkumulatie-centrale

### voordelen

### OPAC (ondergrondse pomp akkumulatiecentrale)





## waterbekkens

gen voor de omgeving. Tenslotte de kosten. Hieronder komen verschillende van deze zaken nog aan de orde.

Een in het Nederlands net opgenomen PAC kan in staat zijn besparingen op brandstofkosten te bewerkstelligen. Tijdens het pompen wordt meer elektrische energie opgenomen dan er bij het turbinebedrijf wordt geproduceerd. Dagelijks gaat 20% van de bij het pompbedrijf opgenomen energie verloren en wordt uiteindelijk 80% teruggewonnen. In de Nederlandse situatie is bij de hoogste belasting een OPAC-vermogen van tussen de 500 en 1200 MW mogelijk. Uitgaande van de momenteel ter beschikking staande gegevens lijkt het reëel voor een OPAC een grootte aan te houden van 800 MW. Het rendement van het OPAC-systeem is dus 80%. De pomptijd zal maximaal 11 uur bedragen. Tijdens de dag zal het maximaal af te geven vermogen voor korte periodes 800 MW zijn. De voorgestelde OPAC kan gedurende 260 dagen per jaar elke dag 13 uur lang elektriciteit aan het net leveren, zodat de bijdrage ongeveer de helft is van die van een basiscentrale. De belasting van het elektriciteitsnet bepaalt hoeveel energie kan worden opgenomen en hoeveel energie kan worden afgestaan. Bij een bepaald turbinevermogen komt een verdubbeling van de hoogte (diepte) overeen met een halvering van de reservoirinhoud. Daar de kosten van het ondergronds reservoir een zeer groot deel uitmaken van de totale kosten van een OPAC, moet men de ligging van het benedenreservoir zo diep mogelijk kiezen. Mijnbouwkundige activiteiten worden tegenwoordig tot diepten tussen de 1500 m in het Roergebied en 1800 m in Rusland uitgevoerd. Voor een OPAC kan men mikken op diepten tot ongeveer 1400 meter. De momenteel verkrijgbare pompen, turbines of omkeerbare pompturbines zijn echter nog niet geschikt voor een dergelijke diepte. De momenteel haalbare opvoer/valhoogte is ca. 650 meter. Door het toepassen van twee etages kan men deze hoogte verdubbelen. De ene helft van de machines wordt opgesteld op een diepte van 650 meter, de andere helft op een diepte van 1250 meter. Water dat de hoogste etage doorlopen heeft wordt via een tussengelegen reservoir op het eerste niveau door de lage etage geleid die tot een diepte van 1250 meter gaat (zie tekening voorop). Het opgestelde vermogen bestaat dan uit acht machine-eenheden van ieder 100 MW, dus vier machines op het eerste niveau en vier machines op het tweede niveau.

Een OPAC met twee etages heeft ook twee reservoirs nodig, namelijk een tussenreservoir op 600 meter en een hoofdopslagreservoir op 1200 meter diepte. Beide reservoirs bestaan uit een stelsel van tunnels. In het carboon is een tunnelstelsel namelijk goedkoper en veel eenvoudiger te maken dan een holle ruim-

te. Het gehele spiraalvormige reservoir zal ondergronds een oppervlak beslaan van ongeveer 1500 bij 1500 meter (225 ha).

Het hoofdbekken zal met een nuttige inhoud van 1,4 miljoen m<sup>3</sup> een hoeveelheid energie van 6000 MWh op kunnen nemen, waarmee tijdens de piek 4800 MWh geleverd kan worden. Het reservoir bestaat uit horizontale tunnels met een inwendige diameter van 6,5 meter en een totale lengte van 44 km. Door bekleding met gewapend beton, zal uitwisseling van grondwater en het vereiste proceswater slechts op zeer kleine schaal plaats kunnen vinden.

De lange verticale schachten waar het water doorheen stroomt worden natte schachten of drukschachten genoemd. Zij hebben een diameter van 4 meter en gaat tot een diepte van 1250 meter. Andere schachten dienen voor luchtventilatie, transport en kabels. Zij worden de droge schachten genoemd. Transport van materiaal en personen vindt via de transportschacht plaats. De bekleding van de droge schachten is in het dekterrein van staal en beton en in het carboon uitsluitend van beton. In het dekterrein moeten de schachten namelijk waterdicht zijn tegen het indringen van grondwater.

