



Az exergiaszemlélet hasznosítása a mindennapokban

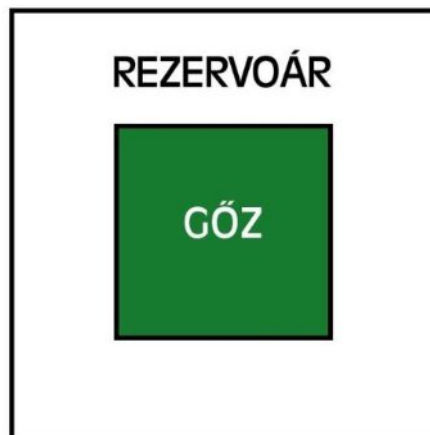
2015. október 1-jén került megrendezésre az Energetikai Szakkollégium Lévai András emlékfélévének második előadása, melyben az exergiával, és felhasználási lehetőségeivel ismerkedhettek meg az érdeklődők. Az előadás első felében Dr. Martinás Katalin, az ELTE Atomfizikai Tanszék nyugalmazott docense beszélt az exergiáról, képletéről, kiszámításáról, és felhasználásáról. Az este második felében az exergiaszemlélet alkalmazását hallgattuk meg műszaki példákon keresztül Groniewsky Axeltől, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszékének oktatójától.

Dr. Martinás Katalin előadásában rendkívül szemléletes példákkal szakította ki a hallgatóságot konvencióiból. Az előadást a téma művészetben való megjelenése bizonyítékául *Huller Ágoston: Ébredj, mert jön a fekete entrópia* című festményével kezdte, valamint azzal, hogy a termodinamika megértése rendkívül nehéz, és az exergia, mint reménysugár adhat erre lehetőséget. Ezután ismertette az exergia fogalmát: *egy rezervoárban lévő rendszerből kinyerhető maximális mechanika munka*. Elmondta, hogy 20 évvel ezelőtt a Műszaki Könyvtárban még nem volt szó exergiáról egyetlen könyvben sem, az exergia energiaként jelent meg a katalógusban, és sokan még most sem ismerik a szót, pedig egy rendkívül egyszerű fogalom, azonban igen trükkös is. Az exergia mindennapokban való megjelenésére szemléletes példaként gyermekkori élményét hozta fel, amikor nagyapja a földeken exergiahatékonysággal dolgozott, annak ellenére, hogy nem ismerte a fogalmat. Ezt a hatékonyságot később a gazdasági, piaci hatékonyság váltotta fel, így a mai generációknak újra meg kell tanulniuk a fogalmat.

Előadónkat régóta foglalkoztatta, hogy hogyan lehet az exergia fogalmát átvinni a mindennapokba, de rájött, hogy ennek két akadálya van. Az első, hogy az emberek nem ismerik a rezervoár fogalmát, a második pedig, hogy a hétköznapi életben a munkavégzés nem ezt a fogalmat jelenti. Ez a mennyiség ugyan a mérnökök számára rendkívül hasznos és könnyen számolható, de a hétköznapiakban nem állja meg a helyét, egy másik mennyiséggel kell

helyettesíteni, az extrópiával, amely entrópiajellegű mennyiség, és az exergia fogalmi akadályai megszűnnek benne. Megemlítette, hogy az előadást az is nehezíti, hogy a köznyelvi és tudományos fogalmak keverednek benne.

Az exergia kiszámításával folytatta. Van egy rezervoár (amelyben a hőmérséklet és a nyomás állandó), benne gőz, és a maximális mechanikai munka a kérdés. A munka képlete: $W = T^* \left(\frac{Q}{T} - \Delta S \right)$. Tovább számolva az exergia képletére a következő adódik: $B = (T - T^*) \cdot Q - (T - T^*) \cdot Q$, ahol B az exergia, T a gőz hőmérséklete, T* a rezervoár hőmérséklete, p a gőz nyomása, p* a rezervoár nyomása, valamint V a térfogat.



Tulajdonságai:

- $B \geq 0$;
- $\frac{dB}{dQ} = \frac{dT}{T} - \frac{dT^*}{T^*} - \frac{dS}{Q}$, ahol $\frac{dS}{Q}$ az entrópiatermelés.

Ezek alapján egy rendszer teljes energiája felírható, mint a felhasználható és a nem felhasználható energia összege: $E = E^* + A = E + A$. Ezt az A-val jelölt mennyiséget, a nem felhasználható munkát anergiának nevezik. Azonban az anergia csak a gőz-rezervoár rendszerre értelmezett.

Az exergiát a mérnöki gyakorlatban az alábbi esetekben használhatják:

- minden olyan problémánál, amely úgy tekinthető, mintha rezervoárban lenne, tehát állandó a környezet, és
- amikor hosszútávra nézik a rendszert, tehát nem számítanak a környezeti változások, például erőművek elvi tervezésénél;

Ezen kívül az ún. ipari ökológiában használják gazdasági folyamatok termodinamikai szempontból való jellemzésére.

