

ERŐMŰFEJLESZTÉSI TRENDEK A VILÁGBAN

2020.11.27

Az Energetikai Szakkollégium Csonka János emlékfélév hatodik előadása során a világ erőműfejlesztési trendjeivel ismerkedhetett meg hallgatóságunk Dr. Korényi Zoltán előadása jóvoltából.

Dr. Korényi Zoltán okleveles gépészmérnöki diplomáját hőerőgépész szakon, 1972-ben szerezte. Pályafutása a Budapesti Fűtőerőmű Vállalatnál kezdődött üzemviteli mérnökként. Ezután megfordult a budapesti Hűtőgépgyár-Klímatechnikai Irodánál tervezőmérnökként, majd a Budapesti Műszaki Egyetem egyetemi adjunktusként tevékenykedett. 1986-tól 1990-ig a németországi Deutsche Babcock AG-nél főtervező pozícióban vezette erőművek tervezését és építését. 1990 és 93 között projektmenedzserként dolgozott a Thermo-Consulting Heidelberg GmbH -nál. Ezt követően a (Mannheimer Versorgungs und Verkehrsgesellschaft GmbH manheimi közművekhez szerződött, ahol fősztályvezető helyettesként energiaellátási és átszervezési koncepciók és üzleti tervezés mellett szakértői tanácsadással foglalkozott. Magyarországra való hazatérését követően 2012-ig az E-ON Erőművek Kft-ben beruházási-, valamint erőművi igazgatóként tevékenykedett erőművek, energiaátalakító berendezések létesítésénél, üzemeltetésénél. 2012-től napjainkig a Budapesti Műszaki Egyetem meghívott előadója.

Számtalan nagy volumenű munkája született, mint például: Kelet- és Nyugat-Németország egyesítéskor Eisenhüttenstadt energetikai újraépítése vagy a 90-es évek közepén Shangai új Pudong nevű, Budapest méretű városrész energiaellátási koncepciójának létrehozása.

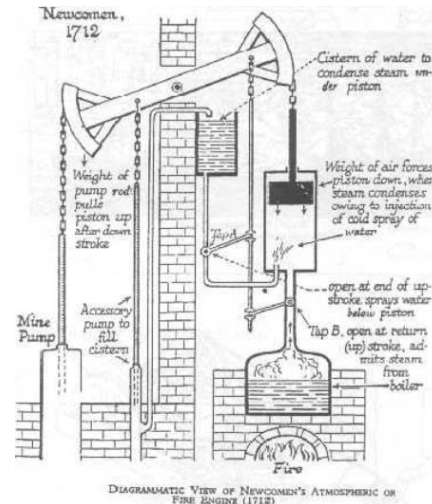
ÁTTEKINTÉS

Az előadás a műszaki fejlődéstörténet ismertetésével kezdődött, majd a világ energiafelhasználásáról, erőműveiről esett szó. Ezt követően hazai vizekre evezünk a Nemzeti Energiastratégia okán.

MŰSZAKI FEJLŐDÉSTÖRTÉNET

Civilizációnkban történelmük Jézus születéséhez viszonyítjuk. Szakmánkat, az energetikát tekintve az egyik fontos alap a tűz, melyet az emberiség már 740 000 év óta ismeri a mai leletek alapján. Innen vehetjük szakmánk alapját, melyet a szél, ezzel együtt pedig a

vitórláshajók követtek. Majd a hőtechnika kezdődik a Heron labdával, folytatódik James Watt gőzgépével, Jedlik Ányos generátorával, majd Lenoir gázmotorjával, s végül Osborn laptopjával zárul.



Az első gőzgép Alexandriai Héronhoz köthető (10-75), ez azonban még csak forgott.

Az első faszervezetű, hasznos munkát végző atmoszférikus gőzgépet Thomas Newcomen alkotta meg 1712-ben.

James Watt 1785-ben fejlesztette a gőzgépet, melyhez kondenzátort használt, kettős működős dugattyút, szabályzót és fogaskerékforgó művet.



