211690

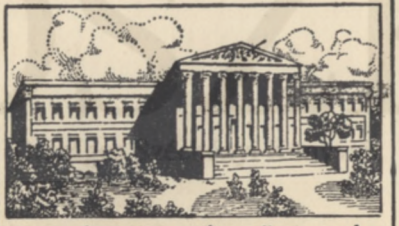
Népszer
letmészet
tudomány
könyvtár

OSZK

7

N. M.

MAGYAR NEMZETI MUZEUM
ORSZÁGOS SZÉCHÉNYI KÖNYVTÁRA



OLVASÓTERMI KÉZIKÖNYVTÁR
012480.
KIKÖLCSÖNÖZNI NEM SZABAD

OSZK
Országos Széchényi Könyvtár

OSZK
Országos Széchényi Könyvtár

012480

NÉPSZERŰ
TERMÉSZETTUDOMÁNYI
KÖNYVTÁR

7.

ZELOVICH KORNÉL

A JÖVŐ ENERGIAFORRÁSAI

*

K. M. TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

OSZK
Országos Széchényi Könyvtár

NÉPSZERŰ TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖNYVTÁR

7.

A JÖVŐ ENERGIAFORRÁSAI

ÍRTA:
ZELOVICH KORNÉL

(20 képpel)

OSZK
Országos Széchényi Könyvtár

KIADJA A KIR. MAGYAR TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT
BUDAPEST, 1928

12480

M. N. MÚZEUM KÖNYVTÁRA

OSZK
Országos Széchényi Könyvtár

211690

12.451/7

012480

R 1965

M. N. MUZEUM KÖNYVTÁRA
I. Nyomt. Növedéknapló
192 9 év. 73 sz.

Királyi Magyar Egyetemi Nyomda Budapest. (Múzeum-körút 6.)

TARTALOM

Oldal

I. Az energiagazdálkodásról általában

1. Az energiagazdálkodás célja 5
2. Az energia mértéke 6
3. Az erő és munka közti különbség 10
4. Az ókori és a mai energiagazdálkodás 14
5. Energiaátalakulások 19
6. A hatásfok javítására irányuló törekvések 21
7. Az elektromos izzólámpa csekély hatásfoka 24
8. Az energia megmaradásának elve 33

II. A ma energiaforrásai

1. A világ szénkincse és előrelátható tartama 41
2. A világ nyersolajkincse és előrelátható tartama 49
3. A világ tőzegkincse 52

III. A jövő energiaforrásai

1. A napsugarak energiája 55
2. A vulkán mint gőzgép 73
3. A levegő elektromosságának kihasználása 78
4. A tenger árapályának energiája 80
5. Energia a tenger hullámaiból 91
6. Energia tengervízből 92

IV. A ma és jövő energiaforrásai

1. A fa 95
2. A víz 99
3. A szél 114
4. Az atomenergia 123

Befejezés 125

OSZK
Országos Széchényi Könyvtár

A JÖVŐ ENERGIAFORRÁSAI.

I. Az energiagazdálkodásról általában.

1. Az energiagazdálkodás célja.

Az energiagazdálkodás az általános gazdálkodásnak egyik legfontosabb része. Az energiaforrások ismertetésével kapcsolatban tehát mindenekelőtt az energiagazdálkodás célját kell megállapítanunk.

Az energiagazdálkodás célja az, hogy minél tökéletesebben kihasználjuk a rendelkezésünkre álló energiát.

Az energia felhasználásakor e szerint ne pazaroljunk, hanem a legkisebbre szorítsuk a felhasznált energiának azt a részét, amelyet a kitűzött célra nem tudunk hasznosítani. Nyilvánvaló, hogy ezáltal a rendelkezésünkre álló energiaforrások élettartamát meghosszabbítjuk.

Törekednünk kell továbbá, hogy lehetőleg olcsó energiaforrásokat vegyünk igénybe és eddig nem használt energiaforrásokat tárjunk fel.

Ilyen módon hosszabb ideig tudjuk biztosítani a világ energiaszükségletét.

Minden energiapazarlás, minden megokolatlan energiafecsérlés ugyanis gazdasági szempontból nemcsak az illető országnak, ahol ez megtörténik, hanem az egész emberiségnek megkárosítása.

Valóban joggal mondotta Wilhelm Ostwald, hogy *a minél takarékosabb energiafelhasználás mértéke a népek kultúrájának.*[1]

[1] Hans v. Jüptner: Allgemeine Energie-Wirtschaft.

2. Az energia mértéke.

Az energia tulajdonképen képesség munka végzésére. Az energia munkát teljesít. Ennek a munkának nagysága az energiának mértéke. Annál nagyobb e szerint az energia, mennél nagyobb munkát tud teljesíteni.

Az energiának különböző fajtái vannak. Lehet a testnek helyzeténél fogva munkavégző képessége, energiája. Ezt az energiát *helyzeti* vagy *potenciális* energiának nevezzük. Helyzeti energiája van a bizonyos magasságra felemelt tárgynak, pl. a cölöpverő-gépnél a magasba emelt ütőkosnak. Leejtve a cölöp fejére annál nagyobb munkahatást gyakorol, minél magasabbra emeltük fel. A tárgy felemelésére fordított munka mértéke a helyzeti energiának.

A tudományos technika alapvető tudománya, a mechanika, megállapítja, hogy a munka az *erő*nek és az *út*nak szorzata.

A technikában, amint ismeretes, az erőt *kilogramm*okban, az utat *méterek*ben, tehát a mechanikai munkát e kettő szorzatával, a *kilogrammméterek*ben mérjük.

Az erőegység (kg) szorozva az útegységgel (m) adja a munkaegységet, a kilogrammétert (kg.m), azaz annak a munkának nagyságát, amelyet ki kell fejteni, hogy egy kg terhet egy m magasságra emeljünk.

A munka nagysága pl. 80 munkaegység (kg. m) akkor is, ha 20 *kg*-ot 4 *m* magasra, vagy pedig 40 *kg*-ot 2 *m* magasra emelünk.

A testeknek azonban nemcsak helyzetüknél, hanem sebességüknél fogva is lehet energiájuk. Az energiának ezt a fajtáját *mozgási* vagy *kinetikai* energiának nevezzük. Használják ennek az energiának megjelölésére az *eleven erő* kifejezést is, amely azonban félreértésre adhat okot, mert az energia mértéke, amint

említettük, nem erő (kg), hanem az általa kifejtett munka (kg. m).

Mozgási energiája van pl.: a robogó vonatnak, a kilőtt ágyúgolyónak, a folyóvíznek stb.

A mozgási energia mértéke — a test tömege (m) szorozva a sebesség (s) négyzetének felével $\left(\frac{ms^2}{2}\right)$ — szintén *kilogrammméter*.

Hogy a nagysebességű vonatban felhalmozott energia mily óriási nagy, arról a következő példa ad képet: 313 *t* súlyú gyorsvonatban, ha sebessége s = 28 m/sec (= 100 km/óra), a felhalmozott mozgási energia éppen akkora, mint 100 egyszerre kilőtt ágyúgolyóban, ha egy-egy ágyúgolyó súlya 10 kg, s a kilőtt golyó sebessége 500 m/sec.

Mind a két esetben ugyanis az energia nagysága kereken 12,500.000 kg. m.

Ennek a mozgási energiának rendkívüli nagy voltából elképzelhető, hogy milyen borzasztó a hatása ilyen nagysebességű vonatok összeütközésének. A bennük felhalmozott óriási kinetikai energia ugyanis ekkor pusztító munkában nyilatkozik meg. Egyszersmind felvilágosítást kapunk arról is, hogy milyen értékük van még a kisebb sebességű és tömegű városi vasúti kocsiknál is az ú. n. elgázolást gátló találmányoknak.

A potenciális és kinetikai energián kívül még egyéb fajta energia is van. Előadásunk folyamán majd hivatkozunk hőenergiára és elektromos energiára is.

A hőenergiát *kalóriá*kban, az elektromos energiát *Watt*okban mérjük.

Kalória alatt a tudományos technikában azt a hőmennyiséget értjük, mely egy kg víznek hőfokát egy Celsius fokkal fölemelni képes. Ez az ú. n. *kg.kalória*, vagy *nagykalória*. A fizikában viszont *kalória* alatt azt a hőmennyiséget értjük, amennyi szükséges, hogy egy gramm víznek hőfokát egy Celsius fokkal fölemelje.

Ez a fizikai egység az ú. n. *gramm.kalória*, vagy *kiskalória*. A technikában használt *nagykalória* e szerint ezer *kiskalóriával* egyenlő.

Ismételve végrehajtott igen pontos mérésekből kitűnt, hogy egy *nagykalória* mindig *427 (kg.m)* energiának felel meg.

Az elektromos energia egységét a gőzgép feltalálójának tiszteletére nevezték el *Watt*nak. A tudományos technikában rendesen *kilowatt*okban, tehát a *Watt* ezerszeresében mérjük az elektromos energia nagyságát.

A mérnök a gép munkájáról akkor kap megfelelő felvilágosítást, ha tudja, hogy az bizonyos munkát mennyi *idő* alatt teljesít. A gép teljesítőképességét jellemzi az *időegység* (másodperc, secundum) alatt végzett munka, amelyet *teljesítmény*nek nevezünk. A teljesítmény tehát a másodpercenkinti kg.m (kg.m/sec).

Ha pl. *egy másodperc alatt* 5 *kg*-ot 20 *m* magasra, vagy 10 *kg*-ot 10 *m* magasra, vagy pedig *két másodperc alatt* 5 *kg*-ot 40 *m* magasra emelünk, az időegységre, tehát *egy másodpercre* vonatkoztatott teljesítmény mind a három esetben ugyanaz: 100 kg.m/sec.

A mechanikai és az elektromos munkaegység között a viszony a következő: 1 kg.m/sec = 9·81 Watt.

Kétségtelen, hogy huzamos időn át hatva parányi kis erők is nagy munkát tudnak kifejteni.

A nagy Fáraó alkotásait is tönkreteszi elborító munkájával a gyenge szellő, amely után, amint Madách mondja:

„Vékonyka porréteg marad, hol elszáll.
Egy évben e por csak néhány vonalnyi,
Egy századévben már néhány könyök,
Pár ezredév guláidat elássa,
Homoktorlaszba temeti neved."

Jellemzően írta a neves római költő, Ovidius: „Gutta cavat lapidem non vi, sed saepe cadendo." (A vízcsepp kivájja a követ nem erővel, hanem gyakori eséssel.)

Ha azonban építés közben kőkockában lyukat kell előállítani, ezt a műveletet semmiesetre se bíznók a vízcseppre, mert ennek esetleg csak évszázadokig tartó munkája tudná a szükséges lyukat kivájni.

A leeső vízcseppnek igen kicsiny a teljesítménye. Ezért mondja Ovidius, hogy (non vi, sed saepe cadendo) nem erővel hat, hanem ismételt gyakori eséssel. Ovidius még nem ismerte az erő és munka közti különbséget. A *nem erővel* (non vi) meghatározás nem szabatos, mert a kis leeső vízcseppnek is van energiája. Ovidius azonban a vízcsepp munkájában jó megfigyeléssel a gyakori esésre veti a súlyt.

Nyilvánvaló, hogy minél hosszabb idő alatt végez el valamely munkát a gép, annál kisebb a teljesítménye. Mai gépeink munkateljesítménye általában olyan nagy, hogy annak mérésére a kg.m/sec mértékegység általában igen kicsiny, s e célra nagyobbat, a 75 kg.m/sec egységet használják és ezt az egységet lóerőnek nevezzük.[1]

A *lóerő* elnevezés korántsem mondható szerencsésnek, mert egy ló huzamosabb ideig nem tud *egy lóerő*nek megfelelő munkát teljesíteni.

A lóerő elnevezést a gőzgép feltalálója, James Watt, vezette be a technikába.[2] Watt egyik első gőzgépjét egy sörfőzőtelepen állította fel, hogy ott szivattyúművet hajtson, amelyet odáig egy ló tartott üzemben. A sörfőző meg akart győződni arról, vajjon lesz-e erre a célra a gépnek megfelelő teljesítőképessége. E célból megállapította, hogy lova erejének teljes kihasználásával, folytonosan ostor alatt, 8 óra hosszat mennyi víztömeget tudott szivattyúzni. Az ilyen megfeszített erővel szivattyúzott víztömegből az emelési magasság figyelembevételével ki lehetett számítani, hogy a ló egy

[1] Egy *lóerő* = 75 *kg.m/sec* = 736 *Watt*.
[2] Arthur Fürst: Das Weltreich der Technik. IV. köt., 92. l.

másodperc alatt 75 *kg* vizet emelt *egy m* magasságra. Ettől kezdve WATT gépeinek teljesítményeit ezzel a mértékegységgel mérte és ezt a másodpercenkinti 75 kg.m munkaegységet *horse power*-nek nevezte el, ami szószerint *lóerőt* jelent.[1]

A *lóerő* elnevezés e szerint inkább véletlenül jutott a géptechnikába, s mivel munka megjelölésére szolgál, tulajdonképen, éppúgy mint az *eleven erő*, nem is helyes kifejezés; a gyakorlat azonban elfogadta, s általában használja.

Az elektromos munka nagyságának mérésére a technika a *kilowattóra* egységet használja. A gyakorlat céljaira ugyanis a *Watt*-teljesítmény és a másodperc időegység kicsiny.

Egy *wattsekundum* 0·102 kg.m, ezzel szemben a *kilowattóra* 367 ezer kg.m munkának felel meg.

Az Elektromos Művek által szolgáltatott elektromos energiát rendesen kilowattórákban számítják és fizetik. Elektromos világítás esetén, mint ahogyan Budapest Székesfőváros Elektromos Művei is teszik, kilowattórák helyett a fogyasztott hektowattórák számát szokták megadni.

3. Az erő és munka közti különbség.

Tudjuk, hogy bármely tömeg mozgásbahozatalára *erőhatás* szükséges.

Már GALILEI megállapította, hogy nyugalomban levő tömeg nem jöhet mozgásba, viszont mozgásban levő tömeg nem mehet át nyugalomba és nem tudja mozgásának módját megváltoztatni anélkül, hogy valamely *erő* ne hatna rá.

A technikus nyelvben az energia a munkával felcserélhető, mert, amint említettük, az energia nagyságát

[1] FÜRST i. m.

az általa kifejthető munkával mérjük, de különbséget kell tenni az *erő* és az erő által végzett *munka* között. Ezt a megkülönböztetést azonban, amikor energiaforrásokról van szó, nem szoktuk következetesen megtenni. Beszélünk pl. vizierőkről, holott akkor tulajdonképen a vizierők által kifejthető munkára, energiára, gondolunk. Széltiben, hosszában használunk ilyen homályos kifejezéseket: erőteljesítmény, vagy munkaerő, holott más az erő és más az erő által kifejthető teljesítmény vagy munka. Ebből a szempontból szigorúan véve, amint már említettük, nem helyes az *eleven erő*, valamint a *lóerő* elnevezés alkalmazása munkateljesítmény megjelölésére.

Az *erő* és *munka* közti különbséget, habár átvitt értelemben is, a teremtésre vonatkoztatva, megkapó finomsággal teszi meg a legnagyobb német költő: Goethe csudálatosan szép költeményében, a Faust-tragédiában.

Amikor Faust tanítványával, Wagner-rel együtt husvéti sétájából hazatér, a „tudósszobá"-ban belekezd János evangéliumának fordításába.

A munka azonban nehezen indul meg, mert azonnal az első mondatnál fennakad a görög *logos* szónak értelmezésében. A szószerinti fordítást: „kezdetben volt az ige", nem tartja helyesnek. Úgy véli, mégsem lehet a világegyetem eredetét ennek az egy szónak tulajdonítani, még ha ezt a szót maga az Úr Isten mondotta is. Első pillanatra jobban tetszik neki ez az értelmezés: „kezdetben volt az ész". Ez alatt a költő az alkotás szándékát, az alkotás akarását gondolja. De ez az értelmezés sem elégíti ki Faust-ot. Lehet-e az ész magában véve teremtő? Lehetséges-e, hogy ilyes módon jöjjön létre minden?

Felveti tehát a kérdést: „való, hogy mindent ész teremt elő?"

Az akarat nyilván feltétlenül szükséges, hogy az

anyagot mozgásba hozzuk, s mivel minden mozgást erő idéz elő, a kora tudományának egész területén jártas nagy költő tudatosan írja: „kezdetben volt az erő".

Goethe magasröptű gondolatát szinte kiegészíti nagy epikus költőnknek, Arany János-nak, „*Domokos napra*" című, tanítványának, Tisza Domokos-nak névnapjára írt, remek költeményében az ismert szép szállóige:

„És tudod az erő micsoda? Akarat,
Mely előbb vagy utóbb, de borostyánt arat."

Azt lehetett volna gondolni, hogy most már Faust az erő kifejezésnél megmarad, mert tovább már nem tudja mélyíteni a „*logos*" fogalmát.

A tépelődő Faust-ban azonban újabb kétségek ébrednek fel. Hiszen az akarat végrehajtó eszköz nélkül semmit sem tud létrehozni, mint ahogy az erő észszerű irányítás nélkül nem tud produkálni. Jól megfontolva, az alkotás, a teljesítmény, a munka, a tett: ész és erő együttes hatásának eredménye.

Az ihlet segítségére jön Faust-nak, s bátran írja le János evangéliumának első sora gyanánt: „kezdetben volt a tett".

A most vázolt gondolatokat Goethe[1] — Kozma

[1] Geschrieben steht: „Im Anfang war das *Wort*".
Hier stock ich schon! Wer hilft mir weiter fort?
Ich kann das Wort so hoch unmöglich schätzen,
Ich muss es anders übersetzen,
Wenn ich vom Geiste recht erleuchtet bin.
Geschrieben steht: „Im Anfang war der *Sinn*".
Bedenke wohl die erste Zeile,
Dass deine Feder sich nicht übereile!
Ist es der *Sinn*, der alles wirkt und schafft?
Es sollte stehen: „Im Anfang war die Kraft!"
Doch auch indem ich Dieses niederschreibe,
Schon warnt mich was, dass ich dabei nicht bleibe.
Mir hilft der Geist! auf einmal seh' ich Rath
Und schreibe getrost: „Im Anfang war die *Tat*!"

Andor remek fordításában — művészi módon így építi fel:

„Kezdetben volt az *ige*" — írva van.
S már itt a kétség! Jó ez csakugyan?
Ige, e szónak nincs elég nagy súlya,
Le kell biz' ezt fordítnom újra,
Ha szellemem dicsőbb munkára kész.
Mond az írás: „Kezdetben volt az *ész*!"
Első sor ez, — jól megfontoljad,
Hogy éppen ezt el ne siesse tollad!
Való, hogy mindent *ész* teremt elő?
Jobb így lesz: „kezdetben volt az *erő*!"
De még írom, s már int valami bennem,
Hogy helyesebb e szórul is letennem.
Ihlet segíts!... Most megvan, segített,
S bátran írom: „kezdetben volt a *tett*!"

És itt a nagy természettudós költő azt a tettet gondolja, amely akkor állott elő, amikor az ész, illetőleg az értelmes akarat vezette az erőt, amikor a teremtő azt végezte, amit mi a magunk körében munkának nevezünk.[1]

Goethé-nek idézett mélyértelmű sorait sok kritikus kifogásolta. Filológiai szempontból ugyanis a görög *logos* fogalmának említett kimélyítését nem tartották szerencsésnek. Az *ige*, az *ész*, az *erő* és a *tett* egymás után következésében nem találták meg a fogalomtartalomnak szándékolt fokozását.

Pedig kétségtelen, hogy a nagytudású Goethe a kezdetben levő tett alatt alkotó munkát értett és így az idézett sorokban az egymásra következő fogalomtartalomnak páratlanul kifejező fokozása, az erő, meg a munka között pedig éles megkülönböztetés van.

[1] Boyesen: Ein Kommentar zu Goethes Faust. Reclams Universal-Bibliothek. 1521—1522. 42., 43. l. és Arthur Fürst i. m. 91. l.

4. Az ókori és a mai energiagazdálkodás.

Az észszerű tett, a munka, az igazi alkotó. A teremtés koronája, az ember, az állattól főképen önálló gondolkodása, értelme és munkatehetsége által különbözik.

Az ember szellemi energiájának segítségével használja fel a fizikai energiákat, nyilvánvaló tehát, hogy célszerű energiagazdálkodás megfelelő szellemi energia kifejtése nélkül el sem képzelhető.

Csakis kellően kiképzett, a tudományos kutatás legújabb eredményeit uraló egyének szellemi munkájával lehet helyes energiagazdálkodást kifejteni.

Nyilván nem lehetett szó energiagazdálkodásról az ókorban.

Évezredeken át az ember munkateljesítésre főképen karjait, saját izmait vette igénybe. Hatalmas művek létesítésére, óriási terhek mozgatására az akarat megvolt már az ókorban is, minthogy azonban e célra a természeti erőket még nem tudták igénybevenni, tömérdek emberi erőt erőszakkal használtak fel.

Így állott elő a rabszolgaság, félelmetes szenvedéseket hárítva az emberek nagy tömegére.

A civilizáció haladása szempontjából oly annyira fontos tengeri hajóközlekedés huzamos időn át kezdetleges módon az evezős hajókkal szintén rabszolgák, a gályarabok, fizikai erejének megfeszítése árán volt lehetséges.

Az emberi izomerőnek évezredeken át ilyen embertelen módon kihasználásában az emberi szenvedéseknek hatalmas tragikuma nyilatkozik meg.

„Ha ez nem a pokol, akkor legalább is a purgatórium", mondja Sancho Panza Cervantes *Don Quixote*jában, aki először utazva gályán, borzalommal látja és hallja az evezőfelügyelőnek a gályarabok meztelen hátát korbácsoló ütéseit avégből, hogy ezeknek a szeren-

csétlen emberi munkagépeknek kétségbeesett erőfeszítésével a hajó sebesebben haladjon.[1]

Valóban gályarabnak lenni, vagy az ókori bányákban dolgozni rosszabb volt a halálnál.

És hiába szólaltak fel az embertelen kínzások ellen emberségesen érző szívek; hiába írtak kiváló költők emberszeretetről, testvériségről; hiába hivatkoztak a krisztusi tanra: szeresd felebarátodat, mint tenmagadat, a lélekölő rabszolgamunkát mindaddig nem tudták megszüntetni, míg helyesebb energiagazdálkodásra nem tértek át és a tudományos technika az összes gépek között legkedvezőtlenebb hatásfokkal dolgozó emberi munkagépek, a rabszolgák, helyébe a jobb energiakihasználást lehetővé tevő valódi munkagépeket nem állította.

Az ókorban az időnek nem volt becse. Kinek jutott volna eszébe még arra is gondolni, hogy a felhasznált energiából mennyi rész hasznosíttatik.

Az ókor hét világcsodája közül a legelső a 2600 esztendővel Kr. e. épített, két és félmillió köbméter falazatot magábanfoglaló, rettenetes súlyú *Cheops* piramis. Ebben a hatalmas építményben az egyes kockaköveknek nagysága egy köbméter.

Abban az időben Egyiptomban még nem ismerték a gördítést, ezeket a nagy kőtömböket tehát a bányákból a Nílusig és a folyón szállítás után a Nílustól az építés színhelyére egyszerűen szánkón, csúsztatással húzták. Elképzelhetni, hogy mily óriási mennyiségű emberi erőt kellett a szállításra igénybevenniök és hogy mily kedvezőtlen hatásfokkal, milyen rossz energiagazdálkodással dolgoztak.

Nem túloz e szerint Herodotos, amikor azt írja, hogy „tízszer tízezer ember" szállította a követ a kőbányákból a Nílusig, meg a hajón megérkezett követ az

[1] Arthur Fürst i. m.

építés színhelyére. És ez a rabszolgasereg megelőzően tíz esztendeig dolgozott az úton, „amelyen a köveket húzták".

Ezenfelül húsz esztendeig tartott a piramis felépítése. Nem kevesebb, mint 2,300.000 darab kőtömböt kellett elhelyezni 210 rétegben egymás fölé. A nagy mű létrehozásán harminc esztendő alatt évenkint három hónapon át százezer rabszolga dolgozott, összesen tehát mintegy 240 millió munkanapot teljesítettek. Energiagazdálkodásról itt valóban szó se lehetett.

Az ókornak e hatalmas világcsodájával állítsuk szembe szintén az építészet terén a legújabb kornak egyik világcsodáját, a párizsi Eiffel-tornyot, amelynek magassága (300 *m*) a Cheops-piramisét (147·8 *m*) több mint kétszer felülmúlja.[1]

Feltűnő és jellemző a különbség már a két mű alakjában is. A Cheops-piramis óriási alapfelületével szinte a földhöz tapad, az Eiffel-torony ívekkel összekötött messzire kinyúló négy pillérén könnyen szárnyal a magasba.

A vasszerkezetű Eiffel-torony könnyű voltát bizonyítja, hogy súlya, noha kétszer magasabb, nyolcszázszor kisebb a Cheops-piramis tömegsúlyánál, s ennek ellenére stabilitása megfelelő.

Az idő megbecsülését, tehát a helyesebb energiagazdálkodást mutatja az Eiffel-toronynál a jóval rövidebb építési idő is. Az Eiffel-torony felépítésének eszméje csak 1886-ban merült fel és három év mulva már testet is öltött. A 300 *m* magas vasszerkezetnek szerelése mindössze másfél esztendeig tartott, s erre a célra naponkint csak 215 munkás dolgozott, akiknek nem „fájt az élet", mint a Cheops-piramis felépítésén dolgozó rabszolgáknak. Az Eiffel-torony építésénél egy-

[1] Dr. Ing. v. Oechelhauser: Technische Arbeit einst und jetzt.

idejűleg 5 mérnöknél és 450 munkásnál többet soha-sem alkalmaztak.

Ezek az adatok jellemzően mutatják az ókori és a mai energiagazdálkodás közti különbséget.

Megnyilatkozik ez a két építmény költségeiben is. Az Eiffel-torony építési költsége kereken 5 millió frank volt, a Cheops-piramisnál Herodotos adatai szerint átszámítva, csupán a rabszolgák ellátása 9·4 millió frankba, tehát az Eiffel-torony összes építési költségének közel kétszeresébe került.

Nyilvánvaló, hogy az Eiffel-torony létesítéséhez hatalmas szellemi energia is szükséges volt. Ennek az energiának nagyságát megvilágítja az az adat is, hogy kereken 12 ezer tervrajzra, tehát „a vastoronyhoz egész torony tervrajzra" volt szükség.

Az ókor világcsodáit határtalan mennyiségű és kíméletlenül kihasznált emberi erő, a rabszolgáké, hozta létre és a munka végrehajtása közben „a nép, e milliókarú lény korbácsolt háttal jajgatott".

Amint „Az ember tragédiájá"-ban az akkori viszonyokra olyan jellemzően mondja a rabszolga:

„Mért él a pór? — A gúlához követ
Hord az erősnek, s állítván utódot
Jármába, meghal. — Milljók egy miatt."

Ezzel szemben a legújabb kor világcsodáit tökéletes szerszámokkal és gépekkel, széleskörű tanulmányok s tudományos vizsgálatok alapján, a tudományos technika, az ember szellemi ereje teremtette meg.

Természetes, hogy minél nagyobb mértékben nyilvánul meg a munka végrehajtásában az értelmi erő, annál kedvezőbbé válik a hatásfok, s így az energiagazdálkodás is.

Az ember fejlődéstörténetének nem ismerése, felületes kritika nyilatkozik meg tehát a napjainkban ismételve felbukkanó olyan meggondolatlan vélemé-

nyekben, amelyek szerint a technika vívmányai az emberiséget testi és szellemi rabságba döntik, s így alapjukban kultúraellenesek.

Ezek a bősz kritikusok, amikor a kultúrára gondolnak és a technikáról beszélnek, nem veszik észre azokat a szellemi erőket, amelyekből a tudományos technika az ő hatalmas életerejét meríti. Megfeledkeznek arról, hogy éppen a technika vívmányaival képes az ember a természeti erők felett úrrá lenni.

Az embernek a testiségtől való mentesítését a szellemi munka előnyére a fizikai munkától való felszabadítását, ezt az ideális kultúrmunkát a tudományos technika vitte diadalra.[1]

Valóban nagy vakmerőség tehát azt állítani, hogy a technika vívmányai kultúraellenesek.

Az ókori kultúra a szabad polgár szellemi munkáját a rabszolgák testi munkája által szabadította fel. A mai magasabb kultúra a szellemi munka felszabadítására, racionálisabb energiagazdálkodással is, a gépi erő munkáját használja fel.

