

1. Energiahordozók

1. Referencia értékek

- EU referencia-hatásfokok [%]

	hőtermelés (gőz/forróvíz)	villamosenergia-termelés (2006-)	fűtőérték [MJ/kg]
Szilárd tüzelőanyagok			
kőszén, kokszt	88	44,2	20-28
barnaszén, brikett	86	41,8	10,0-18,0
tőzeg, brikett	86	39	<10
fa	86	33	10-16 f=(ω)
mezőgazdasági biomassza	80	25	
települési és ipari hulladék	80	25	6-14 f=(összetétel)
olajpala	86	38,9	
Folyékony tüzelőanyagok			
fűtőolaj, PB-gáz	89	44,2	40-45
bio-tüzelőanyagok	89	44,2	25-35
hulladékok	80	25	22-28
Gázalakú tüzelőanyagok			
földgáz	90	52,5	47
finomítói gáz, hidrogén	89	44,2	
biogáz	70	42	15-25 f(CO ₂)
kohó és hulladékgáz	80	35	10-20 f(összetétel)

- EU referencia-értékek kapcsolt energiatermelésre [$\sigma=E/Q$]

Fűtőerőművek	forróvíz	gőz
kombinált gáz-gőz	0,95	0,75
ellennyomású/elvételes gőz	0,45	0,3
gázmotor	0,75	0,4
gázturbina	0,55	0,6

• MEH referencia-értékek [%]

2008. január 3-ig:

	BT>50 MW _e	BT<50 MW _e		
		<5 MW _e	5-10 MW _e	10-50 MW _e
Kondenzációs gőzerőművek				
Kőszén	42			
Barnaszén	40			
Lignit	38			
Szénhidrogén	42			
Biomassza	25	17	17	22
Gázturbinás erőművek				
Földgáz	34	24	28	30
Olaj	32	22	26	28
Kombinált gáz-gőz erőmű				
Földgáz + kondenzációs	50	30	35	42
Olaj + kondenzációs	48	28	30	40
Gázmotor				
		30	34	36
Hőhasznosítással				
Gázmotor?	75	75	75	75
Biomassza	50	50	50	50

BT – beépített teljesítmény

2008. január 3-tól:

	hőtermelés (gőz/forróvíz)	villamosenergia-termelés (2006-2011)	fűtőérték [MJ/kg]
Szilárd tüzelőanyagok			
kőszén, kokszt	88	44,2	20-28
barnaszén, brikett	86	41,8	10,0-18,0
tőzeg, brikett	86	39	<10
fa	86	33	10-16 f=(ω)
mezőgazdasági biomassza	80	25	
települési és ipari hulladék	80	25	6-14 f=(összetétel)
olajpala	86	39	
Folyékony tüzelőanyagok			
fűtőolaj, PB-gáz	89	44,2	40-45
bio-tüzelőanyagok	89	44,2	25-35
hulladékok	80	25	22-28
Gázalakú tüzelőanyagok			
földgáz	90	52,5	47
finomítói gáz, hidrogén	89	44,2	
biogáz	70	42	15-25 f(CO ₂)
kohó és hulladékgáz	80	35	10-20 f(összetétel)

• MEH referencia-értékek kapcsolt energiatermelésre [$\sigma=E/Q$]

Fűtőerőművek	σ
kombinált gáz-gőz	0,95
ellennyomású/elvételes gőz	0,45
gázmotor	0,75
gázturbina	0,55

Nincs különbség σ -ban a kiadott hőhordozó típusa (forróvíz vagy gőz) szerint, holott a gőz esetén jelentkező nagyobb veszteségek (pl.: kondenzáció) indokoltá tennék.