VILLAMOS ENERGIA

Villamos energia tekintetében az első dörzselektromos gépet Guericke alkotta meg 1660-ban, Benjamin Franklinnek pedig a villámhárítót köszönhetjük. 1821-ben Faraday elkészítette

az első elektromotort, majd 1831-ben felfedezte az elektromágneses indukciót, 1832-ben pedig az elektrolízist. Jedlik Ányos 1827-ben alkotta meg az első egyenáramú, kommutátoros villanymotort, amit 1861-ben az első dinamó követett, amit a bal oldali képen láthatunk.



Jedlik: dinamó, 1861

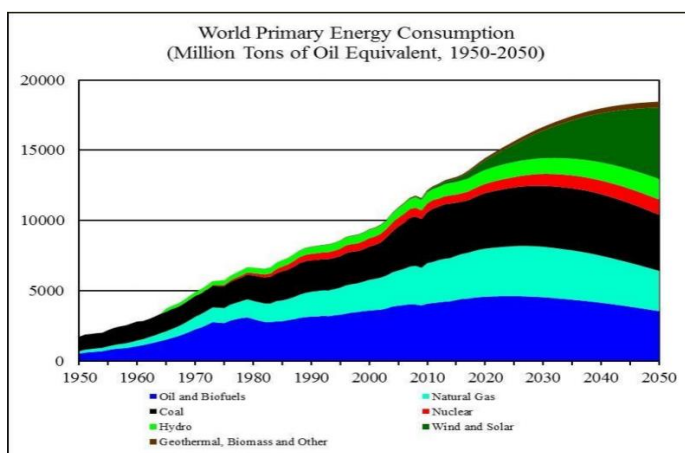
Tesla és Edison egy időben értek el nagy sikereket. Eleinte Tesla Edison-nál dolgozott, azonban irányuk nem egyezett meg. Míg előbbi nagy jelentőséget tulajdonított a váltóáramnak szemben Edison-nal, aki az egyenáram híve volt. Tesla ezt követően elkerült Edison mellől és egy mérnök céghez csatlakozott, ahol felfedezte a váltóáram

jelentőségét. Hozzá köthető az 1881-ben felfedezett háromfázisú generátor, valamint a váltóáramú motor és a rádiósugárzás elve. Edison munkássága során 1879-ben felfedezte a szénszálas izzószálat, 1882-ben pedig az első elektromos erőművet.

ERŐMŰVEK

A világ első erőművét II. Lajos bajor király alkalmazta 1878-ban Ettal városában szórakozási célból, majd Londonban Edison elkészítette az első egyenáramú közvilágítást 1882-ben. Ugyanebben az évben erőművet is épített New Yorkban alsó Manhattan sziget megvilágítására. Az első magyar közcélú erőmű 1884-ben született meg Temesváron a városi közvilágítás céljából. A világ első atomerőművét pedig 1954-ben üzemelték be Obnyinszk-ban.

A VILÁG ENERGIAFELHASZNÁLÁSA - ERŐMŰVEK FAJTÁI



A világ primerenergia felhasználásának alakulását a bal oldali ábra szemlélteti. Sok elképzelés van ennek alakulására, azonban abban megegyeznek, hogy a ma létező struktúra még sokáig meg fog maradni. A megújulók egyre nagyobb szerepet kapnak, azonban a helyén kell kezelni őket. Megvan a szerepük a villamosenergia

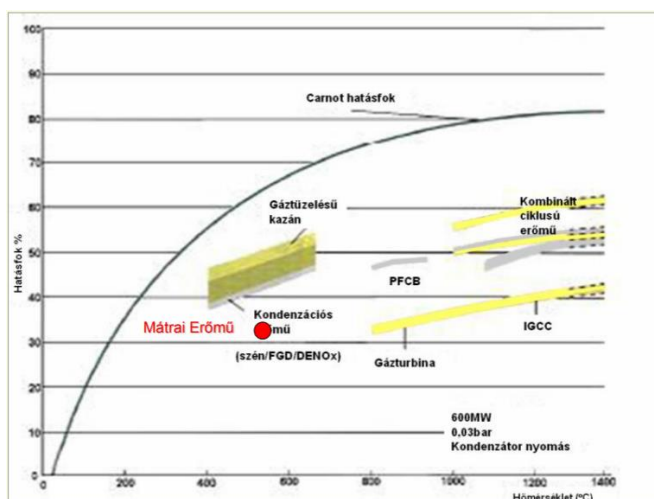
termelésben, ám jól látható, hogy arányuk növekedése mellett az olaj és a szén is meg fog maradni.

