



Kína: Világelső az energetikában is!

2012. szeptember 15-én rendezte meg az Energetikai Szakkollégium az őszi, Jubileumi félévének nyitó előadását, amelyet Kimpián Aladár tartott Kína energetikájáról.

Előadónk a bevezetőben röviden felvázolta Kína történelmét, földrajzi elhelyezkedését, adottságait.

Kína: Világelső az energetikában is?!

A kérdőjel nem véletlenül vetődött fel. 2010-ben Kína rendelkezett az Egyesület Államok után a 2. legnagyobb elméleti beépített teljesítőképességgel (EBT) [GW] és éves villamosenergia-termeléssel [TWh]. A 2005-ös és 2010-es évek között Kína energetikai mérőszámai rohamosan nőttek, ahogyan azt az 1. és 2. táblázatban láthatjuk.

Ország	Év	Fosszilis	Víz	Atom	Megújuló szél, nap, bio	Σ	Növekedés %
USA	2005	758	99	100	21	978	6,24
	2010	783	101	101	54	1039	
Kína	2005	329	105	7	3	444	116,7
	2010	707	213	11	31	962	

1. táblázat. Elméleti beépített teljesítőképesség [GW]

Ország	Év	Fosszilis	Víz	Atom	Megújuló szél, nap, bio	Σ	Növekedés %
USA	2005	2910	263	782	100	4055	1,73
	2010	2883	255	810	180	4125	
Kína	2005	1950	360	50	10	2370	75,9
	2010	3486	590	70	24	4170	

2. táblázat. Éves villamosenergia-termelés [TWh]

Akkor miért is lett a címe előadásunknak „Kína: Világelső az energetikában is?!”? Ennek oka, hogy a Nemzetközi Energia Ügynökség (International Energy Agency – IEA) becslése szerint Kína 2011-ben mind az erőművi EBT-ben (~1150 GW), mind az éves villamosenergia-termelésben (~4500 TWh) felülmúlta az USA megfelelő jellemzőit.

A fejlődés nem csak erre a rövid időszakra jellemző, hanem a jövőre vonatkozó tervekben is komoly előrelépést várnak az energetikai szektorban. A tervezett növekedésről a 3. táblázatban láthatunk néhány sarkalatos számot.

Év	2010	2015	2020	2030
Elméleti beépített teljesítőképesség, GW	962	1260	1650	2300
Éves villamosenergia-termelés, TWh	4170	5690	7430	10450

3. táblázat. Tervezett villamosenergia szükségletek az elkövetkező 20 évre

Fosszilis tüzelőanyagok

A világ ma ismert szénkészleteiről és öt legnagyobb széntermelőjéről láthatunk adatokat 4. táblázatban.

Ország	Készletek milliárd t	Termelés milliárd t/év	Változatlan kitermelés mellett elegendő ... évre
USA	260	1,1	250
Oroszország	173	0,36	480
Kína	126	3,5	36
Ausztrália	84	0,46	183
India	67	0,62	108

4. táblázat. Az öt legnagyobb széntermelő ország termelése és készlete

Kína villamosenergia-termelő kapacitásának 3/4 részét főleg a keleti országrészben lévő, mintegy 1000 db széntüzelésű erőmű alkotja. Mivel a szénkészletek és a szénbányák zöme az északi és az északnyugati országrészben, Belső Mongólia és Hszincsiang-Ujgur tartományokban található, óriási vasúti és vízi szállítási feladat a kitermelt milliárd tonna/év nagyságrendű szénmennyiség eljuttatása az erőművekbe és más felhasználókhoz. Évtizedünkben a legtöbb szenes erőművet 600 MW-os blokkokkal építik, ezekből **hetente** átlagosan 4 db-ot helyeznek üzembe. Kína egyik legnagyobb szenes erőműve, a Santung tartománybeli 4540 MW-os Zouxian erőmű, 4×335, 2×600 és 2×1000 MW-os blokkokkal. Az 1000 MW-os blokkok ultra-szuperkritikus, 254 bar, 604°C kezdő gőzparaméterű kazánjait a Babcock Hitachi cég licence alapján a kínai Dongfang Boiler Company gyártotta. Kínai gyártmány a gőzturbina is. Egy blokk építés-

szerelése mindössze 22,6 hónapig, üzembe helyezése csupán 23 napig tartott. Terveznek 8 db 1 GW-os ultra-szuperkritikus blokkból álló szenes erőművet is. A szemléltetés kedvéért, hogy lássuk milyen nagy számok is ezek: Magyarország csúcsterhelése 2011-ben 6492 MW volt, vagyis közel 6,5 db 1 GW-os ultra-szuperkritikus blokkból álló szenes erőmű el tudná látni Magyarország teljes energiaigényét!

