

alatt megáll az idő. Vagy ha erre nem is képes, csigatempóra vált. A művészet világába belépve a ketyegő Jacques Lemans helyett, napóra gyanánt inkább a mezei kóró vagy egy napraforgó árnyékára figyelsz. Egy másik erőter kezd dominálni a Wi-Fi és a Bluetooth felett. Agyagozhatsz, festhetsz, rajzolhatsz, papírcsónakot eregethatsz, kerámiamanókra nevehetsz. Russel jóslata teljeseedik be, amikor is az emberek vágyat éreznek majd arra, hogy olvassanak, fessenek, kézimunkázzanak. A legfőbb cél, hogy egyszerre csak egy dologgal bíbelődjenek. Közöd lesz a történetekhez, az alkotásban/befogadásban ott vagy. Kevés útipoggyásszal, felszereléssel, elvárással, taktikázással még egy fesztiválnak is lehet üzenete a böjtben. Mert itt nem késhetsz le semmiről, vagy odaérsz, vagy kezdődik valami más.

A Samsara c. film utolsó harmada bemutatja a nyugati világ megállíthatatlan nyüzsgését. Az élet mintha sohasem állna meg. Levegővételre is csak, épp hogy jut idő. Pedig ezt a kellemetlen ütemet mi állítottuk be. Magunkra kényszerítettük a fejlődés ezen formáját, amit a növekedésben és a gyorsaságban tettünk mérhetővé. Embervoltunk több mit a megszerzés, több mint a felhalmozás. A film bemutatja, hogy mindaz, amiért annyit futottunk, törtettünk pusztulásra, szétszerelésre ítéltetik. A böjt megmutathatja, hogy a kevesebb végül több lehet. A csigaház növekedése egyszer csak megáll. De milyen furcsa, hogy nem stagnál, hanem elkezd csökkenni a térfogata. Nem lehet, hogy mi is kisebb hellyel is beérjük ezen a bolygón? Álmokkal, ízekkel, színekkel a sok haszontalanság vonzása csökken, a tekintet tisztul, a gondolat erőre kap. A böjtöd így lesz hasznosabb.

DÓRY ISTVÁN

A HATÁSFOKRÓL...

Azt már a piarista gimnáziumban megtanultam, hogy a hatásfok bonyolult filozófiai fogalom: $W_{\text{hasznos}} / W_{\text{összes}} = \eta$ (vagyis éta). De azt meg kell határozni, hogy az adott számításban mit tekintünk hasznosnak – és mennyi az összes. Például hasznos munkát végez-e a jól tervezett porszívó, amikor csak fekszik a padlón és levegőt szív, vagy csak a használat idején hasznos?

A filozófiai gondolatok azonban még messzebb vezetnek, ha az egész technológiai rendszer hatásfokát igyekszünk kiszámítani. A mérnökök és fizikusok legjobban a hőerőgépek hatásfokát kedvelik. A motorok és turbínák forgatásakor a hő a szerény 30% körüli hatásfokkal alakul mozgási energiává, mégpedig a kivédhetetlen II. főtétel miatt. Rendezetlen hőből rendezett munkát nem lehet jobb eredménnyel kinyerni. Igen ám, de míg a 30%-on sajnálkozunk, addig nem vesszük észre, hogy az egész rendszerben még nagyobb veszteségek is vannak a hőgép előtt és után.

A műgyetemen képződött mérnökök nosztalgiával emlékeznek vissza a "8 étás formulára", ami az egész erőmű hatásfokát hivatott összeszorozni a fogyó fosszilis források kiaknázásától kezdve, eljuttatva egészen a háztartásokig. Amikor a $W_{\text{összes}}$ -t kezdjük a maga teljességében feltárni, akkor lepődünk meg, hogy az összes kitermelt energiahordozónak mekkora része el sem jut az erőműig, hanem már az első néhány étában elenyészik. De hát hogyan – nem is tocsogunk az olajban, nem érzünk az erőmű környékén gázszagot?

