

A GEOTERMIKUS ENERGIA NEMZETKÖZI HELYZETE ÉS KÖRNYEZETVÉDELMI LEHETŐSÉGEI

MTA Budapest, 2008. március 14.

RYBACH L.

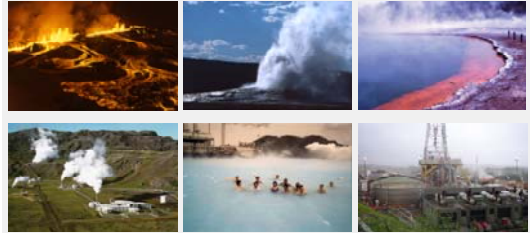
Prof.em. ETH Zürich, GEOWATT AG Zürich, Svájc

- A földhő alapja
- A nemzetközi helyzet
 - * A geotermia a megújuló energiák között
 - * Áramfejlesztés
 - * Közvetlen hőhasználat
- Környezetvédelmi lehetőségek
- Összefoglalás



Földhő

GÉOTHERMIE.CH



Geotermia

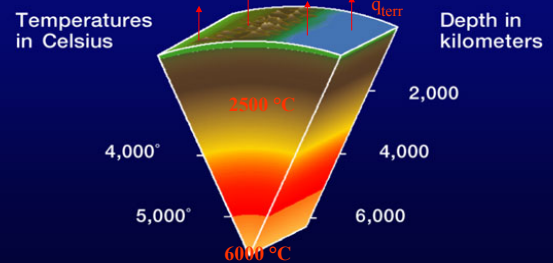
GEOWATT AG



A geotermia (földhő) alapja

- A föld 99 %-a 1000°C-nál melegebb. Csak 0.1 %-a van 100°C alatt;
- A földi hőáram globális teljesítménye 40 millió MW_g;
- A földbelső hőtartalma jórészt a radioaktív bomlásból (U, Th, K) származik;
- A geotermikus készletbázis óriási és mindenütt jelen van.

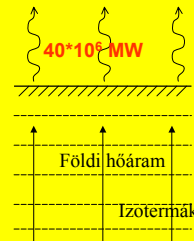
Temperatures in the Earth



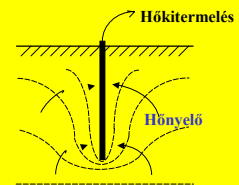
A föld 99 %-a 1000°C-nál melegebb. Csak 0.1 %-a van 100°C alatt.
A földi hőáram globális teljesítménye 40 millió MW.

Megújulás, kihasználási elv

- A megújulást a hűtőanyagcserével szolgáltatja;
- A földi hőáram világűrbeli „eltávozása” helyett:
→ befogható! (hőnyelők)

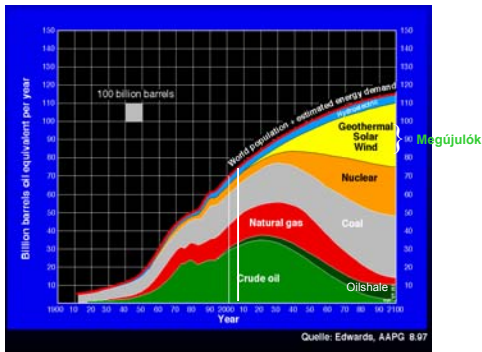


A földi hőáram kilép a világűrbe (= „elveszik“)



A hőnyelő „befogja” a földi hőáramot

Jövöbeli kilátások (AAPG 1997)



A megújuló energiák potenciálja (WEA 2000)

Energiaforrás	Teljesítmény (EJ/év)*
Geotermikus energia	5000
Napenergia	1575
Szélenergia	640
Biomassza	276
Vízenergia	50
Összesen	7541

*) 1 EJ = 10¹⁸ J

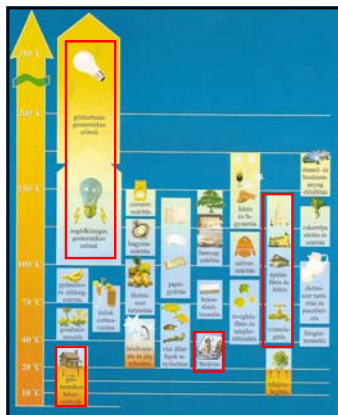
Áramfejlesztés megújuló energiaforrásokból 2005-ben (WEC 2007 Survey of Energy Resources)