2. Tüzelőanyag mennyiségek $P=100 \text{ MW}_e$, ill. $E=700 \text{ GWh/év}$

Tüzelőhő-teljesítmény [MW_{th}]:

$$\dot{Q}_u = \frac{P}{\eta_E}$$

Tüzelőanyag tömegáram [kg/s]

$$\dot{m}_u = \frac{\dot{Q}_u [\text{MJ/s}]}{H_u [\text{MJ/kg}]}$$

Tüzelőanyag mennyiség [t/év], $\tau=7000 \text{ h/év}$

$$M_u = \dot{m}_u [\text{kg/s}] \cdot \frac{3600 [\text{s/h}]}{1000 [\text{kg/t}]} \cdot \tau [\text{h/év}]$$

Eredmények tüzelőanyagoként összefoglalva:

	fűtőérték [MJ/kg]	Q_u [MW_{th}]	m_u [kg/s]	M_u [t/év]
Szilárd tüzelőanyagok				
kőszén, koks	23	226	9,837	247'885
barnaszén, brikett	18	239	13,291	334'928
tőzeg, brikett	7	256	36,630	923'077
fa	11	303	27,548	694'215
mezőgazdasági biomassa	10	400	40,000	1'008'000
települési és ipari hulladék	9	400	44,444	1'120'000
olajpala	20	257	12,853	323'907
Folyékony tüzelőanyagok				
fűtőolaj, PB-gáz	40	226	5,656	142'534
bio-tüzelőanyagok	30	226	7,541	190'045
hulladékok	25	400	16,000	403'200
Gázalakú tüzelőanyagok				
földgáz	47	190	4,053	102'128
finomítói gáz, hidrogén	40	226	5,656	142'534
biogáz	20	238	11,905	300'000
kohó és hulladékgáz	15	286	19,048	480'000

Nukleáris fűtőelem

Kiegészi szint ($H_{\text{ü}}$): $30'000-40'000 \text{ kW}_{\text{thnap/kg}} = (2,6-3,4) \cdot 10^{12} \text{ J/kg} = (2,6-3,4) \cdot 10^6 \text{ MJ/kg}$

Referencia hatásfok: $\eta_E = 33 \%$,
 Tüzelőhő-teljesítmény: $\dot{Q}_{\text{ü}} = 303 \text{ MW}_{\text{th}}$,
 Tüzelőanyag tömegáram: $\dot{m}_{\text{ü}} = 1,01 \cdot 10^{-4} \text{ kg/s}$,
 Tüzelőanyag mennyiség: $M_{\text{ü}} = 2,54 \text{ t/év}$.

3. Szén-dioxid kibocsátás, mérleg

A „tisztá” tüzelő- és üzemanyagok fajlagos széndioxid-kibocsátása

„Tiszta” tüzelőanyag	Reakcióegyenlet	Mérleg		Kibocsátás [tCO ₂ /GJ _ü]
		Moláris [g/mol]	Tömeg [kg]	
Szén	$\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + q_{\text{ü}}$	12+32= 44+q _ü	1+2,66= =3,66+33,8 MJ	0,108
Benzin (oktán) ¹	$2\text{C}_8\text{H}_{18} + 25\text{O}_2 = 16\text{CO}_2 + 18\text{H}_2\text{O} + q_{\text{ü}}$	228+800= =704+324+q _ü	1+3,51= 3,09+1,42+48,8 MJ	0,063
Metán (földgáz)	$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + q_{\text{ü}}$	16+64= =44+36+q _ü	1+4= 2,75+2,25+49,5MJ	0,055
Biomassza (glükóz)	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 = 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + q_{\text{ü}}$	180+192= =264+108+q _ü	1+1,07= 1,47+0,6+18 MJ	0,082
Hidrogén	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + q_{\text{ü}}$	=4+32=36+q _ü	1+8=9+119,6 MJ	0,0

¹A gázolaj fajlagos CO₂-kibocsátása – a nagyobb széntartalom miatt feltételelesen a gázolaj ($\rho = 0,82 \text{ kg/m}^3$) és a benzin ($\rho = 0,737 \text{ kg/m}^3$) sűrűségének hányadosával (1,11) korrigálva – 0,07 t CO₂/GJ_ü.

A fűtőolaj fajlagos CO₂-kibocsátása – a nagyobb széntartalom miatt feltételelesen a fűtőolaj ($\rho = 0,92 \text{ kg/m}^3$) és a benzin ($\rho = 0,737 \text{ kg/m}^3$) sűrűségének hányadosával (1,25) korrigálva – 0,079 t CO₂/GJ_ü.

