

## A JÖVŐ ENERGIATERMELÉSE és a geotermális energia szerepe



Világadatok 2006-2010

	Globális mennyiség
TPES felhasználás(2010)	502 EJ (ipar 30%, közlekedés 29%, lakosság 22%, mezőgazdaság, szolgáltatás 19%, villamos energia 40%)
Villamosenergia kapacitás	4,4 Tw <sub>e</sub>
Éves villamosenergia	21,3 PWh=77,2 EJ
Emberek villamosenergia nélkül	1,44 milliárd
Emberek ivóvíz nélkül	0,884 milliárd
Éhező emberek	0,925 milliárd

Fontos kérdések:

1. **Abbahagyhatjuk-e a fosszilis energiahordozók égetéssel történő felhasználását, vagy csökkenthetjük-e a felhasználásukat?**
2. **Meddig szolgálhatnak az atmoszféra, a növénytakaró és az óceánok széndioxid nyelőként?**
3. **Találhatnak-e a kutatók olyan új energiaforrásokat, melyekkel helyettesíthetjük a fosszilis energiahordozókat?**
4. **Érdemes-e fejleszteni a nukleáris energiatermelő technológiákat?**
5. **Képesek-e a megújuló energiaforrások a teljes energiaigényünket maradéktalanul kielégíteni?**
6. **Lehetséges-e a Föld lakóinak egységes színvonalú energia ellátása?**
7. **Meg kell-e drasztikusan változtatnunk életformánkat, szokásainkat, szükségese-e a paradigma váltás?**
8. **Elérhető-e a "fenntarthatóság" gazdasági, környezeti, energetikai, táplálkozási stb. Értelemben?**
9. **Összeomlik-e a jelenlegi gazdasági rendszer a fellépő energia-, élelmiszer-, környezeti- és egyéb válságok következtében?**
10. **Milyen mértékű energia felhasználás elégítheti ki az emberiséget?**
11. **Kell-e azonnal cselekednünk, paradigmát váltást eszközölnünk, vagy van még időnk?**
12. **Képes-e a tudomány és technika mindezen kérdésekre megnyugtató választ adni?**

Anyag	Fajlagos energia "költség" (MJ/kg)	Kiindulási anyag
alumínium	230-340	bauxit
tégla	2-5	agyag, márga
cement	5-9	agyag, mészkő
réz	60-125	szulfidos rézérc
üveg	18-35	homok, agyag, márga
vas	20-25	vasérc
mészkő	0,07-0,1	mészkő
nickel	70-230	szulfidos nikkelérc
papír	25-50	facellulóz
polietilén	87-115	nyersolaj
polisztirol	62-108	nyersolaj
PVC	85-107	nyersolaj
homok	0,08-0,1	folyómeder
szilícium	200-250	szilícium-dioxid
acél	20-50	nyersvas
kénsav	2-3	kén
titán	900-950	titánérc
víz	0,001-0,01	folyók, tavak, talajvíz
tűzifa	3-7	erdő

## Jelenlegi energiaátalakítási lehetőségek

	Hőenergia	Kémiai energia	Elektromos energia	Fényenergia	Mozgási energia	Magenergia	Gravitációs energia
Hőenergia	X	Endoterm reakciók	Hőelektromos jelenségek	Izzólámpák	Belsőégésű motorok		
Kémiai energia	Tüzelés	X	Elemek, akkumulátorok	Világító rovarok	Izommunka		
Elektromos energia	Elektromos ellenállások	Elektrolízis	X	Elektro lumineszcencia	Villanymotorok		Szivattyús tározó vízerőművek
Fényenergia	Napkollektorok	Fotoszintézis	Fényelektromos hatás	X	Napszél		
Mozgási energia	Sűrűdés	Radiolízis reakciók	Váltakozó áramú generátor	Gyorsított töltések	X		Emelkedő testek
Magenergia	Maghasadás és magfúzió	Ionizáció	Magreakciós elemek (Peltier)	Nukleáris fegyverek	Radioaktív bomlások	X	
Gravitációs energia					Víz turbina		X

**Energiasűrűség** ( $J/dm^3$ ) egy rendszerben, vagy térrészben lévő tárolt energiamentiséget jelzi és főleg tüzelőanyagok jellemzésére alkalmazzák.

**Fajlagos energiatartalom** ( $J/kg$ ) az egységnyi tömegben lévő energiatartalmat jelzi és főleg élelmiszerek energiatartalmának kifejezésére alkalmazzák. Fontos jellemző, mert például interkontinentális repülőgépek üzemanyagául sosem alkalmaznak földgázt, mert kis fajlagos energiatartalma mintegy ezredrésze a folyékony kerozinnak. A hegymászók nem sárgarépat, hanem csokoládét visznek magukkal a hegyi megerőltető túrára.

**Energia koncentráció** ( $J/m^2$ ) az energiaforrás adott irányú sűrűsége. A kis kőolajmezők energia koncentrációja  $<1GJ/m^2$ , míg a világ legkoncentráltabb olajmezőjén (al-Burkazin, Kuvait)  $1TJ/m^2$ , a kanadai olajpala koncentrációjának tízszerese. Mindenesetre az energia koncentráció jól jelzi Földünk korlátozott lehetőségeit.

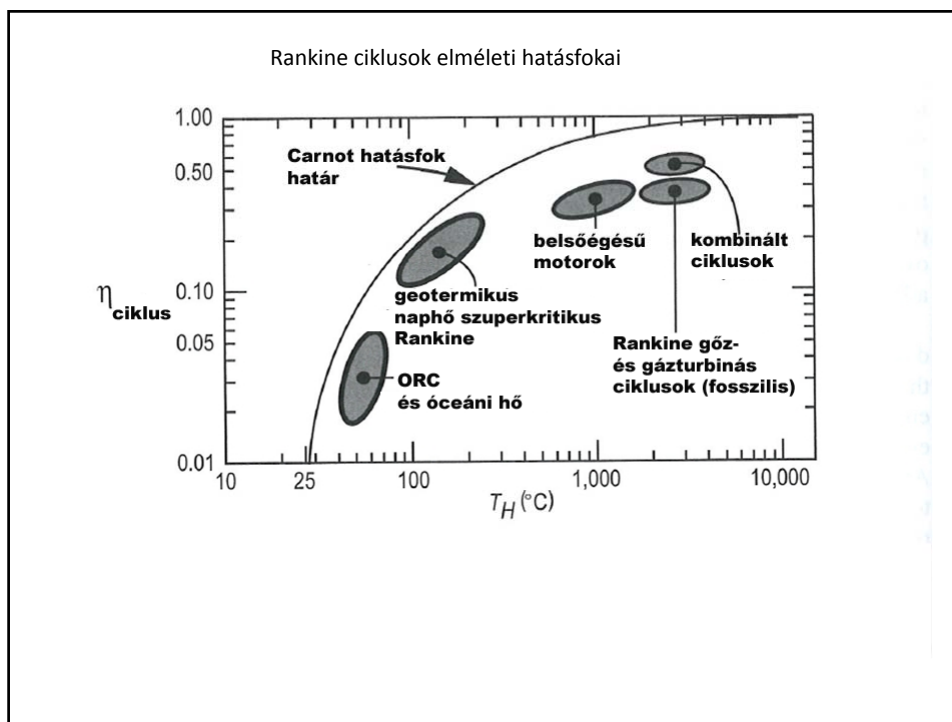
**Energiahatékonyság** ( $J/J$ ) az energiaformák átalakítását végző hatékonyságát jellemzi. A vízturbinák például a potenciális energiát közel 90%-os hatásfokkal alakítják át elektromos energiává. Lényegében hatásfokot jelöl.

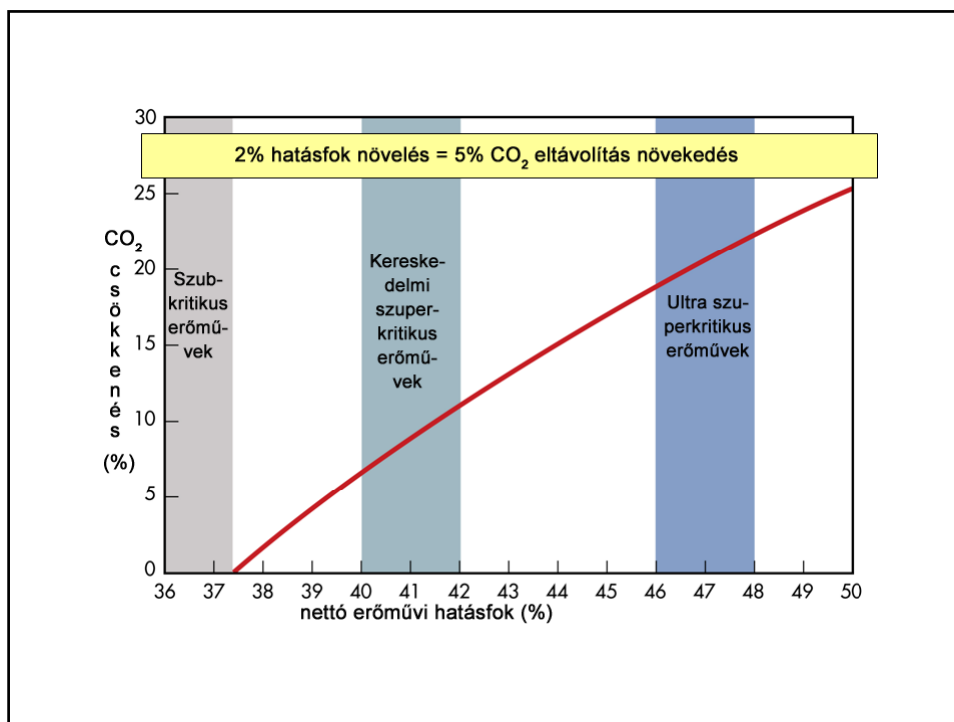
**Teljesítmény sűrűség** ( $W/m^2$ ) a talaj, vagy tenger egységnyi felszínén kinyerhető vagy szükséges teljesítményt jelzi. Olajmezők, erőművek, épületek fajlagos teljesítmény leadását, vagy felvételét jelzi. Háztetőkre szerelt napkollektorokkal például nem lehetséges vaskohó hőteljesítmény igényét fedezni.

**Energiaintenzitás (energia igényesség)** ( $J/pénzegység$ ) egységnyi termék, vagy szolgáltatás előállításához szükséges energia szükségletet jelzi. A bruttó primer energia ellátás (TPES) és a bruttó nemzeti termék (GDP) aránya adja az energia intenzitás értékét. Sajnos gyakran hibásan határozzák meg.