Energiabázis	Beépített teljesítmény		Éves termelés		Kapacitás faktor (%)
	GWe	%	TWh/év	%	
Víz	778	87,5	2,837	89	42
Biomassza	40	4,5	183	5,7	52
Szél	59	6,6	106	3,3	21
Geotermia	9	1,0	57	1,8	72
Nap	4	0,4	5	0,2	14
Összesen:	890	100	3.188	100	41*

*) súlyozott átlag

Összehasonlítás a többi megújuló energia felhasználásával

- A földhőre az jellemző, hogy állandóan rendelkezésre áll; ezzel szemben a nap nem süt és a szél nem fúj mindig. Ennek megfelelően a geotermikus erőművek használhatósági aránya (=termelt áram / teljesítmény; 72%) a legmagasabb.
- Azáltal, hogy a geotermikus energia független a meteorológiai körülményektől (ami viszont nem jellemző a víz-, szél-, napenergiára), flexibilis formában alkalmazható, alapteljesítményre ugyanúgy, mint az igények maximumának idején csúcsteljesítményre.
- A geotermia aránylag magas részesedése (a termelt áram 1,8%-át szolgáltatja a teljesítmény 1,0%-ával) a földhő megbízhatóságát bizonyítja; sokhelyütt már 90%-os használhatósági arány realizálódik.



A földhőhasználat célja a termelt közeg hőmérsékletétől függ.

Mádné Szőnyi Judit könyvéből (2007)

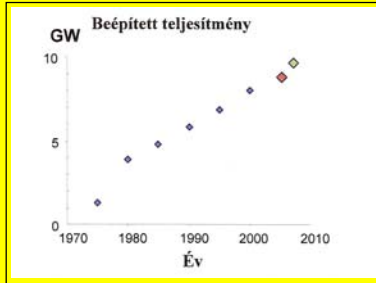
S.1. ábra: Lindal-diagram (Lindal, 1979 és USOE Department of Energy, 2002 alapján)

Az első geotermikus erőmű



Ginori Conti herceg; 10 kW-os dinamójával (1904)

A geotermikus áramfejlesztés fejlődése világszerte
(Bertani, 2008)



Geotermikus áramfejlesztés

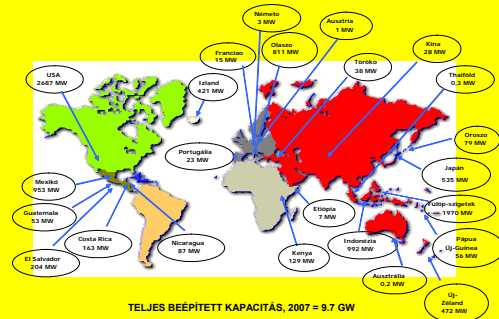
- A geotermikus áramfejlesztés több mint amikor száz éve indult Olaszországban. Ma huszonegy ország állít elő áramot földhő-forrásokból; ezek közül jó néhányban jelentős része van (15 –22 %) a geotermikus áramnak az ország (Costa Rica, El Salvador, Izland, Kenya, Fülöp-szigetek) áramellátásában.
- 2004-ben világszerte 8,9 GWe kapacitás termelt 57 TWh árammennyiséget; a 2007-re szóló becslés 9,7 GWe teljesítményt és 60 TWh áramot ad (Bertani, 2005, 2007).
- A geotermikus erőművek világszerte működnek, jelenleg leginkább a geológiailag előnyös területeken mint pl. vulkanikus környezetben.

Geotermikus erőművek - lemezhatárok



Lithospheric plates, oceanic ridges, oceanic trenches, subduction zones, and geothermal fields. Arrows: direction of plate movement. 1- geothermal fields producing electricity and country name; 2- mid-oceanic ridges; 3- subduction zones (from Dickson and Fanelli, 2004).