A veszteség már a fogyó fosszilis források kitermelése előtt is jelentkezik. A lelőhelyeket fel kellett fedezni, meg kellett kutatni, a kitermelő kutakat meg kellett fúrni már korábban megtermelt, tisztított, hatásfokvesztéseken átment energiával (ld. EROEI). Aztán már csak tisztítani, finomítani kell, sűríteni, szállítani az erőmű határáig, ami mind-mind rendezett energiával történik. Abból veszünk el energiát, amit fáradtságosan megtermeltünk, vagy korábbi energiatermelésekből biztosítottunk.

Aztán vannak belső veszteségek és hatásfokok az erőmű területén is. Kevesen tudják például, hogy az atomerőmű 500 MW-os blokkjából 50 MW csak arra fordítódik, hogy a generátorokban fenntartsák a mágneses teret. Magyarország legnagyobb fogyasztói mágnesek... Nos, épp a 30%-os Carnot-hatásfok mellett a 70%-os veszteséget (hőként, télen, részben) hasznosítják a paksi lakótelep fűtésére. Nemrég a vonaton beszélgettem egy nyugdíjas katonával. Ők építették a paksi halászfalu mellett a lakótelepet – maguknak, meg az erőmű sok ezernyi dolgozójának. Végül is ezt fűtik, meg a Dunát.

Azután újabb éta-szorozók következnek az erőmű működésével, világításával, beruházásával, amortizációjával, majdani rekultivációjával kapcsolatban, feltéve hogy ezeket közbe-közbe el nem sikkasztják.

De nem is ez a lényeg. Bárki kipróbálhatja zsebszámológéppel – ezt még szép emlékü Kovács Mihály piarista fizikatanáromtól tanultam –, hogy ha összeszorozunk 8 db éta-jellegű 0 és 1 közötti számot, amelyek között egy Carnot-hatásfok is szerepel, akkor kb. mit is kapunk. Úgy 1%-ot. Ez a modern mérnöki tudományunk hatásfoka, beleértve ebbe még azokat a veszteségeket is, amik a transzformátoroknál, távvezetékeknél, elosztó központoknál is óhatatlanul keletkeznek. Elvesztettünk 99%-ot, eljutottunk a mérőórához, a fogyasztóhoz – ...a többi veszteség már az övé.

101%

De még mielőtt továbblépnénk a fogyasztói veszteségekhez, tekintsük meg a megújuló energiák hatásfokát is. Rögtön adódik, hogy ha egy megújuló energia a fogyasztás közelében keletkezik (pl. napelemek), akkor legalább a szállítási, távirányítási veszteségektől megszabadulunk. Általában a legtöbb megújulóra jellemző, hogy igazságosabban van elosztva a népek között, és

így kisebb szállítási távolságok jönnek ki a napelemtől a fogyasztóig, mint Szibériától Albertirsáig.

A megújulók hatásfoka 100%. Aki ennél kisebb abszolút hatásfokokkal számol, az abból a hibás feltételezésből indul ki, hogy meg akartuk állítani a szelet, meg akartuk állítani a folyót. De nem akartuk. A kinyerhetőből akartunk hasznosítani fenntartható mennyiséget. Ezt akartuk. Aki úgy képzei, hogy a tiszalöki vízerőműnél, miután kivettük a folyóból a mozgási energiát, a folyó megáll és végtelen emelkedő vízfalat képez, az a Holdban él.

Ugyanígy a napenergiánál is van elég foton, van elég déli tetőfelület, csak a napelemek ára határozza meg az energiagazdaságosságot (itt jelzem, hogy ma már nagyon is megéri, csak egyesek leragadtak a napenergia ócsárlásánál – az már régen volt). Ameddig a Napot, a tetőfelületet nem lehet kimeríteni, addig értelmetlen abszolút hatásfokkal számolni. Ezt hagyjuk meg az olyan hőerőgépeknek, amelyek kimeríthető megújuló forrásokat égetnek (pl. fatüzelésű erőművek); ott is csak arra van szükség, hogy annyira csökkentjük le a veszteségeket, hogy az erdő a maga növekedésében és szépségében örökre megmaradjon. Ha ugyanezt a gondolatot a fosszilis vagyóra is alkalmazzuk, akkor tízezer százalékos hatásfokokra lenne szükség, hogy a tőke, az energiavagyon ne csökkenjen, megmaradjon. Türelem, mindjárt eljutunk a 10000%-os hatásfokhoz is!