## Hőerőgépek ciklusainak felosztása

- Rankine ciklus: stacionáris rendszert (villamos hőerőművek, fosszilis és atom), hatásfok~30%
- Brayton ciklus: földgáz és olaj gázturbinás erőművek, hatásfok~28%
- Kombinált Rankine-Brayton ciklus: csak földgázra, hatásfok~60%!
- Otto ciklus: belsőégésű szikragyújtású motorok, hatásfok ~ 25%
- Diesel ciklus: kompressziós gyújtású belsőégésű motorok, hatásfok~30%



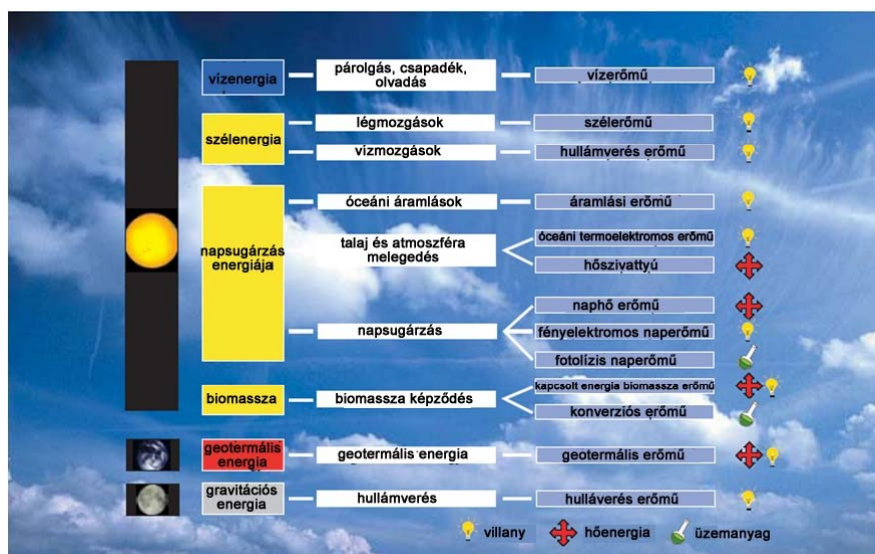


#### Összehasonlító CO<sub>2</sub> emissziók:

Forrás	Kg C/MWh energia
Hasadási reaktor	4
Szélerőmű	8
Vízlerőmű	8
Energianövények	17
Geotermikus erőmű	79
Naperőmű	133
Gázturbinás erőmű	430
Olajtüzelésű erőmű	828
Szénerőmű	955

Forrás: British Royal Academy of Engineering (2006)

## Energiaforrások



## Magyar napenergia potenciál

**Napsugárzás energia hozama**

**1265kWh/m<sup>2</sup>, év = 4914 MJ/m<sup>2</sup>, év**

**Magyarország területe**

**9,3 millió hektár = 93 × 10<sup>9</sup>m<sup>2</sup>**

**Magyarország területére eső napenergia 457×10<sup>3</sup> PJ**

**Magyarország energia felhasználása ~1150 PJ**

**Napenergia/energia felhasználás 400 szoros**

**1 m<sup>2</sup> napkollektor ~ 500 kWh/év = 1800 MJ/év**

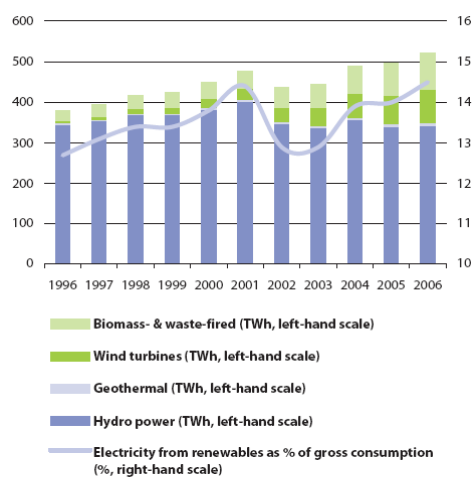
**4 PJ ~ 2,2 millió m<sup>2</sup> kollektor**

### Megújuló energiák alkalmazása a fenntartható energiaellátásban:

- ❑ Megújuló legyen, rövid időintervallumtól független
- ❑ Hozzáférhető legyen és globálisan elosztott
- ❑ Káros emisszió nélküli legyen ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ ,  $\text{CO}_x$ , por stb.)
- ❑ Méretezhető legyen  $<1 \text{ MW}_{t/e} - 1000 \text{ MW}_{t/e}$  tartományban
- ❑ Vezérelhető legyen (alap, csúcs és megosztott üzem)
- ❑ Megbízható legyen (egyszerű, reális és biztonságos)
- ❑ Rugalmas legyen (elektromosság, hő, kogeneráció)
- ❑ Versenyképes legyen ( a fosszilis energiahordozókkal externliákkal együtt)

Dr. Páztay György

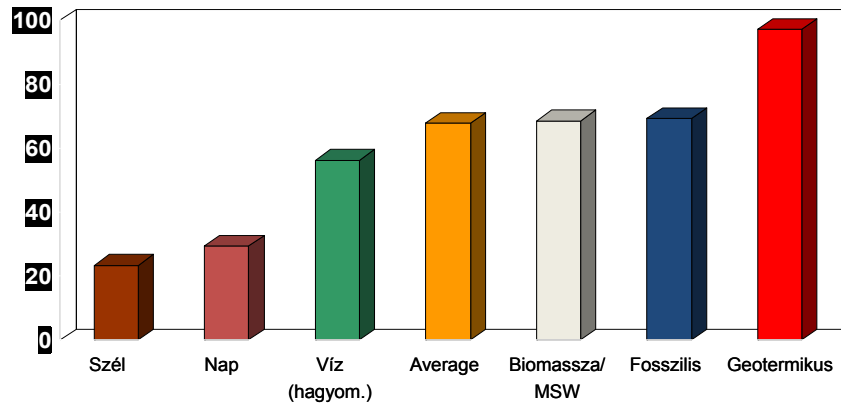
13



Source: Eurostat (nrg\_105a and tsdcc330)

Villamosenergia tremelés megújuló energiaforrásból Electricity generated from renewable energy sources, EU-27

### Kihasználság-Capacity Factors (%)



Dr. Páztay György

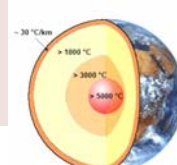
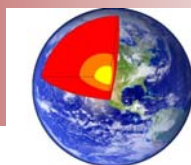
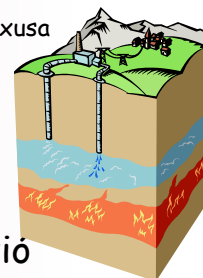
15

## Geotermális energia

### Eredet: radioaktivitás

$^{235}\text{U}$  (18 J/g/y),  $^{40}\text{K}$  vagy  $\text{Th}$  (0,8 J/g/y), ....

- 0,06 W/m<sup>2</sup> azaz 3500-szor kisebb, mint a napsugárzás fluxusa
- Geotermális gradiens = 3,3°C/100m
- **vannak kedvezőbb területek is**
- Kisentalpiás fluidumok (30°C-100°C) ⇒ hőhasznosítás
- Közepes- és nagyentalpiás fluidumok ⇒ villamos energia termelés
- $\text{CO}_2, \text{CH}_4, \text{N}_2, \text{H}_2\text{S}$ , vízkő ( $\text{CaCO}_3$ ) korrózió



Dr. Páztay György

16



# Geotermális Energia

- Az első geotermális erőmű Olaszországban épült 1903-ban
- A kaliforniai The Geysers gejzírei gőzt és melegvizet szolgáltatnak, az erőmű teljesítménye 824 MWe.
- A "Hot, dry rock" (HDR) (forró-sziklás) típusú geotermális erőművek a sziklákba préselt vízből keletkezett gőzt hasznosítják.
- Kisebb hőmérsékletek esetén egy légkondicionáló hőt von ki a talajból télen és ad le a talajnak nyáron.

First Geothermal Power Plant, 1904, Larderello, Italy



Dr. Páztay György

17

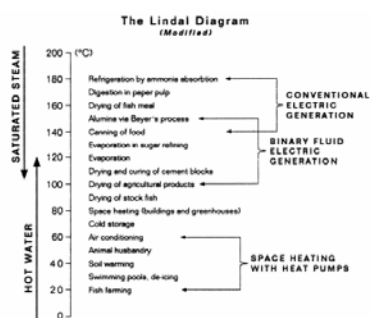
## Geotermális energia hasznosítás:

- **Közvetlen (direkt) hasznosítás** – kis- és közepes-entalpiájú fluidumok
- **Közvetett hasznosítás** – elektromos energia termelése nagy- és közepes-entalpiájú fluidumok
- **Hőszivattyúk** – kis-entalpiájú fluidumok

### Más felosztás szerint:

- **Felszín közeli (0-200m) hőszivattyúk**
- **Konvencionális (200-3000m) termálkutak (villamos energia, fűtés stb. vizes hőhordozó)**
- **Nagymélységű (4000-12000m) HDR-EGS (száraz forró kőzet)**

## A Lindal diagramm

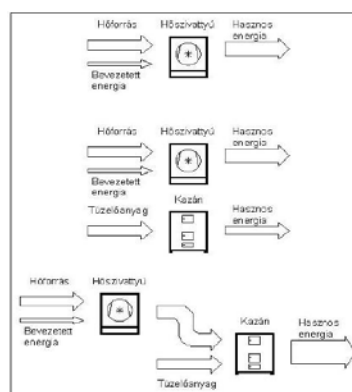
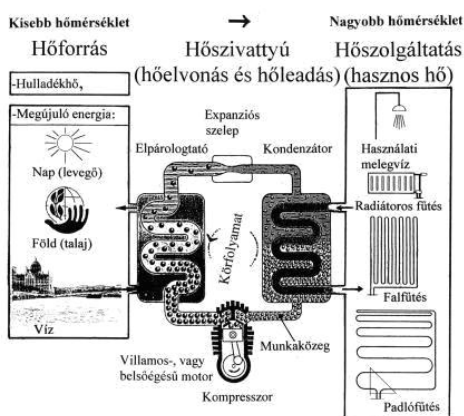


(Barbier, 2002)

## Hőszivattyúk

### Hőnyerési módok

- Zárt rendszerek (vízkivétel nélkül)
  - függőleges földhőszondák (szimpla, dupla, tripla)
  - energia cölöp
  - horizontális/vízszintes
- Nyitott (vízkivétellel járó) rendszerek
  - vízkút
  - felszíni víz
  - termál elfolyó víz/hulladékvíz
- Levegő
- Épületszerkezeti hőnyerők



#### Hőszivattyús rendszerek üzem módjai:

- felső ábra: monovalens,
- középső ábra: bivalens alternatív,
- alsó ábra: bivalens parallel

**COP** (Coefficient of Performance) – fűtőteljesítmény és az ehhez felvett elektromos energia hányadosa

**EER** (Energy Efficiency Ratio) – hűtőteljesítmény és az ehhez felvett elektromos energia hányadosa

**SPF** (Seasonal Performance Factor) – a COP értékének éves átlaga

## HŐSZIVATTYÚS HASZNOSÍTÁSI RENDSZEREK



## Alacsony hőfokú fűtési rendszerek

- padló fűtés
- falfűtés
- mennyezetfűtés



- hőleadás függ: alkalmazott hőlépcső, csőátméret, csősűrűség
- maximum: 100 W/m<sup>2</sup>