Ma a tudományos technika 2500 millió rabszolga munkaerejének megfelelő energiát szolgáltat a kultúrnépeknek. Mit jelent ez? Ha a mótorokat nem mechanikai erő hajtaná és ennek ellenére vasúti vonataink, hajóink járnának, gyáraink, világítási üzemeink, vízvezetékeink stb. működnének, akkor, — ha ez egyáltalában lehetséges volna, — két és fél milliárd embernek kellene egész életét szakadatlanul hajtókerekek forgatására, teheremelésre és teherhordásra fordítani, tehát hasonlóan kellene dolgozniok, mint a rabszolgatömegeknek kellett az ókorban.

Manapság a tudományos technika az embert annak a szolgálatnak legnagyobb részétől, amely nem volt

[1] Max Maria Weber: Die Entlastung der Kulturarbeit durch den Dienst der physikalischen Kräfte.

méltó hozzá, felszabadította. És e felszabadító tettel nem elégedett meg, hanem emellett a munkateljesítményt, helyes energiagazdálkodásra törekedve, óriási módon növelte.

A tudományos technikának, „Isten e felszabadító követének, a mai kor nem tud eléggé hálás lenni és köszönetet mondani", — írja Dessauer, a frankfurti egyetem hírneves tanára.[1]

5. Energiaátalakulások.

Az energiának jobb kihasználását érhetjük el, ha a rendelkezésre álló energiát átalakítjuk olyanná, amely az elérni kívánt célra a legalkalmasabb.

Az energiaátalakulások technikai és gazdasági szempontból mindig bizonyos energiaveszteséggel járnak. Ez nem annyit jelent, mintha energia egyáltalában elveszhetne, hanem azt, hogy a kitűzött célra az energia egy részét nem tudjuk hasznosítani.

Így minden gépezetben az energiának egy részét felemészti az egyes gépalkotórészek súrlódása. Emellett rendesen egyéb ellenállásokat is le kell győzni. Így pl. hogy előrehaladhasson, a hajónak a víz ellenállását, a repülőgépnek, a léghajónak a levegő ellenállását, a lokomotívnak a levegő ellenállása mellett a pálya ellenállását is le kell győzni.

A géptermelte hasznosítható munkának a gépbe vezetett energiához való viszonyát nevezzük a hasznosítás mértékének, vagy *hatásfok*nak. Ha pl. a gépbe vezetett energiának egy ötödrészét tudjuk hasznosítani, a hasznosítás mértéke vagy a hatásfok 20%.

A helyes energiagazdálkodás nyilván arra törekszik, hogy a hatásfok lehetően nagy legyen, közeledjék a 100%-hoz, más szóval, hogy a kitűzött célra nem hasz-

[1] Friedrich Dessauer: Philosophie der Technik.

nosítható energiarészlet kicsiny legyen, vagy valami más módon hasznosíttassék.

Kétségtelen, hogy ismételt energiaátalakítások a hatásfok csökkenését vonják maguk után.

Így első pillanatra gyakorlatiatlannak tűnik fel az elektromos világításnak szénből való előállítása. Az ehhez szükséges folyamat alatt ugyanis a szénnek elégetésével hőt állítunk elő, ennek segítségével pedig gőzt. A gőz feszítőerejét azután mechanikai munkává, az utóbbit elektromos energiává és ezt a világítás céljaira ismét hővé alakítjuk át.

Természetesen kísérleteket végeztek, hogy az ilyen ú. n. energiaveszteséggel járó átalakulásokat elkerüljék. E kísérletek során, amint ismeretes, a hőnek közvetlenül elektromossággá való átalakítására Seebeck feltalálta az ú. n. *thermo-elemeket*. Ezek azonban technikai célokra teljesen használhatatlanok, tehát energiagazdálkodás szempontjából jelentőségnélküliek.

A ma mindenekfelett uralkodó elektromos energiának a hőből, vagy más természeti erőforrásból kerülő út nélkül, közvetlenül nyerése eszerint a jövőnek feladata.[1]

Az 1885. évi első országos kiállításunkon mutatta be három kiváló magyar mérnök: Bláthy, Déri és Zipernovszky korszakalkotó találmányukat, a váltakozó áramú transzformátorrendszert, amellyel lehetővé vált az elektromos áramnak nagy távolságra kevés veszteséggel való átvitele, nagy területen gazdaságos szétosztása. A modern elektrifikálás, az elektromos világítás, a munkaátvitel ily módon vált lehetségessé és csak természetes, hogy általuk kultúránk fejlődése újabb impulzusokat nyert.

Az energiagazdálkodás fejlődésében mérföldkő ez a

[1] Dr. H. Schütze: Der Kampf um den Nutzeffekt in der Technik.

találmány, mert általa az energiaátvitelben úgyszólván függetlenítve lettünk a távolságtól és lehetővé vált olyan energiaforrásokat is (vizierőket, csekélyebb értékű szeneket a helyszínén) célszerűen kihasználni, amelyek távol vannak az ipari gócpontoktól.

A kedvezőbb energiagazdálkodást ilyen módon az az elektromosság mozdította elő, amelynek előállítása tulajdonképen az energiakihasználás kerülő útjának szaporítását, az energia ismételt átalakítását jelentette.

Az elektrotechnika vívmányainak felhasználásával történő energiaátvitel azonban sokkal gazdaságosabb, mint az ezt megelőzően alkalmazott rendszerek útján, eltekintve attól, hogy ezekkel a rendszerekkel olyan nagy távolságra való átvitelről, amilyent az elektrotechnika segítségével elérhetünk, még csak álmodni sem mertünk.

A mechanikai munkaátviteli elemekkel, a transzmissziókkal (szíjakkal, fogaskerekekkel, drótkötelekkel) igen kis távolságra volt lehetséges munkaátvitel, s emellett rendkívül nagy mennyiségű energia fecsérlődött el, sokszor a rendelkezésre álló energiának 50%-a.

Az elektromos munkaátvitel ehhez képest nemcsak gazdaságosabb, hanem emellett tisztább, áttekinthetőbb és felhasználásra alkalmasabb.

6. A hatásfok javítására irányuló törekvések.

A helyes energiagazdálkodásra törekvés eredménye, hogy az idők folyamán sikerült a gépek hatásfokát kedvezőbbé tenni.

Az első gőzgépeknek hatásfoka valóban csekély volt. Az úgynevezett „szénfalók"-nak üzembentartása igen nagy költségekkel járt. Akkor azonban arról volt szó, hogy ezekkel a gépekkel, — tekintet nélkül arra, hogy mibe kerül, — oly teljesítményeket érjenek el, amilyeneket élő mótorral (emberi vagy állati erővel) elérni

nem lehetett. A teljesítmény költsége tehát másodrendű kérdés volt.

Azt sem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a bármi áron teljesített gépi munka még mindig jóval olcsóbb volt, mintha ezt a hatalmas munkát tömeges emberi vagy állati erővel végezték volna.

Angliában a vasútak keletkezése előtti időben postakocsin mérföldenkint a személyviteldíj 4·5, egy tonna teherárúnak viteldíja pedig 11·1 pence volt. Ezzel szemben az első gőzüzemre engedélyezett közforgalmú vasúton, az 1830 szept. 15-én megnyílt liverpool-manchesteri vasúton, mérföldenkint a személyviteldíj csak 1·5 és egy tonna árú viteldíja 3·8 pence volt. Az első vasútak létesítésekor tehát a vasúti viteldíj a közútinak egyharmadára csökkent. A gőzvontatás és a kisebb ellenállású sínpálya alkalmazására való áttérés eszerint a gazdaságosabb üzemet is jelentette.

Csakhamar rájöttek azonban arra, hogy a gőzgépek a felhasznált szén energiájának csak kis törtrészét hasznosítják. Megindult tehát a munka a gőzgép hatásfokának növelésére, a racionálisabb energiagazdálkodásra.

A helyes energiagazdálkodás az elkerülhetetlen energiaveszteségeket nyilván a legkisebbre törekedett leszorítani. Ennek a céltudatos törekvésnek meg is lett az eredménye.

Amíg a régi dugattyús kipuffogó gépeknél az eltüzelt szén energiájának alig 5%-a alakult át hasznosítható munkává, a túlhevített gőzzel dolgozó modern kondenzációs gépeknél a hasznosítás mértéke már 15%-ra, a túlhevített gőzzel dolgozó turbináknál egészen 20%-ra, az olajjal táplált Diesel-mótoroknál pedig közel 33%-ra növekedett.

Azok, akik a tudományos technika vívmányait kevésre becsülik, akiknek az ideáljuk a technikanélküli ember, nem tudják és nem is akarják ezt az eredményt

megfelelően értékelni. Szerintük a modern technika nem igen lehet nagyra azzal a vívmányával, hogy még a legjobb hatásfokkal dolgozó hőmótorban, a Diesel-mótorban, is a hőenergiának csak legfeljebb $^1/_3$ részét tudja hasznosítani, míg $^2/_3$ része elpazarlódik.

Az ilyen felületes véleményre azonban könnyű és egyszerű a felvilágosító felelet.

A hatásfoknak említett növekedésében nyilván kétségbe nem vonható a nagymértékű haladás. Hiszen a gőzgépnél az 5%-os hatásfokról a 20%-ra való emelkedés négyszeres, a Diesel-mótor 33%-os hatásfokára való emelkedés pedig közel hétszeres haladást jelent. Ez a nagyszabású eredmény kiváló elmék éveken át kifejtett céltudatos tudományos búvárkodásának köszönhető.

Felvethetnék azt a kérdést is, hogy miért használjuk a rosszabb hatásfokú gőzgépeket akkor, amikor a Diesel-mótor hatásfoka a gőzgépekéhez viszonyítva közel kétszeres.

Nem szabad azonban elfelejteni, hogy a helyes energiagazdálkodás a hatásfok mellett az üzemi költségeket is figyelembe veszi. Ha a Diesel-mótor háromszor annyi energiát hasznosít is 1000 kalóriából, mint amennyit a gőzgép a szénből, olyan esetben még sem gazdaságos az alkalmazása, amikor pl. az olaj kalóriája ötször annyiba kerül, mint a széné.[1]

Az energiagazdálkodás fontos feladata megállapítani a különféle mótorok legkedvezőbb alkalmazási területét. A hatásfok és az üzemi költség mellett a helyes energiagazdálkodás természetesen figyelembe veszi a befektetési költségeket is.

A vízerőműveknél, az árapályerőműveknél az üzemi anyag, a víz, ingyen áll rendelkezésünkre, de ezzel nem sokat nyerünk, ha az erőművek létesítése olyan óriási

[1] Dr. H. Schütze i. m. 35. l.

költségbe kerül, hogy ennek következtében az üzem nem lehet gazdaságos.

Az energiagazdálkodás terén a hatásfok növelése céljából már eddig is valóban hatalmas munkát fejtettek ki, és ha egyes esetekben a hatásfok kevésnek tűnik is fel, az eddig elért eredményeket semmiesetre sem lehet csekély értékűeknek tekinteni.

Viszont kétségtelen, hogy az energiaátalakulások legjobb feltételeinek kutatásaiban, a hatásfok javítására és az üzemi költség csökkentésére irányuló céltudatos munkálkodásban a tudományos technika sohasem pihen.

7. Az elektromos izzólámpa csekély hatásfoka.

A tudományos technikának az üzemi költségek csökkentésére irányuló folytonos serény munkálkodását talán legszebben az elektromos izzólámpa fokozatos javítása mutatja.

Az elektromos izzólámpának rendkívül csekély a hatásfoka. Az energia többszöri átalakítása következtében ugyanis ismétlődő ú. n. energiaveszteségek, energiaszétszóródások állanak elő.

Ha az elektromos központ kazánházában 1000 kg szenet elégetünk, már a tüzelés folyamán veszendőbe megy a szén energiájának mintegy 20%-a. Így tehát már csak 800 kg szénből nyert hő jut a kazánba, hogy ott gőzfeszültséggé alakuljon át. Ezen átalakulás folyamán is előállanak hőveszteségek, úgyhogy a gőzgép mechanikai munkává a hozzá vezetett energiának csak mintegy 20%-át alakítja át. Eszerint a gőzgép az áramfejlesztő dinamónak, a generátornak, már csak $\left(\frac{800 \times 20}{100}\right)$ 160 kg szénnek megfelelő energiát ad le.

Ezt az energiát a generátor átalakítja elektromos árammá. A generátor átlagosan 90%-os hatásfokkal dol-

gozik, tehát itt is elvész 10%, azaz a 160 kg-ból marad 144 kg szénnek megfelelő energia. A generátorból az áram a transzformátorba jut, ahol a távolbavezetés miatt nagyfeszültségűvé alakul át. A transzformátorban a veszteséget 5%-ra véve, marad 137 kg-nak megfelelő energia.

A távolsági vezetékben is előállanak veszteségek, amelyek annál kisebbek, minél nagyobb a feszültség.[1] Ha ezt a veszteséget átlagban 10%-ra értékeljük, marad még rendelkezésre 124 kg szénnek megfelelő energia. A rendeltetési helyen az áramot megint transzformálják kisfeszültségűre. Itt ismét 5% energiaveszteséggel számítva, az energiaérték 118 kg szénnek megfelelőre csökken.

Ha azután még az egyes felhasználási helyekre vezető elosztóvezetékekben előálló, mintegy 5% veszteséget, tehát 6 kg-ot is számításba vesszük, akkor az 1000 kg szénben akkumulált energiának az áramfogyasztó csak mintegy kilencedrészét kapja meg, azaz kereken 112 kg szénnek megfelelő energiát.

Amennyiben azután az áramot elektromos izzólámpással való világításra használjuk fel, a helyzet még kedvezőtlenebbé válik.

Tudományos szempontból az izzólámpa nem egyéb, mint az elektromos energiának világossággá átalakítására szolgáló gép, amely igen kicsiny hatásfokkal dolgozik. Kedvezőtlen esetben, azaz kisebb hőmérsékletű izzószál esetén ugyanis az idejutott energiának 99%-a nem hasznosítható hővé alakul át és csak 1%-nak megfelelőből lesz világítás. Az áramfogyasztóhoz jutott 112 kg szén energiájából tehát ily esetben csak 1·12 kg-

[1] Meghatározott energiát, pl. 10 ezer kw-ot lehet vagy nagy feszültséggel és kis áramerősséggel (1000 Volt feszültség és 10 Ampère áramerősség) vagy kis feszültséggel és nagy áramerősséggel (100 Volt és 100 Ampère) átvinni. Gazdaságosabb az előbbi út.

nak megfelelő energia használtatik fel világításra. A végeredmény valamivel több mint 1‰ hatásfok.[1] Ebben az esetben tehát *1000 kg szénből, amelyet az elektromos központ kazánjában elégetünk, az elektromos izzólámpánál valamivel több mint 1 kg-nak megfelelő energia alakul át világítássá, s közel 999 kg-é pedig erre a célra nem hasznosítható.*

Kedvezőbb esetben, nagy hőmérsékletű izzószál esetén, amikor már az elektromos izzólámpába jutott energiának 10—12%-a[2] alakul át világossággá, végeredményében a hatásfok valamivel több mint 1%. A haladás 1‰-ről 1%-ra mindenesetre jelentős.

Az elektromos világítás fejlődését figyelemmel kísérve azonban nemcsak azt állapíthatjuk meg, hogy ez a hatásfok valóban igen kicsiny, hanem azt is, hogy ennek az eredménynek elérésére milyen fáradságos utat kellett a tudományos technikának megtenni.

A napnak világa a földön nem folytonos; a napra következik az éj. A gondolkodó, a kultúrára törekvő ember nyilván nem nyugodhatott meg abban, hogy életének nagy részét sötétségben töltse. Megteremtette tehát a mesterséges világítást. Kétségtelen, hogy az összes találmányok között a mesterséges világításnak lámpa alakjában való megteremtése volt a legjelentősebb.

Mécseseket használtak már az egyiptomiak és különösen szép alakúakat a görögök és a rómaiak. Az ő technikai alkotásaikban ugyanis az esztétikai szempont volt a mértékadó. A Vezuv kitörései által eltemetett pompéjii villákból szebbnél-szebb lámpatartók kerültek napvilágra. Pehelykönnyű leveles ércágakon gyönyörű alakú lámpácskák himbálóznak. Az alkotó görög iparművész arra vetette a súlyt, hogy a lámpa szép

[1] V. ö. Dr. H. Schütze i. m. 63—64. l.
[2] Arthur Fürst: Das elektrische Licht. 13. l.

legyen. Az már nem érdekelte, hogy jól is égjen. Maga a lámpa egy olajtartó, amelybe bél nyúlik le.[1] Ez a lámpa nyilván inkább füstölgött, mint világított. A viaszgyertyát a IV., a faggyúgyertyát a XII. század-ban kezdték használni. A stearingyertyát 1834-ben, a paraffingyertyát 1850-ben találták fel. A világítógázt 1812-ben alkalmazták először Londonban. A petró-leumlámpás még nincs százesztendős; 1859 óta hasz-nálják.

A használható elektromos izzólámpának születés-napja 1879 okt. 18. Ekkor sikerült Edison-nak először szénszálat tartósan izzásba hozni. Az *Edison*-lámpa tisztaság és kényelem szempontjából kétségtelenül felülmúlja az összes addigi világítóeszközöket.

Aki még emlékezik a koppantóra, vagy a petróleum-lámpák nehézkes bélnyíróira, tudja valóban értékelni, mily rendkívüli haladást jelentett a világítás terén, amikor az embernek bármely pillanatban egy kézfor-dításra tiszta, egészséges, szelídfényű világítás állott rendelkezésére.

A technika vívmányai, s nem utolsó sorban éppen az elektromos világítás nyujtotta kényelemben rende-sen olyanok szoktak a tudományos technika eredmé-nyeiről lekicsinylően nyilatkozni, akik egészen termé-szetesnek találják, hogy ezeket a vívmányokat élvez-zék, de fogalmuk sincs arról: mennyi szellemi munka, mennyi tudományos búvárkodás volt ahhoz szükséges, hogy íróasztalukon ne az ókori füstölgő mécses pislog-jon, hanem kellemes, tiszta fényű elektromos lámpa világítson.

A régi időknek a világítás tökéletesítése után való sóvárgását talán legjellemzőbben Goethe[2] fejezte ki,

[1] Du Bois-Reymond: Művelődéstörténet és természettudo-mány.

[2] Sprüche in Reimen.

aki műveinek nagy részét gyertyavilágításnál írta, amikor bosszusan így kiált fel:

„Wüsst' nicht was sie Besser's erfinden könnten.
Als wenn die Lichter ohne Putzen brennten."

És amikor hatalmas tudományos technikai munka eredményeképen a sóvárogva várt idő bekövetkezett, s a nappali világosság elektromos lámpák milliárdjaival tetszés szerint meghosszabbítható, vannak, akik semmibe se veszik az e téren kifejtett tudományos munkát.

Az elektromos lámpa az összes addigi világítóeszközöktől főképen abban különbözik, hogy világít és *nem ég.*

Az elektromos világ valóban szerényen lépett be az ember otthonába; nem használja fel, s nem rontja el levegőjét; állandóan egyenletesen világít; nem robban; nem gyújt. Vele szemben azonban az ember bizonyos mértékig hálátlan volt. Elfogadta az emberi szellemnek ezt a fényes ajándékát, de költségeit sokalta.

Való, hogy Edison szénszálas lámpájának üzemi költsége, tekintélyes energiafogyasztása következtében nagy volt. Gyertyafényerősségenkint majdnem 4 Watt energiát fogyasztott. 50 normál gyertyafényerősségű lámpa fogyasztása tehát 200 Watt, két hektowatt volt. Egy ilyen lámpa egy órai világítása, ha kilowattóránkint 50 fillért számítunk, 10 fillérbe került.

Ha drága üzeme ellenére a szénszálas elektromos lámpa, eredeti állapotában, két évtizeden át a földkerekségen millió és millió példányban elterjedt, azt az elektromos világítás előbb említett előnyének lehet tulajdonítani.

A helyes energiagazdálkodás azonban gazdaságosságra, az energiafogyasztás csökkentésére törekedett. A vonatkozó tudományos vizsgálatok csakhamar meg-

állapították, hogy ha a világítóforrás hőfoka nagyobbodik, fokozottabb mértékben gazdaságosabb a világítás. Hogy tehát a szénszálas lámpa üzeme gazdaságosabb legyen, a szénszál hőmérsékét kellett emelni. Ilyen módon az energiafogyasztás normál gyertyafényerősségenkint 3 Wattra szállt alá, tehát mintegy 25%-os energiafogyasztást lehetett megtakarítani. Az elektromos világítás azonban ennek ellenére is drága volt.

A mindig jobbra, mindig gazdaságosabb üzemre, kedvezőbb energiagazdálkodásra törekvő technikus szellem ekkor a világítószál céljaira szén helyett más, magasabb hőfokot kibiró anyaggal kezdett kísérletezni.

Valóban a legszebb tudományos laboratóriumi munkák egyike az elektromos izzólámpa javítása. A szívós kitartással végzett munka eredménye, hogy ma a legmerevebb fémekből, így pl. a Wolframból, szálakat tudunk húzni, hasonlóan mint az aranyból és ezek a szálak olyan vékonyak, hogy szabadszemmel alig vehetők észre. Öt közülük szorosan egymásra helyezve, olyan vastag, mint egy szőke asszonyi hajszál.

A tudományos kísérletezés kifejlett művészetének köszönhetjük, hogy megtaláltuk a szelektív sugárzóképességű anyagokat, amelyeknél ugyanazon hőmérsék esetén a kisugárzott energiának nagyobb része fényenergia. Ezeknek a tudományos vizsgálatoknak következménye mind a gázvilágításnak, amelyet a tudósok „filozófiai világítás" név alatt már a XVIII. század végén ismertek, mind az elektromos világításnak nagymértékű javulása.

Így született meg a gázvilágítás terén az Auer-lámpa, az elektromos világításban pedig a *fémszálas* lámpa.

A rendszeres tudományos technikai kutatómunka eredménye az Edison-izzólámpának energiagazdálkodás szempontjából óriási mértékű tökéletesbítése.

Az eredeti szénszálas lámpából kiindulva, az oz-

mium-, a tantal- és a wolfrám-lámpa során jutottunk el a gyertyafényenkint 8-szor kevesebb áramot fogyasztó modern félwattos lámpáig, amelynek emellett az élettartama is több mint a kétszeresére emelkedett.

50 normál gyertyafényű lámpa energiafogyasztása és egy órai világítás költsége.[1]

A lámpa neme:	Fogyasztása Watt-ban	1 órai világítás költsége fillér	Megjegyzés
Edison eredeti lámpája	200	10·00	Egy Kw. óra költsége 50 f.
Javított szénszálas lámpa ..	150	7·50	
Ozmium-lámpa	75	3·75	
Tantal-lámpa	70	3·50	
Osram-lámpa	50	2·50	
Félwattos-lámpa	25	1·25	
Elméleti ideális lámpa	5	0·25	

Amint az itt közölt összeállítás adataiból is kitűnik, a haladás gazdaságosság szempontjából igen nagy. Az Edison-lámpa normálgyertyánkint 4 Watt fogyasztásának ½ Watt-ra leszállása nyilván az üzemi költség $^1/_8$-ára való csökkenését jelenti.

Nyilvánvaló azonban, hogy az energiagazdálkodás a lehetőség határai között további javításra is törekszik. Az erre vonatkozó vizsgálatok alapján tudjuk, hogy a legkedvezőbb temperatúránál, 7000 C° körül, az elektromos energiának 40%-a alakulna át világítássá. Ha ezt az elméleti ideális állapotot elérhetnők, a világítási költség gyertyafényenkint a félwattos lámpáénak $^1/_5$ részére szállhatna le,[2] a félwattos lámpa helyett tehát a tizedwattos lámpát használhatnók. Ennek az

[1] Dr. H. Schütze i. m. 62. l.

[2] Ez az eredmény a táblázatos összeállítás utolsó sorában van feltüntetve.

ideális állapotnak elérésére eszerint mindenekelőtt olyan izzószálanyagra volna szükségünk, amely mintegy 7000 C°, tehát a napénál nagyobb hőmérsékletet kibírna. Ilyen fémanyaggal azonban nem rendelkezünk.

A kutató szellem azonban felveti a kérdést: feltétlenül szükséges-e egyáltalában a szilárd izzószál. A legújabb kísérletek ritkított gázt tartalmazó, ú. n. *gázszálas* elektromos lámpákkal történnek.

Kétségtelen, hogy az elektromos izzólámpa hatásfoka igen kicsiny, de a nagyvonásokban ismertetett fejlődés mutatja, hogy mennyi igyekezet, az elektromosság korszakában évtizedekig tartó megfeszített munka volt szükséges ahhoz, hogy a mult század végén még igen drága elektromos világítás az összes többi világítási módokhoz viszonyítva a legolcsóbb, a „szegény ember" világítása legyen. Az energiagazdálkodás tehát megtette a kötelességét.

Az izzólámpa fejlődése klasszikus példa arra, hogy csupán a hatásfok kicsiny voltából nem lehet és nem szabad a tudományos technikai kutatás, s vele kapcsolatban az energiagazdálkodás sikertelenségére következtetni.

Az a szellemi munka, amely a technika csodáit megteremtette, amint az izzólámpa fejlődése is mutatja, olyan részletekbe hatolóan tagozott, amilyent más szellemi alkotásnál alig lehet elképzelni. Ezt a hatalmas kultúrmunkát meg kell becsülni.

Goethe „Prometheus" című töredékes drámájában találóan tünteti fel Prometheust, aki, amikor a tüzet, a világosságot az égből a földre lehozta, tulajdonképen a civilizáció eszközével ajándékozta meg az emberiséget és beléjük oltotta azt a hitet, hogy csak a kultúra a boldogulás felé vezető út.[1]

[1] Arthur Fürst: Das elektrische Licht.

Az emberi lélek áhítozott a mesterséges világítás után. Mily fenséges gondolatokat, lélekemelő költemények írtak kiváló elmék kezdetleges lámpavilágítás mellett. Milyen felemelő érzéssel lép Faust „az éj elől hazatérve" kivilágított barátságos tudós-szobájába, hogy belekezdjen János evangéliumának fordításába:[1]

„Óh, mikor a mi szűk szobánkban
Világot nyájas lámpa hint,
Keblünkben is fénylő világ van
S szívünk magára lel megint.
Szava az észnek visszatérve,
Megint remény virul nekünk,
S ah! újra az élet vizére,
A létforrásra epedünk."[1]

De milyen szárnyaló szavakat talált volna a nagy költő a mesterséges világítás dicsőítésére, ha ismerte volna a ragyogó tisztaságú, szelídfényű elektromos izzólámpát.

A megvilágított papírlapra hajló Faust-nak alakja egyszersmind szimbóluma[2] a modern kutató embernek, akinél a mai energiagazdálkodásnak megfelelően az időnek nagy a becse, aki a munkaidőt nem szabványozza, s az éj csendjében szende fénynél folytatja tudományos tevékenységét, hogy előbbre vigye a kultúrát.

[1] Kozma Andor fordítása. I. R. 41. l.

„Ach, wenn in unsrer engen Zelle
Die Lampe freundlich wieder brennt,
Dann wird's in unserem Busen helle,
Im Herzen, das sich selber kennt.
Vernunft fängt wieder an zu blühn,
Man sehnt sich nach des Lebens Bächen,
Ach, nach des Lebens Quelle hin."

[2] Arthur Fürst i. m.

8. Az energia megmaradásának elve.

A legújabb korban a tudományos technikának hatalmas haladása szoros összefüggésben van azzal, hogy az ember a természeti erők felett úrrá lett, a természetben rendelkezésre álló energiákat céljai elérésére felhasználni tudja. Az energiagazdálkodás, az energiának céltudatos elosztása és átalakítása el sem volna képzelhető az *energia megmaradása* törvényének ismerete nélkül.

Eszerint: energia energiából keletkezik és csak energiába mehet át. Az energiaátalakulás mindig az energia megmaradásának elve alapján történik. A hőnek mechanikai energiává való átalakulása az energiagazdálkodás folyamán rendkívül sokszor előfordul. Szükséges tehát ismerni a mechanikai munka és a hő közötti összefüggést.

Ezt az összefüggést a mechanikai hőelmélet első alaptétele, az energia megmaradásának törvénye határozza meg. A mechanikai hőelmélet alapja az a tapasztalat, hogy hő és munka kölcsönösen átalakulhatnak egymássá. Az energia megmaradásának elve alapján számbelileg meghatározható a munkának hőegyenértéke, valamint a hőnek munkaegyenértéke.

Tudjuk, hogy a hő mechanikai egyenértéke 427. Ez annyit jelent, hogy amikor munka alakul át hővé, 427 kg.m munka átalakulásakor 1 kg.kalória hő keletkezik.

Az energia megmaradásának elvét, a fizikának és a tudományos technikának ezt a mondhatni legfőbb törvényét Mayer Róbert heilbronni orvos fedezte fel.