De verdeel- en verzamelleidingen van en naar de trubines worden de natte tunnels genoemd. Zij hebben een inwendige diameter van 4 meter. Naar de turbines toe worden ze steeds nauwer tot 1,5 m diameter. De bekledingen van deze leidingen en ook die van de drukschachten is van staal en beton. De droge tunnels zijn van een doorsnede tussen de 3 en 6 meter. Indien de OPAC geheel nieuw aangelegd wordt in de Peelhorstformatie zal de bouwtijd uitlopen tot 9 à 10 jaar vanwege de ongunstige dekterreinlagen. Wordt er echter gebruik gemaakt van de huidige schachten van de Beatrixmijn dan is een uitvoeringstijd van 6 jaar te realiseren.

Een OPAC met zijn ondergrondse holruimten zal alleen daar mogelijk zijn waar de geologische omstandigheden en de mijnbouwkundige technieken dit toelaten. Het gesteente dat in Nederland voor een OPAC het meest geschikt is is het zgn. carboon. De plaatsen die in aanmerking komen zijn de Peelhorstformatie in Oost-Brabant en Midden-Limburg, het zuiden van Zuid-Limburg, de Achterhoek en de omgeving van Amersfoort. Het wederom in gebruik nemen van oude mijnen is niet mogelijk, omdat de meeste ondergrondse ruimten zijn ingestort. Wel mogelijk zijn de nooit in gebruik genomen schachten van de Beatrixmijn in Vlodrop. In het algemeen kan men ook beter gebruik maken van reeds bestaande waterbekkens als bovenreservoir, bijvoorbeeld grindgaten. Voor dat reservoir kan men een ringdijk als damwant aanleggen of in het bestaande maaiveld een gat graven. Men kan ook beide methodes

## schachten en tunnels

## bouwtijd

## vestigingsplaatsen

kosten

kombineren. Het reservoir voor een 800 MW OPAC met 1250 meter verval kan bijvoorbeeld gevormd worden door een 20 meter hoge dijk welke in een vierkant van 350 bij 350 meter aangelegd wordt.

Ekonomisch aantrekkelijk aan de OPAC zijn de langere levensduur, de kortere bedrijfstijd en het geringe onderhoud ten opzichte van gewone centrales. Bovendien kan door het inzetten van een OPAC brandstof gespaard worden. Het aantal personeelsleden van de OPAC zal beperkt kunnen zijn tot ongeveer twintig personen.

De kosten van de ondergronds werken bedragen 70 à 75% van de totale kosten. Met de bouw van de in dit onderzoek gekozen 800 MW OPAC zal op het huidige prijsniveau een bedrag tussen de 1,0 en 1,3 miljard gulden gemoeid zijn, dat is f 1300 - f 1600 per kW. De aangegeven kosten moeten afgewogen worden tegen investeringen van f 600 - f 700 per kW voor gewone gasturbines en f 1600 - f 1800 per kW voor toekomstige centrales als kolencentrales met uitgebreide milieubeschermingsvoorzieningen.

in het kort

Met het opslaan van energie in een accumulatiecentrale kan men tot rendementsverbeteringen komen bij de bestaande elektriciteitscentrales. Ook kunnen aanzienlijke besparingen bereikt worden. Een OPAC zal een gedeelte van de piekbelasting op zich kunnen nemen, zodat het vermogen in de toekomst minder sterk hoeft uitgebreid te worden.

Uitvoering is alleen mogelijk in de Limburgse Peelhorstformatie, bijvoorbeeld de voormalige Beatrixmijn, of in Zuid-Limburg waar het vereiste gesteente (carboon) aan de oppervlakte komt.

De bouwkosten van een 800 MW OPAC zijn in de orde van 1,0 tot 1,3 miljard gulden en de uitvoeringstijd zal variëren van 6 tot 7,5 jaar. Globaal geldt dat de economische levensduur van ongeveer 50 jaar het dubbele is van die van een thermische centrale, terwijl de personeelsbezetting een kwart zal zijn van die van thermische centrales en de onderhoudskosten naar verhouding de helft.

Totzover de samenvatting van het rapport van de TH Delft, het ingenieursbureau HASKO en de Koninklijke Stevin. Gezien de konklusies in het laatste gedeelte van dit vooronderzoek ligt het ons inziens voor de hand om niet langer te dralen maar snel de schop ter hand te nemen. Al was het alleen al om de werkgelegenheid in de zwakke Limburgse regio te stimuleren.

Wat wij hier gegeven hebben betreft slechts een vooronderzoek, maar het mag toch duidelijk zijn dat er binnen de tak van de civiele techniek genoeg inventiviteit schuilt om een grote bijdrage te leveren aan het oplossen van het energieprobleem.



slot