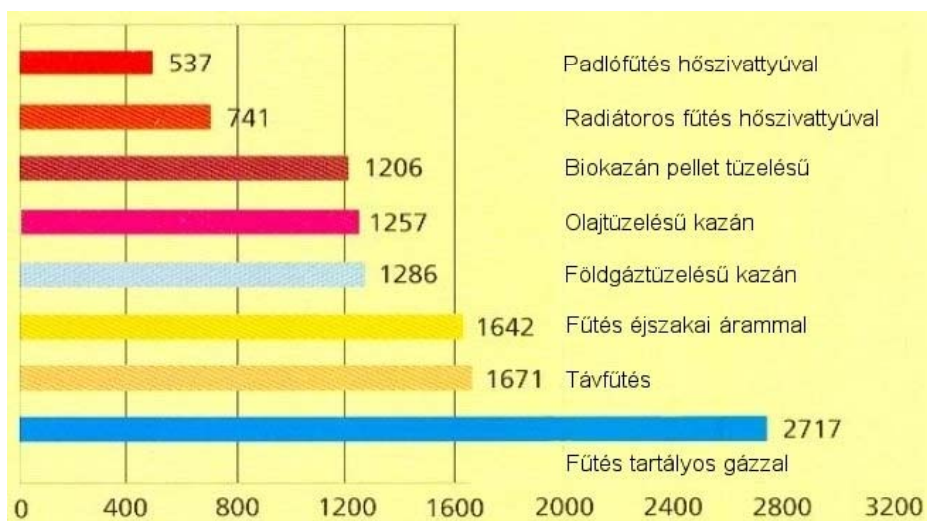
GIUGIARO  
fan-coil



szerkezetfűtés

## KÜLÖNBÖZŐ FŰTÉSI MEGOLDÁSOK ÉVES ÜZEMELTETÉSI KÖLTSÉGE (€) AUSZTRIÁBAN

Forrás: IDM cég



### Egy átlagos geotermia projekt főbb alapadatai:

Kinyert vízmennyiség	60 m <sup>3</sup> /h
Kútfej hőmérséklet	70 °C
Elfolyó (visszasajtol) vízhőfok	30 °C
Hasznos $\Delta T$	40 °C
Hőkapacitás	2,8 MW
Kiváltható földgáz	1,5 millió m <sup>3</sup>
Beruházási költség (visszasajtolással)	350-450 millió Ft
<b>Elfolyó víz hőszivattyús hasznosítás <math>\Delta T</math></b>	<b>20 °C</b>
<b>Hőkapacitás primer</b>	<b>1,4 MW</b>
<b>Hőkapacitás hőszivattyúval</b>	<b>1,86 MW</b>

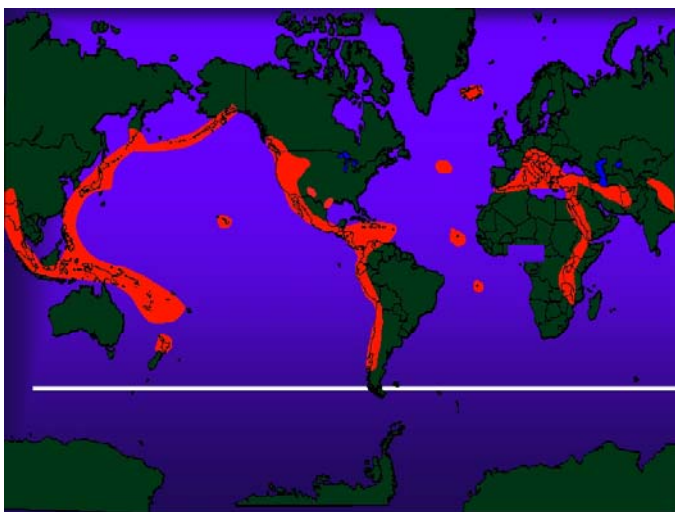
**Megtakarítás: 200 millió Ft!!!**

## Szentes termálkút

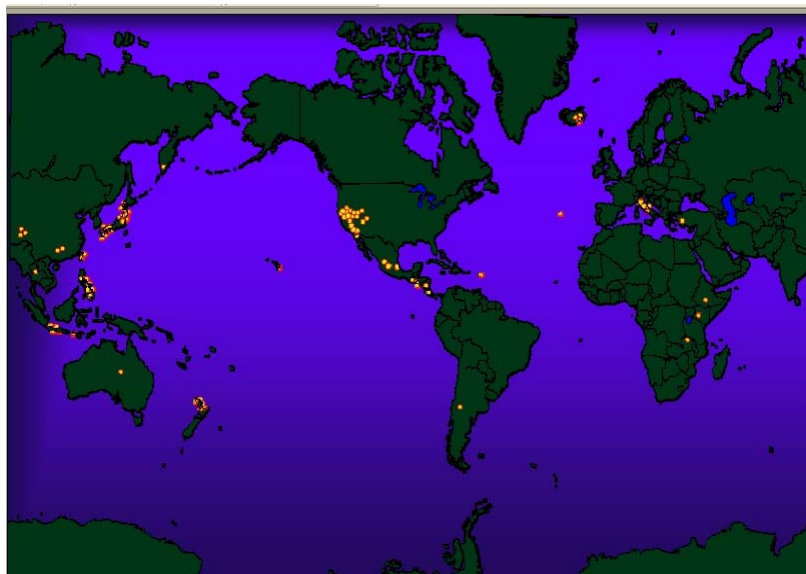
- Talpmélység: 2000m
- Szűrőzés: 1809-1983m között (6 szakaszban)
- Vízhozam: 1200 l/perc
- Kifolyó víz: 72m<sup>3</sup>/óra, 80.0°C
- Hőhasznosítás:
  - közvetlen: 80.0-40.0°C → 3,3 MW
  - hőszivattyús: 25.0-10.0°C → 1,2 MW

## Konvencionális geotermális rendszerek

A Föld legjelentősebb geotermális energia tartalmú területei



A világ geotermális erőművei (2000)

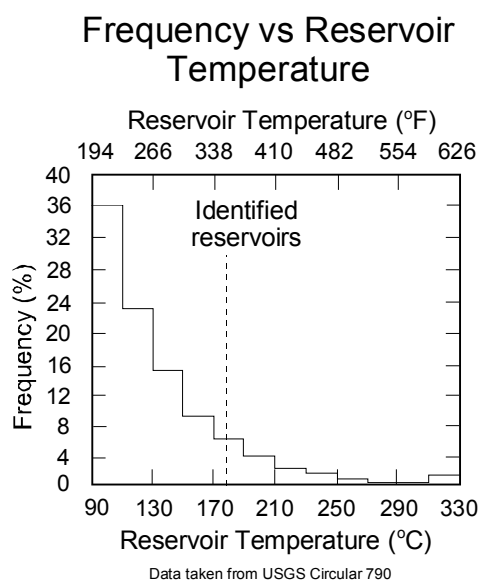


Dr. Páztay György

27

- A geotermális energia az egyik legtisztább, részben megújuló energia fajta.
- A kitermelt fluidumban lévő hőenergia közvetlenül használható, épületek, mezőgazdasági és ipari létesítmények fűtésére; vagy a magasabb hőmérsékletű fluidumok esetén villamos energia termelésére.
- A geotermális fluidumok komplex sokkomponensű, többfázisú rendszerek, melyek oldott szilárd anyag-, gáz- és szerves-anyag és szuszpendált-anyag tartalma széles határok közt változik.
- Az oldott-anyag tartalom rendszerint a hőmérséklettel növekszik és egyes nagyobb koncentrációban jelenlévő anyagok eltávolítására, vagy koncentrációjuk csökkentésére környezetvédelmi intézkedések szükségesek.
- A potenciálisan kockázatot jelentő elemek (Hg, B, As, and Cl) jelenléte esetén leggyakrabban a lehűlt vizet visszasajtolják a tárolóba.

### Geotermális tárolók hőmérséklet szerinti megoszlása



### Geotermikus villamos erőművek megoszlása a világon típusonként (2005)

Erőmű típus	Installált kapacitás (MWe)	Százalék	Installált kapacitás (egységek száma)	Százalék
Száraz gőz	2545	28%	58	12%
Egyszerű elgőzöltető	3295	37%	126	26%
Dupla elgőzöltető	2293	26%	67	14%
Bináris/kombinált ciklusú/hibrid	682	8%	205	42%
Ellennyomásos	119	1%	29	6%
<b>Összes</b>	<b>8933</b>	<b>100</b>	<b>485</b>	<b>100</b>

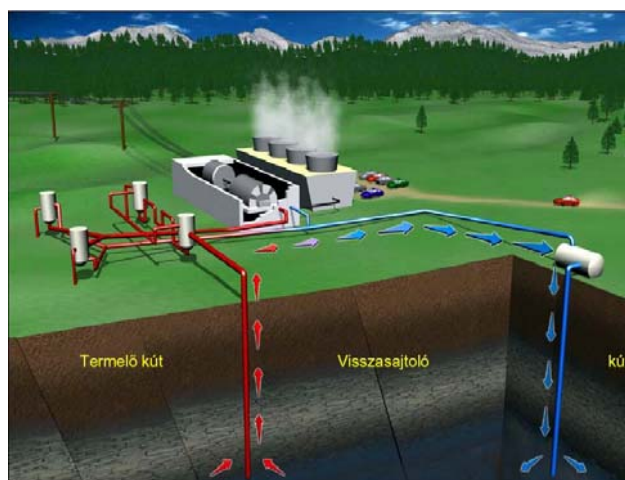
Bertani (2005)

Table A.3 Geothermal power plants: by number of units for each type of plant.

Country	Dry Steam	1-Flash	2-Flash	3-Flash	Binary	Flash-Binary	Hybrid	Total
USA	27	3	28	1	117	10	1	187
Philippines	0	36	10	0	6	5	0	57
Mexico	0	29	5	0	3	0	0	37
Italy	31	1	0	0	1	0	0	33
New Zealand	1	2	9	4	3	14	0	33
Japan	1	16	3	0	2	0	0	22
Iceland	0	7	2	0	8	0	0	17
Indonesia	3	12	0	0	0	0	0	15
China	0	2	10	0	1	0	0	13
Guatemala	0	1	0	0	0	7	0	8
Kenya	0	5	0	0	1	2	0	8
Russia	0	8	0	0	0	0	0	8
Costa Rica	0	4	0	0	2	0	0	6
El Salvador	0	4	1	0	0	0	0	5
Azores	0	1	0	0	4	0	0	5
Nicaragua	0	2	0	0	2	0	0	4
Austria	0	0	0	0	2	0	0	2
Guadeloupe	0	0	2	0	0	0	0	2
Turkey	0	1	0	0	0	0	0	1
Australia	0	0	0	0	1	0	0	1
Germany	0	0	0	0	1	0	0	1
Papua	0	1	0	0	0	0	0	1
Thailand	0	0	0	0	1	0	0	1
<b>Total</b>	<b>63</b>	<b>135</b>	<b>70</b>	<b>5</b>	<b>155</b>	<b>38</b>	<b>1</b>	<b>467</b>
<b>Percent of total</b>	<b>13.5%</b>	<b>28.9%</b>	<b>15.0%</b>	<b>1.1%</b>	<b>33.2%</b>	<b>8.1%</b>	<b>0.2%</b>	<b>100.0%</b>