Geotermikus erőművek - világszerte



TELJES BEÉPÍTETT KAPACITÁS, 2007 = 9,7 GW

Geotermikus áramfejlesztés	
Ország	GWh/év
USA	17.917
Fülöp-szigetek	9253
Mexikó	6282
Indonézia	6085
Olaszország	5340
Japán	3467
Új-Zéland	2774
Izland	1483
Costa Rica	1145
Kenya	1088
El Salvador	967
Nicaragua	271
Guatemala	212
Törökország	105
Guadeloupe (Fr.o.)	102

A geotermikus áramfejlesztésben élenjáró országok

(„top fifteen“, Bertani 2007)

Jelenleg 24 országban működnek geotermikus erőművek

7 plants
73 MWe
By 2010
300 MWe

12 MWe (3x4) - 1999

1st stage 50 MWe (2x25)

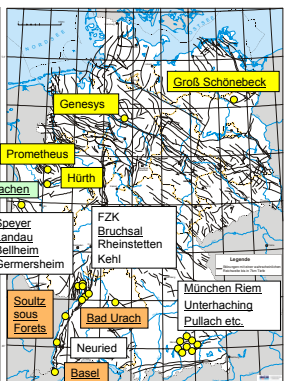
Severe weather - unmanned and remote controlled - planned
15 m snow

Separators – 50 MWe

Turbines – 50 MWe

Mutnovsky power plant, Kamchatka, Russia

Földhőfejlesztés Németországban



- Enhanced Geothermal Systems ■
- HDR ■
- Tiefe Sonde ■
- Hydrothermal
- R&D projects ■ ■

Összesen 150 nagyobb projekt; 4 milliárd €

A Landau-i geotermikus erőmű



Németország, 2.5 MWe, 2007 november óta működik

Unterhaching / D



Elektromos erőmű
3.4 MWe

Unterhaching / D



Hőerőmű, távvezeték
38 MWth

2007. november óta működik

Közvetlen hőhasznosítás

- A közvetlen hőhasznosítás sok alkalmazási területen érvényesül: fűtés, ipari és mezőgazdasági felhasználások, hévízfürdők.
- 2004-ben hetvenkét országban folyt közvetlen geotermikus hasznosítás, 28 GWth kapacitással és 270 TJ/év hőtermeléssel; készletek világszerte kilencven országban vannak kimutatva.
- A közvetlen hasznosítás globális megoszlása a következő: épületfűtés 52% (ebből 32% földhőszivattyúk), fürdés (gyógyfürdők, üdülés) 30%, mezőgazdaság (üvegházak, talajfűtés) 8%, ipari alkalmazás 4%, haltenyésztés 4% (Lund et al., 2005).

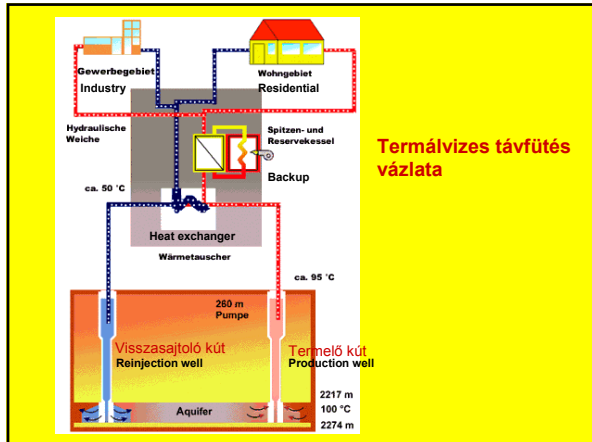
Közvetlen hőhasznosítás

Ország	TJ/év
Kína	45,378
Svédország	36,000
USA	31,241
Törökország	24,840
Izland	24,502
Japán	10,303
Magyarország	7942
Olaszország	2098
Új-Zéland	7553
Brazília	6624
Grúzia	6307
Oroszország	6145
Franciaország	5195
Dánia	4399
Svájc	4230