Diákkorunkban úgy tanultuk, hogy a gőzgép feltalálása érdekes megfigyeléssel kapcsolatos. A szemfüles kis James Watt a konyhában édesanyja mellett tartózkodva észrevette, hogy a gőz a teavizet forraló edény

födőjét fel-felemelgeti. Ebből a megfigyelésből kiindulva született meg azután a gőzgép.

A történet igen kedves, csak egy hibája van, hogy nem felel meg a valóságnak. A technika terén így hirtelen sohasem született meg nagyobb jelentőségű találmány. Sőt a jelentősebb technikai törvények kialakulásához is egy sereg kutatónak mélyreható tudományos munkálkodása volt szükséges.

Hogy egy fontos alaptörvény kifejlődéséhez milyen kiterjedt tudományos technikai vizsgálatok szükségesek és hogy lépésről-lépésre lehet csak előre haladni, azt talán legjobban a mechanikai hőelmélet törvényének kialakulása mutatja, ahogyan a fejlődés menetét J. Weyrauch volt stuttgarti neves műegyetemi tanár, 1889-ben a stuttgarti Mayer Róbert-emlékmű leleplezésekor tartott beszédében szépen foglalta össze.[1]

„Cauchy és Fresnel mérnökök a XIX. század elején állapították meg a fény új mozgási elméletét és ezáltal a hő mai fogalmának kialakulásához megmutatták az utat."

„A technikai mechanikának művelői ugyanabban az időtájban tisztázták a mechanikai munka fogalmát, amely nélkül a hő lényegére vonatkozó összes korábbi vizsgálódások terméketlenek lettek volna."

„És amikor a talaj már így elő volt készítve, Carnot, a tudós francia mérnök 1828-ban publikált tanulmányával lerakta a mechanikai hőelmélet alapját és megállapította második alaptételének lényegét, — amely az átalakulás irányát szabja meg, — az első előtt."

„William Thomson szerint a tudomány egész területén nincs jelentősebb munka, mint Carnot-nak vonatkozó rövid tanulmánya. Clapeyron, a kiváló mérnök,

[1] R. Weyrauch: Die Technik, ihr Wesen und ihre Beziehungen zu anderen Lebensgebieten. 1922. 115. l.

1834-ben az école polytechnique journal-jában foglalta mathematikai formulákba Carnot gondolatait."

„Amikor azután Mayer Róbert 1842-ben a mechanikai hőelmélet első alaptételét, az energia megmaradásának törvényét, megállapította, a hő egyenértékére vonatkozó számításaiban azokra a kísérletekre támaszkodott, amelyeket pár évtizeddel előbb ebben az irányban a neves technikus: Gay Lussac végzett."

„A mechanikai hőegyenérték végleges megállapítása az angol iparűző Joule-től ered. Regnault mérnök szolgáltatott az elmélethez temérdek kísérleti anyagot. Hirn és Rankine mérnökök vonták le az elméletből a legvégső filozófiai következtetéseket, míg Zeuner és Grashof végezték el a szisztematikus felépítést, különös tekintettel a tudományos technika szükségleteire."

Az energiaátalakulásokat végző gépeinket csak azóta tudjuk helyesen konstruálni, hatásfokukat azóta tudjuk mérlegelni, amióta az energia megmaradása törvényét ismerjük. Ha ma tisztában vagyunk azzal, hogy a „perpetuum mobile" lehetetlenség, ezt a Mayer Róbert megállapította energiamegmaradás elvének köszönhetjük.

Kultúrtörténelmi szempontból rendkívül érdekes e törvény felfedezésének története.[1]

Mayer Róbert 1840-ben, 26 éves korában, mint hollandi szolgálatban levő hajóorvos Jávába utazott. A 101 napig tartó úton sajátságos megfigyelés adott lökést felfedezésére. Abban az időben az érvágások nagy szerepet játszottak a gyógyászatban. Mayer a tübingai egyetemen hallgató korában végzett érvágásai közben látta, hogy a vénából sötétvörös színű vér folyt ki. Amikor azonban Bataviában egynehány matrózon eret vágott, meglepetve tapasztalta, hogy a

[1] Albert Neuburger: Die Wunder der Wissenschaft. I. B. Physik und Chemie. 111. I.

kiömlő vér világos vörös, majdnem olyan színű, mint az ütőeres vér.

Már attól tartott, hogy véletlenül véna helyett artériát nyitott meg. Ez a kételye azonban hamar eloszlott, minthogy a vér nem fröccsent úgy ki, mint az ütőeres vér szokott, hanem amint a vénából rendesen, tulajdonságának megfelelően nyugodtan folyt ki. Ez a különös megfigyelés MAYER-t rendkívül izgatta. Ettől kezdve nem érdekelték a fiatal orvost a trópusi vidék csodái sem. A hajón tartózkodva, folyton a megfigyelés okával foglalkozott.

Csakhamar rájött arra, hogy az említett tünemény a forró trópusi zónában a vérnek sokkal csekélyebb oxidációjára vezethető vissza. Végkövetkeztetése, hogy ugyanabból az anyagból, a táplálékokból, úgy hő, mint munka állítható elő: az energia megmaradásának törvényét jelentette.

Maga MAYER gondolatmenetét, amely a batáviai vér színéből e fontos természeti törvényhez vezetett, így írja le: „LAVOISIER elméletéből kiindulva, amely szerint az állati meleg elégési folyamatnak eredménye, a vér színének változását... úgy tekintettem, mint a vér oxidációjának érzékeinkkel észrevehető jelét, látható reflexjét. Az emberi testben a hőfejlődésnek, hogy egyenletes hőmérsékletét fenntarthassa, szükségszerűen mennyiségi összefüggésben kell lenni hőveszteséggel, tehát a környezet hőmérsékletével is, ennélfogva, mind a hőtermelésnek és oxidációs folyamatnak, mind a kétféle vér színkülönbségének a forró égövön általában csekélyebbnek kell lenni, mint a hidegebb tájakon".

Ilyen módon MAYER felismerte a hőbevezetés és a test munkateljesítménye közötti összefüggést és világos lett előtte, hogy a táplálékok elégése által előidézett fűtés a testnek munkateljesítményre ad képessé-

get. Nyilvánvalóvá lett tehát, hogy a hő és a belőle keletkező mechanikai munka között törvényszerűségnek, a kettő között egyenértékűségnek kell lennie.

Egész odáig nem tudták, hogy mi is a hő tulajdonképen, MAYER felfedezése óta tudjuk, hogy a hő az energiának egyik faja.

MAYER azonnal tisztában volt felfedezésének jelentőségével, ami arra bírta őt, hogy batáviai tartózkodását megszakítva, sietve térjen haza. Hazájába 1841-ben visszatérve „Über die quantitative und qualitative Bestimmung der Kräfte" című rövid értekezésében leírta gondolatait és azt ugyanebben az évben június 16-án közlés végett beküldte POGGENDORF berlini tanárnak „Annalen der Physik und Chemie" című akkori vezető természettudományi folyóiratába. POGGENDORF azonban nem ismerte fel a dolgozat jelentőségét, nem közölte, de nem is küldötte vissza a szerzőnek, akinek sürgető leveleire még csak nem is válaszolt.

Harminchat esztendővel később, POGGENDORF halála után, hagyatékában találták meg MAYER-nak ezt a kultúrhistóriai jelentőségű dolgozatát, amelyet e szavakkal végzett: folytatása következik. Ilyen körülmények között természetesen ez a folytatás elmaradt.

A tudományos világ csak 1842-ben vehetett tudomást MAYER korszakos felfedezéséről, amikor átdolgozott „Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur" című értekezése a nagy kémikusnak, LIEBIGnek „Annalen der Chemie und Pharmazie" folyóiratában megjelent.

Noha ez a közlemény az energia megmaradása elv felfedezésében MAYER elsőbbségét kétségtelenné tette, az angolok JOULE-nek tulajdonították az elsőbbséget 1843-ban megjelent értekezése alapján, amely a mechanikai hőegyenértékre vonatkozó számításait tartal-

mazta. Angliában azonban ugyanebben az esztendőben Colding-nek is megjelent ugyanerről a tárgyról egy dolgozata, úgyhogy Joule és Colding között is kitört a harc az elsőbbség tekintetében.

Mayer éveken keresztül harcolt az elsőbbségért — sikertelenül. 1847-ben arra a gondolatra jött, hogy az elsőbbség kérdését döntés végett a francia tudományos akadémia elé viszi. A párizsi akadémia azután valóban salamoni ítéletet hozott. Kimondotta ugyanis, hogy az energia megmaradásának törvénye sem Mayer-től, sem Joule-től nem származik, hanem a francia Montgolfier egyébként ismeretlen fizikustól, a léghajót feltaláló Montgolfier-testvérek névrokonától, mert ő már 1839-ben kimondotta a tételt, hogy: „a hő a mozgással rokon és arra átváltoztatható".

Igen érdekes Mayer-nek 1844-ben közölt: „Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhang mit dem Stoffwechsel" című tanulmánya, amelyben az energia megmaradásának elvét a tudomány különböző ágaira általánosítja. Ebben a tanulmányában kimutatja, hogy az általa felfedezett törvény a világegyetem minden jelenségére vonatkoztatható.

Túlmegy e törvény határa a földi életen. „Ha e törvény alapján tudjuk, hogy a „perpetuum mobile" képtelenség, viszont azt is el kell ismernünk, hogy egyszer a mozgás a világürben is megszűnik, tehát egyszer vége lesz a világnak, akkor ugyanis, amikor az összes energia, amelynek hatása a világtestek mozgását idézi elő, hővé alakul át."

A legkiválóbb fizikusok, első helyen William Thomson (lord Kelvin) végeztek az energia megmaradásának elve alapján beható számításokat, hogy mikor érkezik el az a nap, amely a világ végét jelentené.

„Ha ezek a számítások csak theoretikus, sőt talán csak hypothetikus értékűek is, mégis mutatják, hogy

mily problémákat tár fel a MAYER által felfedezett törvény."[1]

MAYER-t szokták a XIX. század GALILEI-jének is nevezni. Ez az elnevezés két szempontból találó: egyrészről, mert az energia megmaradásának elvét mechanikai viszonylatokra már GALILEI is felismerte, másrészről, mert MAYER-nek tudományos meggyőződéséért épúgy nagy szenvedéseket kellett kiállnia, mint annak idején GALILEI-nek.

MAYER idegzetét ugyanis az elsőbbségért folytatott sikertelen harcok igen megviselték. Elkeseredésében 1850-ben öngyilkossági kísérletet követett el. Ezután rokonai őrültek házába vitették, ahol egy évnél hosszabb ideig valóban méltatlanul bántak vele.

Jellemző az akkori viszonyokra, hogy kiszabadulásáról hosszabb ideig nem vettek tudomást. LIEBIG 1858-ban egyik előadásában, miután érdemeit méltatta, azt a kijelentést tette, hogy MAYER az őrültek házában meghalt.

Lassan azonban rájött a tudományos világ, hogy MAYER-rel méltatlanul bántak. Az angol fizikus, TYNDALL, volt az első, aki 1862-ben nyiltan MAYER pártjára állott és kimutatta, hogy az energia megmaradása elvének megállapításában övé az elsőség. A természetvizsgálóknak 1869-ben Innsbruckban tartott ülésén, ahol MAYER „Über nothwendige Konsequenzen und Inkonsequenzen der Wärmemechanik" címen előadást tartott, a nagy német fizikus, HELMHOLTZ is, miután éveken át harcolt ellene, elismerte, „hogy a heilbronni orvos fogta fel tisztán és világosan először az energia megmaradásának elvét és volt bátorsága annak abszolút érvényességét kimondani".

A nápolyi „vércsoda" világhírre tett szert.

[1] NEUBURGER i. m. 117. l.

Kicsiny üvegpalackban őrzik ott Szent Januáriusnak megaludt vérét, amely időnkint ismét folyékony lesz.[1] Szintén egy „vércsoda" adta meg az indítékot az energia megmaradása törvénye megállapításának. Szerencsére Mayer Róbert vette észre ezt a csodát, aki nemcsak nézett, hanem látott is és felfedezésével megvetette alapját az energiagazdálkodásnak.

Schiller „Columbus" című híres epigrammjának két utolsó sora valóban jellemző Mayer Róbert-re is:

„A természettel hisz örök frigyben van a lángész,
Amit emez megigér, azt meg is adja amaz."[2]

OSZK
Országos Széchényi Könyvtár

[1] Neuburger i. m. 107. l.
[2] Szász Károly fordítása.

Mit dem Genius steht die Natur im ewigen Bunde,
Was der eine verspricht, leistet die andre gewiss."

II. A ma energiaforrásai.

1. A világ szénkincse és előrelátható tartama.

Az emberiség fejlődéstörténetében mérföldkő az 1769. esztendő. James Watt, a hírneves angol mérnök, ekkor szabadalmaztatta gőzgépjét.

A nagyjai emlékét szeretettel őrző Anglia Pantheonjában, a Westminster-apátságban, kiváló államférfiak, tudósok, költők és hadvezérek emlékei között, egyetlenegy felírás sem hasonlítható össze a Watt szobrára írt sorokkal:

— — a király
a miniszterek, a nemesség
és Anglia polgársága
emelte ezt az emléket
James Watt-nak,
az emberiség jótevőjének.

Az ember már igen korán, a kőkorszakban kiérdemelte a Franklin Benjamin-tól származó „szerszámkészítő állat" elnevezést, de csak igen lassan jött rá arra, hogy a természeti erőket kihasználja. Évezredeken át a legújabb korig a *szél* és a *víz* volt az a két természeti erő, amelynek energiáját igen primitív módon kihasználta.

A gőzgép feltalálásával azonban nagy változás következik be. Mind nagyobb és nagyobb mértékben veszik igénybe az energiának új forrását, a kőszenet, amelyet Angliában eleinte az egészségre káros hatásúnak tartottak. Azt állították ugyanis, hogy a kőszénfüst ragadós betegségek okozója, úgyhogy egyes helyeken a kőszéntüzelés büntetés terhe alatt tilos volt.

A Tower-ben van egy dokumentum, amely szerint egy férfit azért húzták kínpadra, mert szomszédjainak levegőjét kőszénfüsttel megrontotta.

James Watt idejében azonban már mosolyogva gondolnak vissza az angol parlamentnek 1603-ban hozott arra a határozatára, amelynek értelmében Londonban a parlamenti ülések ideje alatt tilos a kőszéntüzelés, hogy a jelenlevő lovagok egészsége ne forogjon veszélyben. A city urai csodákoznak a naivságon, hogy London városa még 1654-ben is kérte a parlamenttől a newcastlei szén használatának eltiltását.

A gőzgépnek rohamos elterjedésével a szén lesz a haladásnak hajtó ereje. Szén után kutatnak az egész földkerekségen. Újabb és újabb széntelepeket tárnak fel, amelyek millió és millió tonna szenet hoznak napfényre. A kiapadhatatlannak látszó hatalmas szénvagyonnak természetes következménye lett a szénfecsérlés, a könnyelmű széngazdálkodás egészen napjainkig.

A szénfogyasztás az idők folyamán hihetetlen mértékben növekszik.

Amint az I. táblázatból kitűnik, a világ évi szénfogyasztása 1875-ben 260 millió t, 1895-ben 526 millió t, 1903-ban 800 millió t, 1908-ban eléri a milliárd t-át, 1913-ban 1250 millió t, napjainkban megközelíti az 1500 millió t-át,[1] e szerint félszázad alatt majdnem a hatszorosra nőtt. Aligha túloznánk tehát, ha a jövőben

[1] Ebből a három legnagyobb fogyasztóra esik:

	kőszén	anthracit	barnaszén	összesen
	millió tonna			
Észak-Amerikai Unio	510	90	2	602
Anglia	265	5	—	270
Németország	138	2	140	280

(V. D. I. Nachrichten 1927 aug. 17.)

I. Táblázat.

Szénfogyasztás:

1875-ben	260 millió tonna,	1908-ban	1000 millió tonna,
1895-ben	526 millió tonna,	1913-ban	1250 millió tonna,
1903-ban	800 millió tonna,	1926-ban	1500 millió tonna.

A földkerekség szénkincse a torontói geológiai (1913) kongresszus becslése szerint:

Világrész	Feltárás alatt	Még várható	Összesen	%
	millió tonna			
Európa	274189	510001	784190	10·6 %
Amerika	416891	4688637	5105528[1]	68·9 „
Ázsia	20502	1259084	1279586[2]	17·3 „
Ausztrália	4073	166337	170410	2·4 „
Afrika	499	57340	57839	0·8 „
Összesen:	716154	6681399	7397553	100 %

Magyarországra vonatkozó adatok:

Magyarország	3502	1234·2	1584·4 millió tonna.[3]

Csonka-Magyarország szénvagyona ma az újabb feltárásokkal együtt 1000—1200 millió tonna[4] között lehet.

[1] Ebből a túlnyomó rész: 3,838.657 millió tonna, tehát a világ szénkészletének több mint a fele (51·8%) az Észak-Amerikai Unióra esik.

[2] A legnagyobb rész belőle, közel 1000 millió (995.587 millió) tonna, a világ szénkészletének 13·5 %-a Chinára esik.

[3] Ebből a mai határokon belül mintegy 650 millió tonna esett.

[4] Az 1924. évi londoni világerő-konferencia által közölt adatok szerint Csonka-Magyarország szénvagyona: 1249 millió tonna.

is a szénfogyasztás hasonló növekedésére számítanánk. Az a kérdés azonban: meddig?

A szénfogyasztás rohamos növekedése következtében többen, köztük a mult (1927) év végén elhúnyt neves svéd tudós, a Nobel-díjjal kitüntetett hírneves professzor: Svante Arrhenius is,[1] felemelték figyelmeztető szavukat: meg kell szüntetni a szénpazarlást, a rendelkezésre álló telepek nem kimeríthetetlenek, a mai generáció könnyelmű széngazdálkodása lelkiismeretlen, a jövővel egyáltalán nem törődő.

Voltak, akik nem hittek a Kassandra-jóslatnak, hiszen újabb és újabb szénterületeket fedeztek fel, s emellett időközben hatalmas energiaforrássá vált a föld olajkincse is. Kiváló kutatók és tudósok azonban már korábban felismerték a szénenergia kiapadásának veszélyét. Behatóan foglalkoztak e kérdéssel és tanulmányaik, valamint számításaik eredményét az 1913. évi *torontói* nemzetközi geológiai kongresszuson tették közzé. (I. táblázat.)

Eszerint a földkerekség szénkincse (anthracit, kőszén és barnaszén), ha a szenet 1800 m mélységig kiaknázzuk:

Feltárás alatt	716.154	millió tonna
Még várható	6,681.399	„ „
Összesen..	7,397.553	millió tonna

Feltűnő Amerikának igen nagy széngazdasága, amiből a túlnyomórész, 3,838.657 millió t, tehát az egész föld szénkincsének több mint fele (51·8%) az Északamerikai Unióra esik. Ennek az országnak szénkincse ötször annyi, mint egész Európáé. Ázsia szénvagyonából a legnagyobb, közel ezer milliárd t (995.857 millió t), a világ szénkincsének 13·5%-a, Kínában van.

[1] Die Chemie und das moderne Leben. 1922. Leipzig.

A torontói kongresszus közleményei alapján a földkerekség 1913. évi szénfogyasztását (mintegy 1250 millió t) számításba véve, egészen vigasztaló volt a megállapítás, hogy a világ szénvagyona $\left(\frac{7,397.553 \text{ milliót.}}{1250 \text{ milliót.}}\right)$ mintegy 6000 esztendeig tartana el, természetesen föltételezve, hogy az említett 1800 m mélységig a szénkészlet egész tömege kitermelhető.

Ha azután ezt a feltevést közelebbről analizáljuk, kialakul a kevésbbé biztató helyzet.

A széntelepek nagyrésze ugyanis olyan csekély vastagságú, hogy az ilyen rétegekből a mai eljárással nem fizeti ki magát a széntermelés. Ezért javasolta már 1914 tavaszán Ramsay, az ismert angol kémikus, hogy a csekély vastagságú szénrétegeket ott helyükön a szén elgázosításával kell hasznosítani. Mindezideig nincs tudomásunk arról, hogy ezen az alapon a Ramsay javasolta kísérleteket megkezdették-e és várható-e eredmény.

A föld szénkincse tartamának kiszámításakor eszerint az említett csekély vastagságú rétegek szénvagyonát nem lehet figyelembe venni. Emellett, amint az előbb kimutattuk, nem lehet állandó szénfogyasztással számolni.

Mindezen körülmények alapos mérlegelésével történt becslésnek azután az az eredménye, hogy a föld eddig ismert szénkincse legfeljebb 1500 esztendeig lesz elegendő.[1]

Meg kell azonban állapítanunk, hogy ez az 1500 esztendő átlagos érték. Szénben igen gazdag ország szénkincse, mint az Északamerikai Unióé, noha szénfogyasztása a legnagyobb, kétszer annyi ideig is eltarthat, ellenben Anglia szénkincse előreláthatóan 200 esz-

[1] Hanns Günther: Technische Träume.

tendő alatt kimerül. Csonka-Magyarország szénkincse is aligha tart el 100 esztendeig.

Hangsúlyoznunk kell azonban a legóvatosabb becsléseknek is közelítő voltát. Egyrészről időközben újabb szénterületeket is fedeztek fel. Az 1924. évi londoni világerőkonferencia elé terjesztett adatok szerint pl. Európa szénkincsét már 1100 milliárd t-ra, tehát az 1913. évihez viszonyítva 42%-kal többre becsülték,[1] viszont az egész világét kevesebbre. Másrészről a jövőbeli szénfogyasztás mértéke, ez az ismeretlen faktor, minden számítást halomra dönthet.

Az előbbiekben adott képpel csupán azt akarjuk bizonyítani, hogy a szénvagyonnal takarékoskodni kell, mert a kimerülés veszélye fenyeget és ma kultúránknak kétségenkívül a szén a támasztópillérje.

„Vas és szén az a két pólus, amely körül az egész gazdasági élet forog", mondotta jellemzően a vaskancellár Bismarck már 1890-ben a porosz vasutasoknak, amikor születésnapján üdvözölték őt.

A közlekedésnek, az iparnak fő mozgatóereje a szén. A világgazdaság, a világkereskedelem nagyméretű fejlődése elsősorban a szénnel, s ennek melléktermékeivel függ össze.

Németországban a *Kaiser Wilhelms-Institut für Kohlenforschung* intézetet, amint ismeretes, a gyáripar és magánosok anyagi támogatásával, azért létesítették, hogy a szénértékesítés leggazdaságosabb módozatainak tanulmányozásával foglalkozzék. És valóban az intézet rendszeres tudományos vizsgálatok során a gyakorlat számára olyan eljárásokat dolgozott ki, amelyek segítségével a szenekből nagyobb mennyiségekben termelhetők ki a folyós halmazállapotú tüzelőanyagok előállítására alkalmas kátrányok.

[1] Technik und Wirtschaft. 1924. 11. füzet.

A laboratóriumi tudományos kutatás diadala az a sok hasznos, ma már nélkülözhetetlen anyag, amelyet a világítógázgyártásnak bűzös fekete melléktermé-nyéből, a kőszénkátrányból nyerünk.[1]

A tropikus égöv madarainak élénkszínű tollazata el-halványodik azok mellett a pompás színek mellett, amelyeket a világítógáz melléktermékéből állítunk elő. Az ókorban csak hétféle színt ismertek, ma vagy kétezerfélét ismerünk. A nagyvárosok fényes kiraka-taiban feltűnő élénk színű selyemszövetek anilinfesték-kel vannak színesítve. Az anilinfestéket kőszénkát-rányból nyerjük. Másutt hasonló pompás színű szöve-tek alizarinnal vannak festve. Az alizarinfestéket szin-tén kőszénkátrányból állítják elő.

A tudományos kutatás eredménye, hogy a kémiai ipar ma illatokat állít elő napfény és virágágyak igénybevétele nélkül. A pipereszappanoknak és egyéb illatszereknek kellemes illata nagyobbára kőszénkát-rányból desztillált olajtól származik.

Ősz elején a különböző prémeknek, a díszmagyar ruháknak kellemetlen szaga naftalintól ered. Ezt a hatá-sos molymérget szintén kőszénkátrányból nyerjük. A kőszénkátrány naftalinját eddig főként kémiai ké-szítmények előállítására, tüzelésre, koromgyártásra, molyirtásra használtuk, vagy pedig golyókká sajtolva, explóziós mótorokban égettük el. Minthogy azonban sokkal kevesebb naftalint fogyasztottunk, mint ameny-nyit szénlepárlóüzemeink termeltek, megindult a tudo-mányos kísérletezés abban az irányban, hogy a nagy-mennyiségű naftalin értékesíttessék. Az eredmény, hogy a naftalinból a folyós halmazállapotú tetralint és dekalint tudjuk előállítani.

Ezeket az olajokat benzin helyett a német haditen-

[1] LAUNHARDT: Am sausenden Webstuhl der Zeit.

gerészet már 1917-ben sikerrel használta tüzelésre és mótorhajtásra. Újabban mind nagyobb mennyiségben automobilmótorok hajtására használják.

Kőszénkátrányból készül a fertőtlenítésre szolgáló karbolsav. A karbolsavból állítjuk elő a bakelitet, a mind nagyobb tért hódító műgyantát. Az eddig természetes gyantákból és kaucsukból készült iparcikkek helyett újabban mindinkább bakelitkészítményeket állítanak elő.

Végeredményben ugyancsak kőszénkátrányból készül az élelmiszerek konzerválására és gyógyszerek készítésére szolgáló szalicilsav. A közismert gyógyszerek közül az aszpirin, az antipirin, a salol, valamint a phenacetin is szalicilsavból, illetőleg kőszénkátrányból készül. Kőszénkátrányból állítják elő a saccharint is, ezt a cukornál több mint 300-szor édesebb gyártmányt. Kőszén száraz desztilláció terméke az ammónia is, amelyet számos ipari célra felhasználnak.

Azt mondhatná valaki, hogy ma már mindent kőszénkátrányból állítunk elő. Ha mindent nem is, de még sok mindent, amelyet nem soroltunk fel.[1] A most közölt leírással csupán képet akartunk adni arról, hogy a mai életben a szén úgyszólván nélkülözhetetlen.

A világ szénkincsének pótlásnélküli kimerülése valóban kultúránk katasztrofális hanyatlását jelentené és a széninség bekövetkezésére gondolva, önkéntelenül is eszünkbe jut a nagy angol történetírónak, Macaulay-nak komor jóslata az új-zélandi turistáról, aki az elpusztult London-Bridge pillérjén ülve rajzolja vázlatkönyvébe a Szent-Pál kathedrális romjait.

A szénkimerülés veszélyének elhárítására két módot kell igénybe venni. Egyrészről takarékoskodni kell meglévő szénkincsünkkel azáltal, hogy nagyobb hatásfokkal használjuk fel a szenet, másrészről a szénből

[1] Launhardt: Am sausenden Webstuhl der Zeit.

nyerhető energiát pótolni kell kimeríthetetlen természeti erőkkel.

Mind a két mód nem mindennapi feladat elé állítja a tudományos technikát.

A szénkincs kímélése s a gazdaságos üzem érdekében kiváló kutatók tevékenysége irányult a multban is, de különösen manapság a gőzgépek termikus hatásfokának növelésére. Ez a tevékenység, amint az energiagazdálkodásra vonatkozó megjegyzéseinkből kitűnt, már eddig is kiváló eredményeket mutat fel, s további javulások is várhatók.

A tudományos technika tehát minden emberileg lehetőt megtesz, hogy a világ szénkincse minél hosszabb ideig tartson.

2. A világ nyersolajkincse és előrelátható tartama.

A szénkimerülés veszélyének elhárítására segítségül hívták az olajat, mindenekelőtt a petróleumot, amely a modern gazdaságban igen jelentős szerepet játszik.

A petróleum már Herodotos idejében ismeretes, aki leírja a Babylon melletti olajbányákat, de csak a XIX. században lesz az iparnak egyik legfontosabb üzemi anyaga. Eleinte csupán világításra használták, később kiváló tulajdonságainak felismerése után mótorok hajtására. Előnyei, hogy nagy a fűtőértéke, ehhez viszonyítva kicsiny a súlya, csekély a térszükséglete.