Már egyre több országban készítenek exergiamérleget, és az IEA (International Energy Agency, azaz Nemzetközi Energiaügynökség) szakemberei is azért harcolnak, hogy a régebbi módszerek helyett exergiaanalízist vezessenek be.

A Stanfordi Egyetem egy exergiaprojektje keretében készült ábrán szerepel az exergia felhasználói által használt definíció: „Exergy is the useful portion of energy that allows us to do work and perform energy services.”, azaz „Az exergia az energia hasznos része, amely lehetővé teszi, hogy a rendszer munkát végezzen, és energiaszolgáltatásokat adjon.”. A definíció alapján az exergia a gőzre vonatkozó mennyiség lenne, azonban, ha belegondolunk, ez egyáltalán nem

Global Exergy Flux, Reservoirs, and Destruction

Terrestrial Environment

- Solar Radiation:** 162,000 TW (Incident), 34,000 TW (Atmospheric Reflection), 31,000 TW (Atmospheric Absorption), 86,000 TW (Surface Incident), 43,000 TW (Surface Heating), 5,000 TW (Surface Reflection).
- Energy Conversion:**
 - 0.06 TW Wind Energy, 60 TW Waves, 0 TW Wave Energy, 870 TW Wind.
 - Evaporation: 41,000 TW.
 - Clouds: 300 TW, 90 TW.
 - Rivers: 7.2 TW, 5.4 TW.
 - Hydro-electricity: 0.36 TW.
 - Ocean Thermal Gradient: 100 TW, 0 TW OTEC.
 - Photosynthesis: 90 TW.
 - Traditional Biomass: 1.2 TW.
 - Commercial Biofuels: 0.15 TW.
 - Carbon Burial: 0.04 TW.
 - Coal: 270 TW.
 - Oil: 110 TW.
 - Gas: 50 TW.
 - Methane Hydrate: 200 TW.
 - Geothermal Energy: 0.03 TW.
 - Crustal Thermal Energy: 1.5e7 TW.
- Energy Reservoirs (ZJ):**
 - 3100 ZJ Lithium
 - 1000 ZJ Uranium
 - 300 ZJ Thorium
 - 1e10 ZJ Deuterium
 - 360,000 ZJ Seawater Uranium
- Energy Destruction:**
 - 0.0005 TW Tidal Energy
 - 0.016 TW Solar Energy
 - 1 TW Nuclear Fuel
 - 3.2 TW Gas
 - 3.6 TW Coal
 - 5.0 TW Oil

KEY

- Thermal (Orange), Nuclear (Red), Radiation (Pink)
- Kinetic (Blue), Chemical (Green), Gravitational (Purple)
- Natural Exergy Destruction (Dashed line)
- Human Use for Energy Services (Arrow)
- Exergy Accumulation (ZJ) ($=10^{21}$ J)
- Exergy Flux (TW) ($=10^{12}$ W)

Exergy is the useful portion of energy that allows us to do work and perform energy services. We gather exergy from energy-carrying substances in the natural world we call energy resources. While energy is conserved, the exergetic portion can be destroyed when it undergoes an energy conversion. This diagram summarizes the exergy reservoirs and flows in our sphere of influence including their interconnections, conversions, and eventual natural or anthropogenic destruction. Because the choice of energy resource and the method of resource utilization have environmental consequences, knowing the full range of energy options available to our growing world population and economy may assist in efforts to decouple energy use from environmental damage.

Prepared by Wes Hermann and A.J. Simon
Global Climate and Energy Project at Stanford University (<http://gcep.stanford.edu>)

Rev. 1.1 © GCEP 2005, 2007



A diagram of a steam reservoir (Gőz - Rezervoár). It consists of a large green rectangle with a black border. Inside this rectangle, there is a smaller black-outlined rectangle. The text "GŐZ - REZERVOÁR" is written in white capital letters across the center of the diagram.

összetett rendszereket pedig több egyensúlyi rendszerből állóként kezeljük. Az új szemlélet szerint azonban az exergia állapotjelzőnek tekinthető, hiszen semmilyen fizikai törvény nem mondja ki, hogy a nemegyensúlyi állapotjelző nem állapotjelző.

Az új gőz-rezervoár rendszernek szintén vannak állapotjelzői, és ezek kiszámíthatók. Egyensúlyi állapotjelzők a teljes energia ($E = E + E^*$), a részecskeszám (N és N^*), a teljes térfogat ($V = V + V^*$), nemegyensúlyi állapotjelzők pedig a nyomáskülönbség (Δp), és a hőmérsékletkülönbség (ΔT). Kiszámolható az entrópia: $S = S(E, N, V, E^*, N^*, V^*) - \frac{1}{T} \cdot \left(\frac{\Delta p}{T} \right) V$, ahol az első tag az egyensúlyi entrópia, C pedig a rendszer hőkapacitása. A második tag gyakorlatilag a rendezettségnek felel meg, illetve ekvivalens a Schrödinger-negentrópiával.