A közvetlen földhőhasználatban élenjáró országok

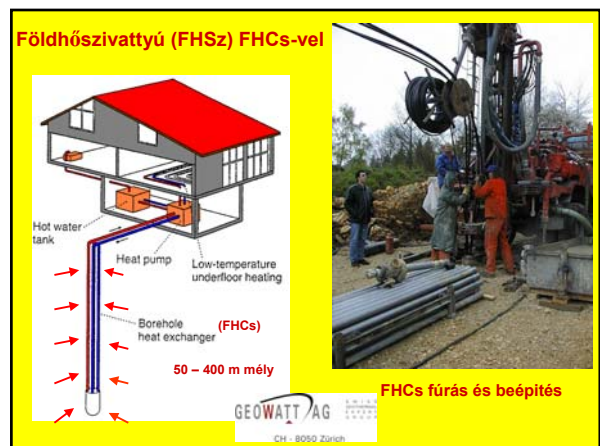
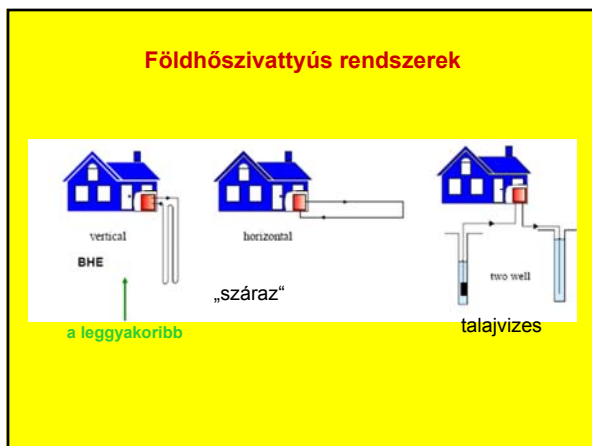
(„top fifteen“; Fridleifsson, 2008)

Jelenleg 72 országban folyik közvetlen hőhasznosítás



Földhőszivattyúk

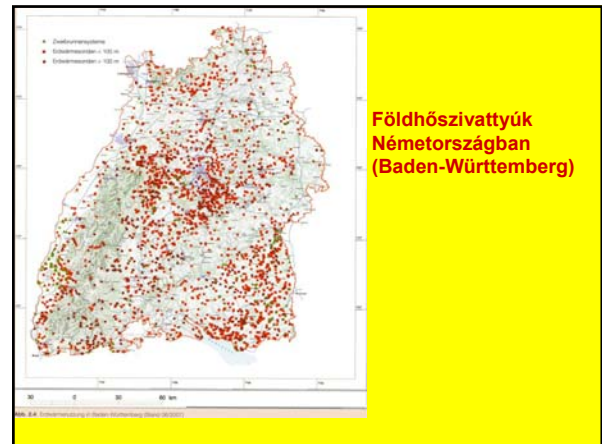
- A közvetlen felhasználásban az utóbbi évtizedben a földhőszivattyúk elterjedése a legszembetűnőbb; egyben a megújuló energiaforrások egyik leggyorsabban növekvő kategóriáját képviselik.
- Ezek a rendszerek a mindenütt jelenlévő, sekély, óriási geotermikus készletek (=az altalaj vagy a talajvíz hőtartalma) kihasználásán alapulnak. Ez a készlettartomány maximum 400 méter mélységig terjed (ez csak definíció kérdése, termikus határa ennek a tartománynak nincs).
- A már kiforrott technológia a készlettartomány relatív konstans hőmérsékletét (4 – 30 °C) használja fel sokféle alkalmazásra (épületfűtés, -hűtés, melegvíz szolgáltatás lakások, iskolák, ipari, nyilvános és kereskedelmi létesítmények számára).