A megújulók hatásfoka akkor és addig 100%, amíg ott és olyan ütemben adják az energiát, amikor éppen a fogyasztóknak erre szükségük van. Ha nem, akkor fellépnek bizonyos veszteségek. A legjobban alkalmazkodó megújuló energia a vízé (csak sajnos kevés van belőle). Szélsőségektől eltekintve úgy kapjuk a vízenergiát, ahogy kérjük. Ha egy vízerőmű az év 360 napján adja a tiszta energiát, és csak 5 napig kell karbantartani, akkor erre az 5 napra időarányosan kell számítani azt a helyettesítő erőművet, annak a széndioxid-kibocsátásával, annak az amortizációjával, távolságával és hatásfokával, amellyel az 5 nap karbantartás áthidalható. Időarányosan. Erre megvan a képlet. A csodálatos megújuló hatásfok lecsökken, de csak olyan mértékben, amennyire az adott energiaforrás megszakad.

Vannak olyan megújulók, amelyeknél a helyettesítés ennél bonyolultabb: lehet a forrás kimaradása a fogyasztási igényekkel ellenütemű vagy azonos ütemű. Ha egy mód van rá a karbantartást nyáron, éjjel háromra időzítik, amikor éppen senki nem akar fogyasztani. Az időarányos képlet a véletlenszerű kimaradásokra vonatkozik. Sajnos a szél viszont szeret éjjel háromkor erősebben fújni. Ilyenkor bizony le kell állítani a szél-turbinákat – olyan erőművek helyett, amelyek nehezebben tudnának leállni (pl. atomerőművet nem lehet leállítani, a szénerőműveket is nehéz gyorsan visszahűteni.) A leállítás miatti veszteségeket ismét egy képlet segítségével lehet és kell elosztani azok között, akik a leállást

okozták (pl. szél) – és azok között, akik nem tudtak leállni, pl. atomerőművek.

Összességében tehát a megújulók hatásfoka is lefelé konyul, mégpedig ahhoz a hatásfokhoz tart, amivel helyettesítik, de többé-kevésbé időarányosan. Amennyire nem fúj a szél, nem süt a nap a szükségeshez képest, annyira szürkülnek be hatásfokkal, szennyezéssel és CO₂-kibocsátással az eleve nagyon tiszta, megújuló energiák.

Vizsgáljuk meg ebből a szempontból a napelemeket. A napenergiának van egy kicsit humánus jellege is: éjjel nem süt. Hajnali háromkor Paks ellátja az Audit, az emberek és a Nap pedig alszanak. Lehet mondani, hogy télen keveset süt a nap: ezért is ne akarjunk napelemmel, árammal, napkollektorral pl. fűteni; de nyáron viszont vannak kiegyensúlyozó hatások is (a napelemek hatásfoka csökken, több a hűtés, fűnyírás, locsolás, légkondicionálás, és a szél-, vízenergia is alábbhagy). Saját méréseink azt mutatják, hogy az esti "csúcsfogyasztás" nem is olyan óriási, ha valakik direkt nem pazarolnak; s az évszakos, frontos ingadozásokhoz is jól alkalmazkodik az ember (télen kevesebb a nagytakarítás, napsütéses időben több a mosás, stb.)