A Schrödinger-féle negentrópiát előadónk szemléletesen mutatta be: Schrödinger 1945-ben kiadott könyvében azt a kérdést vetette fel, hogy miért eszünk? Természetesen, mert éhesek vagyunk. De melyik termodinamikai mennyiséggel jellemezhető, hogy miért eszünk? A tömegünk nem változik, az energiánk nem változik, a térfogatunk nem változik, az entrópiánk sem változik. Akkor mi lenne, ha nem ennénk? A válasz az elméletre, hogy a II. főtétele értelmében az entrópia folyamatosan nő, tehát hogy az mégse változzon, az evéssel entrópiát adunk le, tehát negentrópiát fogyasztunk az étkezés során.

A negentrópia a klasszikus egyensúlyi termodinamikában értelmezhetetlen, hiszen 0. Az új termodinamikában a negentrópia az extrópia lesz. Az exergia pedig állandó hőmérsékletű rezervoárban könnyen számítható, $E = E \cdot T$.

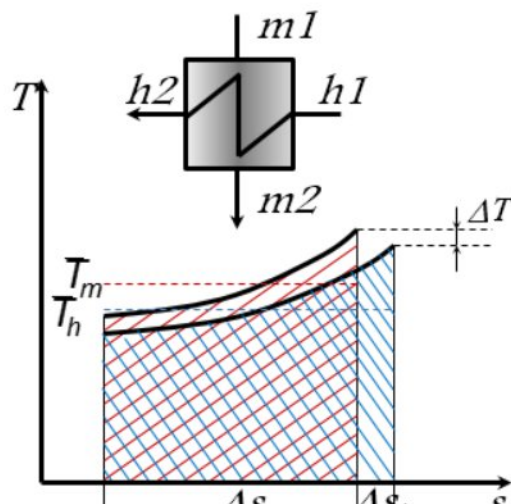
Az előadás befejezéséként a két szemlélet közötti különbséget is szemléletesen fogalmazta meg előadónk. A következő kérdést tette fel: Etikus-e dolgozni, etikus-e takarítani a gyermekem szobájában? Entrópiával nézve a világ minden tevékenysége növeli az entrópiát, ami valamiféleképpen rossz. Tehát ha a gyermekem szobáját takarítom, akkor ő nagyobb entrópiájú, azaz rosszabb világban fog élni ezáltal. Ezért nem etikus takarítani, ez az első válasz. A második válasz szerint a világban folyamatosan van entrópiaáramlás, tehát ha én nem használom fel azt az entrópiamennyiséget, akkor valaki más fogja. Ha azt akarom, hogy a gyermekem versenyelőnyben legyen, akkor biztosítanom kell, hogy ő kapja a maximumot. Mindkét válasz termodinamikailag korrekt, azonban az extrópiával nézett válasz a következő: Az extrópia (ami a Napból bejön a Földre) olyan, mintha rendszeresen fizetést kapnánk. Ennek egy része a rezsiköltség (a természeti folyamatok fenntartása), de ez az a mennyiség, amivel gazdálkodhatunk. A fenntartható

fejlődés kulcsa: minimális extrópiafelhasználással maximális gazdagságot elérni. Ennek a legfontosabb megvalósítói a mérnökök.

Második előadónk, Groniewsky Axel a műszaki alkalmazási területeket mutatta be 3 részterületen keresztül, amelyek az energetikai, környezeti és közgazdasági alkalmazások, valamint egyéb területekről is hallhattunk. Az energetikai alkalmazásokon belül megjelentek erőművi (kör)folyamatok és berendezések, kémiai folyamatok, desztilláció és sótalánítás, ipari és mezőgazdasági rendszerek elemzése, valamint műszaki diagnosztika. A környezeti alkalmazások között hallhattunk erőforrás-hasznosítás,- és újrahasznosításról és exergia alapú életciklus elemzésről, fenntarthatóság értékelésről. A közgazdasági alkalmazások közé tartozik a termoökonómia, és az exergoökonómia, amely területek hasonlóak, de mégsem ugyanazok. Az egyéb alkalmazások között hallhattunk biológiai rendszerekről és társadalmi rendszerekről.