A világ nyersolajkészlete és előrelátható tartama a II. táblázatban van feltüntetve. E táblázat adatai szerint a világ nyersolajkészlete, ha az 1922. évi fogyasztás alapján számítunk, kereken félszázad alatt kimerül. Ha ez a számítás csupán becslés is, annyi bizonyos, hogy az olaj korántsem tart annyi ideig, mint a szén. És ezt a jövő szempontjából kedvezőtlen helyzetet lényegesen nem változtathatja meg, ha új nagy olajtelepeket födöznének is föl, mert az explóziós és Diesel-mó-

II. Táblázat.

A világ nyersolaj-készlete.[1]

Ország	Olajkészlet millió Barrel-ben[2]	A világkészlet %-ában	Az 1927. évi fogyasztás alapján számítva a kimerülés években
Észak-Amerikai Unio..	7000	16·26	12·7
Oroszország	6755	15·69	192·5
Perzsia és Mezopotámia	5820	13·52	275·1
Dél-Amerika északi része Peruval	5730	13·31	549·1
Mexiko	4525	10·51	24·5
Dél-Amer. déli része..	3550	8·20	1327·6
Holland-India	3015	7·00	188·4
Kína	1375	3·19	..., 217·5
Brit-India	955	2·31	
Japán és Formoza	1235	2·87	616·3
Románia, Galicia s Ny.-Európa	1135	2·64	72·5
Kanada	995	2·31	5558·7
Algier és Egyiptom ..	925	2·15	772·8
Összesen..	43.055	100·00	50·6

torok hatalmas térfoglalása következtében rohamosan fokozódó fogyasztással kell számolni.

Az energiagazdálkodásban az utóbbi időben a folyékony tüzelőanyagok a szilárdakhoz képest folyton fokozódó jelentőségre tettek szert.

Az energiatermelés.[3]

	szénből	nyersolajból	földgázból	vizi erőből
1890-ben	88%	6 %	2·5%	3·5%
1925-ben	51%	26·4%	3·2%	19·4%

[1] Prof. Dr. Oskar Kende: Erde und Wirtschaft in Zahlen. 1926.
[2] 1 Barrel = 159 liter, 7·19 Barrel = 1 tonna.
[3] V. D. I. Nachrichten, 1927 aug. 27.

MUZEU

A világ évi nyersolajtermelése ma mintegy 150 millió t. Ebből az Északamerikai Unióra esik 71·6%, Mexikóra 10·8%, Oroszországra 4·9%, Perzsiára 3·3%, Holland-Indiára 2%, Venezuelára 1·9%, Romániára 1·6% és Perura 1%. A többi államokban a termelés 1% alatt marad. Lényegében tehát alig tíz állam látja el a világ nyersolajszükségletét.

A fogyasztás terén az első helyen van az Unió 70%-kal, utána következik Anglia 3·9%-kal. Harmadik a sorban Oroszország, ahol a vasúti üzemben olajtüzelésű lokomotívokat alkalmaznak, 3%-kal, s utána következik Kanada 1·9%-kal.

Eszerint az Uniónak fogyasztása valamivel kevesebb, mint a termelése, ellenben Mexikónak, Oroszországnak, Romániának, Holland-Indiának és Venezuelának termelése nagyobb, mint a fogyasztása.

Tény az, hogy a petróleummezők jellegzetes furótornyai hamar kimerülő energiaforrásokat jelentenek.

Svante Arrhenius szerint[1] Van Hise kiszámította, hogy ha az olajtermelés az eddigi arányban növekedik, az északamerikai Unió olajkészlete 1935-ben kimerül, sőt ha az olajfogyasztás nem fokozódnék is tovább, az Unió olajkészlete a század végéig akkor sem tartana. Újabb számítások (1921) az 1935. dátumot 1953-ra tolják ki. Az olajnak szénből való előállítása viszont az utóbbinak gyorsabb kimerülését vonja maga után.

Az olajjal kapcsolatban röviden a *földgázról* is meg kell emlékeznünk. A világon a földgáztermelés aránylag csekély, s majdnem kizáróan Észak-Amerikára korlátozódik. Az évi termelést mintegy 34 milliárd m^3-re, vagy 8000 kg.kal/m^3 átlagos fűtőértékkel számítva 272 billió kg.kalóriára becsülik.

Ennek a tömegnek mintegy 40%-át fordítják erőnyerésre, részben közvetlenül gázgépekben, részben köz-

[1] Die Chemie und das moderne Leben. 1922. 197. l.

vetve, amikor a földgázt gőzkazánoknál mint tüzelőanyagot alkalmazzák.

Ha átlagosan 20% hatásfokkal számítunk, akkor ilyes módon a földgázból nyerhető energia mintegy 25·3 milliárd kilowattórának felel meg.

Ezzel szemben a nyersolajból évenkint mintegy 208 milliárd, a szilárd tüzelőanyagból pedig 400 milliárd kilowattórának megfelelő energiát termelünk. A szilárd, folyékony és gáznemű tüzelőanyagokból nyert évi 633·3 milliárd kilowattórát kitevő energiából tehát a földgázra alig esik 4%.[1]

3. A világ tőzegkincse.

A tőzeg, noha kalóriatartalma sokszor eléri a barnaszénét, mégsem kedvelt anyag kazántüzelésre. Ennek oka termelésének nehéz módja és nagy nedvességtartalma, ami miatt felhasználása előtt hosszabb ideig szárítani kell.

Az 1924. évi londoni világerőkonferencia elé terjesztett adatok szerint[2] a világ tőzegkészlete mintegy 320·3 billió m^3, ami az orosz emlékirat szerint 22 billió kilowattóra elektromos energiának felel meg.

Ebből a készletből az oroszlánrész, 320 billió m^3, Oroszországra esik, az északamerikai Unióra 30 milliárd m^3, Hollandiára 400 millió m^3, Itáliára 83 millió m^3. Ugyanezen konferenciára vonatkozó közlemények szerint[3] a világ összes rendelkezésre álló erőforrásainak *munkaértéke* 300 esztendei időtartamra számítva, közelítően:

[1] Energieverbrauch der Welt. V. D. I. Nachrichten, 1927 aug. 17.

[2] Van Heys: Welt-Kraft. Technik und Wirtschaft. 1924, 11. füzet.

[3] Van Heys i. m.

Szén	7000	billió kw.-óra
Víz	7000	„ „
Tőzeg	22	„ „
Olaj	90	„ „
Összesen	14112	billió kw.-óra.

Az összes munkaértéknek tehát a tőzegé alig teszi ki az 1·6‰-jét.

Természetes, hogy amikor a szén és olaj kimerülése fenyeget, rákerül a sor a tőzeg hasznosítására is.

Erre vonatkozó kísérletek a háború után nálunk is megindultak.

Nagyobbszabású kísérleteket tettek Németországban, amelynek tőzegkészlete kereken 50 milliárd m^3, s belőle 2 billió kilowattóra energia nyerhető.[1]

Ez az energia 50 esztendeig Németország összes energiaszükségletét volna képes fedözni. Németországban abból a helyes alapelvből indultak ki, hogy a tőzeget a helyszínén kell felhasználni. Az Ems-tőzeglápon a láp területén belül hatalmas elektromos központi telepet létesítettek. Oldenburg és Ostfriesland összes városainak világítását, közúti vasútait és ipari mótorait az itt termelt elektromos áram táplálja.

A központ összteljesítménye 17.000 kw. A tervezetnek gazdaságos keresztülvitele sikerült, de a terv végrehajtása oly sok nehézséggel járt, hogy az első kísérletet egy második nem követte.

*

Az előadottakból kitűnik, hogy a tudományos technika, illetőleg az energiagazdálkodás minden törekvése ellenére is előbb-utóbb bekövetkezik mind a szilárd, mind a folyékony és gáznemű tüzelőanyagok kimerü-

[1] Van Heys i. m. Németország tőzegkészlete nincs felvéve a londoni világerőkonferencia által összeállított kimutatásba.

lése, mindenesetre érdekes probléma tehát, hogy milyen természeti erők szolgálhatnak a tüzelőanyag energiájának pótlására: melyek tehát a *jövő* energia forrásai.

Víz, szél, az árapály energiája és a nap heve azok a természeti erők, amelyek az említett tüzelőanyagok energiájának pótlására mindenekelőtt szóba jöhetnek. Ezek közül a víz és a szél már a *ma* energiája is.

OSZK
Országos Széchényi Könyvtár

III. A jövő energiaforrásai.

1. A napsugarak energiája.

Anglia Pantheonjában, amint említettük, JAMES WATT óriási emlékszobrát díszítik e szavak: „az emberiség jótevője". A görög mythos ugyanezzel a jelzővel illeti PROMETHEUS-t, aki a nap lángjából szikrát hozott le a földre, s vele életet lehelt az agyagból megformált emberbe. Kiemelte az embert az állatok sorából. A prometheusi szikra birtokában fejlődött ki a „szerszámkészítő állat"-ból a mai nagyintelligenciájú ember, aki már „a levegőben utazik, villámmal ír és beszél és napsugárral fest".[1]

A napsugár az embernek legnagyobb jótevője, s valóban nélküle nem is lehetne földi élet. A nap a földön úgyszólván minden energiának forrása.

A jövőben nyilván azokat fogják az emberiség jótevőinek tekinteni, akik a napsugárzás nyujtotta energiának kihasználását teszik lehetővé, s így pótolni tudják a föld sötét mélyében koncentrált napenergiát, a szenet, amelyet a legújabb kor jótevőjének, JAMES WATT-nak találmánya lassan kimerít.

Óriási az az energiamennyiség, amelyet a nap által a földre küldött meleg képvisel, noha a földre az összes nap kisugárzotta melegnek csak kis, 225 milliomodrésze jut.[2] A mi planétánkra évenkint ily módon kisu-

[1] DU BOIS REYMOND: Művelődéstörténet és természettudomány.

[2] DR. OSCAR KAUSCH: Die unmittelbare Ausnützung der Sonnenenergie.

gárzott meleg a földet körülvevő 30 m vastag jégréteget tudna megolvasztani.

Langley amerikai fizikusnak beható kutatások alapján végrehajtott számításai szerint a földet érő nap hevének energiája 350 billió lóerőnek felel meg. Fantasztikus szám ez, amelyet elképzelni is bajos. Célszerűbb tehát a vizsgálatot nem az egész földre, hanem kisebb területre megtenni.

A 20. északi szélességi fokon — ezen a tájékon fekszik a Szahara — 4 m^2-re eső napmelegenergia évenkint egy lóerőnek felel meg. Ha ezt teljesen kihasználhatnók *egy* km^2 napsütötte földterület a 20. északi szélességi fok körül évenkint 250 ezer lóerőnek megfelelő energiát szolgáltatna, 10%-os kihasználás esetén ez 25.000 lóerőnek felelne meg. Minthogy pedig modern gőzgépeinkben egy lóerő évenkint 4 t szén felhasználását jelenti, egy km^2-re eső napenergia teljes kihasználás esetén egy millió t, 10%-os hatásfok esetén pedig 100 ezer t szénmegtakarítást jelentene egy esztendő alatt.

A mostanában évi 1500 millió t-ra becsült szénfogyasztásnak megtakarítására tehát teljes kihasználás esetén 1500 km^2, 10%-os kihasználás esetén pedig 15 ezer km^2 napsütötte földterületre eső napenergia volna szükséges. Az utóbbi terület kisebb, mint Csonka-Magyarország területének (92.607 km^2) hatodrésze.

Ha tehát sikerülne pl. a 15 ezer km^2-nél közel 600-szor nagyobb területű, a 20. északi szélességi fok táján fekvő Szahara-sivatagra sugárzott nap melegét felhasználható energiára, legcélszerűbben elektromosságra átalakítani, akkor nemcsak a jövőnek sötét gondját, ezt a valóban „atra cura"-t űzné el egy csapásra a napsugár, hanem oly fejlődésnek lehetőségét is megadná, amelyet a legmerészebb álom sem volna képes kiszínezni.

Természetes, hogy kiváló kutatók már jó ideje felis-

merték a napenergia közvetlen felhasználásának jelentőségét. Igen érdekes pl. Amerika egyik legkiválóbb mérnökének, a nemrég elhúnyt német származású Steinmetz-nek, aki korábban Edison-nak első munkatársa volt, a napenergia készletére és technikai értékesítésére vonatkozó véleménye:[1] „Mihelyt a szénhiány érezhetővé válik, lehetetlen lesz az Unió összes energiaszükségletét vízerőművekből fedözni. Kimeríthetetlen energiaforrás azonban a nap kisugárzott melege. Ha Észak-Amerikának csupán mezőgazdasági célokra alkalmatlan területén hasznosítanók a nap melegét és a kihasználás hatásfokát csak 10%-ra, tehát rendkívül kedvezőtlenre vennők fel, még ebben az esetben is 16 millió lóerőteljesítményt lehetne elérni, azaz lényegesen többet, mint amennyi energia a szénből és vízből nyerhető. A napsugárzásban kell tehát a jövő legnagyobb energiaforrását keresni".

Ugyanezzel a tárggyal foglalkozik a berlini ismert kémikus-tanár, Binz, a német kémikusok egyesületében tartott előadásában:[2] „Már komolyan foglalkoznak a belátható időben kimerülő szén pótlásának kérdésével. A vízierőn és szélerőn kívül a dagályt és apályt, a föld belsejének melegét és a nap energiáját kell az emberiség szolgálatába állítani. A leghatalmasabb technikai probléma, amelyet a fehér fajnak meg kell oldani, a trópusi melegnek a mérsékelt égövre szállítása. Arra lehet gondolni, hogy pl. a Nilus mellett naperőműveket létesítenek és az ezekkel előállított energiát Európába hozzák. Ha ez az óriási technikai probléma nem sikerül, végeredményében a jövőben a színes faj fogja megállapítani a világtörténelem menetét".

A napsugarak hevének technikai értékesítésére irányuló törekvés nem mai keletű. Az ókori Egyiptomban

[1] A. Marcuse: Wissen und Fortschritt, 1927 april, 48. l.
[2] Marcuse: i. m.

a templomkapuk automatikus nyitására a papok vízoszlopot használtak, amely a napsütéstől kiterjedve, a kaput mozgásba hozta. Akkoriban ez nagy csoda volt a nép előtt, technikai cselfogás a beavatottak részéről. Ugyanez a csoda egyébként megvolt a görög templomoknál is. Itt a misztikus berendezés alexandriai Héron-tól származik, aki Kr. e. 100 esztendővel, hatalmas művében, a *pneumaticon*-ban már a nap heve által hajtott vízemelőgépet is leír.

Héron, a mechanikának hírneves művelője, kiváló matematikus volt, aki bátran beléphetett volna Platon házába, amelyen ez a jelmondat volt felírva: „Μηδείς ἀγεωμέτρητος εἰσιτω μου τὴν στέγην". (Geometriában járatlan nem léphet födelem alá.)

A technikának úttörője, az ókornak ezermestere említett művében 78 különféle berendezést és készüléket ismertetett. Előtte már Euklides és Archimedes, az ókor Edison-ja is felemlíti a nap melegének hajtóerőkihasználásra való lehetőségét.[1]

Korunkban többen foglalkoztak a napenergia kihasználásának problémájával. A feladat a gőzgép ismeretében egyszerűnek látszik. Nem kell egyebet tenni, mint a kazánt napsugarakkal fűteni, s az így nyert gőzzel a gőzgépet hajtani.

Csakhogy a gondolattól a tettig rögös az út.

Az első kísérlet Mouchot-tól származik, aki III. Napoleon császár ösztönzésére foglalkozott ezzel a problémával. Mouchot az első e célra konstruált gépjét 1860-ban Algier-ban állította fel. Fő alkotórésze a nap sugarainak a kazánra való akkumulálása céljából belülről beezüstözött nagy tölcsér volt.

Talán legszívósabban John Ericson (1803—1889) svéd származású amerikai mérnök, aki javított hajócsavarja és páncélhajója által vált ismertté, foglalkozott a pro-

[1] Svante Arrhenius i. m.

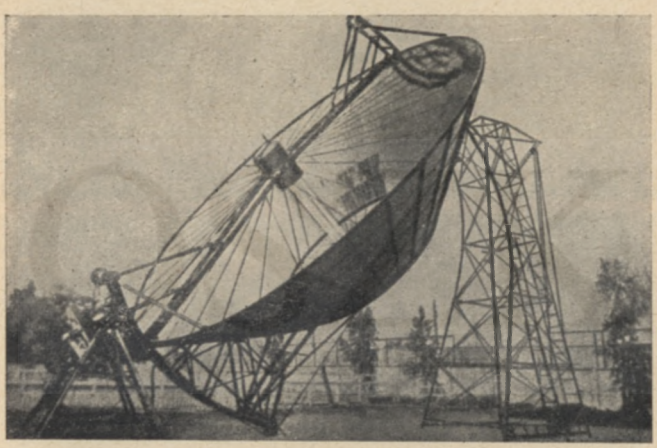
blémával. Tizenöt esztendei kísérletezés után 1868-ban állította fel az első naperőművet, amelyet *napmótor-*

1. kép. Ericson-féle napmótor Los-Angeles mellett.

nak nevezett el. A napsugarak felfogására homorú tükröt használt, amelyet vasállványon forgathatólag helyezett el, hogy a nap állását követni lehessen vele. 1883-ig tíz ilyen mótort állított fel. A napmótorok elő-

állítási költsége azonban olyan nagy volt, hogy a szénnel fűtött gőzgépek a tüzelőanyag drága volta ellenére is olcsóbban dolgoztak.

Mindazonáltal egyik 1902-ben Dél-Kaliforniában, Los Angeles melletti strucfarmban felállított Ericson-féle napmótor máig üzemben van. Öntözésre használják. Az 1. és 2. kép tünteti fel ennek a napmótornak tük-



2. kép. Ericson-féle napmótor Los-Angeles mellett.

rét elölről nézve. A tengelyben van elhelyezve a cső-alakú kazán. Kaliforniában és Peruban számos hasonló napmótor van üzemben.

Az Ericson-napmótornak azt a hátrányát, hogy az alkalmazott nagy tükörnek nemcsak a beszerzése, hanem jókarbantartása is rendkívül költséges volt, a németamerikai Shuman azáltal küszöbölte ki, hogy a nagy tükör helyett parabólikus, sok kis tükörlemezből összeállított tükröt alkalmazott. A Shuman-féle nap-

mótor ezáltal jóval gazdaságosabban működött, mint az Ericson-rendszerű.

1911-ben Tacony-ban, Philadelphia mellett állítottak fel ilyen rendszerű naperőművet. (3. kép: a jobb oldalon látható a gőzhajtotta gép.)

Az itt szerzett tapasztalatok szerint a napmótor teljesítményét kedvezőtlenül befolyásolja a nedvesség, a köd, a füst stb. A napmótorok eszerint sikerrel csak száraz klímájú területen alkalmazhatók, ahol a külső temperatúra 45—60 C°-ra felmegy.

A napmótorok alkalmazására legalkalmasabb területek ennélfogva, ha a lakott területeket vesszük tekintetbe: Egyiptom, Chilének salétromterülete, Arizona, Newada, Dél-Kalifornia stb.

E tapasztalatok birtokában a Shuman által 300 ezer font tőkével alapított *Sun Power Co. Ltd.* kísérleti célokra Egyiptomot választotta ki, mint amely országnak napsugárzási viszonyai rendkívül kedvezőek, s emellett az ott nyarankint fellépő vízhiányra tekintettel azt is megmutatni akarták, hogy a napmótorok segítségével forrón sütött te-

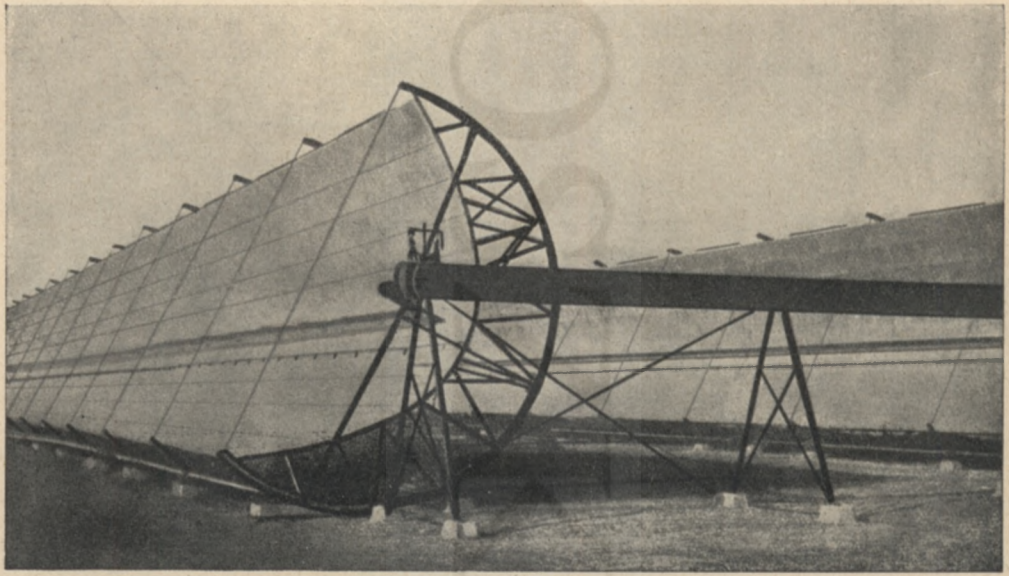
3. kép. Shuman-féle naperőmű Tacony-ban.

rületek mély kutakból, esetleg folyókból hathatósan öntözhetők. Szénnel táplált gépet erre a célra itt nem lehetett kombinációba venni, mert a tüzelőanyag a hosszú szállítás következtében rendkívül drága. Az egyiptomi telepet 1912-ben helyezték üzembe Meadiban, 15 km-re déli irányban *Kairótól*, közvetlen a Nilus mellett. A napsugarak felfogására öt horizontális tengelyű parabólikus tükröt állítottak fel és az ily módon termelt gőzzel 50 lóerejű gőzgépet képesek működésben tartani.

A meadi-i naperőmű naponkint 10 óra hosszat üzemképes és mintegy 200 h. a. gyapottermő területet felállítás óta zavartalanul öntöz. A 4. képen látható a meadi-i napmótornál a tükör állása reggel és az 5. képen délben. A meadi-i napmótorok általános elrendezése a 6. képen van feltüntetve.

Az ezzel a napmótorral elért eredmények alapján a bajor földmívelésügyi minisztérirum tervbe vette a napenergia közvetlen kihasználását tanulmányozó vizsgáló-intézet felállítását. Ennek előkészítésére írta meg Kausch Oszkár 1920-ban a napenergia közvetlen kihasználásáról szóló *(Das unmittelbare Ausnützung der Sonnenenergie)* művét, mely nagyobbára szabadalmi leírások alapján ismerteti az eddig erre a célra létesített szerkezeteket. A bajor intézetet mindezideig nem állították fel, nyilván azért, mert Bajorország, amelynek átlagos évi temperatúrája elég alacsony, napmótorok felállítására nem éppen alkalmas terület.

Az eddig alkalmazott napmótoroknak alapgondolata, hogy a napsugarakat tükörrel fogják fel és víztartóra koncentrálják, amelyben a hő a vizet gőzzé alakítja át. Az ily módon termelt gőzzel gőzgépeket tartanak üzemben. Ezeknek a napmótoroknak a hatásfoka azonban igen csekély. Így pl. a meadi-i telepen az alkalmazott tükörfelületek alapján csak 20%-os, tehát elég kedvezőtlen hatásfokkal is számolva, 300 effektív lóerőt



4. kép. A meadi»i napmótorok állása kora reggel.

5. kép. A meadisi napmótorok állása délben.

kellett volna elérni. Valójában, amint említettük, a telep csak 50 lóerőt szolgáltat, ami mintegy 3%-os hatásfoknak felel meg.

Nem lehet arra az álláspontra helyezkedni, hogy mivel a napenergia semmibe se kerül, mellékes a hatásfok. Nyilvánvaló ugyanis, hogy az ilyen rossz hatás-

6. kép. A meadi-i napmótorok általános elrendezése.

fokkal dolgozó telepek viszonylagosan nagy kiterjedésűek és drágák.[1] Érdeklődéssel fogadják tehát a legújabb napmótornak tervét, amely az eddigieknél jóval nagyobb hatásfok elérését igéri.

Ez a terv Marcuse berlini neves fizikus és asztronómus egyetemi tanártól ered. Lényege tulajdonképen az ú. n. „fekete test". A fizikában *„fekete test"* alatt olyan testet értünk, amely a reá eső sugarakat abszorbeálja. A kőszén, a korom fizikai értelemben ilyen *„fekete*

[1] Fürst: Das Weltreich der Technik. IV. köt., 103. l.

test". A fizikus azonban a most említett „fekete test" mellett megkülönböztet még olyant is, amely „*abszolút feketé*"-nek minősíthető. Ha üres golyó belső felületét pl. korommal feketére bemázoljuk, s rajta a sugarak bebocsájtására egy kis lyukat hagyunk, akkor egy úgynevezett *abszolút fekete test*-et állítottunk elő. Azok a sugarak ugyanis, amelyek a kis lyukon keresztül a golyó belsejébe jutnak, többé nem találnak ki belőle, foglyok lesznek, teljesen elnyeletnek.

A golyó belső fekete falának valamely pontjára jutó sugár ugyanis visszaverődik, s a belső felület más pontjára vetődik, ahol ismét visszaverődik, és ilyen módon szakadatlanul reflektálódik. E folyamat alatt minden egyes vetődési ponton elnyeletik belőle egy rész, úgyhogy végeredményében teljesen elnyelődik.

Marcuse napmótorjában a napsugarakat biconvex üvegből készült, s alkalmasan megtöltött üreges lencsék segítségével koncentrálva egy belülről befeketített golyóra tereli. A golyó falán pár milliméter átmérőjű kis nyílás van. A lencse gyujtópontja ebbe a nyílásba esik. A sugarak ezen a nyíláson át a golyó szemben levő belső falára jutnak, s a golyóból az előbb említettek értelmében nem tudnak kijutni, tehát teljes egészükben kihasználhatók gőztermelésre (7. kép).[1]

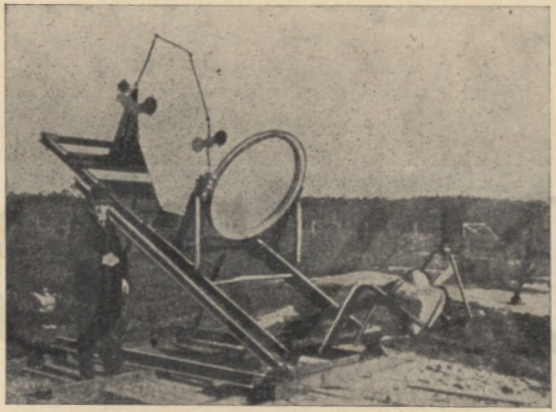
Az eddigi napmótorokhoz viszonyítva a tervező legalább háromszor, de valószínűen ötször nagyobb hatásfokot remél, s azt hiszi, hogy az ilyen napmótorok a mérsékelt égövön is sikerrel lesznek alkalmazhatók. Mindenesetre kívánatos, hogy kísérletek útján állapítsák meg: vajjon az igért előnyök bekövetkeznek-e.

Ami már most a csekély hatásfokkal dolgozó napmótorok jövedelmezőségét illeti, megállapítható, hogy a világháború előtt mindazokon a vidékeken versenyezni tudtak a gőzgépekkel, ahol a szén ára tonnán-

[1] A. Neuburger i. m. 160. l.

kint több volt 16 angol sh-nél. Ahol a szén olcsóbb volt, az ezzel fűtött gőzgépnek volt elsőbbsége.

Ismeretes az is, hogy a világháború előtt a trópikus és szubtrópikus vidékeken majdnem mindenütt drágább volt a szén 20 sh/t-nál. Napsütéses országokban, mint Egyiptomban, Palesztinában, Peruban, Chilében,



7. kép. A Marcuse-féle napmótor.

Afrika és Dél-Amerika belsejében 60—70 sh/t volt és ma sem olcsóbb.

Látni tehát, hogy már az eddigi kezdetleges napmótorok is öntözési célokra és elektromos energia előállítására nagykiterjedésű, erre alkalmas területeken többkevesebb sikerrel alkalmazhatók. A 8. képen feltüntetett világtérképen a feketére festett területeken lehet számítani a napmótorok nappali szakadatlan üzemére.

A jövő energiaforrása szempontjából azonban nem ez a kérdés lényege, hanem az, hogy miképen lehetne az erős napsugárzásnak kitett trópikus és szubtrópikus

vidékeken felállítandó napmótorok akkumulálta energiát a mérsékelt égövre szállítani, ahol a klíma a legintenzívebb szellemi és fizikai erőkifejtést teszi lehetővé. Ez a probléma még ma megoldhatatlannak látszik. Nem hiányoztak ugyan e tekintetben sem ötletek

Maga SHUMAN is foglalkozott ezzel a problémával, s akkumulátor gyanánt a folyékony levegőt kívánja felhasználni. Elgondolása szerint a napmótorok által ter-

8 kép.

melt energiával cseppfolyós levegőt nyernének, s azt tetszőleges helyen és időben expanziós mótorok hajtására használnák fel. Ilyen módon végeredményében a napenergiával szakadatlan üzemet lehetne fenntartani.

SHUMAN-nak ez a gondolata azonban még mindezideig tetté nem vált.