Az erőművek két részre oszthatóak: hagyományos és megújuló energiát hasznosító erőművek. Az alábbi két táblázat ezen két csoport Európában legelterjedtebb fajtái mutatja.

HAGYOMÁNYOS ERŐMŰVEK EURÓPÁBAN					MEGÚJULÓ ENERGIÁT HASZNOSÍTÓ ERŐMŰVEK				
S. sz.	Erőmű	Primer energia	Előny	Hátrány	S. sz.	Erőmű	Primer energia	Előny	Hátrány
1.	Széntüzelésű	szén	bevált, megbízható	szennyező	1.	Vízermő	víz	olcsó, nincs kibocsátás	korlátozott lehetőség
2.	Gáztüzelésű	földgáz	rugalmas	közepes CO ₂	2.	Biomassa tüzelés	fa, szalma	Hulladék haszn. kapcsolt term.	alacsony hatásfok
3.	Atomerőmű	urán	jó ellátási biztonság CO ₂ mentes	sugárzó hulladék	3.	Biogáz tüzelésű	növényi, állati, hull.	jó hatásfok	drága a gáztermelés
4.	Hulladéktüzelésű	kommunális hulladék	hulladék ártalmatlanítás	költséges	4.	Geotermikus	földhő	rendelkezésre állás	alacsony hatásfok, drága
5.	Tőzegtüzelésű	tőzeg	olcsó tü. ag.	helyhez kötött	5.	Naperőmű	napsugárzás	egyszerű, ingyen Nap	időjárásfüggő
					6.	Szélerőmű	szélenergia	ingyen szél	időjárásfüggő

ERŐMŰVEK HATÁSFOKA

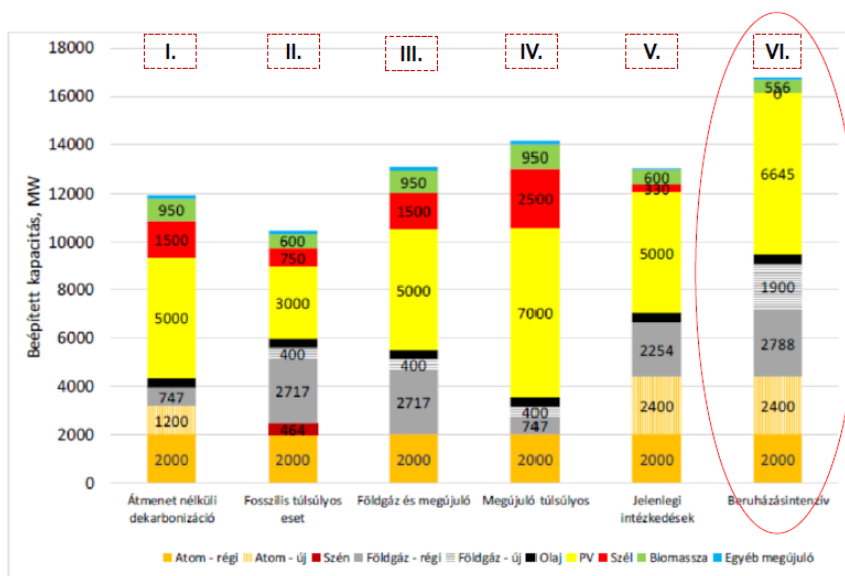
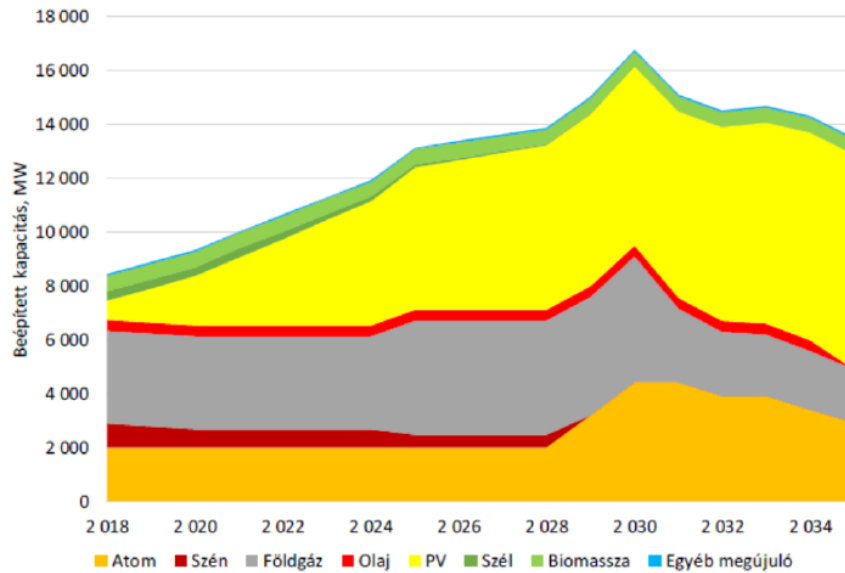
Az erőművek számunkra egyik leglényegesebb jellemzője a hatásfok, ami lehet elméleti - Carnot hatásfok - és valóságos. Az alábbi hatásfok térképen látható, hogy a hőmérséklet - hőközlés hőmérséklete - függvényében hogyan alakul az elméleti hatásfok.