Van-e 101%-os hatásfok? Ezt a talajhőszivattyúknál szokták emlegetni. A II. főtétel lehetővé teszi, hogy környezeti hőt a lakásunkba szivattyúzzunk rendezett energiával kb. háromszoros mennyiségben. Ez így 300%-os hatásfok – jól hangzik –, de mihez képest?, a végfelhasználói, lakásunkig szállított elektromos energiához képest. Ha ez mondjuk tiszta vízenergiából származik (Izland, Kanada, Svájc, Norvégia), ott valóban megközelíti a 300%-ot (feltéve, hogy a hőadó közeget nem terheljük túl), de német energiamix mellett csak 107%, a magyar energiamixet feltételezve 86%. Tehát a polgár és a környezete is jobban jár, ha eléget egy energiahordozót, mintha ez az égetés az erőműben történik, és turbinákon, távvezetéseken, ezer veszteségen és szutyogó hőszivattyú berendezésen keresztül jut el a polgár lakásába.

1000%

Az ezer százalékhöz kell még valami. Meg kell vizsgálnunk a veszteségeket a fogyasztó oldaláról is. Látszólag ez is egyszerű hatásfok-feladat: Megfizetünk 1 kWh energiát, de ennek csak feléből, harmadából, tizedéből lesz fény, darálás, emelési munka vagy hangszóró-rezegés. Főszabályként megállapítható, hogy összetett rendszerek esetén (műhely, modern konyha, autó, internet) még ezen az oldalon is összehalmozódik rengeteg éta-veszteség – azután, hogy az energia 99%-át már a mérőóra előtt elvesztegettük.

A helyzet azonban még bonyolultabb. S erre akkor jöttem rá, amikor elkezdtem magam is energiát termelni. Ha én 1 kWh-t termelek a napelemmel – jókor, jó helyen –, akkor az majdnem 100% hatékonysággal hasznosul itt az utcában. Valaki éppen fű, mos, takarít. Ez

még akkor is igaz lenne, ha minden harmadik házon lenne ugyanolyan napelem, mint a miénken. Az esetek 90%-ában el sem hagyná az energia a falut (asztalos műhelyek, állattartó telepek is vannak itt). No, persze a napelemet is elő kellett állítani, meg kellett venni. Ez nekünk 29 Ft-ban van kilowattóránként, tehát olcsóbb, mint a szürke energiából előállított mix, s ennek megfelelően tisztább is.

Még érdekesebb a megtakarítás. Ha nem termelek 1 kWh-t, hanem megtakarítok 1 kWh elektromos energiát – az eredmény ugyanaz. Sőt a megtakarítás még jobb is: túltermelésbe lehet esni, de megtakarítani csak azt lehet, amit éppen elfogyasztottunk volna.

Mi van, ha megtakarítok 1 kWh-t, jókor, csúcsidőben? Annyival több jut az utcában, annyival kevesebbet pörögnek az erőművek. Nekem lehet, hogy csak 30%, de a falu szintjén 100%, ha pedig az erőművekig és a kitermelésig visszafejtjük, akkor valami 2000% jön ki. Én megtakarítottam mindösszesen $W_0 = -1$ kWh-t, és a Földön nem lett elfogyasztva $W_h = -20$ kWh primer energia. Ez az, ami igazán megéri!

Ehhez csak az kell, hogy válaszoljunk erre a három kérdésre:

- Hasznos-e, ha a Földön kevesebb energia fogy?
- Hasznos-e, ha a véges fosszilis készletből 20 kWh-nyi a föld alatt marad?
- Hasznos-e, ha ennyivel kevesebb széndioxid jut a légkörbe?

Ha tehát valaki nem azért a 35 Ft-ért, hanem azért takarékoskodik, hogy védje a Földet, a légkört, az energiát, akkor ezt 2000%-os hatásfokkal teszi. Nem kell csodálkozni, hogy ilyen ezer százalékok jönnek ki. Ez annak a szörnyűség 5% körüli 8-étás hatásfoknak a reciproka, aminek a szörnyűségességét egyszerűen tudomásul vesszük, és közben örülünk, hogy van olcsó energiánk.