### Geotermális villamos erőművek:

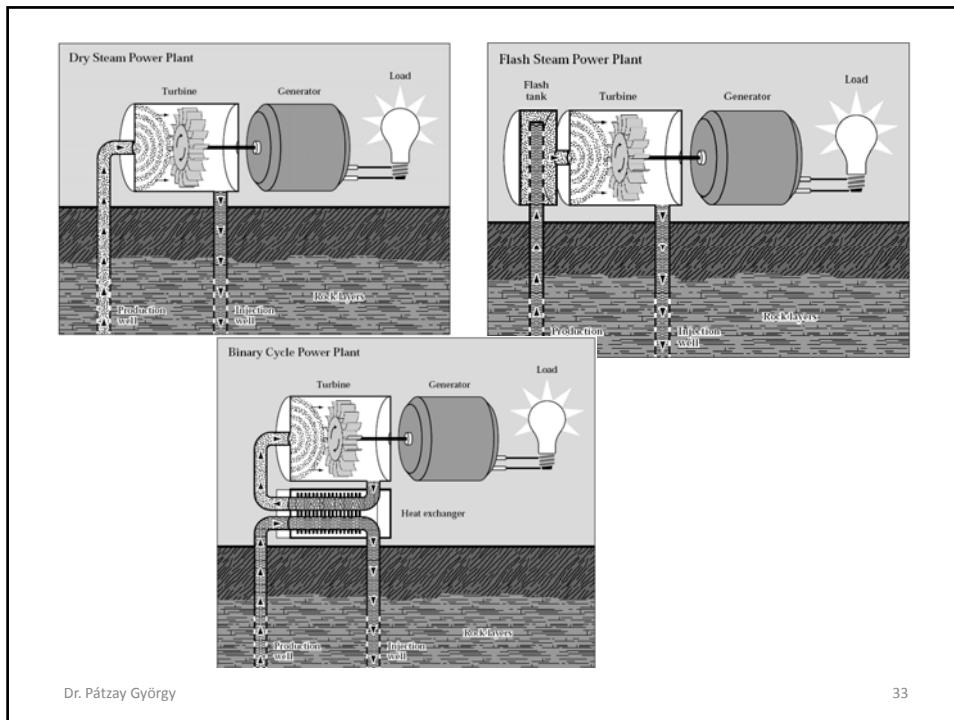
- száraz gőzzel
- nedves gőzzel
- bináris ciklusú



Dr. Pátzay György

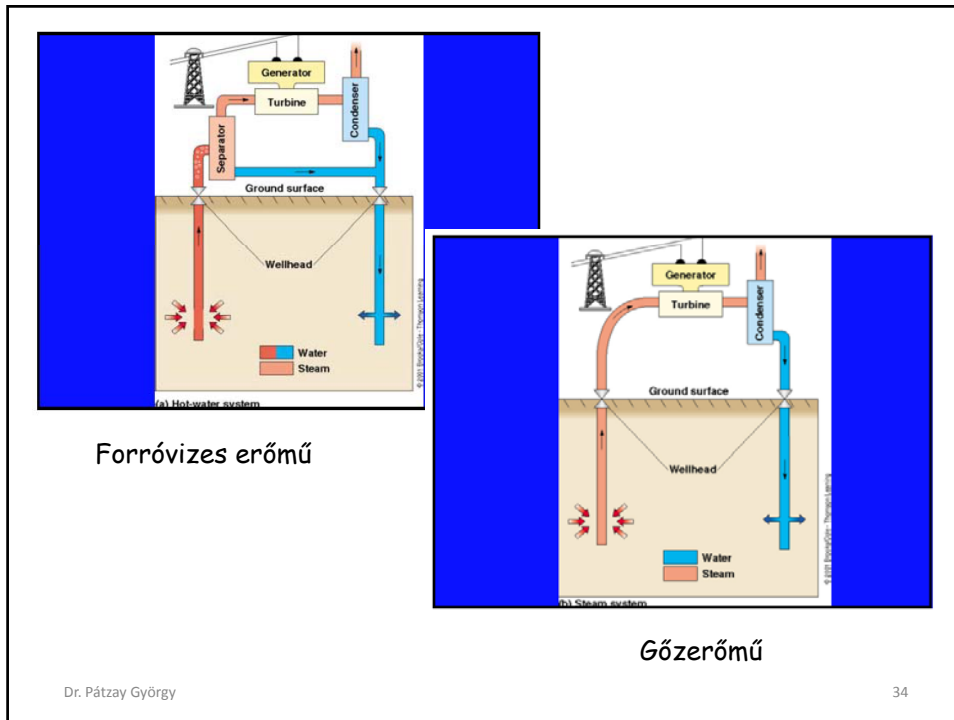
32





Dr. Páztay György

33

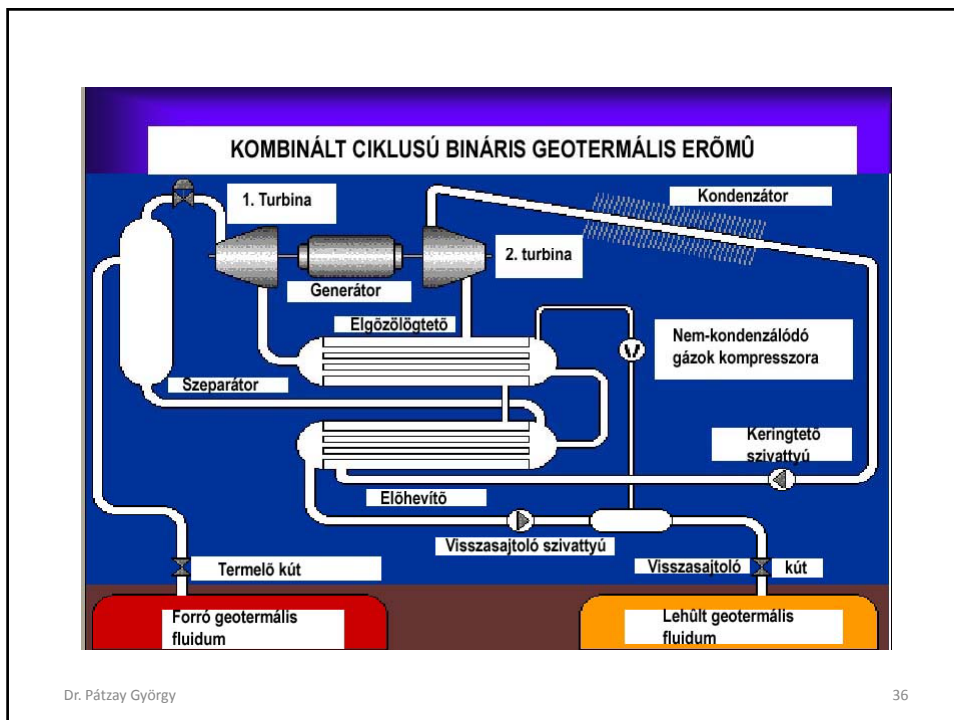
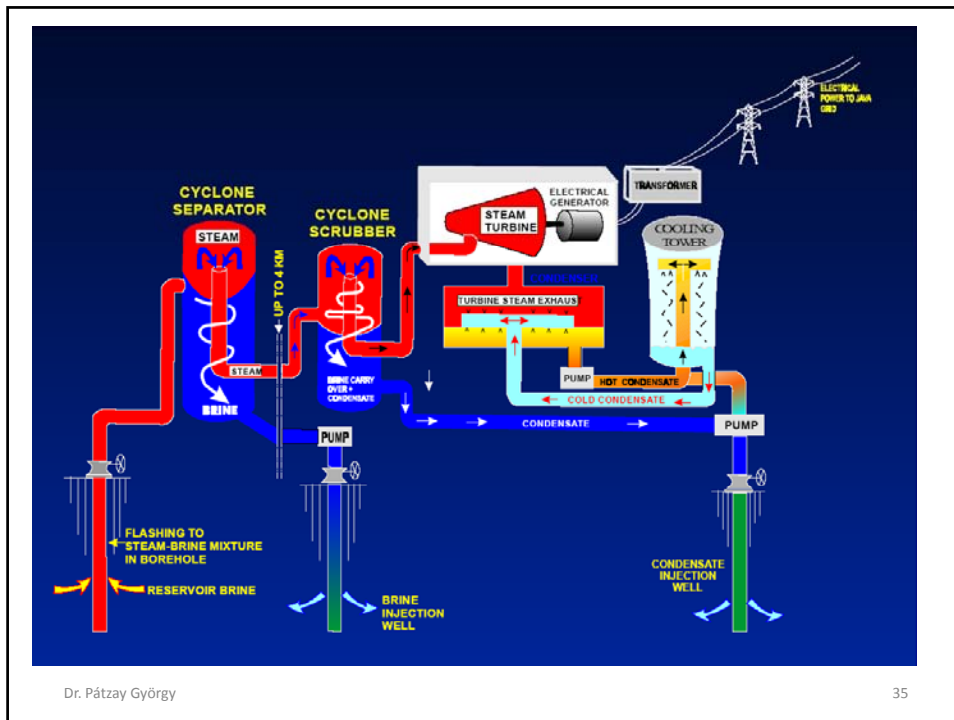


Forróvízes erőmű

Gőzerőmű

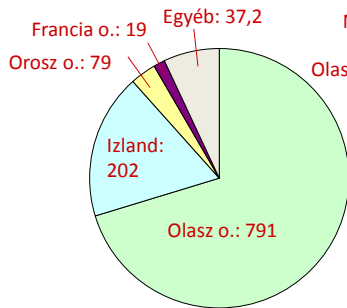
Dr. Páztay György

34

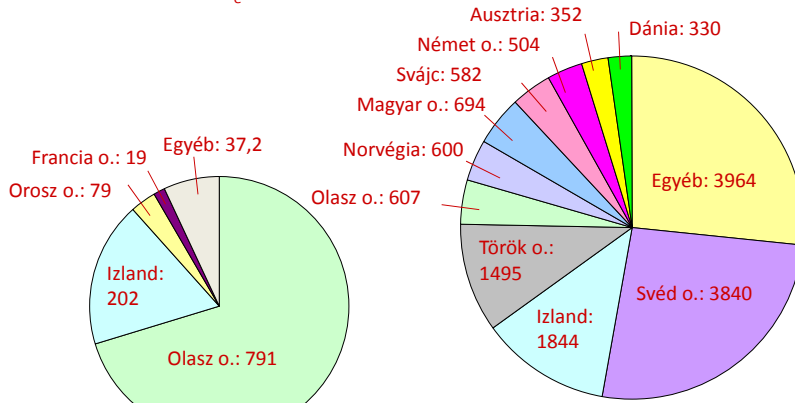


## Geotermális villamosenergia termelés és közvetlen hőhasznosítás Európában

**Geotermális villamosenergia 2004**  
1179 MW<sub>e</sub>



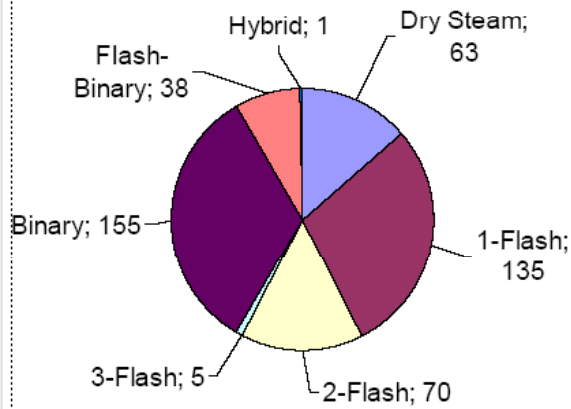
**Geotermális közvetlen hőhasznosítás 2005**  
13626 MW<sub>t</sub>