Az új szenes erőművek ilyen tempójú létesítése mellett nagy ütemben folyik a régi, rossz hatásfokú, különösen környezetszennyező erőművek leállítása, illetve rekonstrukciója. 2008-ban például 14 000 MW kapacitást állítottak le, részben azért, hogy az olimpia idején elfogadható értékre szorítsák le Peking légszennyezését.

2006-ban a kínai kormány beindította a „Kicsi helyett nagy” („Large Substitute for Small” – LSS) programot. Ennek során a 11. ötéves tervben, 2006-2010 között 50 GW-nyi elavult, rossz hatásfokú szén-erőművi kapacitás leállítását tervezték a következő kategóriákban:

- 50 MW-nál kisebb teljesítményű, hagyományos hőerőművi gépek,
- 100 MW-nál kisebb teljesítményű, 20 évesnél idősebb hagyományos gépek,
- 200 MW-nál kisebb teljesítményű hagyományos gépek, amelyek tervezett élettartamuk végére értek,
- hagyományos gépek, amelyeknek a fajlagos szénfogyasztása 10%-kal több, mint a tartományi átlag, vagy 15%-kal több, mint az országos átlag,
- minden gépegység, amely nem teljesíti a környezetvédelmi, törvényi és szabályzati előírásokat.

A programot túl is teljesítették: 2010 júliusáig 71,4 GW kapacitást állítottak le és helyettesítették újjal.

A széntermelés világszűségével együtt jár a széndioxid-kibocsátás világszűsége is. A világ legnagyobb CO₂ kibocsátói, ahogyan azt az 5. táblázatban láthatjuk.

Sor-rend	Ország	2008 millió t	2009			Változás % 2009/2008
			millió t	%	t/fő	
	Világ Σ	30 493	30 398	100,0	4,49	-0,3
1	Kína	6 804	7 710	25,4	5,83	+13,3
2	USA	5833	5 425	17,8	17,67	-7,0
3	India	1474	1 602	5,3	1,38	+8,7
4	Oroszország	1698	1 572	5,2	11,23	-7,4
61	Magyarország	56	50	0,16	5,00	-10,7

5. táblázat. A világ legnagyobb CO₂ kibocsátói

Az egyre növekvő mennyiségű CO₂-t nem lehet büntetlenül rászabadítani a földi légkörre. Megoldást jelenthet a CCS (carbon dioxide capture and storage – széndioxid leválasztás és tárolás) technológia: a füstgázból vegyi úton leválasztott CO₂ gázt cseppfolyósítják, elszállítják a tárolás helyére, ahol föld alatti üregekbe, pl. felhagyott bányajáratokba, kimerült kőolaj- és földgázmezőkbe, illetve egyéb geológiai tárolókba sajtolják.

Ennek a tárolási módnak is meg vannak a kockázatai:

- Nem egyszerű a tároló szivárgásmentességét biztosítani 100 vagy 1000 évre.
- Ha egy adott országnak nincs elegendő tárolókapacitása, akkor szóba jöhet a bértárolás a maga nemzetközi jogi bonyodalmaival.
- Nem ismert, hogy miként hat a tömény CO₂ a talajvízre és az élővilágra.
- A meglévő és működő erőműpark CO₂-mentesítése óriási költségekkel jár.

Ígéretes a „coal gasification” (szén-elgázosítási) technológia, mellyel a szenet kémiai úton szintetikus földgázzá alakítják, kéntelenítik és tisztítják. A Siemens Energy által gyártott 500 MW teljesítményű, 18 m hosszú, 3 m átmérőjű, 200 t tömegű reaktor naponta 2000 t szenet dolgoz fel. A Hszincsiang-Ujgur tartománybeli Yili város „földgázgyárában” 8 db ilyen reaktor működik, évi kapacitásuk 2 milliárd m³ gáz.

Vízerőművek

Az ország évezredek óta szenvedett az árvizektől (pl. csak 1644-1911 között 214 nagyobb gátszakadást jegyeztek fel). A XX. század öt nagy árvize (1931, 1954, 1991, 1996, 1998)

- 20-200 millió főnyi népességet érintett,
- 30 000-150 000 km² megművelt terület elöntésével járt,
- 2-7 millió ház sérült meg vagy dőlt össze,
- 3-20 milliárd USD kár keletkezett,
- a halálos áldozatok száma 3000 és 150 000 között volt.