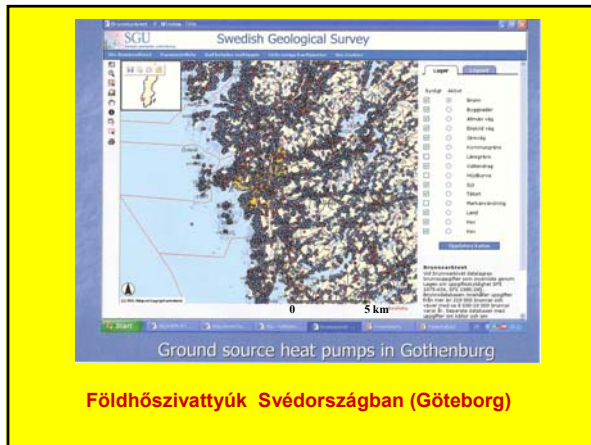
Terminal E, Zurich airport



200'000 m³ construction space
 58'000 m² energy supply area
 2120 MWh/a heating, 1240 MWh/a cooling load
 300 energy piles à 30 m



Földhőszivattyúk Németországban (Baden-Württemberg)



Földhőszivattyúk Svédországban (Göteborg)

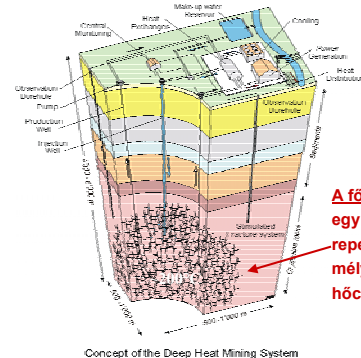
A földhőszivattyús rendszerek rohamosan, de nem egyöntetűen fejlődnek Az EU-ban egyes országok már régóta sokasítják ilyen típusú rendszereiket, míg mások csak nemrég kezdtek felcsatlakozni. 2006-ban több mint 500.000 berendezés működött 7,2 GWh teljesítménnyel.

Ország	2003	2004	2005	2006
Svédország	31.564	39.359	34.584	40.017
Németország	7349	9593	13.250	28.605
Franciaország	9000	11.700	13.880	20.026
Ausztria	3633	4282	5205	7235
Finnország	2200	2905	3506	4506
Észtország	n.a.	1155	1310	1500
Csehország	n.a.	600	1027	1446
Belgium	n.a.	n.a.	1000	1000
Lengyelország	n.a.	n.a.	100	200
Szlovénia	n.a.	35	97	120
Magyarország	n.a.	n.a.	80	120
Összesen:	53.746	69.629	74.039	104.775
Svájc	3558	4380	5128	7130

A „jövő zenéje”: az EGS rendszer

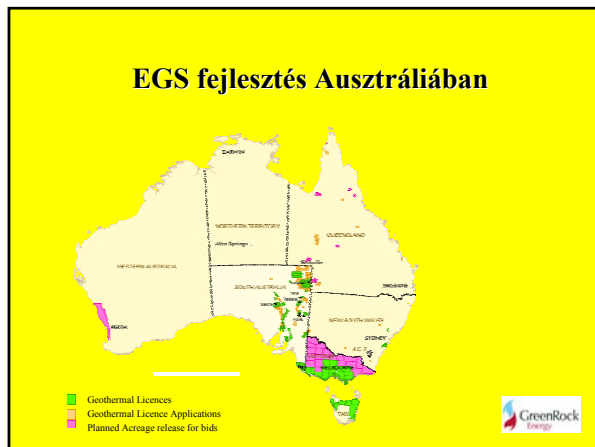
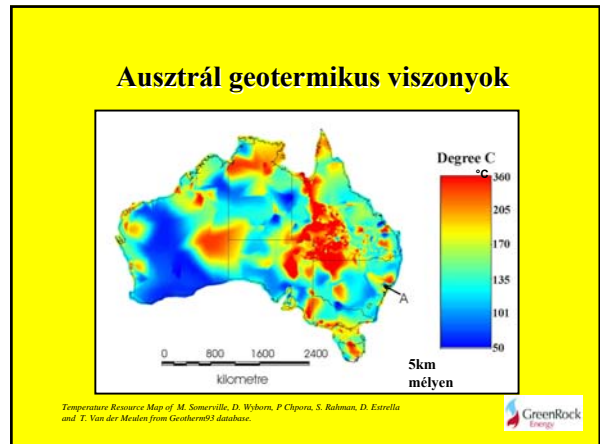
- Az „EGS“ (Enhanced Geothermal System) rendszer lényege elvben egyszerű: nagyobb, néhány kilométeres mélységben, ahol a közet hőmérséklet eléri a 200°C-t, egy repedésrendszert kell kialakítani hőcserélőnek. A kiemelt hőenergia közvetlenül (pl. távfűtésre) és/vagy áramfejlesztésre használható.
- Annak ellenére, hogy még sok részletkérdés tisztázandó, Ausztráliában egy igazi „EGS láz” tört ki. Ott 33, részben már a tőzsdén szereplő társulat dolgozik 150 koncessziós területen, 650 millió US \$-t meghaladó tőkebevetéssel (Beardmore, 2007). Erőművek egész sora van tervbe véve, beindulásuk egyikét éven belül várható.
- Németországban és Franciaországban is épülnek jelenleg EGS-alapú erőművek.

