

# **Energiatermelési technológiák költségvonzatainak összehasonlítása**

**Felsmann Balázs**

**Budapesti Corvinus Egyetem**

**kutatóközpont-vezető**

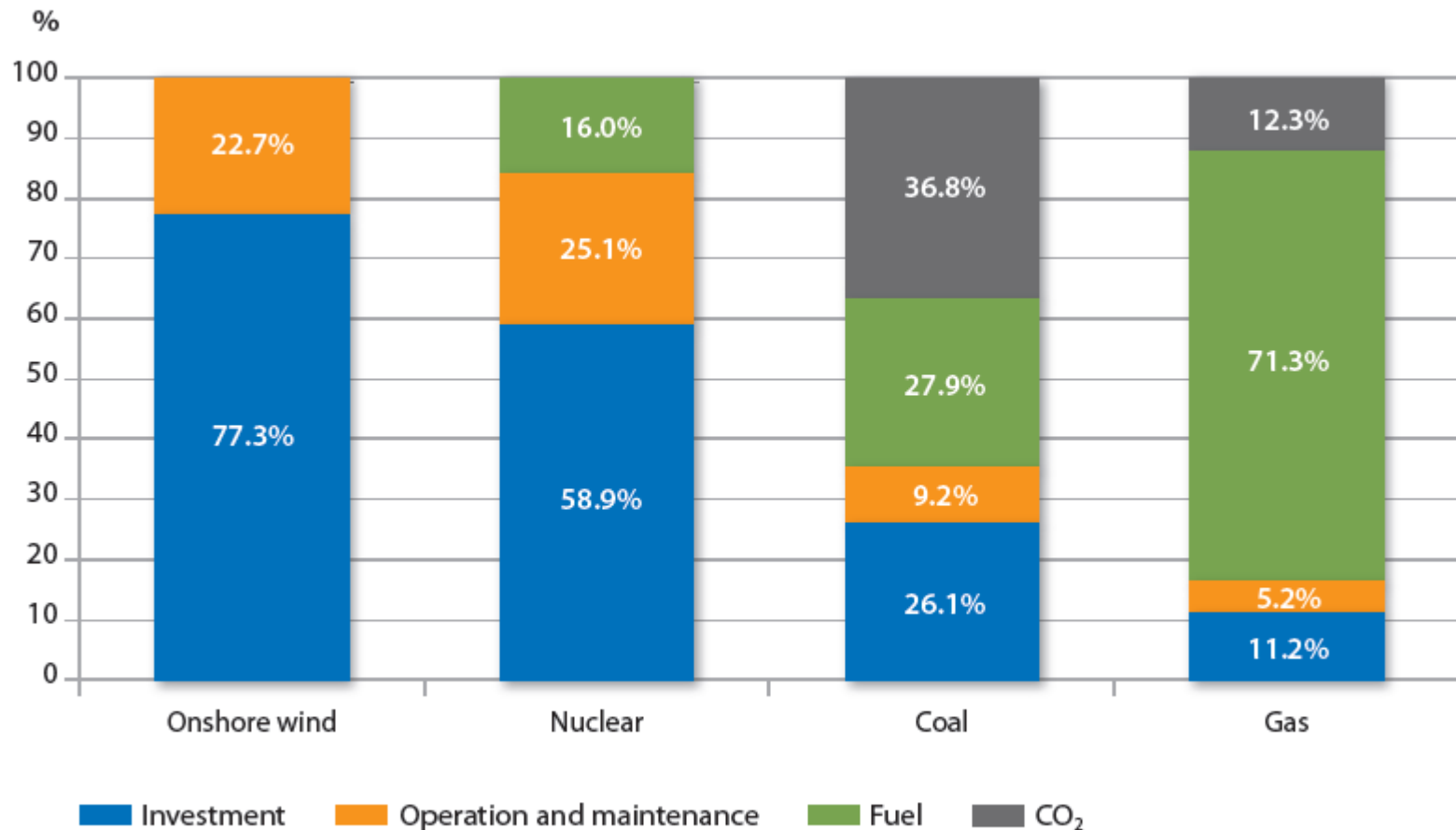
**Stratégiai és nemzetközi menedzsment kutatóközpont**

**PAKS VOBISCUM konferencia**

**Budapest, 2013. december 13.**

# Technológiai eltérésekből adódó eltérő projektfinanszírozási feladatok az egyes meghatározó energiatermelési technológiáknál

Figure 8.3: Typical breakdown of costs of electricity generation from different sources  
(5% discount rate and carbon price of 30 USD/tonne CO<sub>2</sub>)