Az elektrotechnika, s főképen a drótnélküli táviró fejlesztése terén kiváló nevet szerzett REGINALD AUBRY FESSENDEN mérnök is foglalkozott ezzel a problémával. Kifejti, hogy az eddigi napmótoroknak két nagy hibája van: az egyik, hogy nem csupán a hősugarakat veszik fel, ami által már bizonyos veszteségek állanak elő, a másik, hogy a víz felforralása nagymennyiségű hőt kí-

ván. E két hibát oly módon gondolja kiküszöbölni, hogy egyrészről csak a hősugarakat koncentrálja, másrészről olyan folyadékot használ fel üzemi erő gyanánt, amelynek alacsonyabb forráspontja van, mint a víznek. Így elsősorban az alkoholt és a benzint.

Szerinte csakis a trópikus és szubtrópikus vidékeken, ahol bőségesen áll rendelkezésre napenergia, dolgozhatik a mótor vízzel. E szempontok figyelembevételével Fessenden egy modellt készített, amellyel állítólag jó eredményeket értek el. Ezen az alapon Észak-Amerikában nagyobb telepet óhajtanak létesíteni.

Svante Arrhenius is behatóan foglalkozott a napmótorok kérdésével. A stockholmi kir. akadémiához kimerítő jelentést nyujtott be arról a kérdésről, miképen volna lehetséges a szenet napmótorokkal pótolni. Ackermann mérnöknek a meadi-i telepre vonatkozó számításaiból kiindulva, arra az eredményre jut, hogy az északi vidékeken a napmótor csak akkor szolgálhat a szén pótlására, ha a szén ára tonnánkont 50 svéd K-ra emelkedik. Kiemeli Svante Arrhenius, hogy közvetve az északi vidékeknek is hasznuk van abból, ha a déli vidékeken napmótorokat állítanak fel, mert ezek hiányában a szükséges energiát itt is szénből nyernék, s így a szénkimerülés hamarabb következnék be, illetőleg a szén rohamosabb fogyásával kapcsolatban az északi vidékeken is hamarabb emelkednék a szén ára. Svante Arrhenius említett jelentése beható számításaival a napenergia kihasználása tekintetében a legújabb időkben egyike a legérdekesebb tanulányoknak.[1]

Kétségtelen, hogy az eddigi kipróbált napmótorokkal még korántsincs megoldva a nap energiájának tetszőleges helyen való kihasználása, s emellett, amint említettük, ezek a napmótorok igen kis hatásfokkal dolgoznak.

[1] A. Neuburger i. m.

Ilyen körülmények között fölmerül a kérdés: nem lehetne-e a nap hevének kihasználására észszerűbb módszert alkalmazni. Hiszen megmutatják a helyes utat a növények, amelyeknek levelei tulajdonképen szintén napmótorok.

Ezt kívánja követni az ismert olasz kémikus, Giacomo Ciamiccian, amikor a napsugarakat fotokémiai úton kívánja értékesíteni.[1] Számításai értelmében a föld 73 millió km² tulajdonképeni kultúra-területén — Liebig felvétele alapján hektáronkint átlagban 2·5 t-val számítva — évenkint 18 milliárd tonna organikus száraz növényanyagot produkál. Ennek tüzelőértéke 10 milliárd t szénnek felel meg, ami a világ mai évi szénfogyasztásának több mint hatszorosa.[2]

Kétségtelen, hogy a föld növénytermelését okszerű talajműveléssel lényegesen fokozni lehet. Velejében tehát annak a Faust-kívánságnak teljesítéséről van szó, amelyet ő így fejezett ki Mephistopheles-nek:

„Mutass — — — — — — — — —
... napról-napra újult zöldű fákat

Mephistopheles nem találta ezt a feladatot lehetetlennek:

„Mind nem riaszt e feladat
Kinestáram téged kiszolgálhat.[3]

Évszázados intenzív mezőgazdasági kultúra birtokában Ciamiccian sem tartja lehetetlennek a feladat megoldását. Hivatkozik A. Mayer-re,[4] akinek véleménye

[1] Die Photochemie der Zukunft. Stuttgart, 1913.
[2] Ciamiccian nagyobb értékeket nyer, mert 128 millió km² szárazföldi területtel számít, tehát a kietlen területeket is termőképeseknek veszi.
[3] Faust. I. R. Kozma Andor fordítása.
[4] Ciamiccian i. m. 17. l.

szerint a mérsékelt égövön intenzív kultúra által a termelést a Liebig által megadottnak négyszeresére (10 t/Ha), a trópikus vidékeken pedig nagyobb nehézség nélkül még nagyobb mértékben (15 t/Ha-ra) lehet fokozni. A mező- és erdőgazdaság ilyenmódon tekintélyes napenergiát halmozna föl és tenne hasznossá számunkra. Ezen az úton a napenergiának jobb kihasználását érnők el, mint az ismertetett napmótorokkal.

Ciamiccian azonban még tovább megy. A növények asszimilációs folyamatát mesterségesen akarja utánozni és technikailag értékesíteni.

„Ahol a vegetáció buján tenyésző, a fotokémiai munkát rábízzuk a növényekre, — mondja Ciamiccian,[1] — és racionális kultúra által a napenergiát ilyenmódon használjuk ki ipari célokra. A sivatagvidékeken ellenben, ahol mezőgazdasági kultúra nincs, a tiszta fotokémia fog elsősorban a napenergia gyakorlati értékesítésére szolgálni."

„A kietlen területeken ipari települések lesznek füst és kémények nélkül. Üvegházakban és csövekben mennek majd ott végbe azok a fotokémiai folyamatok, amelyek eddig csak a növényeknek voltak sajátjai, s amelyeket az emberiség saját hasznára értékesíteni fog. Ha azután a messze jövőben egyszer a szénkészletek kimerülnek, a kultúrának azért nem lesz vége, mert az élet és a kultúra mindaddig nem alkonyodik le, amíg a nap fénylik."

Phantasia delectat. Ha Ciamiccian-nak ez a technikai álma megvalósítható volna is, a felettébb jelentős kérdést még mindig csak részben oldaná meg. Ismét ott maradna megoldatlanul a nagy probléma: a trópikus vagy szubtrópikus vidékeken ily módon felhalmozott energiát a mérsékelt égöv ipari központjaiba szállítani.

[1] i. m. 29. l.

Nyilvánvaló, hogy az óriási mennyiségben remélt organikus száraz növényanyagnak felettébb drága szállítása helyett, itt is elektromos áram átvitelére gondolunk.

Ha azonban a végcél a napsugaraknak, a fénynek elektromossággá való átalakítása, önként is felvetődik a kérdés: nem lehetne-e a fényt közvetlenül, tehát kerülő út elhagyásával, elektromossággá átalakítani. Hiszen mind a fény, mind az elektromosság tulajdonképen rezgési jelenség, amelyek a hullámhosszban különböznek egymástól.

Ilyen irányú kísérletekre újabban megint a fotokémia adott impulzust. Így Christian Winter az ibolyántúli sugarakat óhajtja a nap energiájának elektromos energiává való átalakítására felhasználni.

*

A leghatalmasabb természeti erőnek, a nap kisugárzott melegének a világ energiaszükséglete kielégítésére való felhasználása prometheusi feladat, s bizonyára legjelentősebb tudományos technikai feladata a jövőnek.

„Ha majd egyszer a szövőszék vetélője önmagától fog ide-oda mozogni, lehet esetleg a rabszolgákat nélkülözni" — mondotta Aristoteles, hogy a rabszolgaság létjogosultságát megokolhassa.

Azt nem hitte, s az emberiség mind máig hiába is várakozott reá, hogy ez az idő bekövetkezzék. De ez az álomlátás teljesülne, ha sikerülne igen nagy teljesítőképességű, távolraható naperőműveket létesíteni. Akkor összes gépeinket az elektromossággá átalakított napsugarak hajtanák, emberi kéz közreműködése nélkül.[1]

[1] Hans Günther: Die Sonnenkraftwerk bei Meadi. Taten der Technik.

2. A vulkán mint gőzgép.

A napenergia kihasználására vonatkozó kísérletek mellett figyelemreméltók azok is, amelyek a vulkánikus tevékenységet, ahol ilyen rendelkezésre áll, kívánják az emberiség szolgálatába állítani. Ennek a tevékenységnek kihasználása tulajdonképen már kilépett a kísérletezés stádiumából. Hiszen nagy teljesítőképességű elektromos centrálét táplálnak vulkánikus erővel.

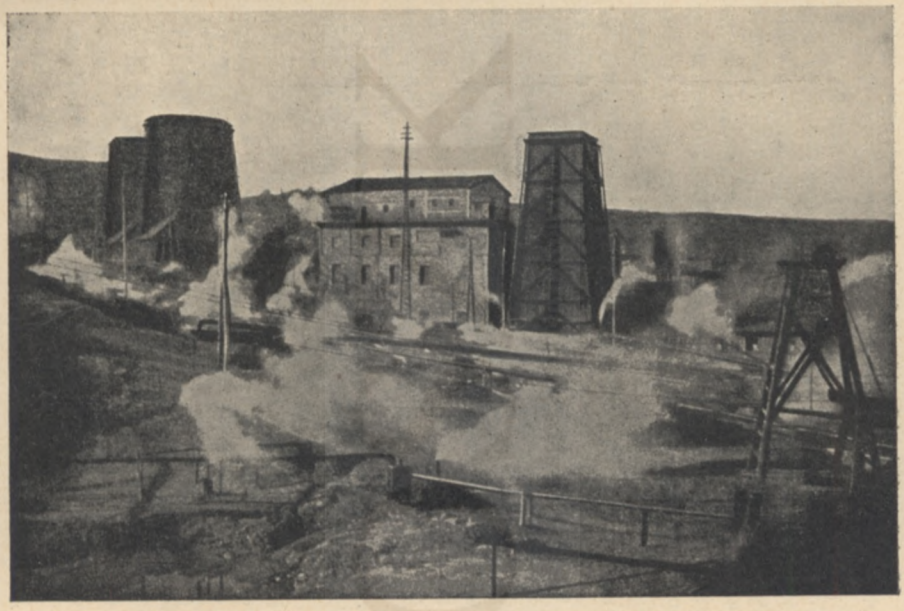
Természetesen ilyen módon táplált nagyobb ipari telepet csak ott lehetett felépíteni, ahol állandóan áll rendelkezésre vulkánikus eredetű energia. Ilyen terület van Itáliában, Toscanában, Leonardo da Vinci szülőhelyéhez közel, a Cecina és Cornia folyók völgyében.

A világháború alatt 1916-ban északi Toscanában, Larderello községben, Volterra városkához közel, csendben, nagy, 10.000 HP feletti teljesítményű erőművet létesítettek, amelyet vulkanikus eredetű erők tartanak üzemben.[1] (9. ábra.) A puszta völgyben mindenütt hatalmas fehér gőzoszlopok szállnak fel fülsiketítő zajjal, úgyhogy az ott járó idegen katasztrófa kitörésétől tart. Larderello valóban úgy tűnik fel, mint egy kép Dante poklából.

A Cecina és Cornia folyók völgyének geológiai sajátossága, hogy a föld belsejében működő hatalmas vulkánikus erők csőalakú kanálisokat vájtak ki, amelyeket ott „soffioni"-nak neveznek. A „soffioni"-ból kiáramló nagyfeszültségű gőz oldott alakban bórsavat tartalmaz, amit 1777-ben Hoefer kémikus, a toskánai udvar gyógyszerésze, fedezett fel. A kémiai iparban nem jelentéktelen *toskánai bóraxot* ebből állították elő már a mult század elején, 1811-től kezdve.

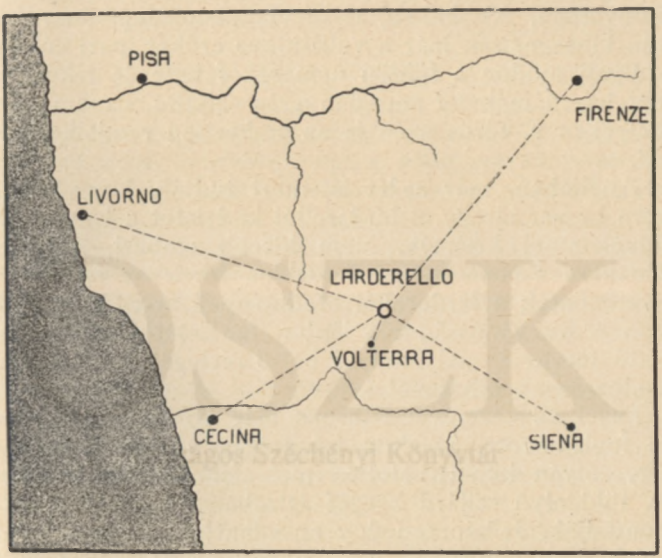
Amíg azonban eleinte ennek a természetes gőznek kémiai alkotórészeit használták ki, újabban az emlí-

[1] Günther i. m. és Wissen und Fortschritt, 1927 Mai.



9. kép. A larderellói vulkanikus erőműtelep.

tett nagy telepen a „soffioni" hőenergiáját elektromos energiává változtatják át. Az itt termelt elektromos áramot, amint a 10. ábrán feltüntetett térképből kitűnik, elvezették Volterrába, Sienába, Cecinába, Li-



10. kép. A larderellói vulkán erőtelep és környéke.

vornóba és Firenzébe. Firenze közúti vasutait pl. a larderellói áram tartja üzemben.

Hogy a szükséges gőzmennyiséget megkapják, fúrásokat kellett végezni. Az eredmény igen jó volt, ami természetes is, hiszen azon a vidéken közmondás, hogy akinek gőzre van szüksége, csak a sétapálcáját kell a földbe szúrnia. Újabban Castelnuovóban is értékesítik a fúrások útján kapott gőzt.

A larderellói geotermikus telep sikerült próba vul-

kánikus eredetű hőenergiák hasznosítására. — Legutóbb Havaii-szigeten a Kilauea-vulkán területén végeztek sikeres kísérleteket, hogy fúrások útján jussanak természetes gőzforrásokhoz s így a vulkáni tevékenységet energianyerésre használják ki. Kaliforniában, Chilében, Boliviában, Alaskában, Új-Zeelandban, Japánban szintén kihasználták már a vulkánikus erőket ipari célokra.

Ilyen módon a földön nemcsak fekete és fehér szenet használnak fel energianyerés céljaira, hanem egyes helyeken a vörös szén is az emberiség rendelkezésére áll.

Angliában, már azért is, mert tudják, hogy szenük igen hamar elfogy, a larderellói kísérletet a legnagyobb figyelemmel kísérték. Nem kisebb embert, mint Sir Charles Parsons-t, a gőzturbina hírneves feltalálóját ösztönözték a larderellói eredmények arra, hogy 1919-ben a nyilvánosság elé lépjen fantasztikusnak mondható tervével, mely a föld belső melegét óhajtja energiaforrásnak kihasználni.

Ezzel az eszmével Parsons már korábban, 1904-ben is foglalkozott. Szerinte lehetséges a föld belsejének úgyszólván kimeríthetetlen melegforrását megcsapolni. A földgolyó szilárd kérgét átlagban 50 *km* vastagnak gondolják. Jelképesen úgy mondhatjuk, hogy településeink ezen páncélfedő által védve, óriási kályha fölött vannak. Ennek a kályhának hőenergiáját átlagos 5000 C°-kal számítva, egy quintillió *kg.m*-re becsülik.[1]

Mindenesetre érdekes kérdés: miképen lehetne e kályha melegének legalább egy részét használhatóvá tenni? Parsons szerint elsősorban azok a helyek jönnének tekintetbe, ahol a geológiai vizsgálatok megállapítanák, hogy a föld melege különösen közel nyerhető. Ilyen helyeken minden rendelkezésre álló technikai eszközzel aknákat kellene fúrni. A határt a tempera-

[1] Günther i. m. 42. l.

túra és a kőzetnyomás adná meg. Úgy hiszi, hogy 200—250 C° temperatúrás zóna megnyitása elegendő volna, hogy kézzelfogható eredményt érjünk el. Ez 6 egész 8 *km* mélységnek felelne meg. Ma a földön a legmélyebb fúrás 2314 *m*, Fairmontnál, az Egyesült-Államokban. Ebben a fúrólyukban 78 C° a temperatúra.

Parsons tervére az 1924. évi londoni világerőkonferencián E. W. Rice jr., a General Electric Company felügyelőbizottságának tiszteletbeli elnöke hívta fel a figyelmet s azt javasolta, hogy a világ vezető nemzetei egyesüljenek egy kísérleti akna fúrására. „Csatlakozom Parsons fejtegetéséhez — mondotta —, amely szerint egy ilyen kísérletnek költsége jelentéktelen azoknak az ismereteknek értékéhez képest, amelyet a föld eddig nem ismert belsejének feltárása által nyerhetünk. Ez a költség jóval kevesebb volna, mint amekkorába ma egy hadihajó kerül. Ha a népeknek és képviselőiknek volna hitük és tudományos éleslátással rendelkeznének, ez az eszme már régen valóra vált volna. Nagy idea ez, érdemes bármely nemzet lelkes támogatására s leghelyesebben mint internacionális tudományos vállalkozás volna megvalósítandó."[1]

Parsons terve azonban nem csupán az említett mély aknák létesítésére vonatkozik. Ez a feladat végtére, ha a szükséges költség rendelkezésre áll, nem mondható, hogy technikailag lehetetlenség. Javaslata szerint ezeknek a mély aknáknak a végén nagy üregeket, mint természetes gőzkazánokat, kellene létesíteni, amelyekbe felülről cső segítségével állandóan vizet vezetnének, egy másik cső pedig a felforralt vízből keletkező gőzt hozná a felszínre. Parsons-nak célja tehát nagytömegű gőzelőállítás. Más szóval, amit Larderellóban a termé-

[1] J. Earle Miller: 20.000 Meter tief ins Innere der Erde. Wissen und Fortschritt. 1928 Febr.

szet adott, az ismertetett módon utánozná a föld számos helyén. Egy ilyen telep költségét 25 millió dollárra becsüli.

Ha egy ilyen aknából állandóan egy millió lóerő energiát akarnánk nyerni — ilyen teljesítményre szükség van, ha valóban a szénenergiát akarjuk vele pótolni —, akkor óránkint 6000 m^3 vizet kellene elgőzölögtetni, tehát másodpercenkint 1400 litert. Ilyen teljesítmény, ott lent a föld mélyében, hatalmas méretű üreget, ú. n. kazánt igényelne.

Azt is figyelembe kell venni, hogy még Larderello maga is gyenge példa arra, hogy mit képes a föld melege az elgőzölögtetés terén produkálni, ha elegendő nagy területen beömlő vízzel érintkezik.

De ismerünk egészen más hatalmas példát, a Krakatuának explózióját, amikor a tenger a vulkán tüzes szívébe ömlött és az eredmény a sziget felének porrá zúzása s a vulkánnal együtt a levegőbe repülése volt.

Vajjon nem következnék-e be hasonló katasztrófa, ha Parsons terve valóra válna?[1]

3. A levegő elektromosságának kihasználása.

Foglalkoznak a levegő elektromossága hasznosításának kérdésével is. A levegő elektromosságának korában homályos kérdését az ión-elmélet fejlődése világította meg.

Ötven esztendővel ezelőtt vajmi keveset tudtunk a légelektromosság eredetéről. Ma is emlegetik, hogy amikor a neves kutató, Dove egyetemi tanár, egyik valóban keveset tudó hallgatóját vizsgáztatta a fizikából, miután már több kérdésre nem tudott felelni, végre tréfásan azt kérdezte tőle: „Na, talán meg tudná ön magyarázni az északi fényt." A delikvens ezt fe-

[1] Hans Günther i. m.

lelte: „Kérem, ezt igazán tudtam, sajnos, elfelejtettem." „Szerencsétlen — rivallt rá Dove —, ön volna az első, aki az északi fényt megmagyarázhatná és elfelejtette."[1]

Ma már tudjuk, hogy a sarki fény a légelektromosság krónikus, a zivatar pedig akut kisülése. Azt is tudjuk, hogy a levegő különböző magasságokban különböző feszültségű, amelyet mind a föld felszínének negativ töltése (rádióaktív anyagok hatása alatt), mind a levegőnek pozitív töltése (az ultraibolya-sugarak hatása alatt) idéz elő.

Linke mérései szerint a feszültség:

1500	*m*	magasságban	120.000 *V*
4000	„	„	165.000 „
8000	„	„	190.000 „
10.000	„	„	200.000 „

A feszültségnövekedés egy *m* magasságkülönbségre Ruppel szerint nő:

a föld közelében				100—150	*V*-tal,
1500 *m*	magasságban	mintegy		25	„
4000 „	„	„		10	„
8000 „	„	„		2	„

tehát növekedő magasság esetén mindig kisebb értékkel.[2]

A levegő elektromosságának, mint természeti erőnek, technikai értékesítése tekintetében azonban mindezideig semmit sem értünk el. Időszakonkint fel-felmerülnek fantasztikus tervek. Így legutóbb Paulson hamburgi mérnök publikálta tervét, amelynek értelmében éles csúcsokkal ellátott, hidrogénnal meg hélium-

[1] Marcuse: Die Naturkräfte und ihre technische Verwertung.
[2] Jüptner i. m.

mal megtöltött fémgömbök segítségével akarja összegyüjteni a levegő elektromosságát és a földre levezetni. Az eddig közölt tervek a realitás legkisebb mértékével sem rendelkeznek, de nem is rendelkezhetnek és még technikai álmoknak is merészek. A sikertelenség főoka abban találja magyarázatát, hogy itt igen nagy feszültségekről, de aránylag kicsiny áramerősségekről van szó.

Így megállapítható, hogy az atmoszférából a föld felé tartó normális elektromos áramnak elenyésző kicsiny erőssége van. Egy millió km^2 területre RUPPEL becslése szerint csak mintegy 2 Ampére adódott ki, ami technikai értékesítésre figyelembe se vehető.

Való, hogy viharok esetén sokkal nagyobb a feszültség és sokkal nagyobb az áramerősség. De itt is túlbecsülik a szóbajöhető energiamennyiséget. Elfelejtik, hogy naponkint nincs zivatar és ha nálunk évenkint átlagban 30 zivataros napra lehet számítani, erre drága akkumulátorművet építeni nem lenne gazdaságos.

Ha sikerülne transzformálással a nagyfeszültségű és kisintenzitású áramot kisebb feszültségűre és nagyobb intenzitásúra átalakítani, lehetne majd gondolni a légelektromosság sikeres technikai értékesítésére.

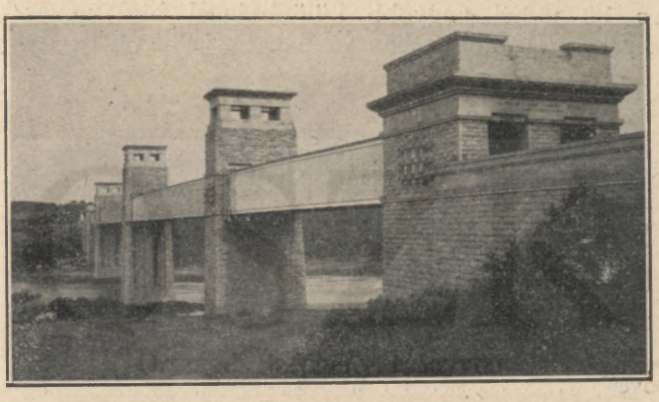
4. A tenger árapályának energiája.

A jövőnek igen jelentős energiaforrása lesz a tenger árapályának kihasználása.

A mult század közepén, 1849—50-ben, építette STEPHENSON RÓBERT, Györgynek, a lokomotív apjának lángeszű fia, a walesi tartomány és az Anglesy-sziget közötti Menai tengerszoroson átvezető fél kilométer hosszú Britannia vasúti vascsőhidat (Tubular Bridge). (11. kép.)

A hídnak vasszerkezetét a Menai tengerszoros magas partján állították össze. Az egész világ feszülten

várta — hiszen annak az időszaknak legnagyobb szabású technikai teljesítménye előtt álltak —, hogy miképen fogják ezt a húszezer mázsa súlyú óriási vasszerkezetet a pillérekre elhelyezni. Amikor a híd építő vállalkozója megkérdezte STEPHENSON-tól, hogyan fogja ezt az óriási terhet fölemelni és a pillérekig szállítani, a nagy mérnök rejtélyesen mosolyogva felelte: „Úgy



11. kép. A Britannia-híd.

hiszem, a Holdat fogom erre a célra napszámosnak szerződtetni."

STEPHENSON a Menai tengerszoros jelentékeny árapályát használta fel erre a célra. A parton összeszegecselt hatalmas szerkezetet apály alkalmával pontonokra helyezték el, a dagály beálltával fölemelt helyzetben a pillérek közé szállították s azután az apály újbóli beálltával végleges helyzetébe leeresztették.

A munkálatok pontos végrehajtása valóban mesterműi volt és STEPHENSON-nak ebben a páratlan munkálatban tényleg a Hold volt napszámosa. A természetnek ha-

talmas erejét állította szolgálatába a nagytudású mérnök s ilyen módon teremtette meg a legújabb korszak egyik világcsodáját.

Ismeretes,hogy a tenger árapálya a földnek saját tengelye körüli forgásával kapcsolatban, elsősorban a hold vonzásának eredménye s meghatározott időközben visszatérő jelenség. A dagály és apály közti magasságkülönbség meglehetős nagy határok között változik. Az 1·0 m-nél nagyobb különbséggel bíró nevesebb helyek a III. táblázatban vannak összeállítva.

III. Táblázat.

Az árapály magassága.

St.-Ilona	1·0 m	Calais	5·9 m
Azóri-szigetek	2·0 „	Brighton	6·0 „
Shetland	2·0 „	London	6·3 „
Aberdeen	3·7 „	Boulogne	7·7 „
Wight-sziget	3·8 „	Liverpool	8·4 „
Southampton	4·0 „	Bristol	9·6 „
Bordeaux	4·3 „	Newport	11·6 „
Vlissingen	4·6 „	Grainville	12·0 „
Ostende	5·2 „	Magalhaes-út	13·4 „
Dover	5·7 „	Fundy-Bay	15·4 „

E táblázatból kitűnik, hogy Európában legnagyobbszerű ez a tünemény Franciaország nyugati, valamint Anglia délnyugati partjain s különösen az ottani tengeröblökben és folyó torkolatokban.

Sokkal kisebbek e magasságbeli különbségek a belső tengereken. Így a Keleti-tengeren 0·5—7 cm, a Földközi-tengeren 20—90 cm, az Adriai-tengeren 6—60 cm között változik. Az Északi-tengeren átlag 3 m-re lehet számítani.

Könnyen belátható, legszembetűnőbben éppen a Britannia-híd vasszerkezetének felemelése bizonyítja, hogy az árapálynál számbajövő nagy víztömegnek mozgása óriási energiát képvisel. Megpróbálták ennek az

energiának kiszámítását és arra a valószínű eredményre jutottak, hogy a földön a napsugárzás mellett az árapály a legnagyobb energiaforrás.

Bessel és Fechner, a kiváló csillagász és fizikus, hogy a dagály és apály változásakor fellépő óriási energia nagyságáról képet alkossunk, összehasonlításul a Cheops piramis létesítésekor kifjtett tevékenységet használta fel: „Ennek a legnagyobb egyiptomi piramisnak felépítése — amint egyébként fentebb is említettük — „tízszer tízezer" rabszolga igénybevételével húsz esztendeig tartott és köbtartalma mégis alig teszi ki egy köbmérföldnek egy milliomod részét. Mindaz, amit az ember saját erejével, valamint az összes rendelkezésére álló eszközökkel az özönvíz óta máig megmozgatott, még aligha tesz ki egy köbmérföldet. Ezzel szemben a föld árapály mozgásában a napnak egy negyedrésze alatt ismételve, 200 köbmérföld víztömeget mozgat a földkerekség egyik negyedéről a másikra. Ebből az összehasonlításból tehát kitűnik, hogy amennyiben sikerülne a földnek ezen lüktető erejéből csak szerény részt is az emberi üzemek számára hasznosítani, egészen mellékes lenne, hogy hány kőszénbánya van a világon."[1]

Szédületes nagy energiamennyiségről, 11 trillió lóerőről van itt szó.[2] Ezzel az energiamennyiséggel a földnek mai energia-szükségletét 40 milliárd esztendőre lehetne födözni, vagy a mainál százszor nagyobb energia-szükségletet 400 millió esztendőre.

Nem szabad azonban elfeledni, hogy ennek az óriási energiának igen jelentékeny része emésztődik fel mindenekelőtt a partokhoz ütődő hullámcsapásokban. E mellett az árapályban rejlő energiának technikai kihasználása igen nagy nehézségekbe ütközik. A fő ne-

[1] Fürst i. m. IV. köt., 153. l.
[2] Günther i. m. 68. l.

hézség abban van, hogy az árapály energiája nemcsak 24 óra folyamán változik igen nagy határok között, hanem a különböző évszakokban is. Ezeknek a változásoknak némi kiegyenlítése céljából tehát a dagályvizet tárolni kell. A többnyire lapályos tengerpartok mentén azonban, hogyha tekintélyes energiamennyiséget akarunk nyerni, nyilván óriási kiterjedésű tároló medencére lesz szükség. Ehhez járul, hogy a medencének igen gyorsan kell megtelnie és kiürülnie, ami azért nehezen megoldható feladat, mert az elzáró gátban nyílásokat csak korlátolt számban s arra a helyre koncentrálva lehet alkalmazni, ahol az erőnyerésre szükséges berendezéseket helyezik el. Számolni kell természetesen az eliszaposodással is.