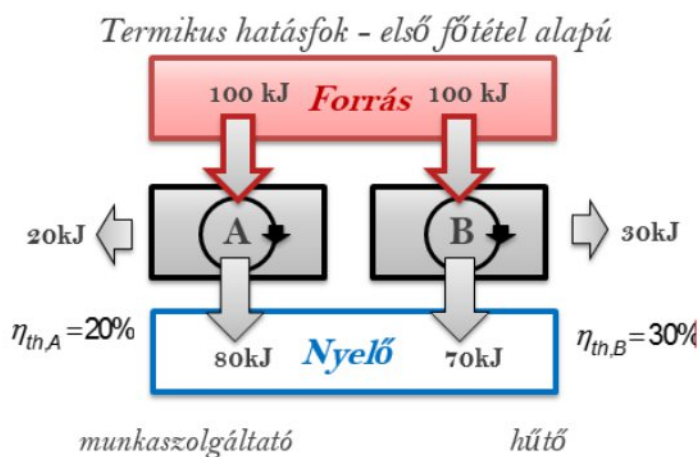
Az erőművi folyamatokban fellépő veszteségeket két nagy csoportra oszthatjuk, mennyiségi és minőségi veszteségekre. A mennyiségi veszteségek azok az energiaszabványok, amelyek úgy hagyják el a rendszert (az erőművet) hogy hasznos munkát nem végeznek, például mechanikai és mechanikai munka közötti energiaátvitel szivattyúknál, kompresszoroknál, generátoroknál, vagy mechanikai és villamos munka közötti átvitel generátoroknál, stb. A mennyiségi veszteségeket entalpiaveszteségként vagy exergiaveszteségként is kiszámíthatjuk. Minőségi veszteségről akkor beszélünk, amikor az energiaszabvány a rendszerben marad, de az energiaszabvány következményeképpen az intenzív állapotjelzők (hőmérséklet, nyomás) csökkennek, például a tápvízleőmelegítő, gőzhűtő, fojtás, szelepek, sűrűdés, csővezetékek, stb. A minőségi veszteségek számítása történhet entrópiatermeléssel, illetve exergiatöréssel.

Előadónk első példája egy externálisan adiabatikus hőcserélő volt. Ez azt jelenti, hogy a környezet felé hő nem távozik, és a melegebb közeg által leadott hő teljes mennyiségét a hidegebb közeg felveszi. Azonban két eltérő átlaghőmérsékletű közeg hőcseréjénél minőségi veszteség alakul ki, amelyet az irreverzibilitás miatti entrópiatermelés növekedéssel jellemezhetünk. A belépő entalpiaáram egyenlő a rendszerből kilépő és a környezetbe kilépő entalpiaáramok összegével: $\dot{Q}_{in} = \dot{Q}_{out} + \dot{Q}_{loss}$. Mivel externálisan adiabatikus hőcserélőről

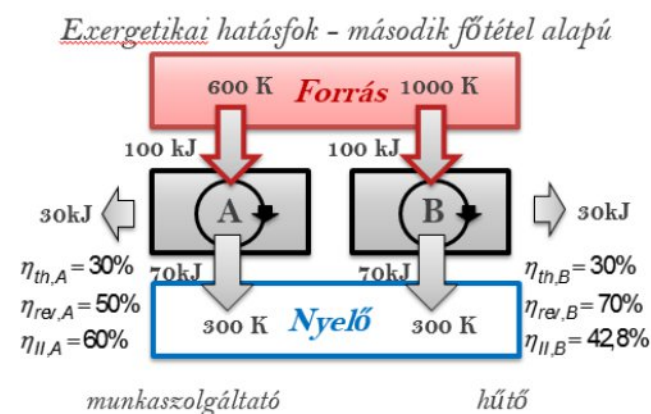


beszélünk, a környezetbe kilépő entalpiaáram 0. Az irreverzibilitás miatti entrópiaáram növekedés mértékét hasonló logika alapján az entrópiamérlegből nyerjük: $\dot{Q}_{22} = \dot{Q}_{21} + \dot{Q}_{222}$. Exergiamérleg esetén a belépő és kilépő exergiaáramon kívül fel kell tüntetnünk az exergiavesztéséget és az exergiadestrukciót: $\dot{Q}_{22} = \dot{Q}_{21} + \dot{Q}_2 + \dot{Q}_2$. Az egyenleteket összevonva és rendezve egy exergiavesztéséget, illetve egy exergiadestrukciót kapunk. Az entalpiaszemlélet mennyiségi, az entrópiaszemlélet minőségi veszteségek leírására alkalmas, míg az exergiaszemlélet mindkettőt magában foglalja.

A következő példa az első főtétel alapú termodinamikai hatásfok illetve a második főtétel alapú exergetikai hatásfok összehasonlítása volt. A termodinamikai hatásfokkal számolás esete a következő: Van egy forrás, amely 100 kJ hőt ad le A és B munkaszolgáltató körfolyamatoknak. Az A körfolyamat 20 kJ, a B körfolyamat 30 kJ hasznos munkát végez. A nyelőbe megy a maradék hő, 80, illetve 70 kJ. Ebben az esetben az A körfolyamat termikus hatásfoka 20%, a B körfolyamaté pedig 30%.