A villamos energia fajlagos széndioxid-kibocsátása

Hőerőmű	A villamosenergia- termelés hatásfoka [%]	Fajlagos tüzelőhő- felhasználása [GJ/MWh _e]	Fajlagos kibocsátás [t CO ₂ /MWh _e]
Széntüzelésű gőzerőmű	25-44	14,4-8,2	1,56-0,88
Fűtőolaj-tüzelésű gőzerőmű	28-36	12,9-10,0	1,02-0,79
Földgáztüzelésű gázturbina	22-38	16,4-9,5	0,9-0,52
Földgáztüzelésű gázmotor	32-42	11,3-8,6	0,62-0,47
Földgáztüzelésű gőzerőmű	30-44	12-8,2	0,66-0,45
Földgáztüzelésű kombinált gáz- gőz erőmű	48-58	7,5-6,2	0,41-0,34

Magyarországon 2006-ban 1,5·Mt/év 95-oktánszámú benzint (48,8 GJ/t) és 2,5 Mt/év gázolajat (44 GJ/t) tankoltak, tehát az *üzemanyagok* felhasználása $4,6 + 7,7 \approx 12,3 \text{ Mt/év CO}_2\text{-kibocsátással}$ járt.

Fosszilis tüzelőanyagú erőműveink 84 PJ/év tüzelőhőjű szénből 7 TWh/év villamos energiát állítottak elő (12 kJ_ü/kWh_e), ami 9,1 Mt/év CO₂ kibocsátással járt, valamint 136 PJ/év tüzelőhőjű földgázból 13,3 TWh/év villamos energiát (10,2 kJ_ü/kWh_e), ami 7,5 Mt/év CO₂

kibocsátással járt. Tehát a fosszilis tüzelőanyagú hőerőműveinkben előállított *villamos energia 16,6 Mt/év CO₂ kibocsátással járt.*

Közvetlen hőtermelésre 302 PJ/év földgázt és 40 PJ/év szenet és fűtőolajat (szénként figyelembe véve) használtunk, tehát a *fűtés és hmv CO₂-kibocsátása 16,6+4,3=20,9 Mt/év* volt.

Az energetika CO₂-kibocsátása 2006-ban ~49,8 Mt/év volt, aminek 24,7 %-a üzemanyag, 33,3 %-a villamos energia és 42,0 %-a fűtés és hmv hő volt.

3.1. Mennyi növényvel egyenértékű az évi kibocsátott CO₂?

A ma mezőgazdasága energia- és üzemanyag-felhasználó, ezért üvegházhatású gázokat (ÜHG) kibocsátó, élelmiszer-termelő ágazat. *A holnap mezőgazdasága* kis (vagy negatív) karbon-tartalmú energiát felhasználó, egyre több élelmiszert előállító ágazat lesz, aminek „megoldása” zárt hurkú („zérushulladékú”) rendszer:

- input: ÜHG kibocsátás,

- output: ezt „megkötő” élelmiszertömeg a felhasznált energia és üzemanyag levonásával.

(A fosszilis üzemanyag referencia értéke 83,8 g CO₂ekv/MJ_{ü.})

A legnagyobb CO₂-megkötő és O₂-termelő képessége a szőlőcukornak van, a szőlőcukorból felépülő bonyolultabb szerves anyagoknak (pl. keményítő) kisebb.

• Glükóz (szőlőcukor)

6CO ₂	+	12H ₂ O	+ fény = C ₆ H ₁₂ O ₆	+ 6H ₂ O	+	6O ₂
264 g/mol	+	216 g/mol	+ fény = 180 g/mol	+108 g/mol	+	192 g/mol
1 kg	+	0,82 kg	+ fény = 0,68 kg	+0,41 kg	+	0,73 kg.

• keményítő

$n(6\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}) \rightarrow (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n + 6n\text{O}_2$

n-polimerizációs faktor (amilóz keményítő 1000 körül, amilopektin keményítő 5000 körül), a mérlegnél n-nek nincs szerepe.

6CO ₂	+	5H ₂ O	= C ₆ H ₁₀ O ₅	+	6O ₂
264 g/mol	+	90 g/mol	= 162 g/mol	+	192 g/mol
1 kg	+	0,34 kg	= 0,61 kg	+	0,73 kg.

Az energetika ~50 Mt/év CO₂-kibocsátását 34 Mt/év glükóz, ami 36,5 Mt/év termelt oxigént eredményez. Ugyanez keményítővel 30,5 Mt/év, 36,5 Mt/év oxigén.