Érdekes, hogy ennyi nehézség ellenére aligha van technikai feladat, amellyel annyi hivatott és hivatlan foglalkozott volna, mint a dagályerőművekkel. A „Revue Generale d'Electricité" szerint 1837-től 1917-ig, tehát 80 esztendő alatt nem kevesebb, mint 100 értekezés jelent meg erről a tárgyról.[1]

Az árapály kihasználására már elég korán tettek kísérleteket is. Noha az adriai tengeren a dagály magassága igen kicsiny, már a XI. században voltak Velencében ú. n. *dagálymalmok*. Ezek az árapályerőművek tulajdonképen a tengertől töltéssel elválasztott tároló-medencék, amelyek dagálykor megteltek vízzel és apálykor a belőlük kitóduló víz alulcsapott vízi kereket, malmot, hozott mozgásba.

Ilyen szerkezetnek terve fennmaradt a XV. század közepéről. Beck „Beiträge zur Geschichte des Maschinenbaues" című ismert munkájában megjegyzi, hogy a husszita háborúk idejéből származó vázlaton egészen világosan kivehető ilyen dagály-erőműnek tervezete. Egy tó van zsilippel elzárható két csatorna

[1] Günther i. m. 69. l.

segítségével összekötve a tengerrel. A tervezeten az egyik, a víz visszafolyására szolgáló csatornán több helyen van ez a megjegyzés: *Hic molendum.* (Itt kell őrölni.)

Igen érdekes, már magyar vonatkozásánál fogva is, a XVII. század elejéről való leírás, amelynek szerzője Verancsics Faustus[1] (Faustus Verantius), Verancsics Antal esztergomi érseknek (1504—1573) unokaöccse, aki egy ideig csanádi püspök is volt és aki hosszabb ideig lakott Velencében s ott is halt meg. Elhúnytának esztendejében, 1617-ben, nyomtatott művében így ír: „Ki kényszeríthette eddig a tengert, hogy malmokat hajtson és más mozgásokra is használható legyen? Mi azt hiszszük, hogy ez lehetséges, de nem mindenütt, hanem csak a tengernek szűk helyein. Ügyelni kell azonban arra, hogy ez a hely ne legyen nyitott és a mindenkori hullámcsapásoknak ne legyen kitéve. Van egy más módja is annak, hogy a tengert e tekintetben használhatóvá tegyük. A tengerparton tavat kell kiásni oly módon, hogy amikor a tenger emelkedik, a tó megteljék, ha pedig süllyed a tenger, nyílásokon vagy kanálisokon keresztül kifollyék a víz és malmokat hajtson."[2] Íme, már ez a leírás is tartalmazza a ma tervezett árapályerőművek lényegét.

Brooklyn-ban, New-York, az akkori New-Amsterdam mellett, 1637 körül a hollandusok a Verancsics leírásának értelmében három dagálymalmot építtek. Ezek szolgáltak mintául az 1713-ban Dünkirchen-ben, valamint a XIX. század folyamán az ír partokon létesített hasonló berendezésnek.

A technika előrehaladásával a dagálymalmok kiképp

[1] *Machinae novae* című munkájában ismerteti saját találmányait, gépeit és tanait, valamint igen világosan egy kötélpályát, melynek már volt feszítőszerkezete és vonókötele.

[2] Fürst i. m. IV. köt., 154. l.

zésében lényeges javítás történt az által, hogy az alulcsapott vízi kerekek helyett vertikális tengelyű turbinákat alkalmaztak és pedig igen előnyösen oly módon, hogy rajtuk a víz, akár a tengerből a tárolóba, akár megfordítva folyt, mindig ugyanabban az értelemben áramlott át.

Azokban az országokban, amelyek vagy szénhiányban szenvednek, vagy ahol a szénkimerüléstől korábban kell tartani, az árapály energiája kihasználásának kérdésével az utóbbi években behatóan foglalkoztak, s általában oly megoldást tartanak célravezetőnek, hogy a dagály segítségével nagy víztömegeket magasabban fekvő tóba vagy tároló medencébe szivattyúznak fel, ahonnan azután az egyenletesen lefolyó víz energia előállítására szolgálhat.

Franciaország egy ideig nem fordított kellő figyelmet erre a kérdésre, noha éppen a francia nyugati partokon jelentékeny a dagály magassága. Legújabban azonban ő is feleszmélt, hogy használja ki kedvező helyzetét, tehát a szén mellett az árapály energiaforrását is. Ma már ily árapályerőmű létesítésére az első munkálatok meg is történtek. A francia kormány már másodszor adott több millió frankot a vonatkozó kísérletek végrehajtására. Úgy látszik, a kísérletek eredménnyel jártak. Bretagne-nak fjordgazdag partján, Brest közelében, l'Abr-Wrach mellett szándékozzák az első francia árapályerőművet létesíteni, amelynek a költségei azonban az előirányzat szerint rendkívül nagyok: egy kilowattra 15 ezer frank jut.

Éppen azért Constantin mérnök azzal a javaslattal lépett fel, hogy az ottani vidékeken uralkodó szeleket használják fel segítségül. Ily módon azt remélik, hogy az árapályerőműnek a teljesítményegységre eső költsége kisebb lesz.[1]

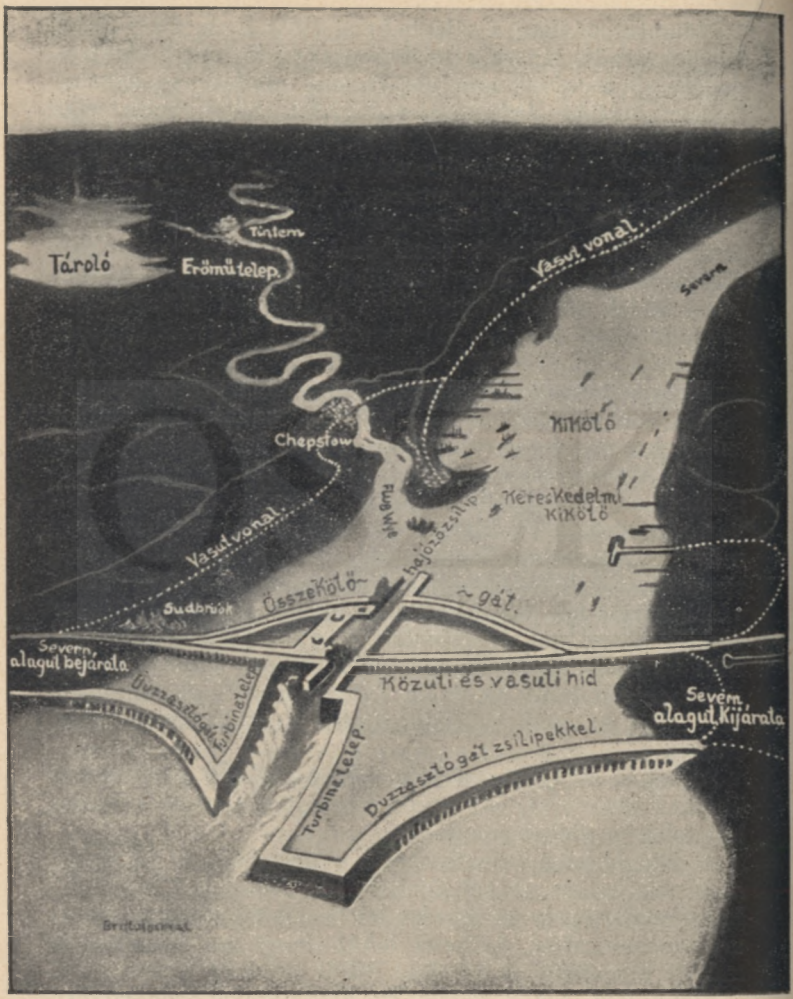
[1] Anton Lübcke: Die sterbende Kohle. 439. l.

Németországban a világháború előtt E. F. Pein hamburgi mérnök lépett a nyilvánosság elé, nagy elektrodagálymű tervével, amelyet Husum mellett, az Északi-tenger partján építettek volna fel, hogy Schleswig-Holstein-nak nagy részét innen lássák el elektromos energiával. A hely kiválasztása célszerű volt, mert itt a dagály magassága jelentékeny. E mellett, minthogy a husumi part előtt fekszik Nordstrand-sziget, ennek a szárazfölddel, töltések segélyével összeköttetése tekintélyes tároló medence létesítését megkönnyíti. A tervező a 4·3 millió aranymárka költséggel előirányzott telep teljesítményét 7500 lóerőre s egy lóerő-óra önköltségét olyan csekély összegre (1·6 Pf.) számította, amilyen alacsony önköltség semmi más erőforrás esetén se volt elérhető. A tervezetet a gazdasági számítással együtt a Német Mérnökök Egyesületének hamburgi osztály vitaestélyen bírálta felül és számos hydro-, valamint elektrotechnikus részben lesujtó kritika alá vette. Az egyik fő kifogás az volt, hogy ezzel az erőművel szakadatlan üzemet elérni nem lehet. Az építés miként való végrehajtása tekintetében is, sok észrevétel merült fel. Mindezek a kifogások a telep építésére alakult társaságot arra bírták, hogy 1913 őszén kisméretű kísérleti dagályerőművet létesítsen, amellyel sikerült bebizonyítani az üzem folytonosságának lehetőségét, tehát az egyik legfőbb kifogás a mű létesítése ellen elesett.

Sajnos a világháború félbeszakította ezt a felettébb érdekes kísérletet, sőt a világháború folyamán a kísérleti telep is tönkre ment.

A világháború következménye azonban az is, hogy a szénkimerülés veszélyének kérdésével mind behatóbban foglalkoznak és mindenütt lázasan kutatnak újabb erőforrások után. Érthető tehát, hogy az árapályerőművek létesítésének kérdése újból előtérbe lépett.

Bizonyítja ezt a tételt az előbbiekben ismertetett



12. kép. A severni dagályerőmű-telep általános elrendezése.

francia terv, valamint az a tény is, hogy legújabban különösen Anglia foglalkozik alaposan ezzel a kérdéssel, ami teljes mértékben érthető, minthogy a nagyobb államok közül leghamarabb Anglia szénkincse fog kimerülni.

13. kép.

Nemrégiben az angol közlekedési miniszter lépett a nyilvánosság elé egy jónevű mérnök árapály erőműtervével, amely szerint a Severn-folyó torkolatánál létesítenének ilyen erőművet. Általános elrendezését a 12. kép tünteti fel. Egy millió lóerő munkateljesítménye lenne ennek a telepnek, tehát ez lenne a földnek a legnagyobb teljesítményű erőműve a Niagara-művek 385 ezer lóerő teljesítményével szemben. A Severn-folyó, amelyen át építették a világnak első vashídját, Anglia

délnyugati partján, a Bristol csatornába ömlik (13. kép). Ebben a hosszúkás öbölben az árapály hatása igen nagy. A dagályár rendesen 13 m, minimumban 9 m magas. A telep költségét a tervező 30 millió fontra, egy kilowattóra önköltségét 0·5 farthingra számította, s az építési időt 7 esztendőben állapította meg. A mű létesítésével Anglia évenkint 3·5 millió t. szenet takarítana meg.

A szakfolyóiratok azonban bizonyos szkepszissel fogadták a tervezetet, illetőleg a számítások eredményét. Utaltak a nem állandó vízmennyiségre és az óriási tároló medencével kapcsolatos építési nehézségekre, keveselték az előirányzott építési költséget s az ennek alapján kiszámított önköltséget.

Egyértelmű volt a vélemény, hogy a mű építésének megkezdése előtt alapos fizikai és technikai vizsgálatokat kell végezni, hogy az árapály értékesítés problémája általánosságban és a Severn-torkolatra vonatkozóan, tudományosan megvilágíttassék. Ezt a felfogást osztja az angol kormány is és ilyen módon a kérdést arra a helyes útra terelték, amely remélhetően lehetővé is fogja tenni, hogy a mű felépíttessék.

E mű létesítésénél bizonyára értékesíteni fogják műegyetemünk korán elhúnyt geniális tanárának, Bánki Donát-nak, nagybecsű tanácsát is, amelyet az angolok a Severn-mű tervezésekor tőle nyertek, nevezetesen, hogy az árapály erejét *hidraulikus légkompresszor* segítségével okszerűen használják ki. A hidrokompreszszornál a víznyomás sűrített levegőt állít elő, amely azután a szárazföldön felállított légturbinában teljesít munkát. Itt tehát egyetlenegy gépalkotó rész sem dolgozik vízben. A sűrített levegővel dolgozó légturbinák pedig jobb hatásfokkal dolgoznak, mint a vízturbinák és náluk az esésmagasságok változásai is befolyásnélküliek.

Nem tartozik a kérdés lényegéhez, de érdemes a fel-

említésre, hogy német szakmű[1] úgy tünteti fel, mintha a hidrokompresszor eszméje legújabban Németországban született volna meg.

A jövő energiaforrásai közül az árapály értékesítésével kétségtelenül igen behatóan foglalkoznak.

5. Energia a tenger hullámaiból.

Természetesen felmerült az az eszme is, hogy a tenger hullámcsapásaiból nyerjenek energiát.

Kétségtelen, hogy a tenger hullámai óriási energiát képviselnek. Látjuk ijesztő hatásukat, ha meredek partra zúdulnak és sziklákat pusztítanak el, vagy nagy viharok esetén töltéseket törnek át. Csakhogy a ma dühöngő hullámok holnap lágyan zsongó habokká válnak. A hullámcsapásoknak ez a nem állandósága a bennük rejlő energia technikai kihasználását nagy mértékben megnehezíti.

Mindazonáltal ezen a téren is folynak kísérletek.[2]

Az amerikai Wright 1901-ben a kaliforniai parton állította fel hullámmótorját. Száz méterre a tengerben befelé három nagy úszótestet alkalmazott, amelyek a hullámok hatása alatt, függőleges irányban fel- és lefelé mozognak. Ez a mozgás szivattyút helyez üzembe, amely magasan fekvő tartányt tengervízzel tölt meg. Ez a víz turbinát és dinamót hajt, mely állandóan 9 HP-t teljesít. Hasonlóan működik New-Yorktól déli irányban 20 mérföldre egy hullámmótor.

Oliver Lodge azt ajánlja, hogy úszóknak nagy hajótesteket alkalmazzanak és ezeknek a hullámok okozta fel- és lefelé mozgását hídszerű emelőmű segélyével vigyék át egy hajtószerekezetre.

Stevenson angol mérnök szerint azonban egy ilyen, a

[1] Marcuse: Die Naturkräfte. 1924, 67. l.
[2] Jüptner i. m.; Günther i. m.

parttól távol elhelyezett telepnek a szárazfölddel olyan összeköttetése, hogy az minden lehetséges igénybevételnek megfeleljen, korántsem egyszerű feladat. Mérései szerint ugyanis a hullámok a partnak egy m²-re 15—35 t. nyomást gyakorolnak, úgyhogy Franciaország nyugati tengerpartját egyetlenegy hatalmas szélroham esetén olyan hullámcsapás érheti, amelynek mozgási energiája 100 milló HP. teljesítménynek felel meg. Ez a teljesítmény mintegy 77%-a az Európa összes vízerőiből nyerhető (130 millió HP) energiának.

Minden ilyen számításnak és tervnek értékét azonban természetesen illuzóriussá teszi a hullámzás nem állandó volta, úgyhogy energiaforrás szempontjából a tenger hullámai épp úgy, mint a szelek, csupán alkalmilag jöhetnek az emberiség segítségére.

6. Energia tengervízből.

A legújabb gondolat a tenger vizében felhalmozott hőt, a „kék szen"-et[1] használni ki energiaforrásként.

1926. nov. 15-én Georges Claudes francia mérnök a francia tudományos Akadémián tartott előadásában ismertette azt a Paul Boucherot tanárral együtt kidolgozott tervét, amely a tengervíz felszínén és a nagyobb mélységben levő hőmérséklet különbséget kívánja energiaforrásnak kihasználni.[2]

Amint ugyanis a vízerő eredményes kihasználásához esésre, viszont a hő értékesítéséhez hőmérsékletkülönbségre van szükség.

Az egyenlítői zónában a tenger színén a vízhőmérséklet 26—30 C°, 1000 m. mélységben ellenben 3 C°. Felvezető cső segítségével a mélyebben fekvő hidegebb víz a tenger színére hozható.

[1] Vannak, akik a szélenergiát nevezik „kék szén"-nek.
[2] Természettud. Közlöny. 1927, 60. k. 31. l.

Az előadáson Claude bemutatott egy készüléket, amely tojásdad, légmentesen elzárt kazánból állt és 26 C° hőfokú vizet tartalmazott. Ebből a kazánból rövid cső vezetett 3 C° hőfokú vízzel telt tartóba. Ha a kazánban a levegőt légszivattyúval erősen ritkítjuk, akkor a víz már 26 C°-nál gőzzé változik, tehát gőz áramlik a csővezetéken át a hidegvizet tartalmazó edénybe és ott lecsapódik. Ha gondoskodunk arról, hogy a kazánban állandóan legyen melegvíz, akkor a csővezetékben állandó gőzáram áll elő.

A francia tudományas Akadémiában bemutatott mintánál a gőz egy a csővezetékbe beépített kis gőzturbinát hajtott és az ezzel előállított elektromos áram 3 izzólámpát táplált; $^1/_{300}$ atmoszf. nyomású gőz elegendő volt arra, hogy a kis turbina 5000 fordulatot tegyen percenkint.

A tudományos felfedezések terén a franciák és németek között a multban is élénk volt a verseny. Az 1870—71-iki vesztett háború után a franciák nagy elégtételnek, a gall szellem fölényének tekintették, hogy 1875-ben Lecoq de Boisbaudrun francia kémikusnak sikerült egy új kémiai elemet fölfedezni, amelyet Franciaország tiszteletére *gallium*-nak nevezett el. Örömük nem tartott sokáig, mert 1880-ban Winkler Freibergben egy érc vizsgálatakor szintén új kémiai elemre bukkant, amelyet a fölfedező hazája után *germanium*-nak neveztek el.

Újabban is megvan e verseny a találmányok terén. Alig publikálták a „kék szén"-nek, a tenger vizében felhalmozott hőnek energiaforrásként való kihasználására vonatkozó francia tervet, azonnal közzétették Bräuer berlini fizikusnak Meineke charlottenburgi műegyetemi tanárral közösen kidolgozott, két évtizedes kísérleten alapuló tervezetét, amely szintén a tenger

vizéből kíván energiát nyerni.[1] Ők is a meleg tengervizet használják a kazán fűtésére, minthogy azonban a tenger vizében gázok nyomai mindig vannak, amelyek a légüres tért és a gazdaságos üzemet illuzóriussá teszik, tervezetük szerint a kazán nem vizet, hanem szénsavat tartalmaz, mely igen nagy nyomás alatt már 25 C°-nál elgőzölögtethető. Az ilymódon előállított gőz náluk is turbinában fejt ki munkát, s utána az alulról felhozott hidegvíz segítségével folyóssá téve újból a kazán táplálására használható fel.

Sok trópikus országnak, mint pl. Jáva-nak, Kubá-nak, Floridá-nak stb. nagy az elektromos áramszükséglete. Ennek előállítására szinte predesztinálva volnának az ilyen tengerhő telepek. A szellemes francia és német tervek nagy feltűnést keltettek, de ha el is fogadnók mindenben a feltalálók feltevéseit, kétségtelen, hogy még igen nagy nehézségeket kell legyőzni a tervek megvalósításáig.

[1] A. Gradenwitz: Energie aus dem Meerwasser. Wissen u. Fortschritt. 1927 Mai. 176. l.

IV. A ma és jövő energiaforrásai.

1. A fa.

A *víz* és *szél* természeti erők mellett évezredeken át az energiagazdálkodásnak főtényezője a *fa* volt. Az éghető anyagokból csupán a *fát* használták fel energiaforrásnak. Az ipar kenyere a *fa* volt.

A világgazdaságban a szilárd éghető anyagok között tulajdonképen ma is a *fa* következik a szén után az energianyerésnek 18%-ával.[1]

Werner Sombart: „Der moderne Kapitalismus" című művében az *erdőt* jelöli meg, mint a szellemi és anyagi európai kultúrának eredetét. Az erdőből nyert fa nélkülözhetetlen volt az embernek. Homeros az európai kultúrának bölcsőjét, Európa déli részét mint fenyvesekkel és tölgyekkel fedett területet festi. A mai kultúrának, amint említettük, a szén a támasztó pillérje, a XIX. század előtti kultúrának pedig kétségtelenül a fa volt.

Ha az ember olvassa, hogy Norvégiából az 1666-ban leégett csupa faházból álló London újjá építéséhez mily nagy tömegű fát kellett szállítani, nyer képet arról, hogy abban az időben a fa azt a szerepet játszotta, amelyet ma a vas és a szén.

A fa ugyanis nemcsak tüzelő anyag volt, hanem nagymértékben használt építőanyag is. Nemcsak az épületek, hanem az összes akkori gépek, a közlekedés járóművei: a kocsik, a hajók fából készültek. Erre a célra

[1] Anton Lübke: Technik und Wirtschaft. 1927 dec. 12.

óriási mennyiségű fát használtak fel még a XIX. század folyamán is. Az angol kereskedelmi flotta középnagyságú hajójának felépítéséhez a XIX. században Sombart szerint 4000 tölgy volt szükséges.

Annak az illusztrálására, hogy milyen tömérdek fát használtak fel nagyobb építkezésekben, talán legjellemzőbb lánchídunk építése. A zárógátak és kőelhelyező állások számára rendkívül nagy tömegű fa volt szükséges. Abban az időben még nem ismerték a pneumatikus alapozást. A lánchíd hídfőit és oszlopait úgy kellett felépíteni, hogy az építő gödröt zárógátakkal vették körül. A zárógátak mindegyike, három, egymástól öt láb távolságra fekvő sor szorosan egymás mellé helyezett négyszögletű cölöpből állott. A cölöpsorok között levő kavicsot kikotorták s helyét agyaggal töltötték meg, hogy a vízátszivárgás lehetőleg csökkentessék. Az ily módon körülzárt hely volt az építő gödör, amelyből azután a kavicsot egészen az alapvető rétegig, az agyagig kikotorták s a vizet kiszivattyúzván a körülzárt helyen építették fel a hídfőt, illetőleg az oszlopot.

A hídfők számára mindegyik záró gáthoz nem kevesebb, mint 2000 cölöp, a mederoszlopok mindegyikéhez 1500 db, tehát az egész hídhoz kereken 7000 cölöp volt szükséges. A munkának tartamáról és a felhasznált fa tömegéről fogalmat szerezhetünk, ha meggondoljuk, hogy a cölöpöket átlagban 3 öl mélységre verték a meder ágyába, ami az összes cölöpökre 21 ezer öl, tehát kereken 40 km. Ezeket a cölöpöket a hídfők és oszlopok felépítése után kis víznél lefűrészelték s ilyen módon, minthogy, amint kis vízálláskor látható is, a cölöpök a mederből ki is állanak, a lánchíd hídfői és oszlopai körül a mederben maradt cölöpök hossza megközelíti az 50 km-t.

A lánchíd pillérjeinek alapozása kétségkívül addig a legnagyobbszerű és legtöbb nehézséggel járó munka

volt, úgyhogy a külföld is nagy figyelemmel kísérte. Érdekes, hogy 1841-ben a londoni admiralitáshoz felhívták Clark Vilmost, a lánchíd tervező mérnökét s megkérdezték tőle: honnan szerzi be a budapesti hídépítéshez a faanyagot. Azért érdekli őket a dolog, mert jól tudják, hogy ebben az építésben rendkívüli méretű cölöpökre van szükség s mert reájuk is fontos dolog azt tudni, hogy ha egykor Danzigból vagy Észak-Amerikából nem kaphatnak hajóépítéshez fát, honnan lehetne azt beszerezni. Clark örömmel említette meg, hogy Magyarországon Szlavóniában 12 öles cölöpöket talált.

A fának tüzelésre és építési célokra nagymértékű felhasználása általában erdőrablógazdálkodásra vezetett s ennek természetszerű következménye lett a fainség. Leghamarább érezték a fahiányt Európa déli részén, ahol rendkívül sok fát használtak fel, anélkül, hogy erdősítettek volna. Az ókorban a mai kietlen Karsztvidék, a kövecses Doberdó sűrű erdővel kietlen borítva. A rómaiak azonban utánpótlás nélkül pusztították az erdőket, hogy hajóik, épületeik céljaira, valamint tüzelésre fát nyerjenek. És amiként ma szénkimerülésről beszélünk, volt idő, mikor katasztrofális fainség volt, amely valóban a kultúra süllyedésére vezetett volna, ha nem jött volna segítségül a szén.

Egy a fával való takarékoskodás művészetéről szóló 1790. évi értekezés szerint: „A fának a költsége kétszer annyi, mint 40—50 évvel korábban. Ha nem következik be a fával való takarékoskodás, a fa ára még inkább emelkedni fog."[1]

Svante Arrhenius hangsúlyozza, hogy „hosszú idő telik el, amíg a tudatlanságból vagy a hajóépítésre való ostoba tekintetből előidézett nagy erdőkárokat jóvá

[1] Anton Lübke i. m.

lehet tenni. Az Egyesült-Államok erdői tekintélyes részének hallatlan kiirtása már nagy gondokat okoz.[1]

Ma különösen a papírgyártás, valamint a vasutak használnak fel rengeteg mennyiségű fát.

A világháború előtt a világnak 7 fatermelője volt: az osztrák-magyar birodalom, Svédország, az Unió, Kanada, Oroszország, Finnország és Norvégia. Hazánk Ausztriával együtt értékben a világforgalomnak 20%-ával nem csupán az európai fakivivő országok elén volt, hanem általában a föld összes országainak élén állt. Észak-Amerikára: az Unióra és Kanadára együtt esett a világfakivitel értékének egyharmada. Aránylag nagy a fakivitele a skandináv félszigetnek. Az északi országokban a faexport egyik legjelentősebb jövedelmi forrás. A skandináv fa eljut Dél-Afrikába, sőt Ausztráliába is.

Igen nagy volt a fakivitel az integer Magyarországon. Nyers, megmunkálatlan fát túlnyomórészben Németországba szállítottunk, a sokkal nagyobb értékű fűrészelt és ácsolt fát, valamint a faipar egyéb félgyártmányait Olaszországba, Franciaországba, Nagy-Britanniába és Egyiptomba. Egyetlen kikötőnk, a fiumei, volt a világnak legnagyobb faforgalmú kikötője, nagy kiterjedésű farakhelyekkel a Fiumara csatorna és a Recina folyó alkotta ú. n. Deltán, valamint Susak alatt a tengertől magyar munkával elhódított Brajdicán. A kikötő egyik részének, a Baross kikötőnek, fakikötő volt a neve.

Nemcsak hazánknak, hanem Krajnának is kiviteli fája a fiumei kikötőbe jutott, ahonnan évenkint átlagban 250 ezer tonna fűrészelt és bárdolt fát szállítottunk el.

Trianon elrabolta erdőink javarészét. A csonka hazában az integer Magyarország erdőterületének alig 16%-a

[1] Svante Arrhenius i. m. 348. l.

maradt. Elvesztettük Fiumét. Trianon megszüntette, tönkretette a világnak legnagyobb fakikötőjét.

Amíg azelőtt fát vittünk ki, most nyomorúságunkban nagy mennyiségű fát kell behoznunk. Annál inkább fokozott figyelmet kell fordítanunk a fagazdálkodásra, mert különösen a fatüzelésű kályhákban igen sokat pazarlunk el.

Orosz hadifogságban volt véreink ott megtanulták az észszerűbb fatüzelést s ha hazajövet azt itthon is meghonosítják, külkereskedelmi mérlegünk javításához is hozzájárulnak, mert akkor kevesebb fát kell behoznunk.

Az energiagazdálkodásban a fa a mult, a ma és a jövő energiaforrásai közé tartozik.

Okszerű erdőgazdálkodással ez az energiaforrás nem merülhet ki, mert az államok nemcsak állandó évi fatermelést biztosíthatnak, de azt még fokozhatják is.

2. A víz.

Manapság az egész világon évenkint termelt *mechanikai energia:*

szénből, olajból és földgázból	633·3	milliárd kilovattóra	80%
vizierőből	156·0	„ „	20%
Összesen kereken	790·0	„ „	100%.