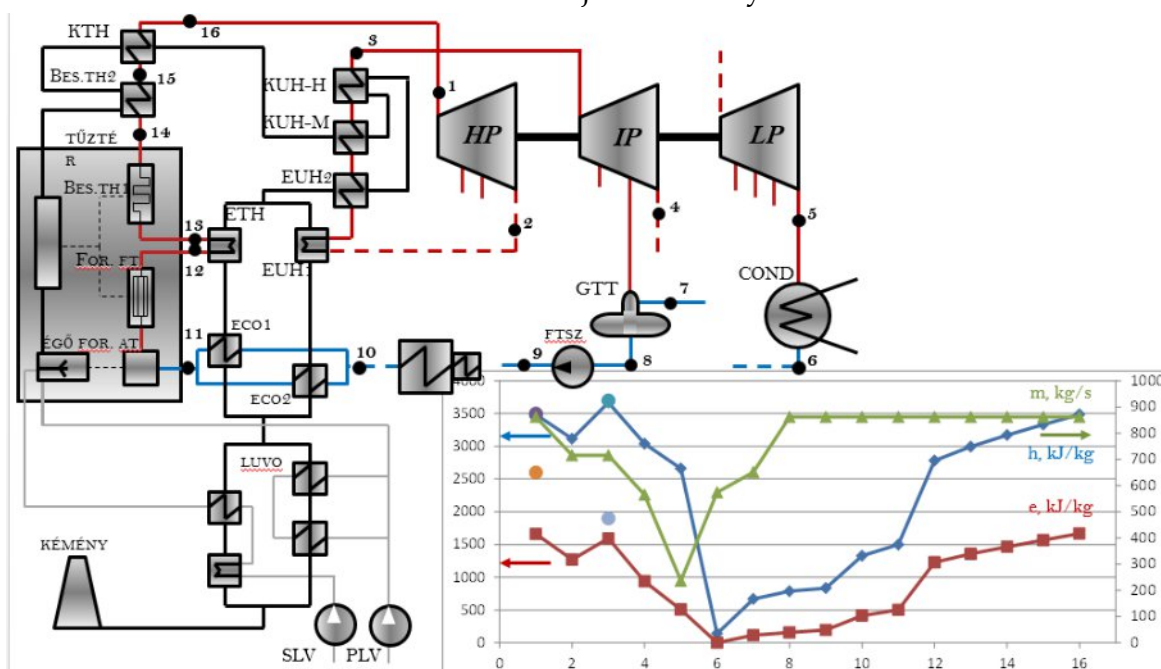
A termodinamikai hatásfok tehát felírható a hasznos és a befetett munka hányadosaként. Az első főtétel alapú hatásfok nagy hiányossága, hogy nem utal az ideálisan elérhető legnagyobb hatásfokra. Az exergetikai hatásfok



definíciója: A rendszerünkön egy apró változást hajtunk végre: mindkét körfolyamat 30 kJ hasznos munkát végez, azonban A körfolyamat a 100 kJ energiát 600 K, B körfolyamat 1000 K hőmérsékleten kapja. Az exergetikai hatásfokot úgy tudjuk számolni, ha a körfolyamatok termikus

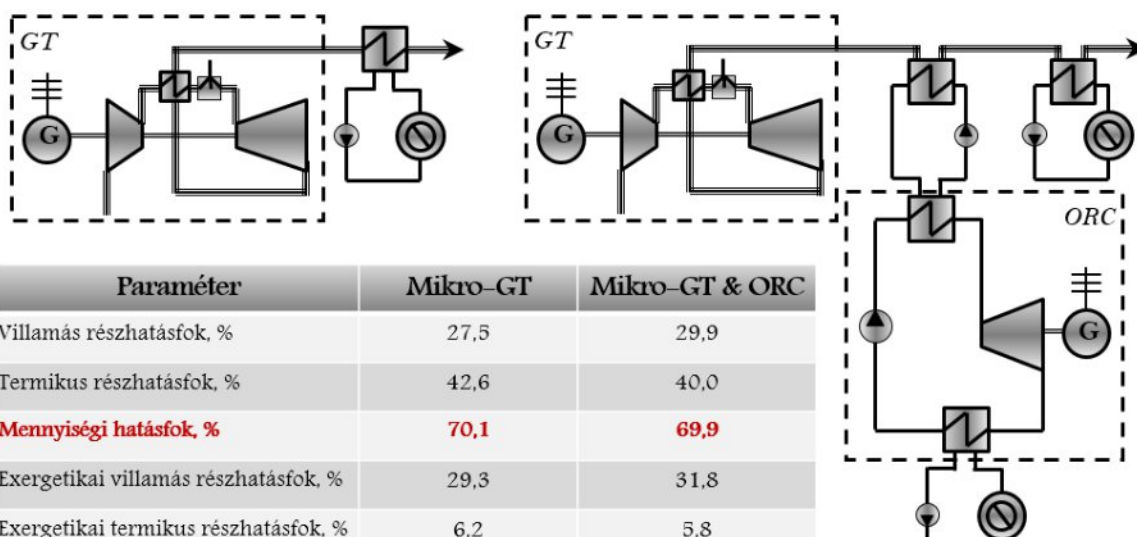
hatásfokát elosztjuk a reverzibilis, hőmérsékletektől függő Carnot-hatásfokkal, így láthatjuk, hogy a valós körfolyamat az ideálishoz képest mekkora hatásfokkal működik. A számítás alapján A körfolyamat hatásfoka 60%-ra, B körfolyamat hatásfoka 42,8%-ra adódik.