Árvízi szempontból a nyárvégi-koraőszi időszak a legveszélyesebb, mert ilyenkor az ország középső részén, a két legnagyobb folyó, a Jangce (kínaiul Csang Csiang – Hosszú Folyam) és a Huang-ho (Sárga-folyó) középső vízgyűjtő területén lezúduló monszunesők 10-15 m-rel emelik meg a folyók szintjét. Különösen fontos az árvízvédelem és a folyamszabályozás a Jangce középső folyásának Csunking és Jicsang közötti 600 km-es szakaszán. Itt az árvíz nélküli max. átfolyási képesség 60 000 m³/s, azonban a max. vízhozam 90 000 m³/s!

Ezért épült itt a Három Szoros (Szurdok) Vízerőmű (Three Gorges Power Plant-TGPP).

A létesítmény műtárgyai és fő jellemzőik:

- Háromrészes, 2310 m hosszú, 185 m koronamagasságú, tömör vasbeton súlygát, a jobb- és bal parti, összesen 1228 m hosszú erőművi gépcsarnokkal és a középső, 1082 m hosszú vízátbocsátó (árapasztó) szakasszal, amely 483 m hosszú bukóhoz csatlakozva, 22 db felső mozgatható gáton és 23 db mélyfenéki nyíláson keresztül engedi le a fölös vizet, illetve a hordalékot.
- Bal parti 120×18 m-es hajóemelő.
- Bal parti, iker-rendszerű, ötlépcsős, kamránként 280×34 m-es hajószilip-rendszer, amelyen keresztül 10 000 tonnás hajók is át tudnak kelni, egyidejűleg folyásirányban és folyással ellentétes irányban („vízi autópálya”).
- Az alvízi oldalon a két partot összekötő kötélhíd (a gát tetején nincs közút, csak darupálya).

A Jangce e szakaszán a korábbi 10 millió t/év áruszállítás a TGPP megépítése után 50 millió t/év-re emelkedhet; ennek tekintélyes része szén a keleti ország rész hőerőműveinek. Az erőmű az 1. képen látható.



1. kép. Három Szoros Vízérőmű

A létesítmény fő műszaki és gazdasági jellemzői:

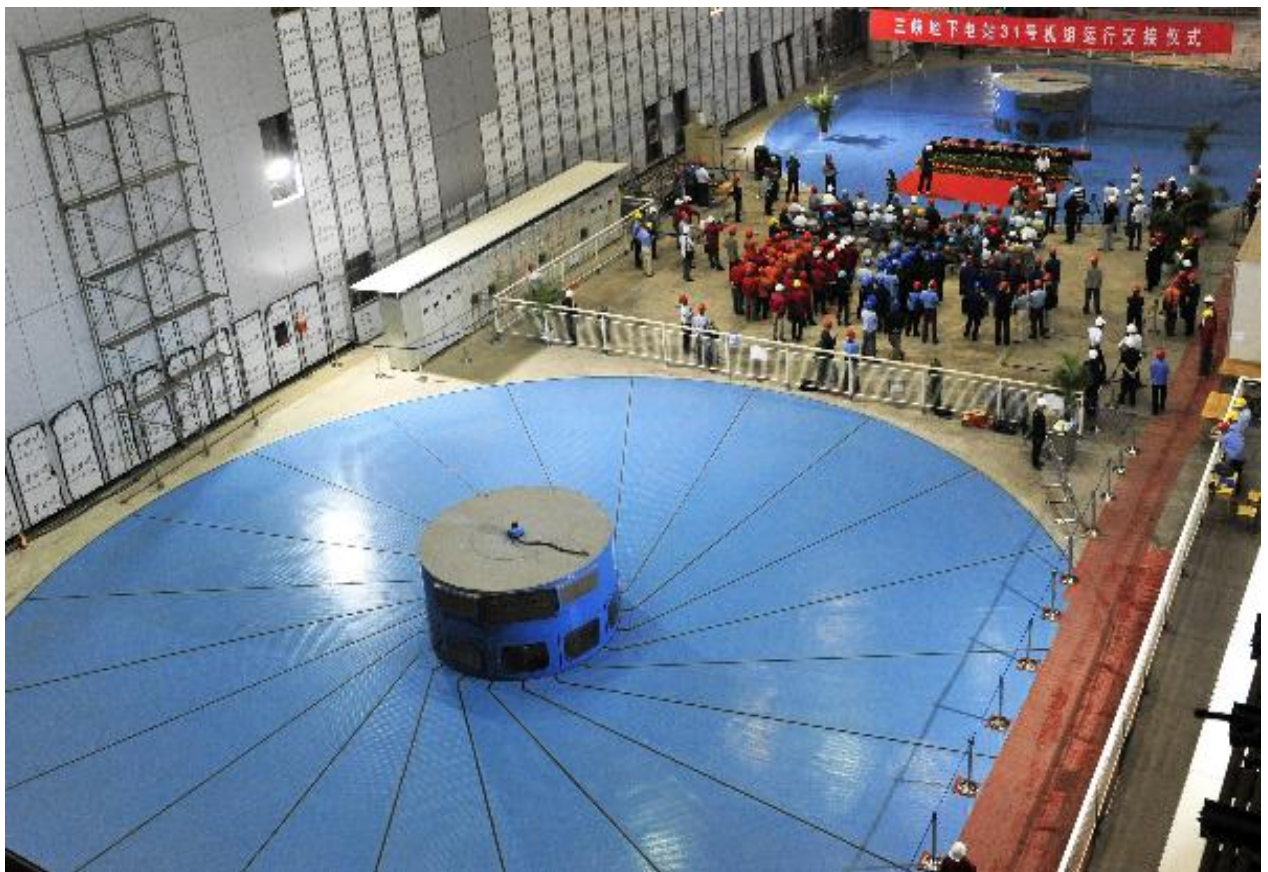
- Elméleti beépített teljesítőképesség: $32 \times 700 = 22\,400$ MW.
- 2 db 50 MW-os háziüzemi hidrogenerátor, azaz
 Σ EBT = 22 500 MW, világcsúcs!