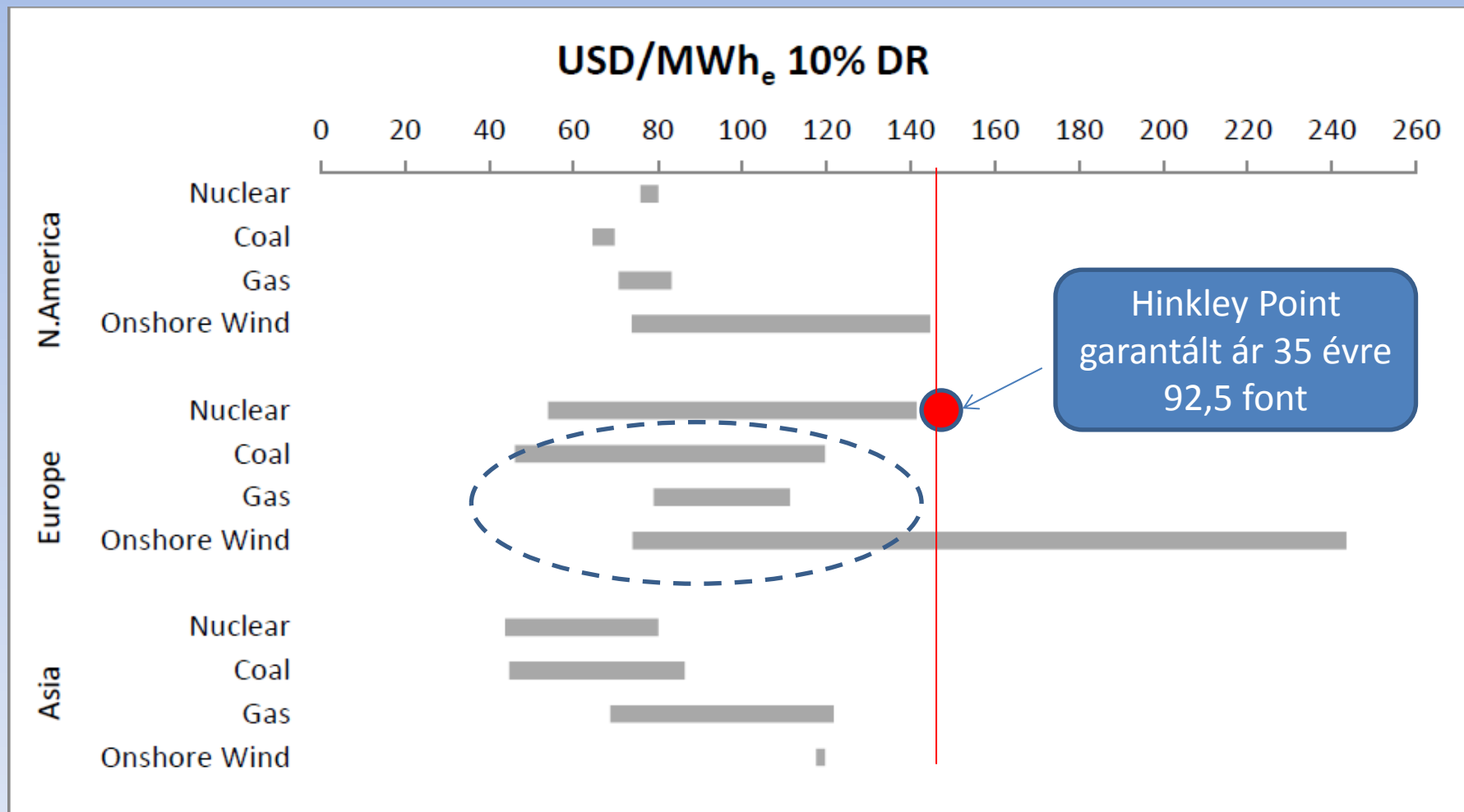
Notes: Investment: Includes decommissioning costs. Fuel: Includes waste management for nuclear.

Source: IEA/NEA, *Projected Costs of Generating Electricity*, 2010.

# Az egyes technológiák közötti választás szempontjából kiemelkedő jelentőségű tényezők

	Erőművi szint	Hálózati/rendszer szint
Nukleáris energia	Tőkeköltség, beruházási költség és idő, biztonság	Hulladék-elhelyezés, backup, hálózatfejlesztés, energiatárolás
Szén	CO2 kvótaár, tőkeköltség, tüzelőanyag-költség	Bányászat és rekultiváció, hálózatfejlesztés
Gáz	Tüzelőanyag-költség, CO2 ár	Gázhálózati infrastruktúra
Szél	Tőkeköltség, beruházási költség	Hálózatfejlesztés, energiatárolás, backup
Fotovoltaikus	Tőkeköltség, beruházási költség	Hálózatfejlesztés, energiatárolás, backup

# Technológiák költségeinek összehasonlítása egységnyi villamosenergia-termelésre (LCOE – levelized cost of electricity)



Forrás: MPRA Paper No. 50306 2013 október <http://mpr.ub.uni-muenchen.de/50306/>  
(hét tanulmány vonatkozó adatainak felhasználásával)

**Table 3.7a: Nuclear power plants: Levelised costs of electricity in US dollars per MWh**

Country	Technology	Net capacity	Overnight costs <sup>1</sup>	Investment costs <sup>2</sup>		Decommissioning costs		Fuel Cycle costs	O&M costs <sup>3</sup>	LCOE	
				5%	10%	5%	10%			5%	10%
		MWe	USD/kWe	USD/kWe		USD/MWh		USD/MWh	USD/MWh	USD/MWh	
Belgium	EPR-1600	1 600	5 383	6 185	7 117	0.23	0.02	9.33	7.20	61.06	109.14
Czech Rep.	PWR	1 150	5 858	6 392	6 971	0.22	0.02	9.33	14.74	69.74	115.06
France*	EPR	1 630	3 860	4 483	5 219	0.05	0.005	9.33	16.00	56.42	92.38
Germany	PWR	1 600	4 102	4 599	5 022	0.00	0.00	9.33	8.80	49.97	82.64
Hungary	PWR	1 120	5 198	5 632	6 113	1.77	2.18	8.10	14.00	81.65	121.62
Japan	ABWR	1 330	3 009	3 430	3 940	0.13	0.01	9.33	16.90	49.71	76.46
Korea	OPR-1000	954	1 876	2 098	2 340	0.09	0.01	7.90	10.42	32.93	48.38
	APR-1400	1 343	1 556	1 751	1 964	0.07	0.01	7.90	8.95	29.05	42.09
Netherlands	PWR	1 650	5 105	5 709	6 383	0.20	0.02	9.33	13.71	62.76	105.06
Slovak Rep.	VVER 440/ V213	954	4 261	4 874	5 580	0.16	0.02	9.33	19.35/16.89	62.59	97.92
Switzerland	PWR	1 600	5 863	6 988	8 334	0.29	0.03	9.33	19.84	78.24	136.50
	PWR	1 530	4 043	4 758	5 612	0.16	0.01	9.33	15.40	57.83	96.84
United States	Advanced Gen III+	1 350	3 382	3 814	4 296	0.13	0.01	9.33	12.87	48.73	77.39
<b>NON-OECD MEMBERS</b>											
Brazil	PWR	1 405	3 798	4 703	5 813	0.84	0.84	11.64	15.54	65.29	105.29
China	CPR-1000	1 000	1 763	1 946	2 145	0.08	0.01	9.33	7.10	29.99	44.00
	CPR-1000	1 000	1 748	1 931	2 128	0.08	0.01	9.33	7.04	29.82	43.72
	AP-1000	1 250	2 302	2 542	2 802	0.10	0.01	9.33	9.28	36.31	54.61
Russia	VVER-1150	1 070	2 933	3 238	3 574	0.00	0.00	4.00	16.74/16.94	43.49	68.15
<b>INDUSTRY CONTRIBUTION</b>											
EPRI	APWR. ABWR	1 400	2 970	3 319	3 714	0.12	0.01	9.33	15.80	48.23	72.87
Eurelectric	EPR-1600	1 600	4 724	5 575	6 592	0.19	0.02	9.33	11.80	59.93	105.84