A következő egy erőművi példa volt, egy széntüzeléses ultra-szuperkritikus 1100 MW-os kondenzációs blokkban lejátszódó folyamatok bemutatása.



A grafikon a tömegáramot, az entalpiaáramot, illetve az exergiaáramot szemlélteti az ábrán is jelölt nevezetes pontokban. Az első pontban a füstgázban tárolt entalpia összege, illetve a friss gőz energiája majdnem egy helyen vannak. Ez azt jelenti, hogy a kazán hatásfoka rendkívül magas, 95% feletti. Ha csak az égést néznénk, a kémiai folyamatok nélkül, akkor rájövünk, hogy a nagy hőmérsékletkülönbség miatt nő az irreverzibilitás, így a hatásfok nem lehetne ilyen magas. Azonban ha exergiaalapon számolunk, akkor láthatjuk, hogy a friss gőz exergiája alacsonyabban van, mint a füstgázban tárolt exergia. A hármas pontban hasonló a helyzet. Érdekesség, hogy az első főtétel szerint számolt hatásfok $\eta_p = \frac{\dot{Q}_{p2} \Delta T_{p2}}{\dot{Q}_{p1} \Delta T_{p1}}$, ahol $\dot{Q}_{p2}$ a kazánból kilépő közeg entalpiaárama, $\dot{Q}_{p1}$ a kazánba belépő közeg entalpiaárama, $\dot{Q}_{p1}$ a tömegáram és ΔT_{p1} a standard reakcióentalpia, azaz a felső fűtőérték.

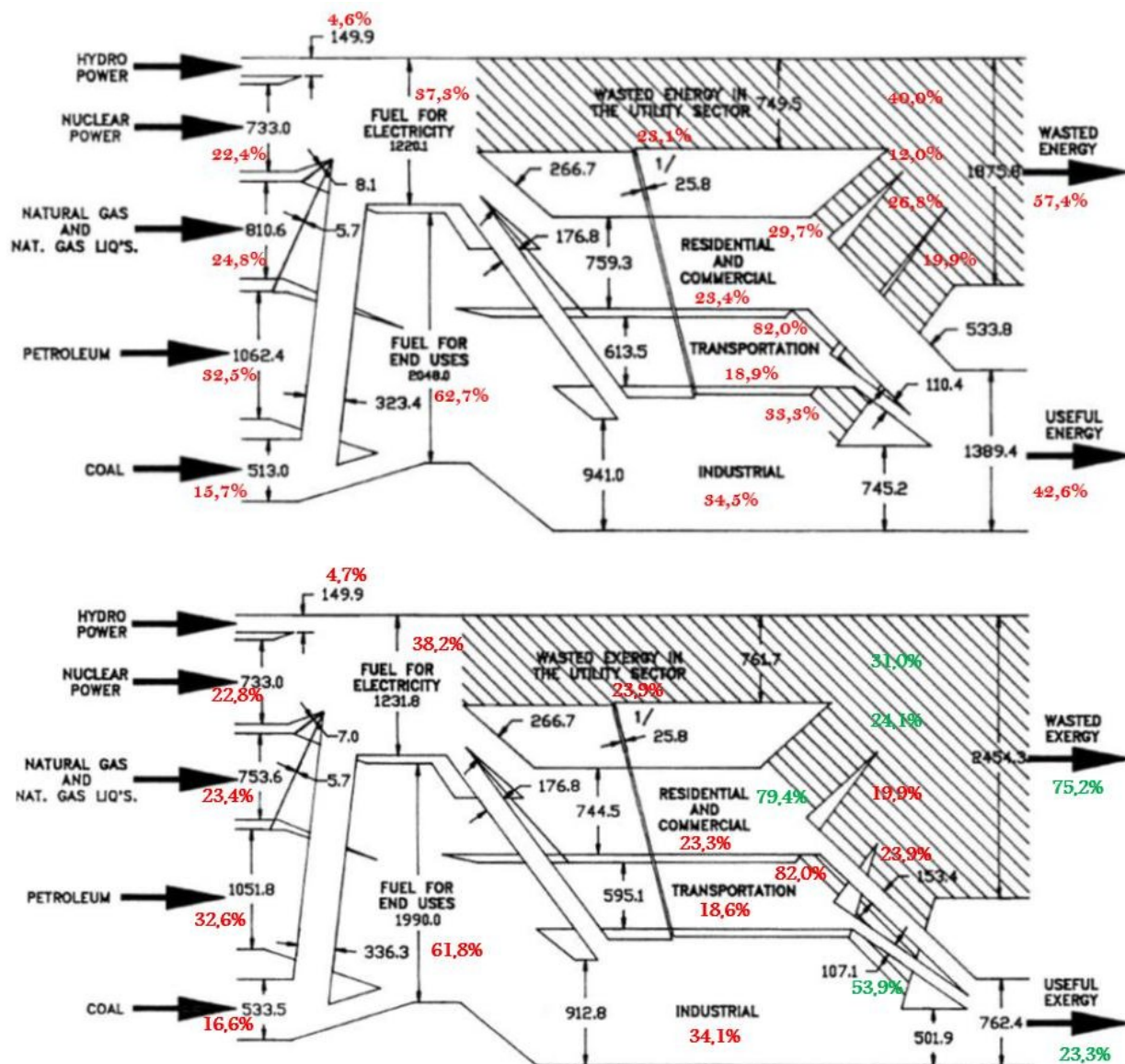
Egy kapcsolt mikro-gázturbina, illetve egy ORC-vel kapcsolt mikro-gázturbina paraméterei szerepeltek a következő példában.