Megj. valamennyi pénz, energia a takarékosághoz is kell. Erről pontos kimutatásunk van: 1,7 Ft/kWh árfekvésben takarítottunk meg energiát az utóbbi 4 évben (LED-lámpák, kapcsolóórák, energiamérők segítségével), ami 20-szor olcsóbb, mint bármilyen energiát vásárolni, vagy napenergiát termelni.

Hogy ne csak mindig elektromos példákat mondjak: Szép idő van, valaki föl szeretne menni a Lővérekbe. Biciklire pattan és hamar föltek. Ehhez a 100 W-os combjait használja, kevesebb mint fél óra az út (fél óráig még a munka élelemvonzatát sem kell figyelembe venni, csak csupa jót tesz az egészségnek). Az egész munkavégzés **0,1 kWh** alatt van. Ugyanez autóval jóval több, mert fel kell vinni az autót is, mert nem 10, hanem 50 km/h-val megy, mert van a motor hatásfoka, mert a benzint finomítani kellett, stb. Így kb. **10 kWh**, ami fél liter benzin, pontosabban másfél liter kőolaj energiája.

A biciklizés hatásfoka 10000% fölötti, legalábbis a ztenderd autó/benzin/kőolaj megoldáshoz képest. A gyalogláshoz képest is 400%, és lefelé gurulni is lehet ☺

Válaszoljunk a kérdésre – miért ilyen bitang jó az energiatakarékosság hatásfoka? A takarékoság a fejben kezdődik: 2,5 sec "Aha"-élmény. Utána emberi, testi, megújuló energiákat és csúcstechnológiát vesz igénybe, de minimális mennyiségben. Az igazi nyereség azonban annak "köszönhető", hogy az energiarendszerünk ennyire rossz. Ha tehát hasznos az, hogy ezen javítsunk, ezer százalékgig sikerülni fog.

B/E

Az energiahatékonyság végső képlete: **B/E**, vagyis minél több B, minél kevesebb energiával. Ebben, E-ben már jók vagyunk. De mi a B?

A történelemben még egyetlen filozófiai rendszer sem tudta kétségbe vonni, hogy az ember végső, elidegeníthetetlen célja az egyéni és össznépi Boldogság. Mindenki ezt keresi, ez mozgatja. Van, aki ezt pénzben, sebésségben, hitben, gyönyörben próbálja elérni, mások harcban, gyógyszerben, utazásban vagy alkoholban. Vagy ilyenek kombinációjában, de vitathatatlan, hogy mindenki ezek mögött a

Boldogságot sejt, próbálja meg kerülőutakon elérni vagy állandóan közelíteni, mindhiába. A Forbes magazin első soraiban azok nyomorognak, akik a boldogságot pénzben, versenyben keresték, keresik, de nem is értenek hozzá. Az informatikához vagy a befektetéshez értenek, de a boldoguláshoz nem. A pénzben, versenyesben sikeresek, de csak mások boldogtalanság-hegyei révén jutnak piciny boldogságmorzszákhoz – átmenetileg.

Álljon itt végül egy gyors felsorolás a Boldogság képzetéből. Azért tudom ilyen gyorsan leírni, mert már sokszor tanítottam az egyetemen.

Működik.

mozogj, ugrálj, hajolj, táncolj – visszahat

*ha csak lehet, mosolyogj – többszörösen visszahat
köszönj mindenkinek*

*segíts másokon, kölcsönösen is sokszorozódik
játssz és viccelj – de barátságosan*

csinálj valamit együtt másokkal

fogd meg egy gyerek kezét

gondolkozz, találj fel, rajzolj, számolj, énekelj

higgy a legnemesebb célban

bontsd le a célt a mai napra – reflektálj

dicsérsj meg mindenkit – légy hálás

óvd az egészségedet, a Föld és mások egészségét

ne versengj, inkább kooperálj, akkor mindenki nyer

*ne a rossz híreket hallgasd, hanem a jó híreket készítsd
...és ne azért csináld, mert boldog akarsz lenni*