\*The cost estimate refers to the EPR in Flamanville (EDF data) and is site-specific.

1. Overnight costs include pre-construction (owner's), construction (engineering, procurement and construction) and contingency costs, but not interest during construction (IDC).
2. Investment costs include overnight costs as well as the implied interest during construction (IDC).
3. In cases where two numbers are listed under O&M costs, numbers reflect 5% and 10% discount rates. The numbers differ due to country-specific cost allocation schedules.

# Az EIA elemzése a 2013-as és 2010-es beruházási költségek alakulásáról

**Table 2. Overnight cost comparison with 2010 estimates**

	Overnight Capital Costs		(2012 \$/kW)
	2013 Report	2010 Report	% Difference
<b>Coal</b>			
Single Unit Advanced PC	\$3 246	\$3 292	-1%
Dual Unit Advanced PC	\$2 934	\$2 956	-1%
Single Unit Advanced PC with CCS	\$5 227	\$5 300	-1%
Dual Unit Advanced PC with CCS	\$4 724	\$4 760	-1%
Single Unit IGCC	\$4 400	\$3 706	19%
Dual Unit IGCC	\$3 784	\$3 348	13%
Single Unit IGCC with CCS	\$6 599	\$5 559	19%
<b>Natural Gas</b>			
Conventional CC	\$917	\$1 017	-10%
Advanced CC	\$1 023	\$1 043	-2%
Advanced CC with CCS	\$2 095	\$2 141	-2%
<b>Uranium</b>			
Dual Unit Nuclear	\$5 530	\$5 546	0%
<b>Biomass</b>			
Biomass CC	\$8 180	\$8 205	0%
Biomass BFB	\$4 114	\$4 012	3%
<b>Wind</b>			
<b>Onshore Wind</b>	<b>\$2 213</b>	<b>\$2 534</b>	<b>-13%</b>
Offshore Wind	\$6 230	\$6 211	0%
<b>Solar</b>			
Solar Thermal	\$5 067	\$4 877	4%
<b>Solar Photovoltaic (150 MW)</b>	<b>\$3 873</b>	<b>\$4 943</b>	<b>-22%</b>

**-10%**

**-13%**

**-22%**

# Technológiai innováció, tanulási görbe és skáláhozadék

A tőkeköltség és finanszírozás

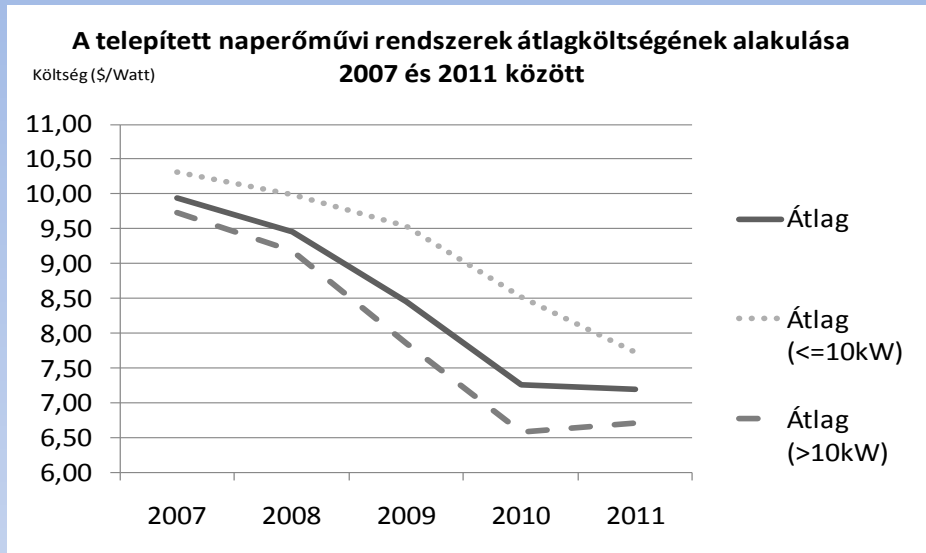
Beruházás és működés

Piaci hatások

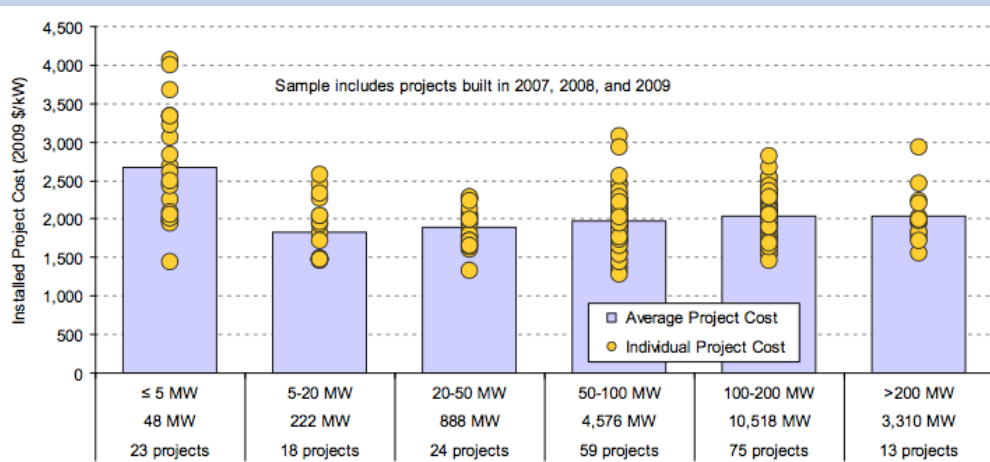




# A válság hatása és a skáláhozadék sajátosságai



Forrás: saját csoportosítás a <http://www.californiasolarstatistics.ca.gov/> adatbázis adatai alapján