A földön rendelkezésre álló természeti erők közül e szerint a szén pótlására már is felhasználjuk a vizierőt.

A vizi erők kihasználásának kísérlete visszanyúlik az ókorba. Az ősrégi kultúrák kivétel nélkül a vízgazdaságon épültek fel. Klasszikus példa erre Egyiptom s a két folyó országa, Mezopotámia. A Tigris és Euphrat öntözőtelepei, melyeknek maradványai máig fennmaradtak, bizonyítékai a mult nagyszerű kultúrájának. A régi vallásokban a vizet ép úgy mint a *tüzet* és a *világosságot* szentnek tartották.

„Ἄριστον μέν ὕδωρ", „legjobb a víz," írja a klasszikus ókorban első ódájában Pindaros, igaz, hogy más vonatkozásban. Az ezekkel a szavakkal kezdődő ódát ugyanis először syrakuzai Hiero király dicsőítésére olyan ünnepi lakomán szavalták el, ahol nagyon sok volt a bor.

IV. Táblázat.

A vizi erőből:

Világrész	kihasználható energia milliárd	kihasznált mennyiség kilowattórában	%
Afrika	1000	0·74	0·074
Ázsia	354	10·60	3·000
Észak-Amerika	348	72·20	20·700
Európa	300	67·70	21·500
Dél-Amerika	285	3·60	1·270
Ausztrália	90	1·16	1·790
Összesen	2377	156·00	6·6 [1]

A vizi erők kihasználása az ókorban igen kezdetleges volt. A tudományos technika haladásának alapja a természeti erők törvényeinek ismerete és tudatos kihasználása. Az ókorban erről nem igen lehetett szó, mert arra a gondolatra nagy nehezen jutottak, hogy az emberi erőt a természet hatalmas erőivel pótolják. Az ókori Rómában, Julius Caesar idejében, amikor a taposó malmok mellett már voltak vízerő hajtottak is, lassankint kezdtek ugyan arra eszmélni, hogy a természeti erők egykor az embert fel fogják szabadítani a nehéz izommunkától, minthogy azonban rabszolgák bőven állotak rendelkezésre, a vízerő hajtotta malmok nem igen szaporodtak. Az ókorban a természeti erők hatásával szemben általában tudatlanok voltak. Igyekeztek tehát megmagyarázni őket művészi módon a mitológiával.

[1] V. D. I. Nachrichten. 1927 aug. 17.

Antipater (Kr. e. 106—43) egyik költeményében, amelyben örvendezik a felett ,hogy a rabszolgamunkának legalább egy csekély részét természeti erő, a leeső víz vette át, a víz ereje okozta malomhajtást poétikus gondolattal, a mitológiából vett példázattal magyarázta: „Ne fárasszátok magatokat, lányok, akik eddig a malmot tapostátok, aludjatok. Hadd énekeljenek hajnal hasadásakor a madarak! Mert Ceres megparancsolta a Nájádoknak, hogy végezzék el a ti munkátokat. Ezek szót fogadnak, rávetik magukat a kerekekre, erősen hajtják a tengelyeket és általuk a nehéz malmot."[1]

Az alulcsapott vizi kerekek feltalálása, mely a folyóvíz haladó mozgását forgóvá alakította át, adta meg a lehetőséget a víz energiáját a folyás tetszőleges helyén kihasználni. A rómaiak által első ízben Julius Caesar korában használt alulcsapott vizikereket Vitruvius írja le.

A szükség sokszor találékonnyá teszi az embereket. A szükség teremtette meg Rómában, a Kr. u. VI. században a *hajómalmot*. Vitiges gót király 536-ban Kr. u. Rómát ostromolván elvágatta a vízvezetékeket. A lisztet őrlő malmokat hajtó állatokat vízhiány miatt le kellett vágni, a rabszolgákra pedig szükség volt a védelmi műveleteknél. Ekkor jutott a Rómát védő bizánci hadvezér, Belizár, arra a gondolatra, hogy a malmokat a Tiberisen hajókra állítsa.[2]

Hazánkban a vizimalmok a XIII. század körül terjedtek el.

A középkor csatlakozva az ókorhoz behatóan foglalkozott a vízemelő gépekkel. Ebben az időszakban a víznek azt a jelentőségét tulajdonították, amit ma a szénnek és a víznek tulajdonítunk. A korai középkorban

[1] Matschoss: Geschichte der Dampfmaschine 1901. 9. l.
[2] Dr. A. Neuburger: Die Technik des Alterthums, 97. l.

hatalmas kultúrafejlesztő munkát vízgazdálkodással, száraz területek öntözésével, mocsaras vidékek lecsapolásával különösen a szerzetesek végeztek, akiknek jelszavuk volt: laborare est orare, a munka imádság.

Az alulcsapott vizikerekekhez képest nagy haladást jelentő felülcsapott kerekeket a XVIII. század elején kezdték alkalmazni. Nagy vízesések és nagy víztömegek kihasználása a *turbina* feltalálásával vált lehetségessé, mely a víz energiáját mechanikai munkává alakítja át.

A világ első turbinájának terve 1753-ban hazánkfiától, Segner-től ered, aki pozsonyi orvos, majd jénai és göttingai egyetemi tanár volt.

A hidraulikus mótorok jelentősége nyilván a gőzgép és az elektromosság korszakában növekszik.

Megemlékeztünk már három kiváló magyar mérnöknek, Bláthy-nak, Déri-nek és Zipernovszky-nak az 1885. évi országos kiállításunkon bemutatott korszakalkotó találmányáról, a váltakozó áramú transzformátorrendszerről, amellyel lehetővé vált az elektromos áramnak nagy távolságra, kevés veszteséggel való átvitele.

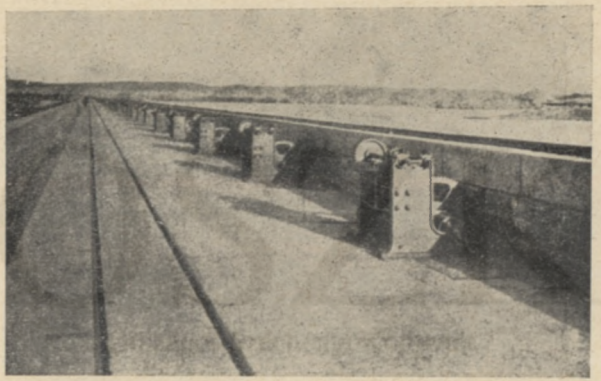
A vizierők kihasználása ezután kezd nagyobb lendületet venni. A víz energiáját ugyanis turbinák segítségével elektromos energiává alakítják át és azt a termelés helyéről messze, ma már 500 km-nél nagyobb távolságra számbavehető veszteség nélkül tudják elvezetni. Most következik be a hidraulikus mótorok tökéletesítése, a vízerőtelepeket pedig völgyzáró gátak, felduzzasztott műtavak segítségével hatásosabbá teszik.

Manapság nemcsak Európa magasabb kultúrájú országaiban találkozunk ilyen létesítményekkel, hanem mindazokban az országokban is, ahová az európai kultúra eljutott.

A völgyzáró gátak részben vízerő nyerésére szolgálnap, pl. a Resica melletti völgyzárógát, részben pedig

egyes helyek vagy vidékek vízellátását szolgálják. Ilyen célt szolgál pl. a Kolozsvár mellett létesített völgyzáró gát. Mind a kettő magyar munka.

Kétségtelen, hogy a vízerőműveknek igen nagy közgazdasági jelentőségük van, minthogy általuk a nemzeti vagyonban nagy megtakarítás, vagy nagyobb produkció érhető el. Így pl. Bajorországban a Walchensee hidraulikus erőtelepnél akkumulált vízmennyiség 75

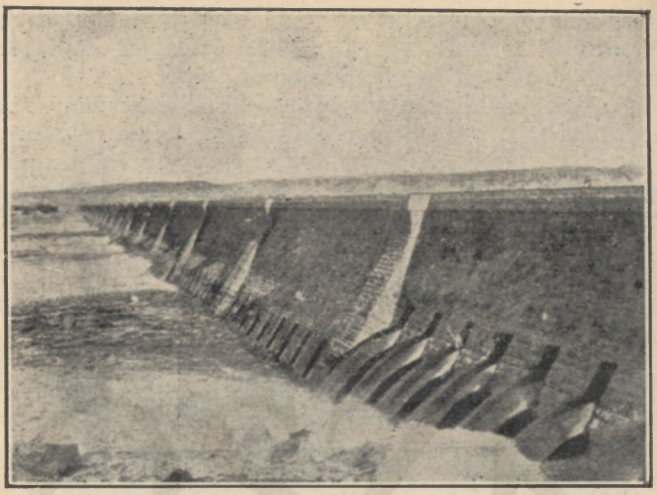


14. kép. Az asszuáni gát tiltóinak felhúzó szerkezete.

millió m^3. Évi teljesítménye 210 millió lóerőóra. Létesítésével évenkint megtakarítanak 160 ezer t. szenet. Ez a mennyiség Németország kőszénkészletéből tehát egyenesen megmarad.

Rendkivüli közgazdasági jelentősége van az asszuáni gátnak a piramisok földjén. Korunk egyik csodája, elsőrendű kultúrmű ez a gát, amelyet Anglia a század elején négy esztendő alatt épített fel s a mely alkotást nagyszerűségében még sehol se közelítettek meg.

A 14. kép tünteti fel az asszuáni gát tiltóinak felhúzó szerkezetét és a 15. a gátat nyitott tiltókkal.



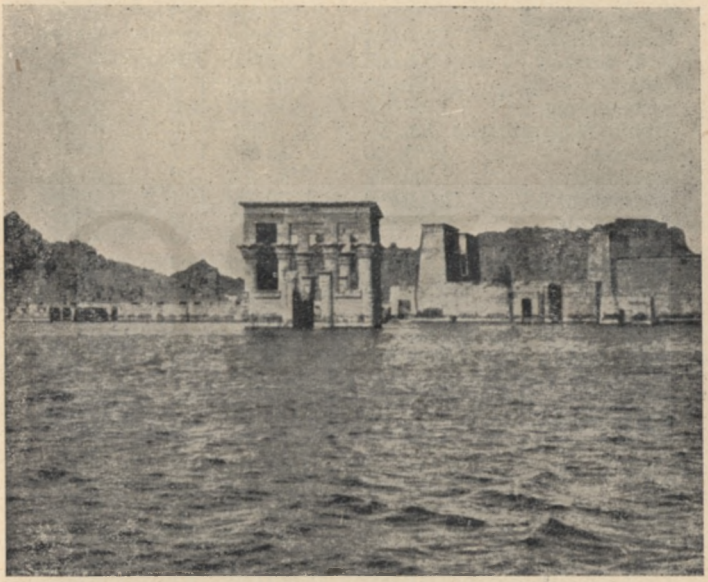
15. kép. Az asszuáni gát nyitott tiltókkal.

A 16. kép mutatja a műemlékeiről híres Phylae szent szigetet a gát építése előtt és a 17. kép a gátépítés után. A gát tervezője Baker, az a kiváló angol mérnök volt, akinek megadatott a szerencse nevét a legújabb kor két világcsodájával: az asszuáni gáttal s a világ egyik leg-

16. kép. Phylae szigete az asszuáni gát építése előtt.

nagyobb vasúti hídjával, Anglia másik világhírű technikai alkotásával, az Edinburg közelében fekvő Firt of Forth híddal hallhatatlanná tenni.

A tudományos technika diadala, hogy Anglia ezzel a kultúrművel Egyiptomot békésen, de teljesen meg-



17. kép. Phylae szigete az asszuáni gát építése után.

hódította. Győzedelmes csaták egész seregével nem érhetett volna el ilyen sikert Anglia. A felduzzasztott vízgyűjtőmedencéből eleinte egy milliárd m^3, majd a gát ráépítése után $2^1/_3$ milliárd m^3 vizet csapolhatnak le és így Alsó- és Közép-Egyiptom területeire a régen kiszáradt csatornákon át új vízfolyást biztosítanak. Ezeken a vidékeken azóta évenkint háromszor aratnak.

V. Táblázat.

A vizierők (energia) nagysága a különböző országokban.[1]

Ország	Kiaknázható vizierő, lóerő	Kihasznált vizierő, lóerő	%	Egy lakosra eső kiaknázható vizierő, lóerő
Nagy-Britannia	540.000	240.000	44·5	0·005
Spanyolország	5,700.000	1,200.000	21·0	0·270
Franciaország	4,500.000	1,340.000	29·8	1·070
Itália	850.000	1,460.000	17·2	0·220
Németország	5,708.000	950.000	16·6	0·095
Csonka-Magyarország	*166.000*	*3.000*	1·8	*0·021*[2]
Ausztria	3,500.000	550.000	15·7	0·570
Jugoszlávia	8,500.000	160.000	1·9	0·730
Svédország	11,000.000	1,330.000	12·1	1·860
Oroszország	59,300.000	780.000	1·3	0·580
Norvégia	11,600.000	1,150.000	9·9	4·420
Lengyelország	3,480.000	118.000	3·4	0·127
Csehország	1,540.000	147.500	9·6	0·121
Svájc	4,100.000	820.000	20·0	1·300
Egész Európa	130,000.000	10,200.000	7·85	0·262
Északamerikai Egyesült-Államok	65,000.000	9,200.000	14·1	0·51
Kanada	19,000.000	3,400.000	17·9	2·16
Japán	13,600.000	1,600.000	11·7	0·24
Brit-India	25,600.000	140.000	0·55	0·08
Szibéria	95,200.000	80.000	0·084	10·29
A világon összesen	624,000.000[3]	25,610.000	4·1	0·349

[1] Az 1924. évi londoni világerőkonferencia adatai szerint.

[2] Az integer Magyarországon a tárolás nélkül nyerhető víz-energia (l. Vician: Magyarország vízierői. 2. kiad. 1913) volt: 1,700.000 lóerő, per lakos 0·08
tárolással 3,300.000 lóerő, per lakos 0·158.

[3] A londoni konferencia hézagos adatai különösen Afrikára és Amerikára a Wirtschaft und Statistik, Statistisches Jahrbuch des Reichs 1923. alapján helyesbítve vannak.

A hidraulikus erőművek elterjedésével kapcsolatban sokszor halljuk, hogy a *fehér szén*, a vízi erő, az emberiség szerencséje. A tétel helyes, csakhogy nem minden ország részesül ebben a szerencsében. A rendelkezésre álló vizierők nyilván korántsincsenek egyenletesen elosztva. A különböző országok rendelkezésre álló vízierejét (energiáját), a kihasznált vízierőt és az egy lakosra eső lóerőt az V., a világ vízierőire vonatkozó adatokat pedig a VI. táblázat tartalmazza. A különböző földrészeken vízierőből nyerhető energiát a mellékelt grafikon mutatja (18. kép).

VI. Táblázat.

A világ vizierői.

	Kiaknázható vizierő lóerő	Kihasznált vizierő lóerő	%	Egy lakosra eső HP
Európa	130,000.000	10,200.000	7·85	0·262
Ázsia	143,000.000	2,000.000	1·40	0·144
Ausztrália	17,000.000	300.000	1·76	2·120
Afrika	190,000.000	10.000	0·005	1·410
Amerika	144,000.000	13,100.000	9·10	0·700
Összesen	624,000.000	25,610.000	4·1	0·349

Ha elfogadjuk azt a feltevést, hogy átlagban egy lakosra a *mai* energiaszükséglet 0·5 HP,[1] akkor a táblázat szerint kevés és ritkán lakott országban van felesleg vizierőben. Kedvező e tekintetben is az Unió helyzete. Kiaknázható víziereje éppen fele egész Európáénak.

Ha az esőcseppeknek energiáját ki lehetne használni, Svante Arrhenius szerint 700-szor akkora energiát kapnánk, mint amekkorát a vízesések rendelkezésünkre bocsátanak.

[1] Ezzel szemben Lammel *a jövő* összes energiaszükségletét per fő (ha fűtés, konyha, közlekedés, ipar és mezőgazdaság csupán elektromos energiát használ fel) 2·7 HP-re becsüli.

Tény az, hogy a vízierők kihasználásából millió és millió kw-óra teljesítményt nyerünk, csakhogy az emberiség összes energiaszükségletéhez viszonyítva ez nem sok.

18. kép. A világ kihasználható és kihasznált vízierői.

A grafikon adatai szerint a föld értékesíthető vízierőinek még huszad része (4·1%) sincs kiépítve: a legújabb adatok szerint, amint a IV. táblázatból kitűnik, 6·6%-a.

A legtöbb országban a hasznosított vízierők az elfogyasztott szénenergiához viszonyítva, igen csekélyek. E tekintetben igen érdekes az a számítás, amelyet Stein-

METZ a vízierőben gazdag Unió energiaszükségletére végzett.[1] E szerint 1920-ban az Unió szénfogyasztása 600 millió t volt. Az alkalmazás módját és a hatásfokot figyelembe véve, ez a szénmennyiség 150 millió kw.év teljesítménynek felel meg. Ha minden vízfolyás, folyó, patak, forrásától a tengerig kihasználtatnék, a vízierőkből az Unióban 230 millió kw.év, tehát 80 millió kw.év vel több teljesítmény volna nyerhető, mint amennyi az elhasznált szénenergiának felel meg. Nyilvánvaló, hogy a kihasználásnak most említett mértéke nincs meg, az Unióban a rendelkezésre álló vízierőknek valamivel több mint 20%-át használják ki.

Azt sem szabad elfeledni, hogy óvatos becsléssel is az energiaszükséglet 20 évenkint megkétszereződik. Így 1960-ban az Unióban már legalább 450 millió kw.év teljesítményszükséglettel kellene számolni, úgyhogy a vízierőkből a legkedvezőbb teljes kihasználás esetén is, ennek csak felét (a fentebb kiszámított 230 millió kw-évet) tudnák fedezni.

STEINMETZ azonban sokkal nagyobb mértékű energiaszükséglet növekedésére számít. Így 1958 év szükségletét 10 milliárd t szénre, 2500 millió kw.évre becsüli. Ebben az esetben, ha a vízierőket teljesen kihasználhatnák is, a szükségletnek még egytized részét se tudnák fedezni.

Más, vízierőkben szegény, országokra vonatkozó számítások még kedvezőtlenebb eredményre vezetnek. Emellett nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a vízerőművek általában óriási befektetési tőkét igényelnek.

A vízerőművek *előnye*, hogy az üzemi anyagot, a vizet, teljesen ingyen kapják s hogy üzemük egyszerűbb, mint más erőműveké; nagy *hátrányuk* azonban, hogy kiépítésük költsége a thermoerőművekét többszörösen

[1] JÜPTNER i. m. 58. l. és GÜNTHER i. m. 17. l.

túlhaladja és hogy a vízierő legtöbbnyire egyenlőtlen és gyakran szabálytalan.

Nagy esésű vízfolyások többnyire aránylagosan kevés víztömeget hoznak, amely gyakran csak meghatározott évszakokban áll rendelkezésre. Ilyenkor az erődús hónapok vízeinek összegyüjtésére nagy tárolómedencét kell építeni. A nagy esések kihasználására hosszú csővezetékek, gyakran a víz vezetésére aknák vagy alagutak szükségesek. Ha hajózható folyó esését akarjuk kihasználni, duzzasztók, zsilipek elhelyezése szükséges.

Az erőmű-berendezés ritkán tudja mindezeket a költségeket viselni és sokszor a kiépítéstől el kell tekinteni, mert az üzem nem mutatkozik gazdaságosnak. Ez az eset a mai szénárak mellett, sajnos, a csonka hazában is.

A vízerőművek létesítése nyilván az energiagazdálkodás, tehát a közgazdaság érdekében van. Magángazdasági szempontból azonban a termelhető energia értékesítésére kell gondolni, ami korántsem egyszerű feladat. Így pl. vízierők kihasználása esetén azonnal a vasutak elektrifikálására gondolunk. Erre a célra azonban viszonylagosan kevés áram kell. Vízerőművek létesítésekor tehát az elektromos áramnak más alkalmazási területét is keresni kell. És itt elsősorban a kémiai és metallurgiai ipar jön tekintetbe.[1]

Felhasználják az elektromos áramot természetesen házi célokra is, mint pl. világítás, fűtés, varrógéphajtás, porszívó, vasalás stb. céljaira, de ez nem lehet a nagy vízerőműveknek fő feladata.

Megállapítható tehát általában, hogy a vízierők, noha már ma is hatalmas teljesítményt szolgáltatnak, a technika céljaira szükséges energiának mégis csak aránylag csekély részét tudják adni.

[1] Jüptner i. m. 59. l.

Vannak azonban szerencsés országok, amelyeknek vízierőfeleslegeik vannak, pl. Svájcnak és Norvégiának. Ezek a vízierők kihasználásának klasszikus földjei. Itt elektromos árammal főznek, sütnek, fűtenek, vasalnak, világítanak és mindenütt használják az olcsó elektromos energiát, ahol csak általa az élet kellemesebbé tehető. A „fehér szén" birtokában ma már ezekre az országokra illik rá a régebben hazánkra alkalmazott latin közmondás: Extra Helvetiam (Norvegiam) non est vita, si est vita, non est ita.

Az integer Magyarország nem tartozott ugyan a vízierőkben gazdag országokhoz, de a rendelkezésre állott vízierőkből tárolás nélkül nyerhető 1·7 millió lóerő, tárolással — az országos vízépítési igazgatóság megállapítása szerint — közelítően 2·8 millió és az aldunai zuhatagok kihasználására kidolgozott pontosabb tervek figyelembevételével kereken 3·3 millió lóerőre lett volna fokozható. Ebben az esetben az egy lakosra eső lóerő 0·158 lett volna.

Kétségtelen tehát, hogy az integer Magyarország vízierőiből tekintélyes energiát tudtunk volna nyerni s ilyen módon korán kimerülő szénkincsünket némileg pótolni.

Budapest székesfőváros üzemeihez szükséges elektromos áram előállítására 1918 tavaszán számításba vették a Vág vízerőművet,[1] az Árva folyó torkolata alatti Vág-szakasz, valamint az Árva folyó kihasználásával. Ez a vízerőmű 218 ezer HP-t szolgáltatott volna. Benedek József mérnök, földmívelésügyi osztálytanácsos értékes tervezete szerint ennek a vízerőműnek szerves része lett volna az Árva völgyében létesítendő 850 millió m³ befogadó képességű nagy tároló medence.

[1] A következőkben a vonatkozó adatokat a „Budapesti Hydroelektromos Társaság" mérnökbizottságának jelentéséből vettük.

Ugyancsak a székesfőváros üzemeinek olcsó elektromos árammal való ellátása céljából dolgozta ki a Vaskapu vízerőmű tervezetét 1917. év végén Bánki Donát műegyetemi tanár, a világhírű hidrotechnikus, akinek *Új vízturbiná*-jára vonatkozó tanulmánya 1927-ben nyerte el a Magyar Tudományos Akadémia nagy díját. Ez a vízerőmű a turbinák tengelyén mérve, 365.000 HP-t szolgáltatott volna, tehát csak 20 ezer lóerővel kevesebbet, mint a Niagara vízerőmű. A duzzasztó gátnak egy m-rel való felemelése által pedig ez az óriási energia még tetemesen fokozható lett volna.

Ha valahol, az Alduna mentén létesített kiváló technikai munkák bizonyítják a magyar géniusz alkotóerejét. Az Alduna hajózhatóvá tételét hihetetlen nehézségek legyőzése után magyar szellemi és fizikai munka tette lehetővé. Minden hajó, mely az Aldunán megy keresztül, Széchenyi-től és Vásárhelyi Pál-tól kapja igazolványát. Trajánus „nyomorúságos" vontató útjának maradványaival szemben Európának egyik legszebb műútja, a Széchenyi-út vezet. A nagy magyar „consulting engineer"-nek emlékét megörökíti az út feletti sziklafalba vésett s a Magyar Mérnök- és Építész-Egylet által létesített *Széchenyi-emléktábla*, amelyet az út veszélyeztetése nélkül nem lehet onnan eltüntetni.

A mult század végén kiváló magyar mérnökök tervei szerint szabályozták az aldunai zuhatagokat és építették a Vaskapu-csatornát. Megelőzően sem Európában, sem a világ más helyén nem végeztek ilyen nagyszabású, sok tekintetben egészen különleges természetű, rendkívül nehéz mérnöki munkát.

A *Vaskapu-vízerőmű* méltó betetőzése lett volna az Alduna mentén levő hatalmas magyar technikai alkotásoknak.

Micsoda távlatot nyujtott ez az egyetlen vízerőmű? Az általa nyerhető energia a székesfővároson kívül egész országrészt ellátott volna elektromos árammal s

azonkívül az elektrifikálandó vasutaknak az aldunai zuhatagok egyéb kiépítendő telepei mellett, egyik fő erőtelepe lehetett volna.

A Vaskapuénál is nagyobb energiát lehetett volna nyerni az Alduna grébeni szakaszán levő vízesés kihasználásával. Az itt tervezett vízerőmű átlagban 450 ezer lóerőt, tehát a Niagara-vízerőműnél 20%-kal többet adhatott volna. Az egy esésben kihasználható vízierők között az integer Magyarországon a *grébeni* vízerőmű teljesítménye lett volna a legnagyobb. Tervével akkoriban a Ganz-gyár foglalkozott.

A trianoni szörnyűségnek gyászos következménye, hogy mindezekről a nagyszabású tervekről ma mint álmokról beszélhetünk s hogy az integer Magyarországon vizierőkből disponibilis 3·3 millió HP, a csonka hazában ennek 5%-ára, azaz kereken 170 ezer lóerőre, az egy lakosra eső lóerő pedig 0·02-re szállt le, amelynél kisebb érték a közölt táblázatban nem fordul elő.

Ilyesmódon megnyomorított hazánk a kihasználható vizierőkben is a legszegényebb ország lett. Az erkölcsi világrend megköveteli, hogy a trianoni gonosztettnek szerzőit a korbáccsal suhintó bősz Erynnisek üldözzék még a halálon túl is.

A vízerőművekből eddig nyert energia a világon elfogyasztott szénenergiának ugyan csak tört része, de megállapítható, hogy az újabb időben egymásután létesített vízerőművek következtében a „fehérszén" évről-évre növekszik. Ezzel szemben a fekete szén évről-évre fogy. Egy tonna szén, miután energiát nyertünk belőle, erre a célra újból fel nem használható, a szénkészlet tehát lassan kiapad. A vízenergia viszont soha ki nem merülő.

A jövő energiaforrásai szempontjából ebben van a jelentősége a vizierőknek és ha nem is tudjuk az összes szénfogyasztásnak megfelelő energiát általuk pótolni,

törekedni kell a disponibilis vízierők kihasználására, annál is inkább, mert a szén fokozatos kimerülésével párhuzamosan előálló széndrágulás következtében később több olyan helyen gazdaságos lesz a vízerőmű, ahol még a mai szénárak mellett nem az.

3. A szél.

A mozgó vízhez hasonlóan a mozgó szél is kihasználható, mint energiaforrás. Mind a két kiapadhatatlan testvérerő tulajdonképen a naptól ered. A szél ereje szintén a természet által ingyen szolgáltatott energiaforrás.

Légáramlások, szelek valóban a szélrózsa minden irányából fúnak különböző, egészen 40 m/sec-ig terjedő sebességgel. A földkerekségen a szél hihetetlen nagymennyiségű energiát képvisel. Svedrup szerint a földre jutó napenergiának 2·5%-át szelek veszik fel, tehát 250-szer annyit, mint amennyit a növények átalakítanak.[1] E szerint a szélben rejlő energia a vízesésekét nagy mértékben felülmúlja.

Liebe számításai szerint mérsékelt (2—5 m/sec sebességű) szél esetén az átlagos szélteljesítmény 10—20 m magasságban a föld felett *egy* m^2 levegő keresztmetszetre 0·072 HP—0·144 HP. E szerint olyan kis ország felett is, amilyen Csonka-Magyarország, hatalmas, a vízierőkét jóval felülmuló energia adódnék ki a szélből.

Csakhogy ez az energia nem állandó. Sokszor hosszú ideig szélcsend van és a természet nem alkotott gyüjtőhelyeket a szélenergia számára, mint ahogy megtette a tavakban, a mocsarakban, a talajvízben a víz számára. E mellett a szélenergia igen el van osztva, nagyobb teljesítő képesség elérésére tehát rendkívüli kiterjedésű berendezések szükségesek. Ezzel szemben a szénben, de

[1] Svante Arrhenius i. m. 214. l.

még inkább a vízesésekben rejlő energia koncentrálva van és ebben van az oka nagy gazdasági jelentőségének.

A szél energiáját egyébként az ember már igen korán kihasználta a hajózásban. A legrégibb és legegyszerűbb szélerőgép a vitorlás hajó.

Az emberiség az óceánt, amelyet Homeros még fel nem szántható sivatagnak nevezett, a vitorlás hajók, tehát a szél energiájának segítségével változtatta át felbecsülhetetlen gazdasági területté.