Compilation, L. Rybach, GRC 2006  
Dr. Páztay György

37

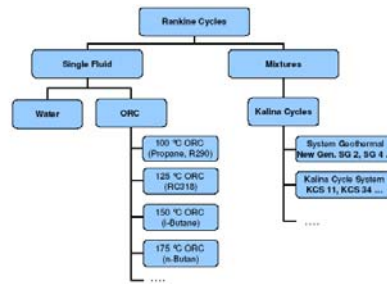
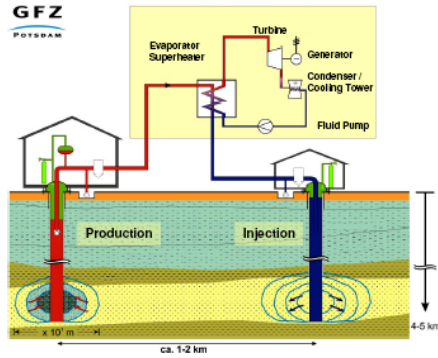
## Geothermal power plants



Dr. Páztay György

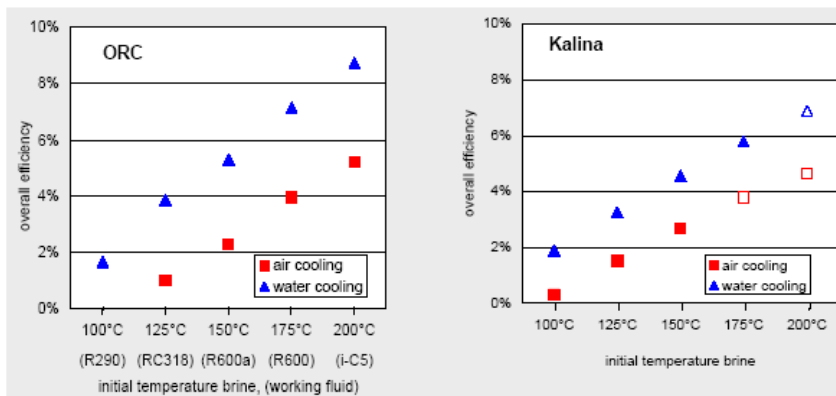
38

ORC Organic Rankine Cycle-Neustadt-Glewe



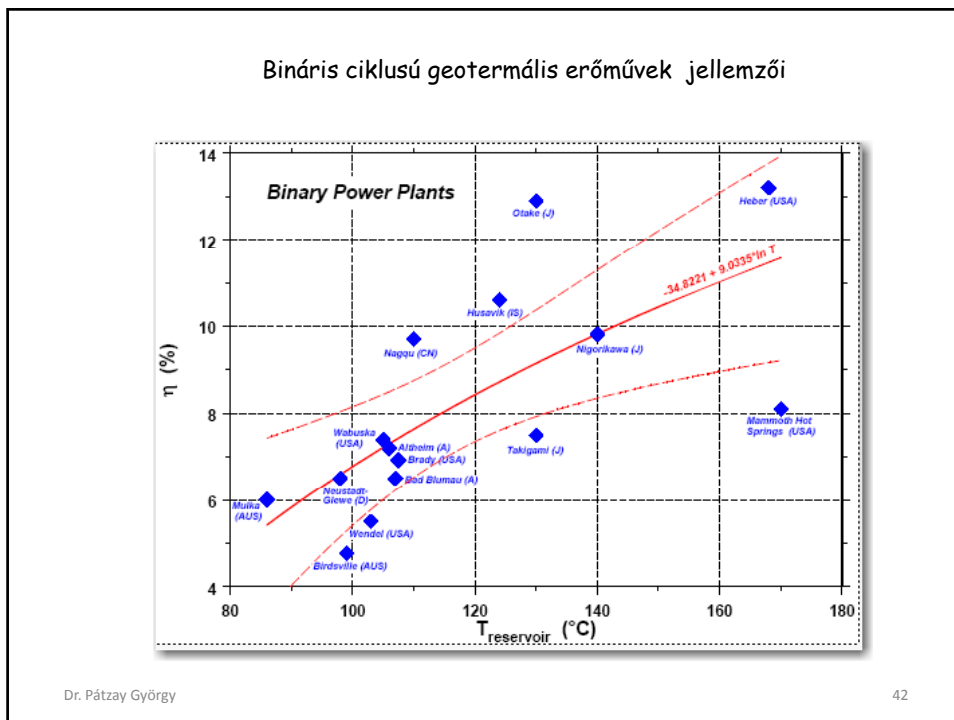
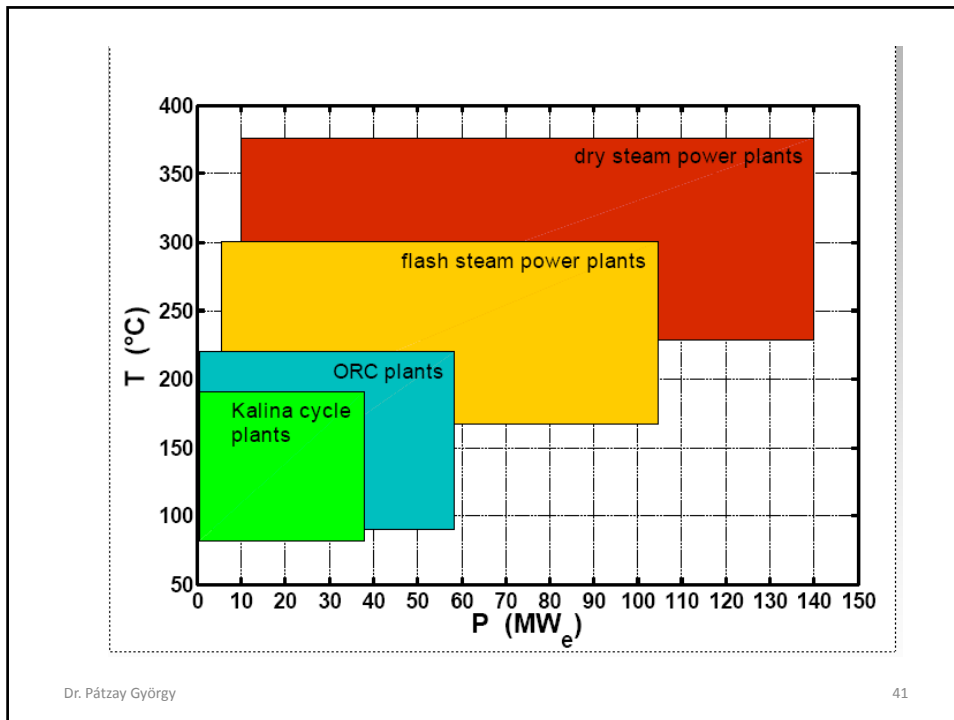
Dr. Pátzay György

39

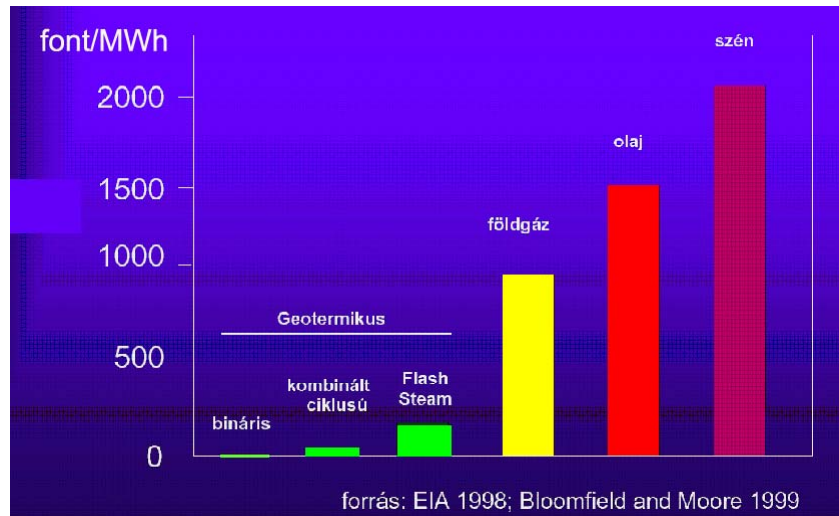


Dr. Pátzay György

40

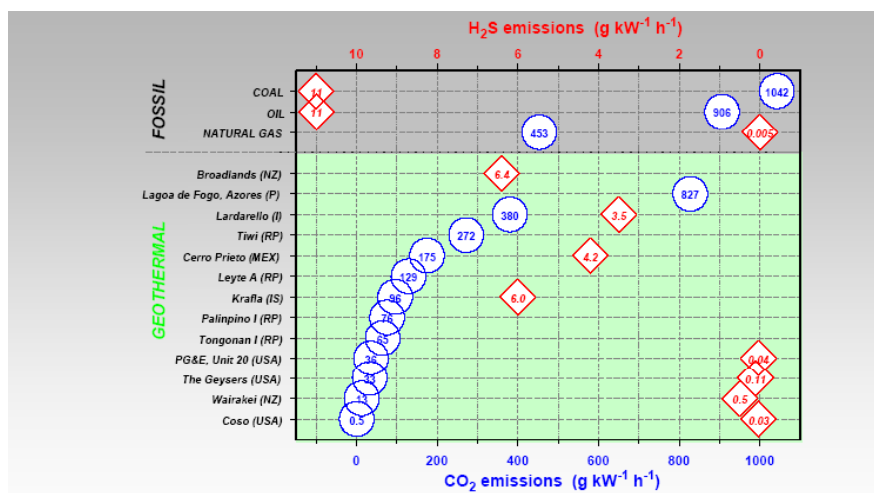


### Geotermikus erőművek CO<sub>2</sub> emissziója



Dr. Páztay György

43



Dr. Páztay György

44



## Geothermal electricity generation in Europe

THE IGA

Source: Proceedings World Geothermal Congress 2005

	Dry Steam Plants in MW <sub>el</sub>	Flash Plants in MW <sub>el</sub>	Binary Plants in MW <sub>el</sub>	Total Capacity in MW <sub>el</sub>	Capacity by 2010 in MW <sub>el</sub>
Austria			1.4	1.4	7.4
France		14.7 <sup>a</sup>		14.7	20.7
Germany			0.2	0.2	25.2
Iceland		161.7	10.4	172.1	392.1
Italy	770.5	20		790.5	890.5
Portugal		3.0	13.0 <sup>b</sup>	16	35
Russia		110 <sup>c</sup>		110	228
Switzerland					6
Turkey		20.4		20.4	
<b>Europe</b>	<b>770,5</b>	<b>329.8</b>	<b>24.3</b>	<b>1,125.3</b>	<b>1,650.3</b>

<sup>a</sup> Guadeloupe; <sup>b</sup> Azores; <sup>c</sup> thereof 9 MW<sub>el</sub> flash-binary unit

Dr. Páztay György

45

### • Közvetlen hőhasznosítás (direct use)

#### • Minimális hőmérséklet, °C):

- épületek fűtése (50°)
- melegházi fűtés (35°)
- mezőgazdasági-erdészeti kezelés (100°)
- Haltenyésztés (35°)
- Gyógyfürdők és barlangfürdők (35°)
- Ásványvizek (nincs előírás)
- Ásványi és vegyi termékek kezelése (120°)

#### Zsigmondy Vilmos

- I. 1865. Harkány, 38,7 m,
- II. 1867. Margitsziget, 119,5 m, 1500 m<sup>3</sup>/d,
- III. 1868. – 1870. Lipik, 234,6 m, 64 °C,
- IV. Nagyvárad D, ~ 1873., 47 m, 49 °C, 17.000 m<sup>3</sup>/d,  
később Félixfürdő
- V. 1878. Bp. Városliget, 970 m, 1200 m<sup>3</sup>/d, 73,8 °C,  
ekkor ez volt Európa legmélyebb fúrása.