Source: Berkeley Lab

**Figure 28. Installed Wind Power Project Costs by Project Size: 2007-2009 Projects**

- A gazdasági válság utáni időszakban a tőke sokkal nehezebben férhető hozzá, mint korábban;
- Azonos profitkilátások mellett a kisebb, könnyebben finanszírozható projektek előnyt élveznek;
- A megújuló technológiáknál kevésbé érvényesül a méretgazdaságosság tétele – kisebb üzemméret, skálázhatóság;
- Az alacsony egyedi projektméretük miatt szélesebb beruházói kör vonható be a megújuló szektor projektjeibe;
- Egyes régiókban jelentős állami támogatási programok.

# A német kötelező átvételi tarifák csökkentése és a német megújuló energia részarány

## Fotovoltaikus\*

	10 kWp alatt	-40 kWp	- 1 MWp	- 10 MWp
ab 01.04.2012	19,50	18,50	16,50	13,50
Havi csökkenés			1,4%	
2013. november 1-től	14,07	13,35	11,91	9,74
Havi csökkenés			1,4%	
2013. december 1-től	13,88	13,17	11,74	9,61
Havi csökkenés			1,4%	
2014. január 1-től	13,68	12,98	11,58	9,47

\*§ 32 Abs. 2 EEG

Hinkley Point cca 10,8 c/kwh  
35 évre

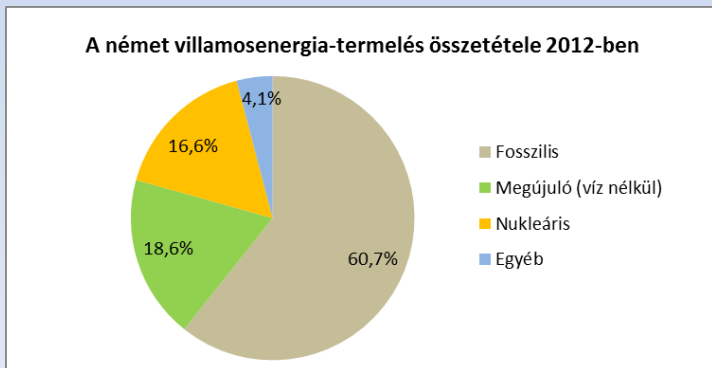
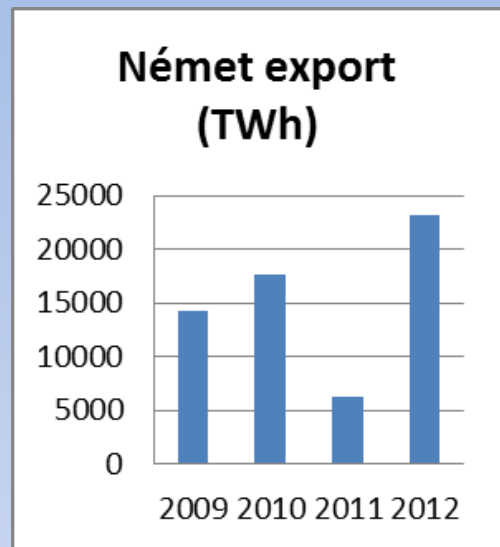
## Szél

**Onshore:** €ct 4.87 – 8.93 per kWh (according to duration of payment) + repowering bonus of €ct 0.5 per kWh and plant service bonus of €ct 0.48 per kWh (§ 29 par 1-2; § 30 EEG).

**Offshore:** €ct 3.5 – 19 per kWh (according to duration of payment and scheme chosen by plant operator)

The tariff payment period is usually 20 years plus the year in which the installation or plant was put into operation (§ 21 EEG).

Forrás: Legal sources on renewable energy [www.res-legal.eu](http://www.res-legal.eu)