Az ókori népek közül kedvező szél esetén vitorla segítségével már a babiloni és az egyiptomi hajózott mind a folyókon, mind a tengerpart mentén. A föniciaiak, az ókor legkiválóbb hajósai pedig már vitorlás hajóikkal ki mertek menni a nyilt tengerre is.

Schiller „Kalmár" című epigrammjában örökítette meg a hírneves föniciai kereskedők merész útjait:

„Száll a hajó. Mit visz? Sidoni férfiakat visz.
Hoz fagyos északról cint, szagos ambrakövet.
Hordd kegyesen Neptun! Kedvezz neki tengeri szellő!
És iható forrást nyujtson a nyájas öböl!
Istenek, a kalmár tietek. Javakat keres, ámde
Jár kormánya nyomán emberi, isteni jó."[1]

A föniciaiaktól számítva három évezreden át elsősorban a szélenergia segítségével, vitorlás hajókkal, hódította meg az ember a földkerekséget. A középkorban a rettegett normann hajósok könnyű vitorlás hajóikkal, az ú. n. *viking*-hajókkal, tehát a szélenergia kihasználásával járják be a tengereket s 500 esztendővel Kolumbus előtt eljutnak Amerikába.

A normannoknak a nyilt tengeren a szél segítségével megtett nagy útjait alig lehet elhinni, ha a viking-hajók kis méreteire gondolunk (19. kép).

[1] Dóczi Lajos fordítása.

1880-ban Norvégiában egy a VIII., vagy IX. századból való eredeti vikinghajót ástak ki. Az 1893. évi csikágói kiállításra elkészítették ennek a 23·8 m hosszú és 5 m széles kis hajónak pontos másolatát és a középkor vállalkozó szellemének ez a csodás emléke az eredetivel

19. kép. Viking-hajó.

egyező felszerelésével minden baj nélkül ment át a szél segítségével az Atlanti-óceánon. Sorsát azonban nem kerülhette el. Európába visszatértekor, 1893 novemberében, nagy vihar következtében elsüllyedt a Biscayai-öbölben. Szél segítette át, szél semmisítette meg. Az utolsó viking-hajó utasait magyar hajó, a Deák gőzös mentette meg.

Az ilyen kis viking-hajókra gondolva, valóban találóak Horatius-nak Vergilius-hoz intézett búcsúdalában (Ad navem, qua vehebatur Vergilius Athenas proficiscens) az első hajós merészségét dicsőítő sorai:

Illi robur et aes triplex
Circa pectus erat, qui fragilem truci
Commisit pelago ratem
Primus...

(... háromszor volt vértezve annak a keble, aki először bízta a törékeny hajót a tengerre.)

Az angol fogságban szenvedő Stuart Mária, amikor az égen a szelek által űzött felhők rohanását látja, epedve sóhajt fel:

„Száguldó felhők, lég vitorlái,
Ki ne szeretne véletek szállni!"[1]

Ugyanez az érzés hatotta át a középkor merész tengerészeit, akik a szélenergia kihasználásával életüket kockáztatták. „Navigare necesse est, vivere non est necesse." (Hajózni szükséges, élni nem szükséges) — volt a jelszava a merész Hansa-hajósoknak.

A XV. század végén a portugálok és a spanyolok, valamint később a hollandusok és az angolok felfedező útjainak előföltétele volt a lavirozás (a széllel szemben való vitorlázás) művészetének, tehát a szélenergia ésszerű kihasználának előrehaladása. Bartholomeo Diaz, Kolumbus, Vasco de Gama, Magelhaës felfedező útjaikat a szélenergia kihasználásával, vitorláshajókkal, ú. n. karavellákkal tették meg.

Való tehát, hogy Aeolus segítségével lett Neptunus-nak három ágú szigonya a világ kormánypálcája.

[1] Schiller: Stuart Mária. Kozma Andor fordítása.

Anglia tengeri hatalmának alapját Erzsébet királynő (1558—1603) alatt a merész angol tengerészek vitorlás hajóikkal vetették meg. Az ő uralkodása alatt hajózta körül a világot a szélenergia segítségével Drake és ennek az energiának legjobb kihasználásával teszik tönkre az angolok II. Fülöp legyőzhetetlen armadáját. „Flavit Deus et dissipati sunt" (Isten rájuk fuvallt és megsemmisültek), volt a találó körirata az Erzsébet királynő által a nagy diadal emlékére veretett éremnek.

A szélenergia legkedvezőbb kihasználásának meg a Hansa-szellemmel telt merész tengerészeinek köszönhette Anglia, hogy a világ első tengeri hatalma lett és ma is büszkén hangoztatja: Britannia uralja a hullámokat (Britannia rule the vaves), amelyeknek birtokáért annyi vért vesztett és veszt. Bámulatos szépen írja Rudyard Kipling, a nagy angol költő:

„Immár ezer éve tápláljuk a tengert.
(Keserű egy végzet, édes büszkeség!)
Tápláljuk, mióta először hajóztunk
És amíg csak kék lesz fölötte az ég.
Etetünk, táplálunk, végtelen szép mélység,
Amíg az Úristen téged kiapaszt...
Tenger kék vizének, hogyha vér az ára:
Hatalmas nagy Isten megfizettük azt."[1]

Az újkor hajózásában a hajó mozgatásának a szélenergia kihasználásával kizárólagos eszköze a vitorla. Ezért nevezik a hajózás történetében az 1500-tól 1840-ig terjedő időszakot a „valódi vitorlás hajók korszaká"-nak.

A legújabb kor viszont a hajózásban a szél helyét gőzzel, ezzel a megbízhatóbb és teljesítőképesebb motorral, pótolta. Kétségtelen, hogy a gőzhajózás hatalmas

[1] Dr. Márki Sándor: Az ó- és középkor története. (A Műveltség Könyvtára.) 499. l.

fejlődése a vitorlás hajókat háttérbe szorította. A verseny következtében azonban a vitorlás hajók építésében és üzemében is lényeges haladás mutatkozik. Így a vitorlás hajóknál is áttértek a vashajókra s a hajótest formáját a mechanika törvényei alapján határozzák meg. Férőképességüket növelték. Kisegítő mótorral szerelték fel őket s így sebességük is fokozódott. Így alakultak ki a nagy acélvitorlások. (Preussen, Maria Rickmers.) Ezek az ötárbocos gyönyörű hajók nem versenyezhetnek általában a nagy gőzösökkel, de meghatározott útvonalakon egyes szállítmányok számára versenyképesek lettek. Így pl. a salétromszállítás javarésze a vitorlásoknak jutott.

Az említett javításoknak eredménye, hogy egyrészről a modern vitorlás sebessége kétszer akkora (7—10 mérf.), mint az újkorié, másrészről, hogy a mai vitorlásokon a viteldíj az újkoriénak egyharmadára szállt alá.

A világ tengeri kereskedelmi flottájának fejlődése azonban kétségtelenül mutatja, hogy a világ közlekedésének 80%-át magában foglaló tengeri közlekedésben a vitorlás hajók száma és jelentősége folyton kevesbbedik.

A következő összeállítás tünteti fel a világ tengeri kereskedelmi flotta 100 bruttó regisztertonna és annál nagyobb férőképességű hajóinak számát és férőképességét.[1]

	Gőzösök és mótoros hajók		Vitorláshajók		Összesen	
	szám	férőképesség br. reg. t.	szám	férőképesség br. reg. t.	szám	férőképesség br. reg. t.[2]
1901	16.528	24,008.883	11.681	7,117.000	28.209	31,125.883
1926	29.092	62,671.937	3.523	2,112.433	32.615	64,781.370

[1] Woytinsky: Die Welt in Zahlen. 5. köt., 65. l.
[2] Egy regiszter tonna 2·83 m^3 térfogat = 100 köbláb.

A vitorlás hajók száma egy negyed század alatt 11.681-ről 3523-ra, tehát 30%-ára, férőképességük pedig 7,117.000 br. reg. t.-ról 2,112.433 br, reg. t.-ra, tehát hasonló arányban szállott alá.

Az effektív teljesítőképesség tekintetében azonban a csökkenés még nagyobb mértékű. Egy gőzös ugyanis átlagban háromszor fordul meg az alatt az idő alatt, amíg a vitorlás egy fordulót tesz. Az effektív teljesítőképesség számításakor éppen ezért a gőzösök és motoros hajók férőképességét háromszor veszik és ehhez adják hozzá a vitorlásokét.

E szerint az *effektív teljesítő képesség:*

		A vitorlásokra esik:
1901-ben:	3×24,008.883+7,117.000= 79,143.649 br. r. t.	9%
1926-ban:	3×62,671.937+2,112.433=189,128.244 br. r. t.	1·1%

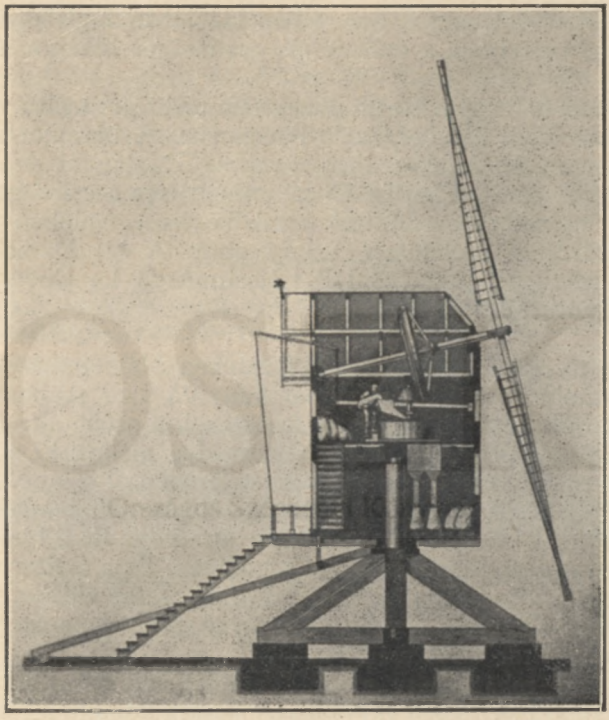
Amíg tehát 1901-ben a tengeri közlekedésnek 9%-át, a világközlekedésnek pedig 7·2%-át (a 80%-nak 9%-át), 1926-ben már a tengeri közlekedésnek csak 1·1%-át, a világközlekedésnek pedig alig 0·9%-át bonyolították le a vitorlások.

A szél, illetőleg a levegő áramlása energiájának nagyobb mértékű kihasználását remélik a tengeri hajózásban a Flettner-rótor alkalmazása által, amely a levegő áramlásának jó kihasználását teszi lehetővé.[1] Ilyesmódon remélhetően a hajózás a szélenergia kihasználásával a jövőben is hozzájárul ahhoz, hogy a világ szénkészletének időtartama meghosszabbíttassék.

A hajózáson kívül a szélenergia technikai kihasználása szélmalmok és újabban tökéletesbített szélmótorok segítségével történik. A szélmalmok, amelyeket a görögök és rómaiak még nem ismertek, leginkább gabonaőrlésre szolgálnak. A 20. kép tünteti fel a német szél-

[1] Természettudományi Közlöny. LVII. köt. (1925.) 15. l.

malom keresztmetszetét. Újabban főképen Hollandiában, vízszivattyúzásra is használják őket. A szélmalom-



20: kép. Német szélmalom keresztmetszete.

ból lassan fejlődött ki a modern szélmótor és végül a szélturbina.

Különösen elterjedtek a szélmótorok Amerikában.

A szélmótorok nyilván olyan vidékeken jelentősek, ahol erős és lehetően állandó szélre lehet számítani.

Ilyen helyek lapályos területeken, elsősorban a tengerpartokon vannak, bár a Balti-tenger partjain pl. a szélmótorok kétszerannyi ideig nyugosznak, mint amennyi idő alatt dolgoznak. Európában Dániában foglalkoznak legintenzivebben a szélenergia gazdaságos kihasználásával.

Dániának ugyanis sem szene, sem említésre méltó vízereje nincs, ellenben szele bőven van. A barometrikus minimumok útjukat igen gyakran Dánián át veszik. A híres dán fizikus, La Cour, akinek erre a célra kísérleti intézetet bocsájtottak rendelkezésére, valóban teljesítőképes szélmótort szerkesztett. A kis Dániában 70 drb egyenként 150 HP teljesítményű La Cour-féle szélmótort állítottak fel.

Újabban főképen a német mérnökök egyesületének ilyirányú tevékenysége következtében Németországban is, ahol a század elején már vagy 15 ezer szélmalom volt, fokozottabb figyelmet fordítanak a szélmótorokra, tehát a szélenergia kihasználására. Így alakult ki a német acélszélturbina, a modern szélerőgép.

Ilyen szélturbinát állítottak fel 1918-ban Hollandiában Harlingen mellett. A szélkerék átmérője itt 15 m és 16 m magas acéltoronyra van felállítva. Ez a szélturbina a tenger szine alatt 1·3 m-re fekvő mocsaras vidéket vízteleníti. Közepes, 8 m/sec. sebességű, szélnél percenkint 63 ezer liter vizet szállít.

Látni tehát, hogy a szél energiájának az eddiginél nagyobb mértékben való kihasználására komoly a törekvés. A szélmótorok azonban, minthogy a szél nem állandó, bármily szellemes szerkezetük is legyen, szabályszerű gyári üzemre nem alkalmasak. Inkább olyan iparágaknál alkalmazhatjuk őket, ahol az erőszükséglet nincs meghatározott időhöz kötve. Így pl. a mezőgazdaságban (gabonaőrlő malmok) és a kisiparban.

Célszerű a szélmótorok alkalmazása öntözésre, lecsapolásra, vízellátásra.

Sajnos, milliárd és milliárd lóerőt képviselő szelek száguldanak kihasználatlanul a kontinensek felett. Ha a szénkimerüléssel kapcsolatban a szén megdrágul, a szélmótorok feltétlenül nagyobb mértékben fognak elterjedni.

Mind a trópikus, mind a szubtrópikus vidékeken vannak földsávok, ahol különösen éjjel erős szelek fújnak. Ilyen helyeken modern szélmótortelep célszerű kiegészítője lehetne a napmótoroknak, amelyek csak nappal tudnak közvetlenül energiát termelni.[1]

4. Az atomenergia.

Csak vázlatos áttekintést adhattunk a tüzelőanyagok kimerülése esetén a jövőben szóbajöhető energiaforrásokról.

A napmótor, a trópusi melegnek a mérsékelt égövre való szállítása, az árapálynak, a hullámcsapások erejének, a tenger vizének energia céljaira kihasználása, a hidraulikus és szélmótorok javítása és kiterjesztése a jövő mérnöke számára felettébb érdekes és izgató problémákat nyujt.

És a messze távolban ott dereng az *atomenergia* kérdése is. Vajjon a tudós kutatóknak sikerül-e a kötött erőket feloldani és hasznosíthatóvá tenni?

Nagy feltűnést keltett és az egész világon gyorsan terjedt el 1920-ban a hír, hogy az ismert angol tudósnak, RUTHERFORD-nak, sikerült alfa-sugarak segélyével atom szétroncsolást végrehajtania. Ehhez a valóban érdekes tudományos kísérlethez rögtön messzemenő következtetéseket fűztek. Megállapították, hogy ha atomot szétroncsolunk, hatalmas energiatömeg szabadul fel, amelyet felhasználhatunk gépeink hajtására, lakásaink

[1] MARCUSE: Die Naturkräfte. 47. l.

fűtésére. Minthogy pedig az atomok száma kimeríthetetlen, többé nem lesz szükség szénre.

A híres angol fizikus Oliver Lodge azonnal kiszámította, hogy milyen kis atomkomplexusban összesürített energia volna elegendő a Scapa Flownál elsüllyedt német hadihajót a tenger mélyéből a skót hegyekre fölemelni. Egy másik, sok helyen közölt számítás arra vonatkozott, hogy viszonylag csekély mennyiségű atom szétroncsolása folytán felszabaduló energiával nagy óceánjáró hajót heteken át tudnánk vontatni.

Nyilvánvaló, hogy Rutherford szerény kísérletéből ilyen messze menő következtetéseket még ma nem lehet levonni. Senki sem mutatta meg az utat, de még csak célzást sem tett arra, hogy az atom szétroncsolás következtében felszabaduló energia miképen volna megfogható, hasznosítható. Ha Rutherfordnak sikerült is az atom szétroncsolás, de nem tudta megmérni, megfogni a szabaddá lett energiát.

Ennek a problémának megoldása a jövő feladata. Kétségtelen tehát, hogy az atomszétroncsolásból a legközelebbi időben a praktikus életben nem várhatunk eredményt, tehát nem remélhetjük, hogy általa a szenet pótolhatjuk..

Hogy a jövő e tekintetben mit hoz, nem tudhatjuk. Mindenesetre helyes annak a tudósnak megállapítása, aki szerint: „Az emberiség hasonlít a vándorlóhoz, aki hosszú alagútban bandukol. Köröskörül sötétség. Az alagút szájánál a messze távolban gyenge világosság dereng, amely reményt igér. Mondhatjuk, hogy a szóban forgó esetben ez a világosság még igen gyönge és maga Rutherford is úgy nyilatkozott, hogy az út még igen hosszú."[1]

[1] Neuburger i. m.: Das zertrümmerte Atom, 31. l.

Befejezés.

Nyilvánvaló, hogy mindazoknak a találmányoknak és haladásoknak, amelyeket az ember a természeti erők értékesítése terén elért és elérni fog, előfeltétele hatalmas szellemi munka, szellemi energia.

Az emberiség nagyjainak, amilyenek a geniális feltalálók is, szellemi energiája sohasem merül ki, de nem is állandó, hanem folyton növekedő. Nemzedékről-nemzedékre adódik át s nőttön nő tiszta fénye. Az emberi szellemnek via triumphálisán éppen azért ellenállhatatlan a haladás.

A természeti erők kihasználására kétségtelenül sok fantasztikus, meg nem valósítható terv merült fel, de voltak és vannak komoly figyelemreméltó kísérletek is. Abból azonban, hogy az utóbbiak, különösen gazdaságosság szempontjából, esetleg még nem hozták meg azt a sikert, amit tőlük vártak, korántsem következik, hogy hiábavalók voltak.

Jól jegyzi meg Max Eyth, a költői lelkületű kiváló mérnök feltaláló: „Minden nagy gondolat az idők folyamán legalább tízszer felmerül, mielőtt életerős találmány lesz belőle."

És nem szabad figyelmen kívül hagyni azt a lényeges különbséget sem, amely a tudományos technika és más tudományok sikerei között van. Amíg ugyanis más tudományterületeken kiváló egyénnek egyetlenegy tette lehet korszakalkotó, a tudományos technika terén ez ritkán lehetséges.

A technika annyi sok korszakos jelentőségű találmányának gyakorlati kihasználásra alkalmas kialakí-

tása legtöbbször lassú, lépésről-lépésre való fáradságos előrehaladással történik. Innen van, hogy a tudományos technika terén majdnem minden nagy feltaláló eklektikus. Lángeszük foglalja rendszerbe a már meglevő detail találmányokat és egyesíti harmonikusan működő nagy egésszé. Helyesen és szerényen mondotta a nagy Stephenson: A lokomotiv nem egy embernek, hanem a mérnökök egész seregének találmánya.

Több mint félszázada (1872), hogy Du Bois-Reymond kimondotta a híressé vált „*ignorabimus*"-t (sohasem fogjuk tudni-t) és joggal vonta meg a határt, ahol az anyagi élet a szellemibe megy át. Óvakodnunk kell azonban, hogy a technika találmányaival szemben, amelyeknek területe az anyagnak világa, elhamarkodva mondjuk ki ezt a szót.[1]

Ezen a területen a „non possumus"-t addig nem szabad kimondani, amíg egy találmány a mechanika kipróbált alaptörvényeibe nem ütközik. Bölcsen mondotta Macaulay: A tudományos technika „sohasem pihen, sohasem bevégzett, sohasem tökéletes. Törvénye a haladás. Olyan pont, mely tegnap még láthatatlan volt, holnap célpontja s holnapután kiinduló pontja lesz."

Emlékezzünk csak vissza!

Mikor Zeppelin léghajójának első tervével a nyilvánosság elé lépett, milyen szkepszissel fogadták, sőt olyan szakvélemény alapján, amelyben a nagy fizikusra Helmholtz-ra történt hivatkozás, egyenesen nevetségesnek mondották. Ennek ellenére a könnyű és mégis nagy erőt kifejtő explóziós mótorok[2] fejlődése, valamint a jobb hatású légcsavarok szerkesztése lehetővé tette a modern gyorsan járó kormányozható léghajó-

[1] Max Eyth: Zur Philosophie des Erfindens.

[2] A Zeppelin által alkalmazott mótor súlya egy lóerőre volt: 1894-ben 45 kg, 1915-ben azonban már csak 2·5 kg.

nak, 30 esztendővel ezelőtt még technikai álomnak, megteremtését és Eckener-nek 1924-ben Amerikába szállított Zeppelin léghajója a német tudományos technikának egyik legszebb gyümölcse.

Az *ignorabimus*-t tehát itt rosszul alkalmazták. Az emberi szellem tudásának és képességének, amint a fejlődés mutatja, a véges világon nincsen megállapított határa. Az emberi lélekből újabb és újabb szellemi villámok cikáznak ki.

Kétségkívül mindenkor érvényes Faust-nak lemondó szava:[1]

„Rejtelmeket ki nem takar
Napfényinél a fátyolos természet."[2]

A tudományos technika, a valóság, talaján azonban érvényes a másik szó is:

„Ez itt való; itt én állok szilárdan!
A szellemekkel szellemem vitában"[3]

Elbizakodnunk azonban nem szabad és mindig szem előtt kell tartanunk a nagy Newton-nak bölcs kijelentését, aki hatalmas fölfedezésére gondolva, magát a tengerparton színes kavicsokat és csillogó kagylókat találó gyermekhez hasonlítja, miközben az igazság oceánja meg majdnem felkutatlanul végtelen területre terjed ki tőle.

Igazat kell adnunk a „nem tudás" nagy filozófusának, Sokrates-nek, akinek tanítása szerint: minden tudásnak bevezetője azt tudni, hogy az ember semmit sem tud.

Azt szokták mondani, hogy a híres feltalálókat működésükben a szerencse kedveli. Ez azonban nem jelenti

[1] Neubauer i. m.: Vorwort. 6. l.
[2] Faust. I. rész. A tudós-szobában. Ford.: Kozma Andor.
[3] Faust. II. rész. I. felvonás végén. Ford.: Kozma Andor.

azt, hogy kiváló alkotásokhoz nem szakadatlan szellemi munka, nem rátermettség, hanem szerencse kell. A kiváló képességnek nem a szerencse segít, hanem az elmélyedő szellemi munka, a rátermettség hozza a szerencsét.

Mephistopheles-nek mély értelmű szavai erre az esetre is találók:

„Érdem s szerencse frigyben álltát
A balgaság nem sejti ám.
Bölcsek követ, ha megtalálnák
Kő lenne már, de bölcs híján."[1]

A természeti energiák célszerű kihasználása terén nem a bölcsek köve után kell kutatni, nem a szerencse segít itt, hanem az emberiség soha ki nem apadó folyton fejlődő szellemi energiája.

A természettudományok és a tudományos technika le fogják győzni a még úban álló kétségen kívül nagy nehézségeket. És ha lassan is, lépésről-lépésre előre haladva, a két leghatalmasabb energiaforrást, a Hélios négyes fogatján irányított tündöklő napkorong sugarainak, valamint a szép pásztor Endymion vigasztalására az égen végig vonuló szelid fényű Selene vonzotta árapálynak energiáját, a haladó emberi szellem az emberiség javára bizonyára felhasználni fogja.

Non ignorabimus!

[1] Faust. II. rész. Ford.: Kozma Andor.

BETŰRENDES NÉV- ÉS TÁRGYMUTATÓ.[1]

A

Antipater 101
Arany J. 12
Archimedes 58
Aristoteles 72
Arrhenius Sv. 44, 51, 69, 97
Asszuáni gát 103*, 104*, 105*
Atomenergia 123
Aubry Fessenden R. 68
Auer-lámpa 29

B

Baker 104
Bánki D. 90, 112
Beck 84
Benedek J. 111
Bessel 83
Binz 57
Bismarck 46
Bláthy 20, 102
Boucherot 92
Britannia-híd 80, 81*

C

Carnot 34
Cauchy 34
Cervantes 14
Cheops-piramis 15
Ciamiccian G. 70
Clapeyron 34
Clark V. 97
Claude G. 92
Colding 38.
Columbus 117
Constantin 86

D

Dagályerőmű 88*, 89*
Dagálymalom 84
Déry 20, 102
Dessauer 19
Diaz B. 117
Diesel-mótorok hatásfoka 22
Dove 78
Drake 118
Du Bois Reymond 126

E

Eckener 127
Edison 57
Edison-lámpa 27
Eiffel-torony 16

[1] A * illusztrációt jelent.

Energia, helyzeti 6
Energia, mozgási 6
Energiaátalakulás 19
Energiagazdálkodás 14
Energia megmaradása 33
Energiaveszteség 20
Ericson J. 58
Ericson napmótora 59*, 60*
Erő 11
Erőhatás 10
Euclides 58
Eyth M. 125

F

Fa 95
Fechner 83
„Fehér szén" 107
„Fekete test" 65
Félwattos lámpa 30
Fémszálas lámpa 29
Flettner 120
Földgáz 51
Fresnel 34

G

Galilei 10
Gay-Lussac 35
Goethe 11, 27, 31
Gőzgépek, hatásfoka 22
Grashof 35
Grébeni vízerőmű 113

H

Hajómalom 101
Hatásfok 19, 21
Helmholtz 39
Herodotos 15, 49
Héron 58
Hidraulikus légkompresszor 90
Hirn 35
Holfer 73
Horatius 117

I, J

Izzólámpa hatásfoka 24
Joule 35, 37

K

Kaiser Wilhelm-Institut für Kohlenforschung 46
Kalória 7
Kausch O. 62
„Kék szén" 93
Kilogrammméter 6
Kilowatt 8
Kilowattóra 10
Kipling R. 118
Kőszénkátrány 47

L

La Cour 122
Langley 56
Larderello 73, 74*, 75*
Lavoisier 36
Levegő elektromossága 78
Liebe 114
Linke 79
Lodge O. 91, 124
Lóerő 9

M

Macaulay 48, 125
Madách 8
Magelhaës
Marcuse 65

Marcuse napmótora 66, 67*
Mayer R. 33
Mayer A. 70
Meadii napmótor 63*, 64*, 65*
Montgolfier 38
Mouchot 58
Munka 11

N

Napmótor 59
Napoleon III. 58
Napsugár, energiája 55
Newton 127
Nyersolajkincs 49

O

Osram-lámpa 30
Ostwald W. 5
Ovidius 8, 9
Ozmium-lámpa 30

P

Parsons Ch. 76
Paulson 79
Pein E. F. 87
Platon 58
Poggendorf 37

R

Ramsay 45
Rankine 35
Rice E. W. 77
Ruppel 80
Rutherford 123

S

Seebeck 20
Segner 102
Schiller 40, 115
Shuman 61, 68
Shuman napmótora 61*
Soffioni 73
Sokrates 127
Sombart W. 95
Steinmetz 57, 109
Stephenson R. 80
Stevenson 91
Stuart M. 117

Sz

Széchenyi 112
Szél 114
Szélmalom 120, 121*
Szélmótor 121
Szélturbina 122
„Szénfalók" 21
Szénkincs 41
Szénszálas lámpa 27, 30

T

Tantal-lámpa 30
Teljesítmény 8
Tenger árapálya 80
Tenger hullámai 91
Tengervíz energiája 92
Thermo-elem 20
Thomson W. 34, 38
Tőzegkincs 52
Trajanus 112
Transzformátor 20
Turbina 102
Turbinák hatásfoka 22
Tyndall 39

U, V

Út 6
Van Hise 51
Vásárhelyi P. 112
Vasco da Gama 117
Vaskapu-vízerőmű 112
Verancsics F. 85
Viking-hajó 115, 116*
Víz 99
Vizierők nagysága 106
Vulkán 73

W

Watt 7
Watt J. 9, 33, 41, 55
Wattsecundum 10
Weyrauch J. 34
Winter Ch. 72
Wolfram-lámpa 29
Wright 91

Z

Zeppelin 126
Zeuner 35
Zipernovsky 20, 102

OSZK
Országos Szé[illegible]
M. N. MÚZEUM KÖNYVTÁRA

Királyi Magyar Egyetemi Nyomda. 1928. Budapest, VIII. kerület, Múzeum-körút 6. (Dr. Czakó Elemér.)

OSZK
Országos Széchényi Könyvtár

OSZK
Országos Széchényi Könyvtár

OSZK
Országos Széchényi Könyvtár