Dr. Páztay György

46

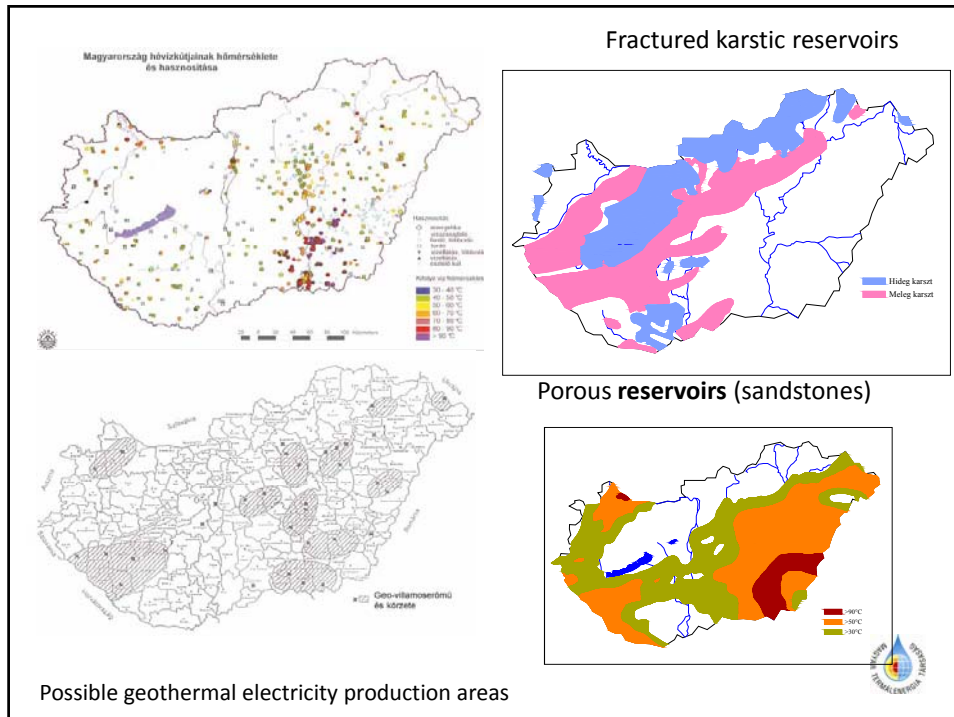
### Hungarian geothermal data (4666 drilling)

#### By region:

- South-Grat Hungarian Plain 1800 drills
- North-Hungary 1100 drills
- South-Trans-Danubia 830 drills
- North-Trans-Danubia 670 drills
- Other 266 drills

#### By depth:

- >5000 m 8 drills
- 4000–5000 m 45 drills
- 3000–4000 m 225 drills
- 2000–3000 m 796 drills
- 1000–2000 m 902 drills
- 500–1000 m 657 drills
- 100–500 m 1525 drills
- >100 m 185 drills
- not determined 323 drills





### Thermal wells and utilization in Hungary

Use of thermal wells in Hungary (Lorberer 2009)

Temp. (°C)	No	%	Use (No of wells)									
			SPA	WS	AGR	IND	COM	MUL	REI	CLO	OBS	ELI
30-39.9	584	44.8	60	183	73	29	1	9	0	87	40	102
40-49.9	289	22.2	93	23	16	18	2	20	0	43	45	29
50-59.9	137	10.5	46	9	17	10	2	14	4	16	12	8
60-69.9	121	9.4	34	0	17	6	1	25	7	18	3	10
70-79.9	70	5.4	8	0	23	4	6	16	2	8	2	1
80-89.9	50	3.8	4	0	33	3	2	1	0	6	1	0
90-99.9	48	3.7	4	0	31	1	5	0	0	5	0	2
>100	3	0.2	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
SUM	<b>1303</b>	100	<b>249</b>	<b>215</b>	<b>211</b>	<b>71</b>	<b>20</b>	<b>85</b>	<b>13</b>	<b>187</b>	<b>103</b>	<b>153</b>
%		100	19.1	16.5	16.2	5.4	1.5	6.5	1	14.1	7.9	11.7

SPA-thermal spas and hospitals, WS-water supply, AGR-agricultural, IND-industrial, COM-communal space heating, MUL-multiple purpose, REI-reinjection, CLO-closed, OBS-observation boreholes, ELI-eliminated



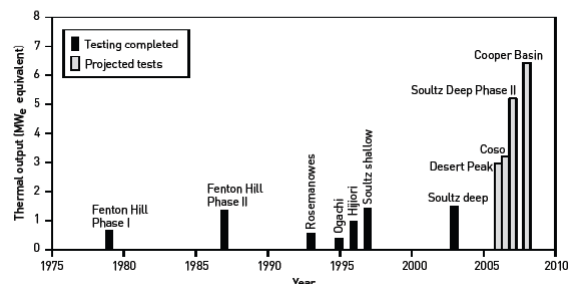
## HDR-EGS nagymélységű geotermikus energia hasznosítás

### HDR

- Fenton Hill (USA)
- Soultz (EU)
- Ausztrália



### Európai EGS erőművek



EGS erőművek becsült kapacitása (MW<sub>t</sub>) az időben

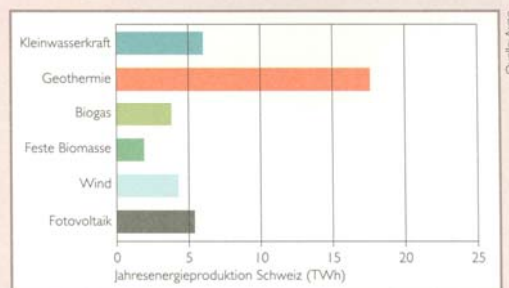
- 1 km<sup>3</sup> of 200°C forró gránit 20°C-al lehűtve...
- ...~10 Mw<sub>e</sub> ...
- ... 20 éven keresztül.



### The estimated EGS potential is huge:

- According to a study presented by the German Parliament the total technical potential for electricity production from EGS sources amounts to about 1'200 EJ (300'000 TWh),
- which corresponds to 600times the annual consumption in Germany.

Theoretisches Potenzial von erneuerbaren Energien in der Schweiz nach 2050



There are widely accepted operational numbers, which are necessary for a technically feasible and economically viable EGS system (Garnish 2002):

- heat exchange surfaces  $>2 \cdot 10^6 \text{ m}^2$
- in a volume  $>2 \cdot 10^8 \text{ m}^3$
- production flow-rates of 50-100 l/s
- at temperatures 150-200 °C
- flow impedance  $<0.1 \text{ MPa/l/s}$
- water losses  $<10\%$ .

So far, such numbers have not yet been demonstrated;  
presently there is no power generation from EGS systems.

A Pannon-medence magyarországi része az egyik legbiztatóbb terület Európában a mesterséges geotermikus energiatermelő rendszer alkalmazási lehetőségeit tekintve – állítja a francia BRGM-nél készített átfogó tanulmány.

Egy, a hazai lehetőségeket elemző dolgozat megállapításai szerint a leginkább ígéretes régió az ország D-i, DK-i szeglete, ezen belül is a mély medencék peremei és a medencék között található kiemelt alaphegységi területek: Dráva, Makó, Békés Nagykunság és Derecske.

Ezekben a régiókban a kristályos alaphegység anyaga kedvező esetben gránitos, mélysége 4000 m körüli, a közet hőmérséklet legalább 200 °C és a terület földrengések szempontjából is „csendes”.

Table 1: Goals and achievements in EGS projects world-wide

Project	Time period	Max. rock-temp. [°C]	Reservoir depth [m]	Well spacing [m]	Flow-rate [l/s]	Water loss [%]	Flow impedance [MPa/l/s]	Thermal capacity [MWth]	Water through-flow [m <sup>3</sup> ]
Los Alamos (USA)	1973-1979	232	3500	150-300	~7	<10	2.5	~5	80 -100
Rosemanowes (UK)	1980-1993	80	2000	180-270	~15	~25	0.4	~4	200 -300
Hijiori (Japan)	1985-2003	270	2200	~130	~12	~25	0.3	~7	50 -150
Soultz (F)	1989-1997	168	3500	~450	~26	0	0.23	~11	~7000
Soultz (F) (expected....)	1997-	202	5000	600-700	~100	0	0.12	~50	~20'000
Goals (Garnish 2002)		150 - 200			50 - 100	<10 %	0.1		

**Problémák:**

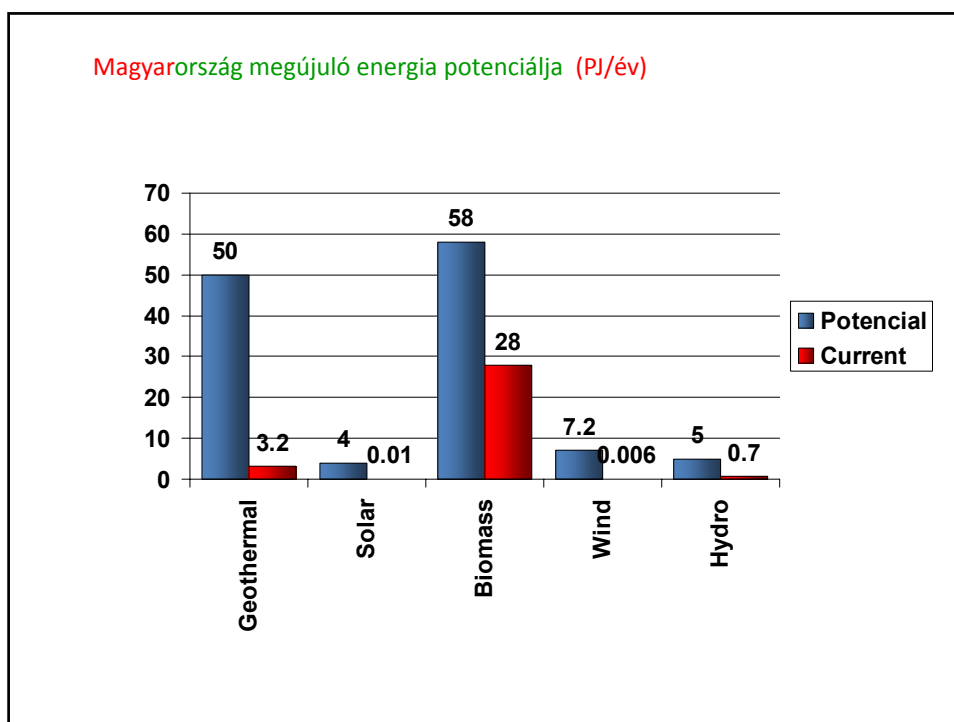
- > irregularities of the temperature field at depth
- favourable stress field conditions
- > long-term effects, rock-water interaction
- possible short-circuiting
- > environmental impacts like man-made seismicity

to name only a few.

Geofluid temperature, °C	Energy conversion system	Typical application	Working fluid	Cooling system
100	Basic binary	O&G waters	R-134a	Water (evaporative condenser)
150	Binary w/recuperator	O&G waters	Isobutane	Air
200	Binary or Single-flash	EGS	Isobutane or Geofluid	Air or water
250	Double-flash	EGS	Geofluid	Water
400	Single or triple expansion	Supercritical EGS	Geofluid	Water

**Modern geotermikus erőművek**

Dr. Páztay György 56



### Geotermikus energia hasznosítás Magyarországon (2005)

**Installált geotermikus kapacitás: 324.7 MWth**

*mezőgazdaság: 120.2*

*fűtés: 38.5*

*balneológia: 166.0*

**Éves felhasznált hőmennyiség: kb. 3.6 PJ/year**

**Geotermikus energia/összes energia: 0.3%**

**Nincs geotermikus villamos erőművünk!!!**

## Geotermikus energia hasznosítás Magyarországon (2005)

Éves energia felhasználás: 3,6 PJ

Éves energia potenciál: 10-50 PJ

Geotermikus villamos erőmű (Kalina ciklus) épül!