### Németországi villamosenergia termelési arány

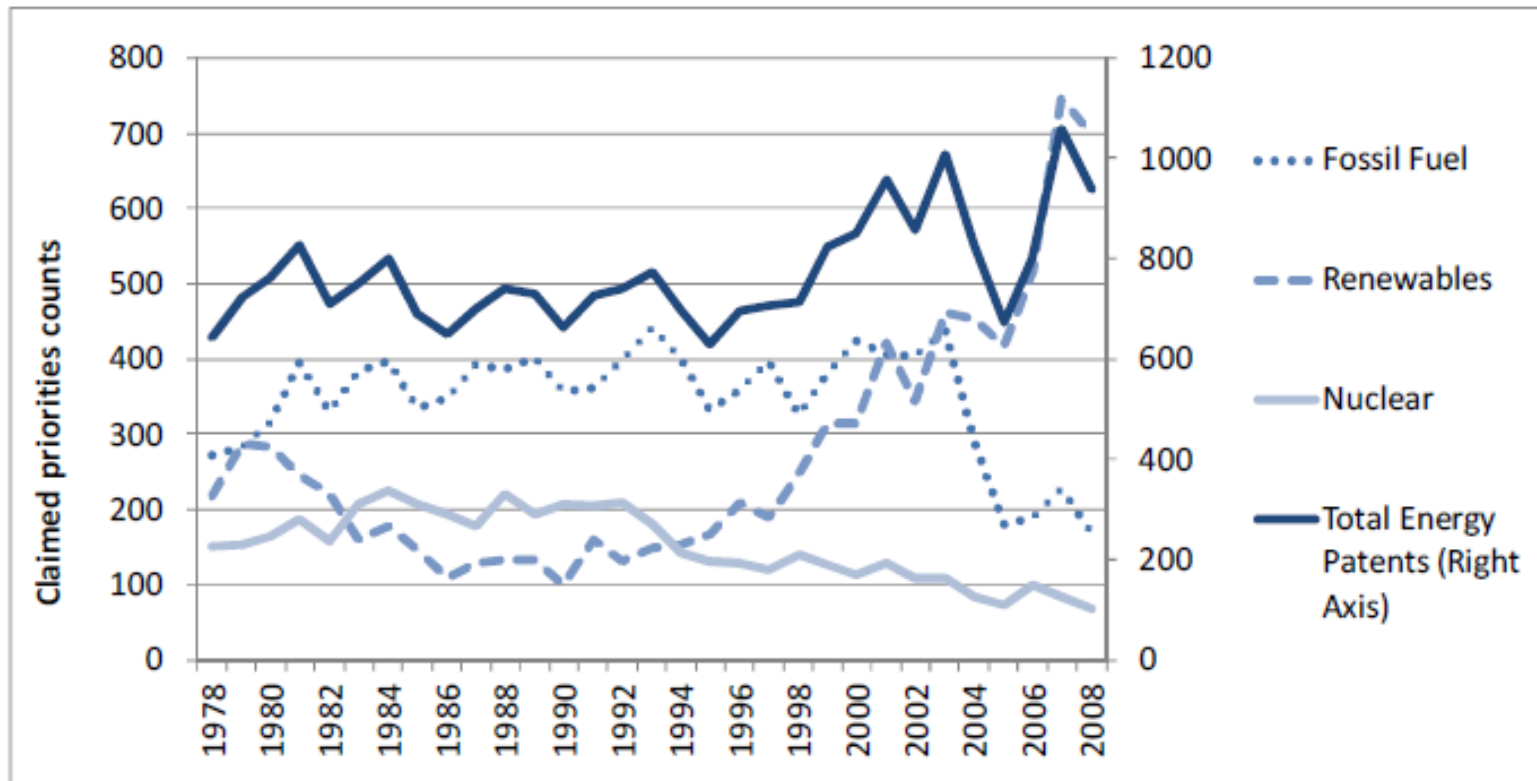
	2010	2012
Fosszilis	60,1%	60,7%
Megújuló (víz nélkül)	12,9%	18,6%
Nukleáris	23,3%	16,6%
Egyéb	3,8%	4,1%

Forrás: ENTSO-E

# Egy indikátor a technológiák eltérő innovációs háttéréhez – a bejelentett szabadalmi oltalmi igények változása

Figure 1. Trends in Invention in Energy Technologies

(Count of Claimed Priorities)



Forrás: OECD Environment Working Paper No.45 2012

Technológiai innováció, tanulási görbe és skáláhozadék

**A tőkeköltség és finanszírozás**

Beruházás és működés

Piaci hatások

# A magyar makrogazdasági helyzet hatása a tőkeintenzív projektek finanszírozási igényére

## Országkockázati prémium becslése

Érett részvénytőzsi hozam (mature equity market):

Country	Local Currency Rating	Rating-based Default Spread	Total Equity Risk Premium	Country Risk Premium
Bulgaria	Baa2	2,00%	8,75%	3,00%
Czech Republic	A1	0,95%	7,18%	1,43%
Hungary	Ba1	2,75%	9,88%	4,13%
Romania	Baa3	2,25%	9,13%	3,38%
Slovakia	A2	1,10%	7,40%	1,65%
Slovenia	Ba1	2,75%	9,88%	4,13%
United Kingdom	Aa1	0,30%	6,20%	0,45%

Forrás: Damodaran <http://pages.stern.nyu.edu/~%20adamodar/>  
Updated: July 1, 2013

Becsült beruházási érték  milliárd HUF

	A magyarországi kockázati felár (%)	Finanszírozási többletköltség/év (mrd forint)
<b>Bulgaria</b>	<b>1,13%</b>	<b>33,75</b>
<b>Czech Republic</b>	<b>2,70%</b>	<b>81,00</b>
<b>Hungary</b>		
<b>Romania</b>	<b>0,75%</b>	<b>22,50</b>
<b>Slovakia</b>	<b>2,48%</b>	<b>74,25</b>
<b>Slovenia</b>	0,00%	0,00
<b>United Kingdom</b>	<b>3,68%</b>	<b>110,25</b>

Magyarország országkockázata minden olyan térségi országnál magasabb, amely működtet atomerőművet, ezért a pénzpiaci környezet javulása nélkül nehezen képzelhető el egy prudens magyarországi projekt megvalósítása (nem komparatív előnyünk, hanem hátrányunk van jelenleg)

# Finanszírozási kérdőjelek


- A hatalmas projektméret önmagában is korlátot jelent a forrásokhoz jutás tekintetében;
- Csak „Investment grade” besorolású projekteknek van esélye elfogadható áron finanszírozási forrásokhoz jutni – Magyarország adóbsorolása erős korlát;
- A kapacitásdíjak továbbra is vitatottak az EU-n belül. A Hinkley Point beruházás akár egy évet is csúszhat a „State aid” vizsgálat miatt.
- Az ágazati szereplők közül több kivonult az atomenergiából (pl. E.On, RWE, Siemens, Westinghouse) ami csökkenti az elérhető befektetésre váró tőke mennyiségét.