A mikro-gázturbina paraméterei közül a mennyiségi hatásfok viszonylag magas, jól látszanak a különbségek a sima és az exergetikai hatásfokok között. Az exergetikai villamos részhatásfok magasabb, mint a villamos részhatásfok, ez a kiszámítási képletükből következik. Az exergetikai termikus részhatásfok jóval alacsonyabb, mint a termikus részhatásfok, mert a külső környezeti viszonyokat is figyelembe veszi. Az ORC-vel kapcsolt gázturbinával összehasonlítva az ORC-s exergetikai mennyiségi hatásfok magasabb, annak ellenére, hogy az exergetikai termikus részhatásfok alacsonyabb.

A rendszer exergiarombolását, azaz a minőségi veszteségeit három fő folyamat okozza: a kémiai reakciók, a hőcsere, és a súrlódás. Mivel mindhárom folyamat megtalálható a mikro-gázturbinában, ezért mind megjelenik a kiszámításnál. Az exergiarombolás az égőtérben a legnagyobb a kémiai reakciók miatt, ezt követi a gázturbina, a kompresszor, illetve a hőcserélők.

Az utolsó energia és exergiaanalízissel kapcsolatos példa egy makroszintű dolog volt. 1987-ben Kanadában, Ontarióban készítettek egy energiaáram-diagramot, entalpia- és exergiaalapon is. Az ábrán látható az energiamix: vízenergia, nukleáris energia, földgáz, kőolaj, szén. A primerenergiaforrások 37%-a fedezi a villamosenergia-termelést, a többi közvetlenül kerül



végfelhasználásra. A szektorális megoszlást nézve a legvesztésesebb a közlekedés, a legkevésbé veszteséges pedig a lakossági és kereskedelmi szektor. Ontario már ekkor is nagyon fejlett régió volt, hiszen a primerenergia 42,6%-át hasznos energiára fordították, ami igazán nagy szám, szinte már a fejlesztési lehetőségek határát súrolja. Az exergiaáramdiagramon nézve sok szektoron fedezhető fel változás, például a lakossági és kereskedelmi szektor vesztesége 29% helyett már 79%. Ezen a diagramon a teljes hasznos energia csupán 23%, tehát van még lehetőség fejleszteni az energiateljesítményt.

A következő alkalmazási terület az exergoökonómia. Az exergiaalapon történő számításokkal könnyen beárazhatók a veszteségek, ami azért fontos, mert mindig a termodinamikailag leghatékonyabb és egyben leggazdaságosabb megoldás kerül alkalmazásra, és ehhez tudni kell, hogy az egyes berendezések által termelt veszteség mennyi pénznek felel meg.

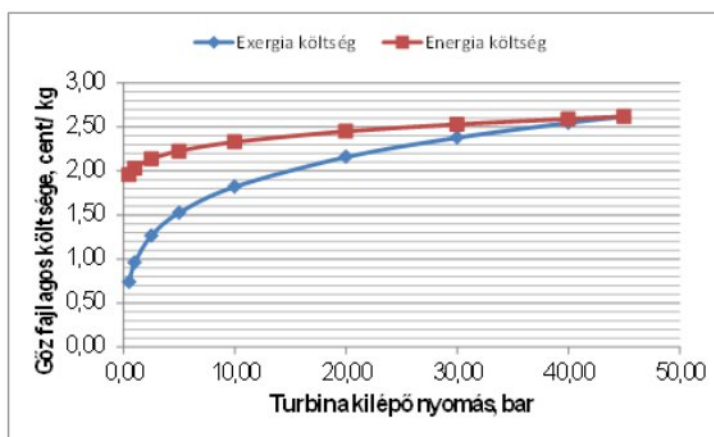
Az entalpiaszemléletben a fajlagos mennyiségi veszteségek mértékegysége $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$, a minőségi veszteségeké pedig $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$, ezért szükség van egy szubjektív