A diagramon látható a Mátrai erőmű, melynek hatásfok 30% körüli a véges 500°C fok környékén. A mezőn tovább haladva látható, hogy a klasszikus erőműveket tekintve legjobb hatásfokkal a kombinált ciklusú erőművek rendelkeznek, ami 60%. Ez 1300-1400°C fokos elméleti hőmérsékletű tüztér esetén valósul meg.

A HAZA IVILLAMOSENERGIA RENDSZER KIHÍVÁSAI

A Nemzeti Energiestratégiát 2020. januárjában adta ki az Innovációs Minisztérium. Ebben található az alábbi ábra, mely a 2018-as évtől kezdve vetíti elő a beépített erőmű kapacitások nagyságát és milyenségét.



Az első jellegzetes dátum 2030, hiszen itt látható egy csúcs annak okán, hogy nő az atomenergia. Ekkor még üzemelni fog Paks 1, s emellett elkezd majd működni Paks 2 is. Az idő múlásával a PV növekedés is jelentősnek tekinthető. A következő diagramon a 6 erőművi forgatókönyvben a 2030-ban jelen lévő beépített kapacitások alakulása figyelhető meg. Jelenleg a VI., azaz a "Beruházásintenzív" tervvel foglalkozik az energaipar. Ez alapján

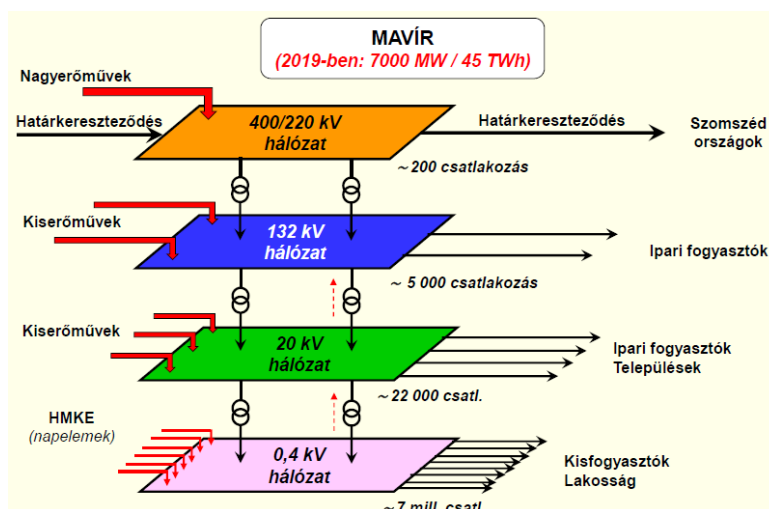
már Paks 2 is működni fog Paks 1 mellett, továbbá új földgáztüzelésű erőművek is telepítésre kerülnek majd. Nagy növekedés a naperőművek esetén figyelhető meg, mely közel 7000 MW-ot fog kitenni, ami nagyjából a 40%-a lesz az összes tervezett erőművi kapacitásna

A következő évtizedek kihívását a naperőművek jelentik. Legnagyobb problémái, hogy

- kiszámíthatatlan a rendelkezésre állása (éjszaka, esős időszak, tél)
- tartalék erőművet kell beépíteni, ami plusz költséget jelent
- megnehezíti a villamos hálózat működtetését, költségeit növeli
- általa előállított villamos energia drága, a versenypiaci ár 2-3-szorosa
- kicsi az energiasűrűsége

A VILLAGENERGIA RENDSZER PARADIGMAVÁLTÁSA

A villamosenergia rendszer egy hosszú időn át kialakult, összehangoltan működő komplex rendszer, melynek sémáját az alábbi ábra szemlélteti.