**Major Financial risks: Credit Risk**

	Fitch	Standard & Poors	Moody's
Investment Grade	AAA	AAA	Aaa
	AA+	AA+	Aa1
	AA	AA	Aa2
	AA-	AA-	Aa3
	A+	A+	A1
	A	A	A2
	A-	A-	A3
Speculative Grade	BBB+	BBB+	Baa1
	BBB	BBB	Baa2
	BBB-	BBB-	Baa3
	BB+	BB+	Ba1
	BB	BB	Ba2
	BB-	BB-	Ba3
	B+	B+	B1
	B	B	B2
	B-	B-	B3
		CCC+	Caa1
CCC	CCC	Caa2	
	CCC-	Caa3	
	CC	Ca	
	C	C	
Default	D	D	C

Easier to borrow: lower interest rate

Tough to borrow: higher interest rates



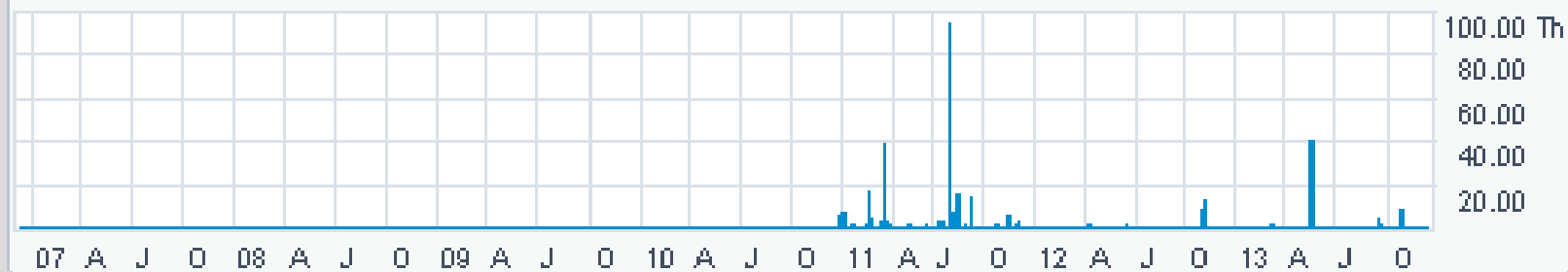
- A finanszírozás devizapiaci kockázatai: a devizapiacok előrelátási képessége 3-5 év
- A beruházási javak piaci tendenciái – a hosszú előkészítési, építési idő megnehezíti a kalkulációt;
- A hitel- és részvénypiaci termékek kínálatának alakulása (általános tőkepiaci trendek.)
- Részvényesi kockázat (TEPCO egy nap alatt értéke 85%-át veszítette el Japánban)

# Az AREVA hétéves részvényárfolyam-alakulása

7 Year



Volume



Click on the chart to view the underlying data.

Technológiai innováció, tanulási görbe és skáláhozadék

A tőkeköltség és finanszírozás

**Beruházás és működés**

Piaci hatások



# Beruházási, működési és politikai kockázatok

## Beruházási

- Folyamatos és tendenciózus költségtúllépések és határidőcsúszások (Olkiluoto, Flamanville)

## Működési

- a szigorodó biztonsági követelmények növelik az O&M költségek előzetesen számított értékét és szakaszos üzemszüneteket is eredményezhetnek– Pl. Korea Power 2013 júniusától 23-ból 10 reaktort volt kénytelen leállítani.
- A nukleáris hulladékok tárolásának részleges megoldatlansága (Magyarországon a Nukleáris Pénzügyi Alap csak a kis- és közepes szennyezettségű hulladék tartós tárolását finanszírozza;
- Az esetleges katasztrófák kárenyhítésére szolgáló pénzügyi instrumentumok (EU-n belül, így Magyarországon egyelőre nincs ilyen alap, USA-ban elégtelen a mérete egy tényleges katasztrófahelyzet kezelésére;
- Addicionális létesítmények kialakítása és fenntartása (pl. a blokkmérettel azonos méretű erőművi tartalékok).

## Politikai

- Az atomerőművi üzemméret a közép-kelet európai régióban csak nemzetközi együttműködés keretében érthetnek el megfelelő üzemméretet. (Visaginas?)
- Állami garanciák (nyílt vagy rejtett) hosszú távú értékelésének bizonytalansága.