[Ezek a számok hogyan viszonyulnak a hazai növénytermesztéshez \(az erdővel együtt\)?](#)

4. Magyarország statisztikai adatok

Villamos energia, hő (földgáz) és üzemanyag

Energiahordozók	2005	2006	2007	2008	2009
Bruttó primerenergia-felhasználás	1153,2	1152	1125,4	1126,3	1040
Ebből villamos energia					
Primer villamos energia [PJ/év]	173,9	173,5	175,8	177,1	190
[TWh/év]	20,3	20,9	19,0	19,2	21,5
<i>Atom</i> [PJ/év]	150,8	146,7	160	161,5	168,1
[TWh/év]	13,834	13,461	14,677	14,818	15,426
Átlagos hatásfok	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330
<i>Víz+szél</i> [PJ/év]	0,7	0,8	1,2	1,5	2
[TWh/év]	0,213	0,229	0,32	0,418	0,559
Átlagos hatásfok	1,095	1,031	0,960	1,003	1,006
<i>Import</i> [PJ/év]	22,4	26	14,4	14,1	19,9
[TWh/év]	6,2	7,2	4,0	3,9	5,5
<i>Megújuló és hulladék tüzelőanyagok</i> [PJ/év]	31,496	29,487	27,734	29,588	34,398
[TWh/év]	1,929	1,69	1,828	2,19	2,444
Átlagos hatásfok	0,220	0,206	0,237	0,266	0,256
<i>Szénerőművek</i> [PJ/év]	83,519	79,524	83,813	83,762	71,137
[TWh/év]	6,977	6,967	7,35	6,928	6,346
Átlagos hatásfok	0,301	0,315	0,316	0,298	0,321
<i>Földgáz-erőművek</i> [PJ/év]	127,4	132,7	144,5	148,7	106
[TWh/év]	12,803	13,511	15,784	15,672	11,034
Átlagos hatásfok	0,362	0,367	0,393	0,379	0,375
Ebből kapcsolt villamos energia	5,716	6,28	6,267	7,072	
közvetlen villamos energia	7,087	7,231	9,517	8,6	
<i>Villamos energia</i> primer tüzelőhő [PJ/év]	416,3	415,2	431,8	439,2	401,5
Termel+import villamos energia [TWh/év]	42,0	43,1	44,0	43,9	41,3
Átlagos hatásfok	0,363	0,374	0,366	0,360	0,371
Ebből földgáz					
Földgáz felhasználás [PJ/év]	506,2	481,1	447,7	442,7	385,6
[milliárd Nm ³ /év]	14,888	14,150	13,168	13,021	11,341
Ebből hőtermelés [PJ/év]	378,8	348,4	303,2	294	279,6
[milliárd Nm ³ /év]	11,141	10,247	8,918	8,647	8,224
Ebből lakosság [milliárd Nm ³ /év]	4,746	4,585	4,013	4,043	3,653
Üzemanyag [PJ/év]		183,2			
1,5 Mt/év benzin (48,8 GJ/t)		73,2			
2,5 Mt/év gázolaj (44,0 GJ/t)		110			
Szilárd tüzelőanyagok+kőolaj (vegyipari termék és feldolgozási veszteségek) [PJ/év]	174,9	205,2	207,2	210,0	175,7

Távhő

Jellemzők	2006	2007	2008
Távhőrendszerek száma [db]	271	268	269
Hőtermelő létesítmények kapacitása [MW _{th}]	9734	9768	9312
Távfűtött lakások száma [ezer db]	653	650	652
Összes távfűtési csúcshőigény [MW _{th}]	5634	5266	5007
Lakossági fűtés [TJ/év]	20265	17279	17556
Közületi fűtés [TJ/év]	4386	3894	4187
Fűtési hő [TJ/év]	24651	21173	21743
Lakossági használati melegvíz [TJ/év]	6463	6017	5823
Közületi használati melegvíz [TJ/év]	460	423	468
Használati melegvíz hő [TJ/év]	6923	6440	6291
Ipari hő [TJ/év]	14656	12836	9760
Távhő [TJ/év]	46230	40449	37794
Csúskihasználási óraszám [h/év]	2279	2134	2097