6 szintből áll (400 kV és 0,4 kV között), melyekre különböző méretű erőművek csatlakoznak be. Minden szinten van betáplálás és elvétel is, és az energi fentről lefelé áramlik. A legnagyobb szinten a nagy- azaz a központi erőművek és a határkereszteződések, majd eggyel lejjebb két szinten keresztül a kiserőművek táplálnak be. Az elvétel a legnagyobb szinten a környező országok felé történik határkereszteződések formájában, az

alacsonyabb szinteken ipari fogyasztók, települések, kifogyasztók és a lakosság tölti be ezt a szerepet.

A naperőművek egyre nagyobb térnyerése azonban felborította a sok év alatt kiépített, jól működő rendszert. Az eddigi központi elosztás decentralizálttá válik azáltal, hogy ezek a naperőművek (HMKE) a 0,4 kV-os hálózatra, azaz a lakossági szintre kapcsolódnak. Ha minden háztartásnál megjelenik egy-egy HMKE, akkor az történik, hogy a magasfeszültségen lévő erőművekre csak részben van szükség, az energia táplálásnak egy részét nem ők végzik el. Az előadó előrevetítette azt a példát, hogy mi van akkor, ha egy utcában minden háznál van napelem, ami a kedvező időjárásnak köszönhetően termel is, viszont az utcában kevés a fogyasztás. A többlet termelésnek köszönhetően az alacsonyabb feszültségi szintű helyekről az energia vissza fog áramlani a magasabb feszültségű szintekre a transzformátorokon keresztül. Ez feszültség szabályozási problémákat okoz, a rendszerben inerciahiány jön létre. Ezen problémákra megoldást jelen a hálózatfejlesztés, a rugalmas erőművek, illetve az aggregátorok a fogyasztóknál és a DSO-knál.

AZ ERŐMŰVEK KOMPLEX ÉRTÉKELÉSE

Az erőműveket különböző szempontok alapján lehet értékelni, melyeket három fő csoportra bonthatunk: műszaki, gazdasági és ökológiai/humán. A műszaki követelmények közé soroljuk a rendelkezésre állást, hatásfokot és a rugalmasságot. Ezek közül talán a legfontosabb erőmű bármilyen jó hatásfokú lehet, ha elindítása nem lehetséges. A gazdasági követelményekhez tartozik a primer energia ára, CO₂ ára, beruházási és üzemviteli költség, megvalósítási idő és a versenyképesség. Az ökológiai követelmények a

környezet- és az emberi egészség védelme érdekében lényegesek. Ezek a területigény, a természetkárosítás, nyersanyagigény, újrahasznosíthatóság, egészségkárosítás.

Az országok törvényei az energiaellátáshoz három kritériumot szoktak hozzárendelni:

- ellátásbiztonság
- versenyképesség (megfizethetőség)
- fenntarthatóság

Előadónk ehhez a háromhoz mindig hozzá szokott tenni egy negyediket, hiszen fontos, hogy emellett hozzájáruljon a lakosság pénzt tud keresni, jó munkahelye van, adót tud fizetni és családját el tudja tartani.

	s. sz.	Szempont	Atomerőmű	Kombinált ciklusú	Naperőmű
MŰSZAKI	1.	Rendelkezésre állás (r)	kiváló		rossz
	2.	Hatásfok (η)			
	3.	Rugalmasság (MW/perc)			
GAZDASÁGI	4.	Primer energia árkokozat			
	5.	CO2 költségek (EUR/t)			
	6.	Beruházási költség (EUR/kW)			
	7.	Megvalósítási idő			
	8.	Üzemviteli/karbantartási költségek			
	9.	Versenyképesség (EUR/MWh)		gázár függő	
	10.	Jövedelemtermelés - megtérülés			
ÖKOLÓGIA-HUMAN	11.	Földterület felhasználás (ha)			
	12.	Természetóvás (kibocsátások)			
	13.	Nyersanyag igény (kg/kWh)			
	14.	Újra hasznosíthatóság			???
	15.	Emberi egészség károsítás			37