Technológiai innováció, tanulási görbe és skáláhozadék

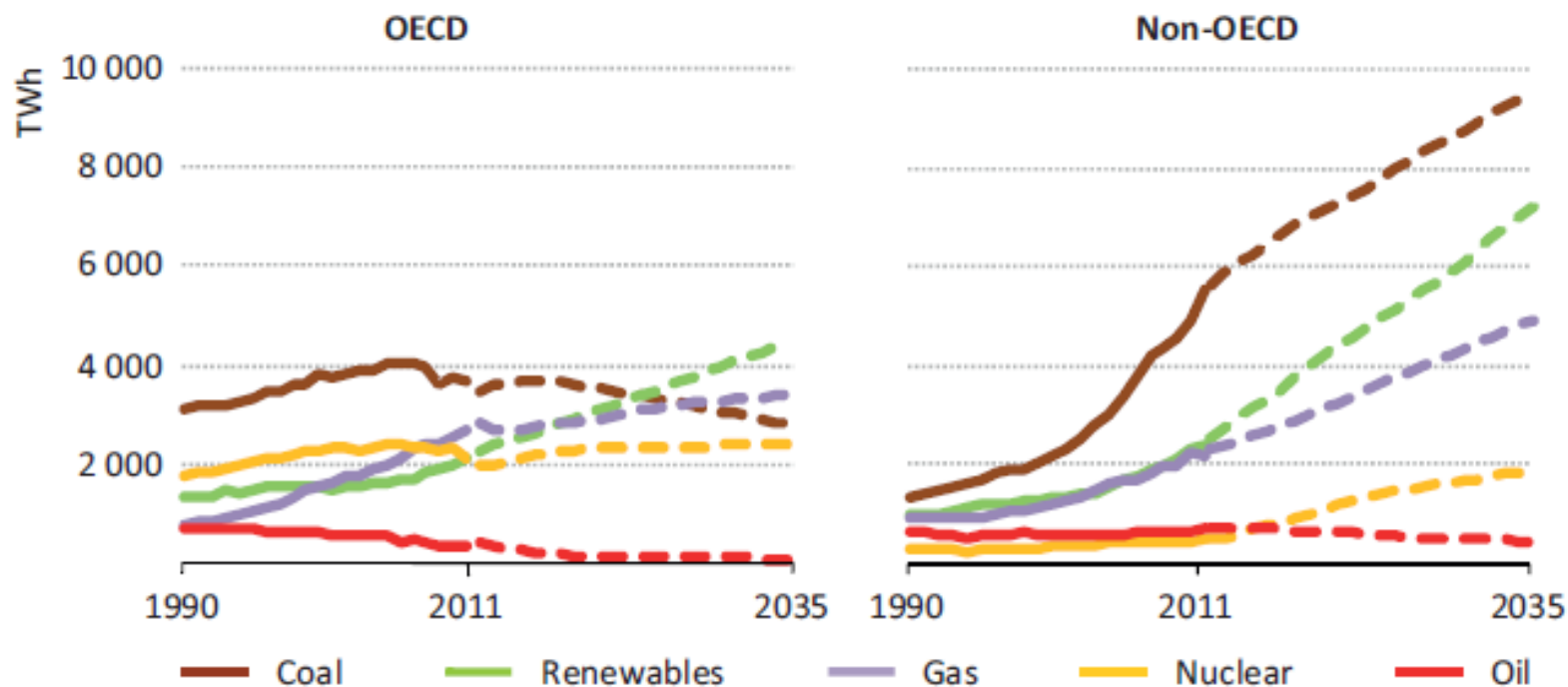
A tőkeköltség és finanszírozás

Beruházás és működés

**Piaci hatások**

# Az IEA előrejelzése a villamosenergia-termelés várható megoszlásáról technológiák szerint

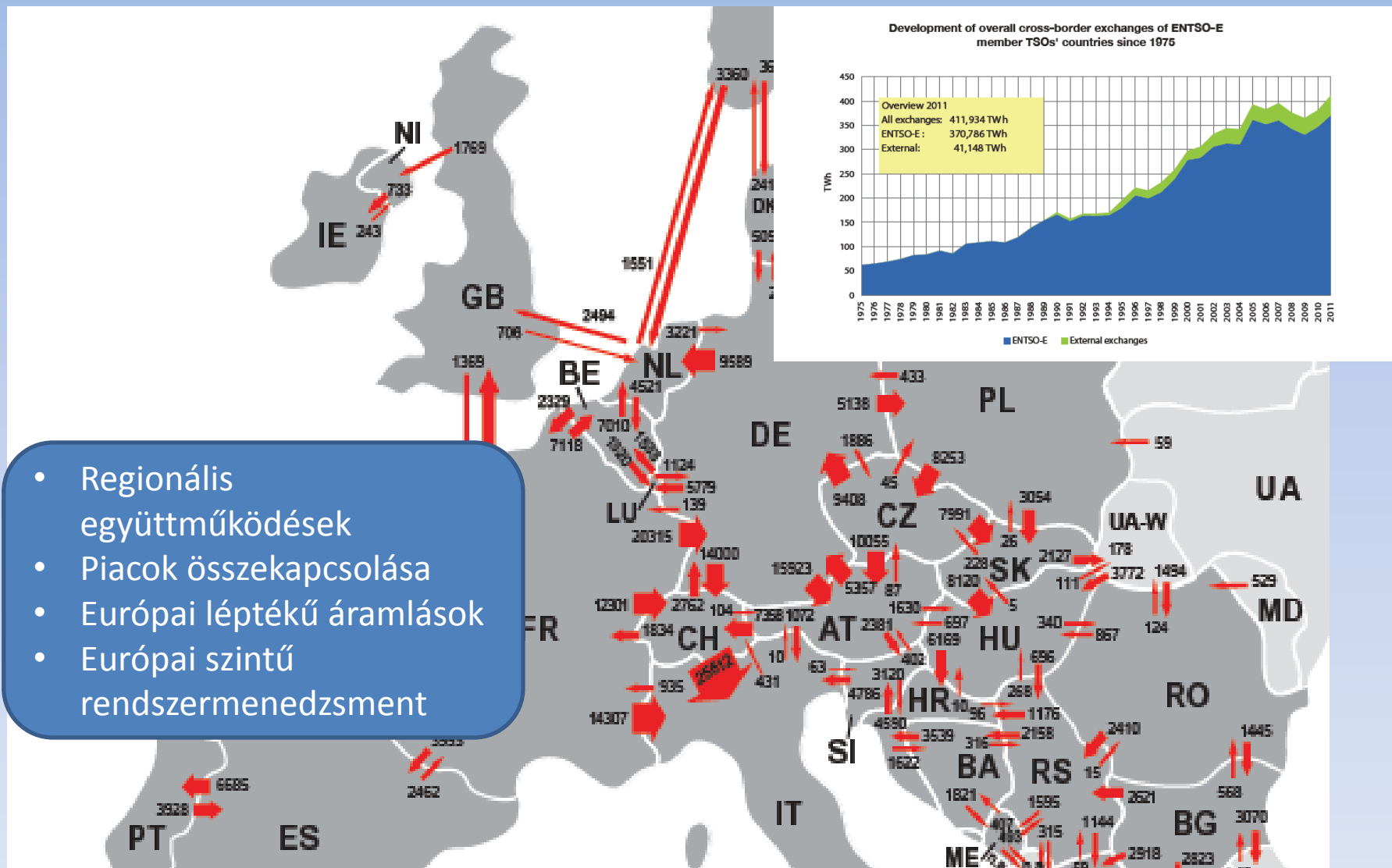
**Figure 5.3** ▷ Electricity generation by source in the New Policies Scenario



Forrás: IEA World Energy Outlook 2013

Az OECD országokon belül a megújuló technológiákon és a gázon kívül az IEA előrejelzése szerint a többi technológia csökken vagy legfeljebb szinten marad a következő évtizedekben.