- A 2010 évi villamosenergia-termelés: 84,37 TWh.
- A kínai kormány által becsült beruházási költség 180 milliárd jüan, ebből 45-45% az építési költség, illetve a duzzasztás által érintett lakosság (kb. 1,5 millió ember) áttelepítésének költsége és 10% a finanszírozási költség.
- Számított megtérülés: 10 év teljes kapacitású üzem után.

Jellemző anyag- és munkamennyiségek:

- | | |
|--------------------------------|-------------------------------|
| • Föld- és sziklakiemelés | 102 millió m ³ |
| • Föld- és sziklabeépítés | 30 millió m ³ |
| • Beton | 27 millió m ³ |
| • Betonacél | 355 000 t |
| • Betonozási csúcsteljesítmény | 500 000 m ³ /hónap |

A 32 hidrogenerátor közül az egyik egység ünnepi üzembe helyezéséről láthatjuk a 2. képet. Jól látható, hogy mekkora is lehet ez az építmény, hiszen 32 ilyen gigantikus méretű gépegység található benne.



2. kép. A 32 db 700 MW-os hidrogenerátor egyikének ünnepélyes üzembe helyezése

A Jangce felső szakaszán, a Jinsa folyón tervezett további vízerőművek:

1. fázis: a Jinsa alsó folyásán, 2005-2015 között 4 erőmű, egyenként 7 400, 14 000, 12 600 és 6 000 MW	Σ 40 000 MW
2. fázis: a Jinsa középső folyásán 8 erőmű	Σ 21 150 MW
3. fázis: a Jinsa felső folyásán 8 erőmű	Σ 8 980 MW
A Három Szoros Erőmű	22 500 MW
Összesen	92 630 MW

Előadónk kitért még egy, a vízerőműveknél gyakran felmerülő kérdésre: **Okozhat-e földrengés-veszélyt, hogy a 660 km-es, 40 km³-es tározó 40 milliárd tonnával terheli az alatta fekvő tektonikai lemezt?**

Tározó által okozott földrengések (RIS – Reservoir-induced seismicity)

A Kínai Földrengéstani Hivatal (China Earthquake Administration) Szeizmológiai Intézetének öt kutatója 2010. szeptemberében tanulmányt írt a Három Szoros Tározó vízszintje és a tározó környezetének földrengései közötti viszonyról (A study on the relationship between water levels and seismic activity in the Three Gorges reservoir).