$$\sum_e (c_e \cdot \dot{E}_e) + c_{w,k} \cdot \dot{W}_k = c_{q,k} \cdot \dot{E}_{q,k} + \sum_i (c_i \cdot \dot{E}_i) + \dot{Z}_k$$

szorzóra, hogy összemérhető legyen a kétféle veszteség. Az exergiaszemléletben azonban a mennyiségi és minőségi veszteségek mértékegysége azonos, így nem kell szubjektív szorzó. Az alábbi képletben a c -k a különböző exergiaáramokhoz tartozó fajlagos költségek, $\dot{Z}_k$ pedig a tőkeberuházás és a karbantartások költségáramainak összege.

Egy rendszer jellemzéséhez valamennyi berendezésre fel kell írunk a mérlegegyenletet, amit úgy teszünk meg, hogy a belépő áramok ismertnek, a kilépők ismeretlennek tekinthetők, meghatározandók, és a berendezések összekapcsoltak, így ami az egyik esetén kilépő áram, az a következőnél belépőként jelenik meg. Kettőnél több kilépő áram esetén segédegyenletekre is szükség van.

Egy klasszikus példában egy ellennyomású turbina nyomását folyamatosan csökkentették, így egyre több hőt kapott a fogyasztó, és azt nézték meg, hogy energia- illetve exergiaalapú költségbecslés alapján hogyan alakul a gőz fajlagos költsége. Az energiaköltség nagy nyomáscsökkenés mellett sem csökkent

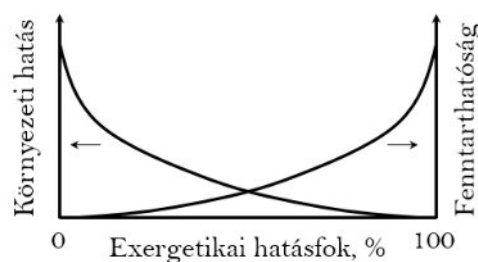
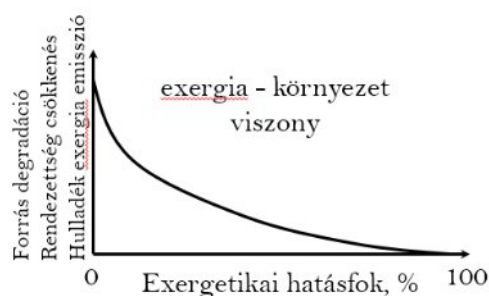


túlságosan, azonban az exergiaköltség a gőz felhasználhatóságával egyenes arányban csökkent, tehát sokkal jobban leköveti a hasznosságot.

A mérés az előző példák között lévő kapcsolt mikro-gázturbinára is megtörtént. Ahol exergiarombolás történt, ott az exergiaköltség is nagyobb, valamint a villamosenergia és a hő ára közötti különbség szembetűnő. Ez utóbbi, miszerint a villamosenergia olcsóbb lehet a hőnél, abból adódik, hogy a költségeket nem teljesen a valós módon kell számolni erőművek esetében, hanem meghatározott modell alapján.

A diagnosztikai módszerek közül előadónk a GPA-t (Gas Path Analysis) hasonlította össze az EDA-val (Exergetic Diagnostics). Előbbi az erőmű üzemi állapotát olyan jellemző paraméterekkel határozza meg, melyek egyben a gépek műszaki állapotát tükrözik, tehát a műszaki állapokra érzékenyek, azonban a terhelésváltoztatásra érzéketlenek, a meghibásodás helyét és nagyságát térképezik fel. Utóbbi a működési zavarok hatásvizsgálatát exergetikai és exergoökonómiai jellemzőkkel végzi, és a meghibásodás a rendszer többi elemére gyakorolt hatását tárja fel, amelyek például termeléseszköcsökkenés, vagy irreverzibilitásnövekedés.

Utolsóként az exergia és a környezet kapcsolatáról hallhattunk előadónktól. A környezeti hatások termodinamikai indikátora az exergia. Érdekes kérdés, hogy mi a szennyezés ökológiai költsége. Az első megközelítés szerint a szennyezés mértékével megegyező az exergia, azonban ez csak nagyon speciális esetekben igaz. A második megközelítés szerint az exergia a kármentesítés mértékével azonos. Az első diagramon az látható, hogy a forrásdegradáció az exergetikai hatásfok növekedésével csökken, a második diagramon pedig a környezeti hatás az exergetikai hatásfok növekedésével csökken, míg a fenntarthatóság ugyanezzel a növekedéssel nő.



A konklúzió, hogy az exergiaszemlélet egyáltalán nem nehéz, de trükkös, sokak számára szemléletes és jól hasznos elmélet, de vannak olyanok is, akik nem tudják hasznosítani.

Jurásek Janka

Az Energetikai Szakkollégium tagja