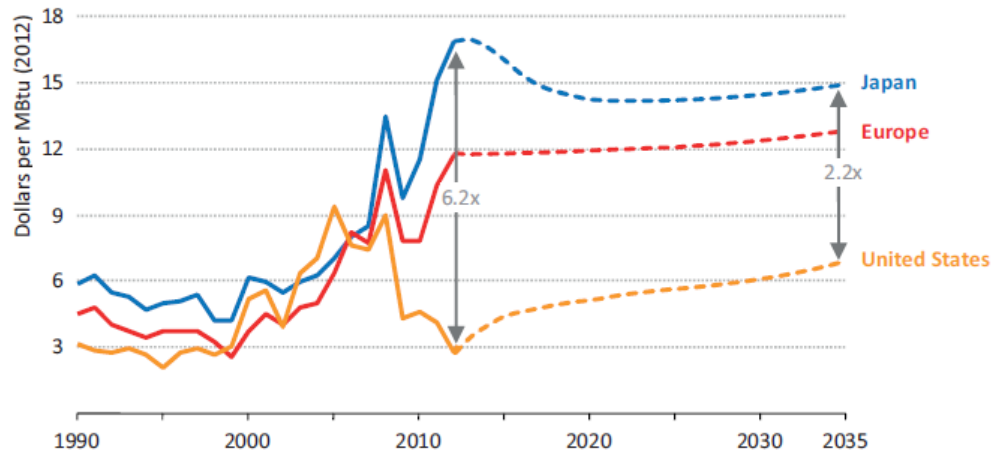
# A piacok összekapcsolódása egyre növekvő nemzetközi forgalmat generál



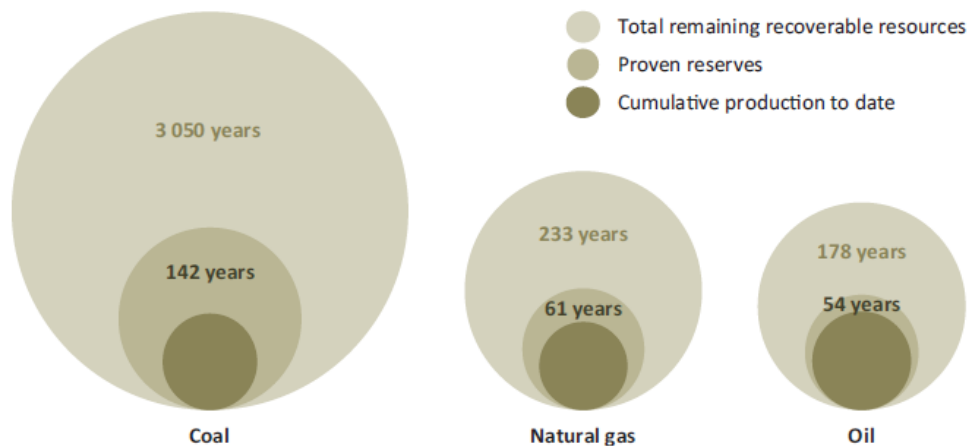
Forrás: ENTSO-E Statistical Yearbook 2011., ENTSO-E 2013.

# Alternatív technológiák versenypozíciójának hatása

**Figure 1.3** ▶ Natural gas prices by region in the New Policies Scenario



**Figure 2.10** ▶ Fossil energy resources by type



Notes: All bubbles are expressed as a number of years of production based on estimated production in 2013. The size of the bubble for total remaining recoverable resources of coal is illustrative and is not proportional to the others. The figure specifies the status of reserves for coal as of end-2011, and gas and oil as of end-2012. Sources: BGR (2012); O&GJ (2012); USGS (2000, 2012a and 2012b); IEA estimates and analysis.

- ▶ 1% alatti európai növekedési ütem;
- ▶ A megújuló energia, mint új „inkumbens” nem támogatja a merev base-load technológiákat
- ▶ Alternatív fosszilis technológiák költségversenye;
- ▶ Növekvő feltárt fosszilis készletek;
- ▶ Alacsony CO2 ár, ami csak lassan emelkedik a következő évtizedekben;
- ▶ Energiahatékonysági erőfeszítések

# Érvek és ellenérvek a nukleáris energia távlati bővítése témakörében

## Indokolt lehet a nukleáris opció preferálása

- Stabil piaci lehetőségek megléte esetén;
- Ha elmarad a megújuló energia-beruházási költségek előrejelzett csökkenése;
- Amennyiben Magyarország tőkevonzó képessége jelentősen meghaladja a régió országaiét (komparatív előny lehetősége a finanszírozásban);
- Ha sikerül megfelelő biztosítékokat kialakítani a jelenleg nem megfelelően fedezett kockázatok kezelésére (pl. Nukleáris Pénzügyi Alap elégtelensége esetleges katasztrófahelyzet esetén);
- Amennyiben nem cél a megújuló energiaforrások elsőbbsége a hálózati betáplálásnál;
- Ha megfelelő mennyiségű és olcsó tárolási technológia biztosítja a völgyidőszaki áram időszakos tárolását;
- Amennyiben a villamos-energia iránti igény dinamikusan emelkedik
- Ha van regionális kooperáció.

## Nem indokolt a nukleáris opció preferálása

- Bizonytalan piaci kilátások esetén;
- A hazai megújuló energia-beruházási költségek szignifikáns csökkenése és/vagy új szállítási opciók esetén (pl. európai supergrid);
- Amennyiben Magyarország tőkevonzó képessége nem haladja meg a régió országaiét (azonos vagy kedvezőtlenebb finanszírozási feltételek);
- Elégtelen biztosítékok esetén az üzembiztonság területén;
- Amennyiben a megújuló energiaforrások elsőbbséget élveznek a hálózati betáplálásnál;
- Kereslet-oladali hálózatmenedzsment (smart grid megoldások) elterjedése esetén;
- Amennyiben a villamos-energia iránti igény lassan vagy nem emelkedik.
- Ha nincs regionális kooperáció.

**Köszönöm megtisztelő figyelmüket!**

[balazs.felsmann@uni-corvinus.hu](mailto:balazs.felsmann@uni-corvinus.hu)