A bal oldali ábra a korábban felsorolt 15 szempontot figyelembe véve az atomerőmű, a kombinált ciklusú, illetve a naperőmű összehasonlítását. Jól látható, hogy a rendelkezésre állást tekintve a az atomerőmű kiváló megoldás, míg a napelem egyáltalán nem.

A hatásfokot tekintve a legelőnyösebb a kombinált ciklusú erőmű, míg a legaranyosabb

hatásfokkal az ORC turbinák rendelkeznek. Az energiamegtérülési vizsgálatokkor az erőművek életciklusa alatt megtermelt és elfogyasztott villamos energia arányát figyelik meg. Ez azt jelenti, hogy összesítik azt az összes energiát, ami a bányászással, annak előkészületeivel, szállítással, a gyártással, üzemeléssel, leállással kapcsolatos és ezt összehasonlítják magát a termelés. Az atomerőmű 70-szer termeli vissza, ezt a vízerőmű követi. A legkevesebbet a naperőmű szolgáltatja. Továbbá egy 10-20 MW teljesítményű

naperőmű park beruházási költsége 1 millió €/MW, addig egy atomerőmű esetén ennek az 5-szöröse.

Az erőművek rugalmasságát indítási, leállási és terhelésváltozási sebességgel szoktuk jellemezni. Az atomerőmű mindhárom esetben 1 MW/percre képes, míg például a SZET (szivattyús tározó) terhelés változtatási sebesség esetén 200-3000 MW/percre képes.

MERRE TOVÁBB? MI A JÖVŐ?

A villamosenergia hálózat új feladatok előtt áll. Szükség van a teljes VER koncepcionális újragondolására, erősíteni kell az átviteli hálózatot és új mérési és kommunikációs eszközöket kell beépíteni. Az elosztó hálózatot (DSO) alapjaiban kell újragondolni, be kell vezetni a rugalmasság technológiáját, hogy tudják kezelni az időjárás kiszámíthatatlanságának problémáját. Az elektromos közlekedés terjedése érdekében új töltőállomásokat kell telepíteni, okosítani kell a fogyasztói rendszereket és új piaci mechanizmusokat kell kidolgozni.

Az erőművi technológiákat tekintve látható, hogy ugyan csökken a számuk, de maradnak a nukleáris erőművek. Jelenleg a világban 52 van építés alatt. Az erőműveket tekintve a kombinált ciklusú az egyetlen, amely tudja biztosítani a rugalmasságot, ráadásul jó hatásfokkal. A naperőművek folyamatos fejlődésben vannak, Kína áll az élén, szinte csak ő szállítja a világban. Szélerőműveknél is élen jár Kína, azonban Európában is elterjedt termelési fajta. Az energiatárolás még egy egészen új megoldás, két technológia létezik: a napi és a szezonális tárolás, melyek 50-50%-kal vannak jelen a világban. A napi tárolás, azaz az akkumulátorok esetén beszélhetünk a nátrium-kén és a Li-ion (kobalt) megoldásokról. Előbbi kisülési ideje 4-6, míg utóbbié 1-2 óra. A szezonális tárolás, azaz a P2G technológiában a hidrogént és a metánt használják.

ÖSSZEZÉS

A elkövetkezendőkben a fosszilis technológiák háttérbe szorulnak, de még megmaradnak. A megújuló energia hasznosítása rendkívül felkapott. Technológiailag még nem kiforrott, viszont folyamatosan gyűlnek a tapasztalatok. A villamosenergia szolgáltatás és rendszer igényel egy nagyobb átalakítást, paradigmaváltást, hogy alkalmazkodni tudjon a villamosenergia termelésbeli változásokhoz, a megújulók térnyeréséhez.

Hajcsik Zsuzsa Zsófia

Az Energetikai Szakkollégium tagja