(Iklódbördöce-MOL)!

(A hazai kutak ~5 %-a tehető alkalmassá villamos energia termelésre min. 120 °C, max. 3000 m mélység)

Geotermikus energia hasznosítás ≠ termásvíz termelés !

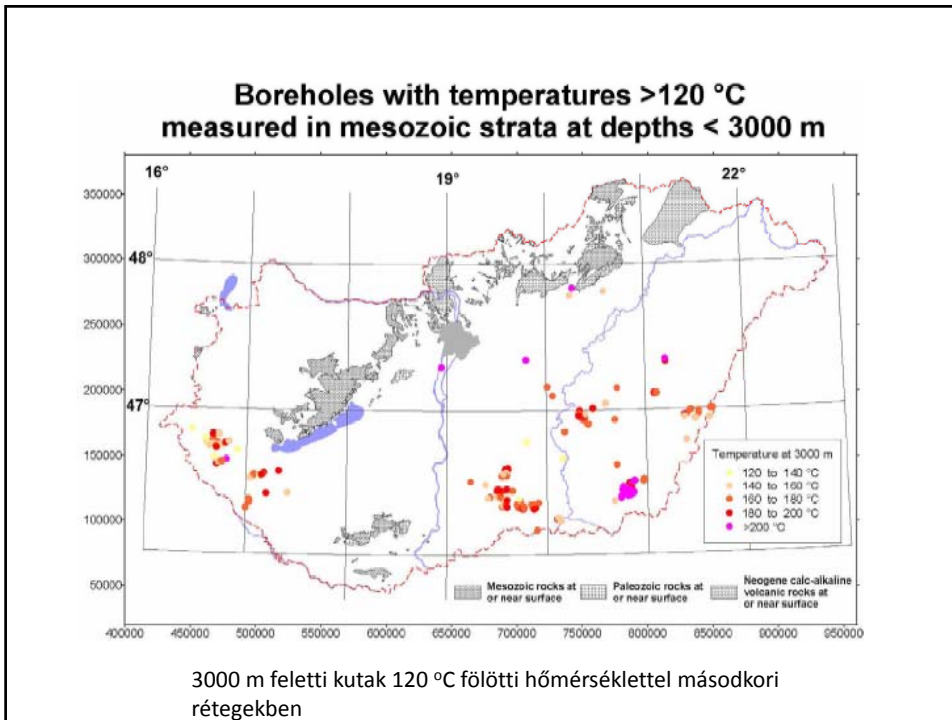
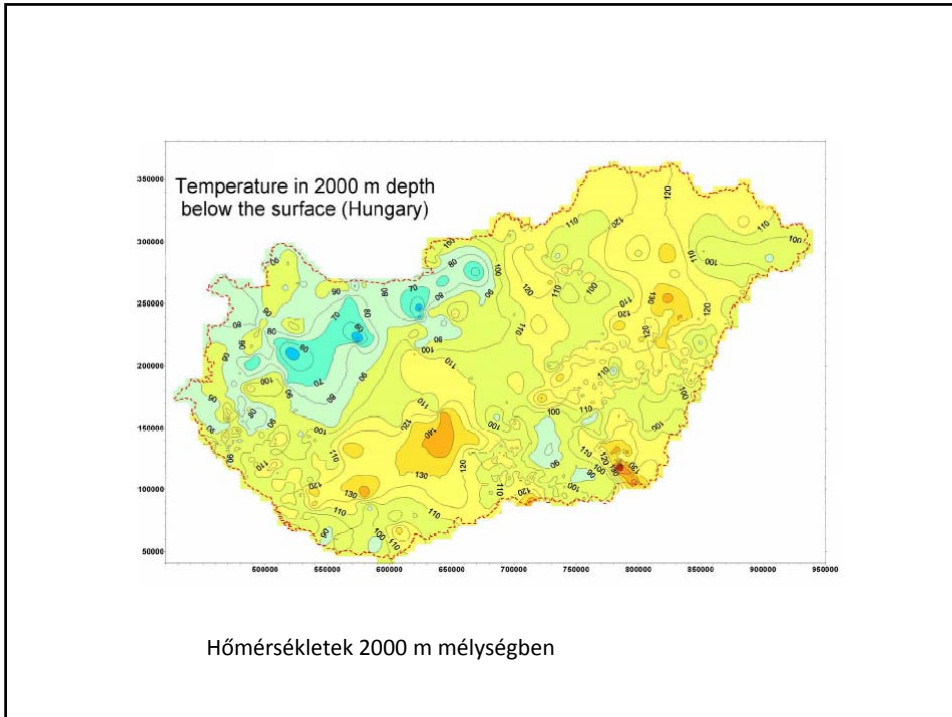
2004-ben több mint 900 (915) termálkút volt használatban:

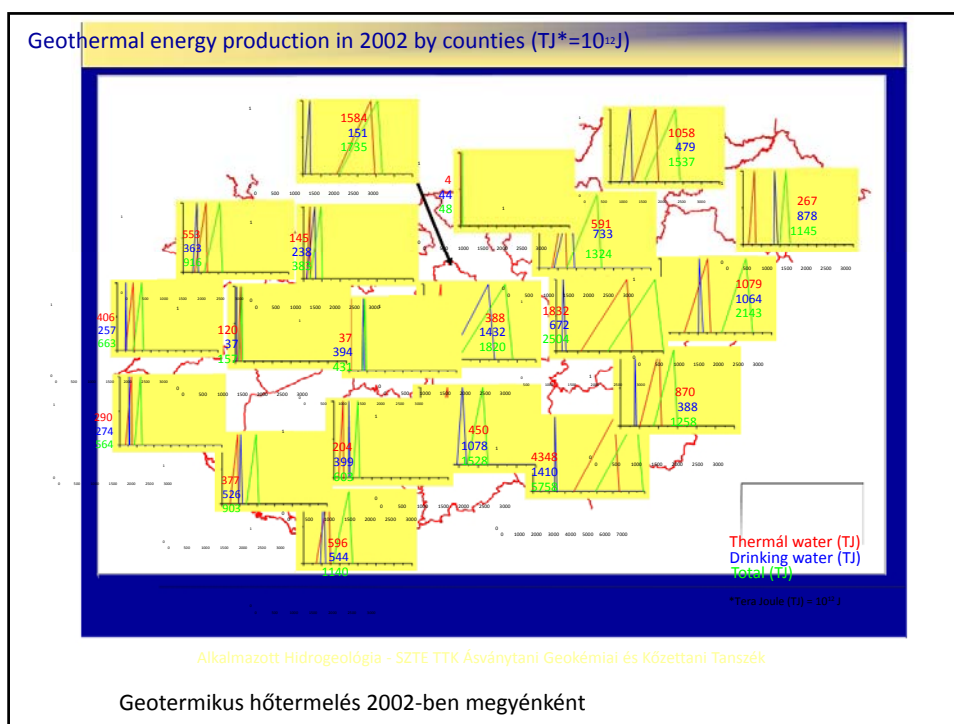
1. Ivóvíz	238	26 %	
2. Mezőgazdasági alkalmazás	192	21 %	
4. Balneológiai és turisztikai alkalmazás	284	31 %	
5. Egyéb (többfunkciós, kommunális, ipari)	201	22 %	

## A geotermikus energia hasznosítás megoszlása Magyarországon

Használat	Kút		Víztermelés 2003		Hőtermelés 2003	
	No.	%	m <sup>3</sup>	%	GJ	%
Mezőgazdaság	74	68	9900663	67	728854	62
Többfunkciós	11	10	1181779	8	77310	7
Közműl	13	12	2350524	16	224793	19
Ipari	11	10	1363632	9	138350	12
Összes	109	100	14796598	100	1169307	100

\* Balneológiai kutak nélkül





According to a briefing of the Ministry of Economy, there are 8 wells in Hungary that - with appropriate funding - might be made suitable for cogeneration:

	Potential calorific capacity MW	Potential electric energy producing capacity MW
Fábiánsebestyén	120	64
Álmosd	20	4
Tótkomlós	15	1,5
Mélykút	35	5
Tura	15	1,5
Andráshida	10	0,6
Nagyrécsa-Pet	20	2
Bajcsa	20	1
Total	255	79,6

Source: Briefing, Ministry of Economy and Traffic, Budapest, 2004

Hő- és villamosenergia termelésre alkalmas 8 kút Magyarországon  
(becsült hő- és villamosenergia teljesítmények, MW)



Egyéb lehetőségek:

➤ **Hőszivattyús fűtés geotermikus hőenergiával.**

Példa: Szeged város . A környezetvédelmi hatóság épületét fűtik, 15 db 120 m mély hőcserélő szonda segítségével

➤ **Épületek fűtése geotermikus fluidummal és a felsőpannon homokkőbe történő visszajuttatással Hódmezővásárhelyen. 1998-óta üzemel.**

➤ A GeoGas Energia-hasznosító és Szolgáltató Kft. Tervezete szerint **szeparált metángázzal gázmotorok segítségével villamos energiát termelénének**. 32 geotermikus kút mellé telepítenének gázmotort. Ezen kutak szeparált gázában a metántartalom 65-95 v/v% közé esik. A projekt 27 gázmotorral számol (7 db 201 kW<sub>e</sub>, 10 db 150 kW<sub>e</sub> és 10 db 105 kW<sub>e</sub> kapacitással.)

• A geotermikus villamosenergia termelés környezeti problémákat okozhat: kémiai szennyezést, hőszennyezést, levegő szennyezést, esztétikai szennyezést és zajszennyezést.

**1. Oldott anyagok**

- NaCl –SAR(%)
- Bór
- As, Hg
- Radioaktív anyagok (<sup>226</sup>Ra, <sup>228</sup>Ra, <sup>222</sup>Rn)
- Szerves vegyületek. KOI~20-70 mg O<sub>2</sub>/l huminsavak, fenolok stb.

**Az oldott anyagok közül a nátrium-klorid (NaCl), a bór (B), némely esetben az arzén (As) és higany (Hg) – melyek oldott mennyisége növekszik a hőmérséklettel. Ezeket határérték fölött tartalmazó vizek NEM bocsáthatók ki a felszíni vizekbe! Rendszeres ellenőrző mérések szükségesek.**

Jelenleg a tározókban lehűtött termálvizek egy részét felszíni vizekbe bocsátják ki. Számos esetben az összes oldott sótartalom (TDS), vagy a nátrium-ekvivalens% meghaladja a határértéket és nem bocsátható ki.

### Talajok esetében fontos vízösszetételi jellemzők

Na %: kationok közötti nátrium részarányt fejez ki

$$Na\% = \frac{Na^+}{(Ca^{2+}) + (Mg^{2+}) + (Na^+) + (K^+)} \times 100$$

Ha a víz hidrokarbonátos: a Na % maximum 35%.

Ha a víz kloridos, vagy szulfátos: a Na % maximum 45%.