A tanulmány fő megállapításai a következők:

1. A tározó töltésének kezdete, 2003. júniusa és 2009. december 31. között – ebben az időszakban már többször is elérték a maximális vízszintet – 3429, a Richter-skála szerinti M2,9 magnitúdójúnál gyengébb, ún. „mikrorengést” regisztráltak, időarányosan 30-szor többet, mint a feltöltés előtti időszakban, de volt egy M4,1-es rengés is, amikor a tározót egy közbülső szintről túl gyorsan, 3 m/nap szintemelkedéssel töltötték a maximumig.

2. A mikrorengések száma annál nagyobb volt, minél magasabb szintre töltötték a tározót.

3. A mikrorengések száma annál nagyobb volt, minél gyorsabban töltötték vagy ürítették a tározót.

A mikrorengések feltételezett okai:

- A tározó töltésekor a víz közvetlenül befolyik, vagy közvetve, a kőzet pórusain és repedésein keresztül behatol a felhagyott bányákba és a karsztos barlangokba, amelyek beomlanak, ezzel rengést keltve.
- Töltéskor a lejtős partok vízbe merülő része a felhajtóerő következtében kisebb „súlyerőt” képvisel, így kevésbé tud ellenállni a felső partrész nyomásának, ezért földcsuszamlás (suvadás) jöhet létre, amely rengést kelthet.
- Ha a parti kőzet kevésbé átjárható (impermeábilis), akkor a tározó gyors szintcsökkenésekor a lassabban csökkenő talajvízszint többlet hidrosztatikai nyomása instabillá teszi a part anyagát, ami hegycsuszamláshoz vezethet, amely rengést kelthet.

A gyakori mikrorengések intenzív tektonikai rengéshez vezethetnek.

Kína nagy- és ultranagy feszültségű átviteli hálózata

A világ legnagyobb villamosenergia-ipari cége a 2002-ben létrehozott állami tulajdonú Kínai Állami Átviteli Hálózati Társaság (**State Grid Corporation of China – SGCC**).

2008 végén 620 000 km hosszú volt a 35 kV-nál nagyobb feszültségű hálózata, 1,6 TVA transzformátor-kapacitása, 1,5 millió munkatársa és 1 milliárd fogyasztója volt.

2007-2011 között 28,6 milliárd USD-t ruháztak be a hálózaton.





A Három Szoros Vízerműben termelt 22 400 MW teljesítményt 500 kV-os távvezetéseken juttatják el a bal- és jobbsparti csomóponti alállomásokba, ahonnan 500 kV-os váltakozó áramú, és ± 500 kV-os egyenáramú vezetékekkel szállítják tovább.

Az SGCC 2004-ben elfogadott hálózatfejlesztési stratégiája alapján 2006-ban elkezdték és 28 hónap múlva, 2009. január 6-án üzembe helyezték a **világ első** 1100 kV-ra szigetelt és **1000 kV-on üzemelő** váltakozó áramú távvezetékét. Beruházási költsége 830 millió USD volt.

A 650 km-es vezeték a Három Szoros Erőműtől keletre eső Jingmen alállomásból indul észak felé, 290 km múlva eléri a Nanyang-ban lévő kapcsolóállomást, majd 360 km múlva a Jindongnan-ban lévő, ez idő szerinti végponti alállomást. 3,7 km-es keresztezéssel íveli át a Huang-ho-t (a Sárga-folyót) és 2,9 km-essel a Hanjiang folyót.

Kínai számítások szerint 10 000 MW teljesítmény 3000 km-re történő szállításához a különböző nagy- és ultranagy feszültségű és rendszerű távvezetésekből a 1. ábrán látható darabszámú szükséges, azok mekkora veszteséget okoznak. Az átviteli veszteség a ± 1000 kV-os egyrendszerű egyenáramú távvezeték esetén a legkisebb. „Coal by wire” – „inkább áramot szállítsunk, mint szenet”.

Remote power resources:
Transmission alternatives 10.000 MW - 3000 km

		Line losses
	800 kV AC	20 %
	660 kV HVDC	13 %
	800 kV UHVDC	11 %
	1000 kV UHVDC	9 %

1. ábra. 10 GW teljesítmény szállítása 3000 km-en mekkora veszteségekkel jár különböző vezetékrendszerekkel

Befejezés

Az idő szűkössége miatt az előadásból kimaradt három meghatározó energiahordozó bemutatása (szél, atom és napenergia). Az előadást nagy érdeklődés övezte, így reméljük a későbbiekben még lesz lehetőség meghallgatni a kimaradt részeket.

Muth Gergely

Energetikai Szakkollégium tagja