SAR érték: nátrium adszorpciós arány

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

Szikesítő hatást fejezi ki. A víz koncentrációjának emelkedésével a szikesedés veszélye fokozódik.

- Bórvegyületek

A bórvegyületek néhány száz ppm mennyiségben fordulnak elő a hazai geotermikus fluidumokban és így potenciális környezetszennyező hatásuk van. A bór bórsav, vagy vízoldható bórvegyület formájában az összes magasabbrendű növény növekedéséhez szükséges esszenciális nyomelem, de a szükséges koncentrációt jelentősen meghaladó mennyiségben már mérgező. Már 1 ppm bórtartalmú víz is mérgező hatást fejthet ki.

- Arzénvegyületek

A hazai geotermikus fluidumok a jelenleg rendelkezésre álló elemzési adatai szerint jelentős (kb. 10 mg/l) arzéntartalommal rendelkeznek. Az energiatermelésben felhasznált, lehűtött víz kibocsátása esetén feltétlenül szükséges az arzénmentesítés. A vízben oldott arzénvegyületek elsősorban arsenit és arsenát formában fordulnak elő és egészségkárosító hatásuk közismert. Az említett arzénvegyületek közül a háromvegyértékű arsenit mérgező hatása nagyobb mint az ötvegyértékű arsenátoké. Általában 50 µg/l alatt lévő arzéntartalmú víz még emberileg fogyasztható, 200 µg/l koncentrációig pedig szántóföldi szennyvízhasznosításhoz alkalmazható.

- Radioaktív anyagok ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ )

A felszínre kerülő termálvizeinkben több kevesebb, a mindenütt jelenlévő  $^{238}\text{U}$  és  $^{235}\text{U}$  izotópok bomlásából származó radioaktív  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$  leányelemek fordulnak elő oldott állapotban.

A radon gáz halmazállapotú és könnyen távozik a vízből és levegővel felhígulva általában nem jelent veszélyt a környezetre.

A rádium izotópjai viszont a kalcium, magnézium és bárium izotóphoz hasonlóan viselkedve, vízkiválásokban vegyes rádium-bárium-szulfátként jelenhetnek és a  $^{226}\text{Ra}$  nagyenergiájú gamma-sugárzása révén veszélyt jelenthetnek a környezetre. A rádium leválasztható a fluidumból bárium-klorid adagolásával és kivált vízkövet megfelelő biztonsági rendszabályok mellett külön kell tárolni, zárt helyen.

- Szerves vegyületek (huminsavak, fenolok stb.)

A környezetre veszélyes aromás és többgyűrűs aromás vegyületek csak magasabb hőmérsékletű fluidumokban fordulnak elő. Egyes hazai termálkutak vizeiből alifás szénhidrogéneket már egyáltalán nem lehetett kimutatni, lényegesen több a fenoltípusú vegyületet, és a legtöbb alkilbenzol-származékot találtak.

## 2.Hőszennyezés

A kibocsátott meleg és nagy szerves anyag tartalmú vizek jelentősen megterhelik a felszíni vizeket és a geológiai képződményeket.

Károsítják az ökoszisztémát. 2-3-°C-os hőmérséklet emelkedés már komoly károkat okoz a felszíni vizekben. Hidrobiológia folyamatok felgyorsulnak és a biológiai egyensúlyok veszélyesen eltolódhatnak. Csökken az oldott oxigén tartalom.

A hőmérsékletváltozásra érzékeny növényi és állati szervezetek eltűnnek.

Hűtőtavak közbeiktatásával a hőszennyezés hatása nagyban kiküszöbölhető.

## 3.Levegőszennyezés

Hazánkban a termálvízből szeparált gáztartalmat ( $\text{CO}_2$  és  $\text{CH}_4$ ) közvetlen hőhasznosításkor leggyakrabban a környezetbe bocsátják ki. Egyes kutak szeparált  $\text{CH}_4$  tartalma 1-100  $\text{Ndm}^3/\text{m}^3$  vagy ennél magasabb érték is lehet..

Kiépítés és felszámolás közben jelentős porterhelés keletkezhet.

Az erőműből származó gőz ugyancsak befolyásolja a levegő minőségét, láthatósági problémát okozhat és helyi hőmérséklet változást idézhet elő.

**NSz-3  
nagy-  
entalpiás kút**

Magas TDS és klorid, kevesebb kalcium- és magnézium-bikarbonát és nátrium-szulfát. Nincs kalcium-szulfát és klorid jelen.

paraméter	értékek	egység
kütmélység	3165.0	m
Víz térfogatáram	1313.4	dm <sup>3</sup> /min
Víz hőmérséklet	171.0	°C
TDS	24855.0	mg/dm <sup>3</sup>
Gáz térfogatáram	6986.1.0	dm <sup>3</sup> /min
Gáz hőmérséklet	171.0	°C
Kútfejnyomás	45.0	Bar
Szeperált GVV	1700.0 CO <sub>2</sub> 16.270 vol%, CH <sub>4</sub> 79.440 vol%, N <sub>2</sub> 4.290 vol%	Ndm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
Oldott GVV	3400.0 CO <sub>2</sub> 35.250 vol%, CH <sub>4</sub> 61.910 vol%, N <sub>2</sub> 2.840 vol%	Ndm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
Vízösszetétel	Ca <sup>2+</sup> 1.335.10 <sup>-3</sup> Mg <sup>2+</sup> 3.350.10 <sup>-4</sup> Na <sup>2+</sup> 3.453.10 <sup>-1</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 2.380.10 <sup>-4</sup> Cl <sup>-</sup> 3.179.10 <sup>-1</sup> A <sub>TOT</sub> 2.600.10 <sup>-2</sup>	mol/kg mol/kg mol/kg mol/kg mol/kg mol/kg

**Fab-4  
nagy-  
entalpiás kút**

Magas TDS és klorid, kevesebb kalcium- és magnézium-bikarbonát és nátrium-szulfát. Nincs kalcium-szulfát és klorid jelen.

Paraméterek	érték	egység
kütmélység	4239.0	m
Víz térfogatáram	3750.7	dm <sup>3</sup> /min
Víz hőmérséklet	180.0	°C
TDS	27200.0	mg/dm <sup>3</sup>
Gáz térfogatáram	46500.0	dm <sup>3</sup> /min
Gáz hőmérséklet	180.0	°C
Kútfejnyomás	40.0	Bar
Szeperált GVV	4400.0 CO <sub>2</sub> 76.714 vol%, CH <sub>4</sub> 20.899 vol%, N <sub>2</sub> 2.566 vol%	Ndm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
Oldott GVV	8000.0 CO <sub>2</sub> 89.300 vol%, CH <sub>4</sub> 7.824 vol%, N <sub>2</sub> 3.876 vol%	Ndm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
Vízösszetétel	Ca <sup>2+</sup> 3.081.10 <sup>-3</sup> Mg <sup>2+</sup> 4.540.10 <sup>-4</sup> Na <sup>2+</sup> 4.284.10 <sup>-1</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 2.380.10 <sup>-4</sup> Cl <sup>-</sup> 4.684.10 <sup>-1</sup> A <sub>TOT</sub> 1.009.10 <sup>-2</sup>	mol/kg mol/kg mol/kg mol/kg mol/kg mol/kg

## 28/2004. (XII. 25.) KvVM Kormányrendelet

## Emissziós határértékek

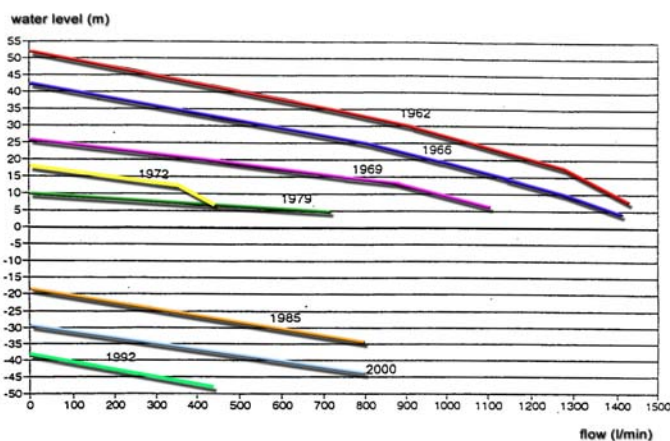
Paraméter	egység	Energetikai felhasználás	Balneológiai felhasználás	Termál fürdő
Kémiai oxigénigény (KOI)	mg/l	-	150	-
TDS	mg/l	3000	5000	2000
Nátrium-ekvivalens	%	45	95	45
Ammónia-ammónium-nitrogén	mg/l	-	10	-
Szulfidok	mg/l	-	2	-
Fenolindex	mg/l	1.0	-	-
Összes bárium	mg/l	-	0.5	-
Hőkibocsátás	°C	30	30	30

## Kibocsátási határértékek talajba és talajvízbe

Concentration limits in soil and subsurface water  
(10/2000.(VI.2.) KÖM-EUM-FVM-KHVM )

Components		Soil (mg/kg dry soil)		Subsurface water (µg/l)		
		B	C1-(C2)-C3	B	C1-(C2)-C3	
Metals	Cr	75	150-800	50	100-200	
	Ni	40	150-250	20	50-100	
	Cu	75	200-400	200	300-1000	
	Zn	200	500-2000	200	300-1000	
	As	15	20-60	10	20-75	
	Se	1	5-20	5	10-50	
	Cd	1	2-10	5	6-10	
	Ba	250	300-700	700	1000-2000	
	Hg	0,5	1-10	1	1,5-3	
	Pb	100	150-600	10	40-100	
	B			500	750-1500	
	Inorganic pollutants	Cyanide (pH 4,5)	2	5-20	50	100-300
		Cyanide sum	20	100-650	100	200-1000
Fluoride				1,5 mg/l	2-4 mg/l	
Sulfate				250 mg/l	500-1000 mg/l	
o. Fosfate				0,5 mg/l	1-2 mg/l	
Nitrate				25 mg/l	80-200 mg/l	
Ammonium			0,5 mg/l	1-4 mg/l		
Hydrocarbons	Sum alifatic CH (C5-C40)	100	300-5000	100	500-2000	
	Aromatic components (BTEX)					
Aromatic components (BTEX)	Benzene	0,2	0,5-5	1	5-20	
	Toluene	0,5	5-25	20	30-80	
	Ethyl-benzene	0,5	1-25	20	30-80	
	Xilolok	0,5	5-25	20	30-80	
	other alkylbenzenes sum	0,5	5-50	20	30-80	
Fenols	sum fenols	1	12-60	20	60-1300	

„B” pollution concentration limits, "C1, C2, C3" Action pollution limits



Szeged, Székelysori kutak kútfejnyomás alakulása  
(By Dr Török, J.)

#### Megújuló („zöld”) villamosenergia termelés tervei 2010-ig

Megújuló	Többlet termelés GWh/év	Megjegyzés
CRW (fa)	840	Korlátolt erdő 1MW <sub>e</sub> ~8300 ha
Víz	60	
Szél	300-450	Korlátolt flexibilitás
Geotermikus	100	Inert kutak (MOL)
Szennyvíz-biogáz	50	
Városi hulladék	40	Korlátolt szelektív gyűjtés
Összesen	1390-1540	

2025-ig 60 MW<sub>e</sub> geotermikus villamosenergia termelési kapacitással számolnak, mely 390 GWh/év villamos energiát termelhet.