EGS rendszer váza, kapcsolt áram- / hőtermelésre



A fő komponens:
 egy elágazó, átteresztőképes repedésrendszer több km mélységben, elegendő hőcserélő felülettel

Concept of the Deep Heat Mining System



A GEOTERMİKUS ENERGIA NEMZETKÖZI HELYZETE ÉS KÖRNYEZETVÉDELMI LEHETŐSÉGEI

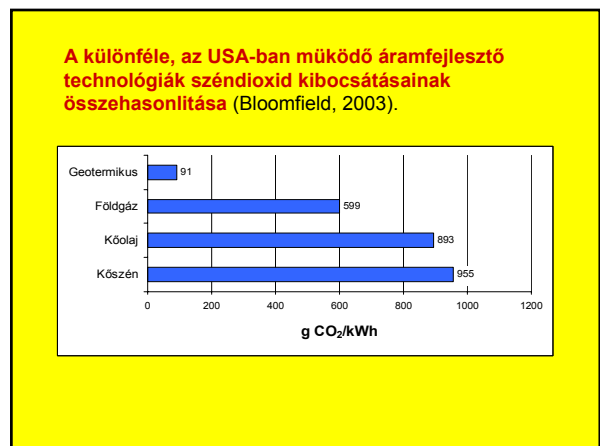
MTA Budapest, 2008 március 14.

RYBACH L.
Prof.em. ETH Zürich, GEOWATT AG Zürich, Svájc

- A földhő alapja
- A nemzetközi helyzet
 - * A geotermia a megújuló energiák között
 - * Áramfejlesztés
 - * Közvetlen hőhasználat
- Környezetvédelmi lehetőségek
- Összefoglalás

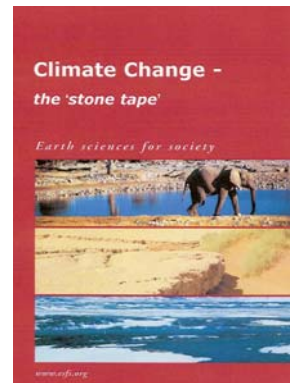
Környezetvédelmi lehetőségek

- A geotermikus energia mint környezetbarát technológia van általában elkönnyelve. Ez annyiban igaz, hogy más energiát szolgáltató technológiával összehasonlítva –különösképp a fosszilis energiahordozókat illetően– kedvező mutatókkal rendelkezik
- Mint minden más energia-technológia, a földhő használata is bizonyos környezeti hatásokkal jár. Ezek ideiglenesek vagy állandó jellegűek, maradandó vagy elmúló változásokat okoznak. Általában a hatósági környezetvédelmi előírások garantálják, hogy csak határértékeken aluli effektusok álljanak elő, pl. anyagkibocsátás a levegőbe, vagy a felszíni és földalatti vizekbe.



Korunkban a klímamelegedés és annak lehetséges lelassítása az egyik legnagyobb környezetvédelmi kihívás.

- Ma már általánosan elismert tény, hogy a klímamelegedést főleg az atmoszféra széndioxid-tartalmának növekedése okozza.
- A CO₂ kibocsátás szabályozására többféle lehetőség van (CO₂ adózás, tanúsítvány-kereskedelem, kompenzáció külföldön – *emission trading; clean development mechanism*); ami azonban a legfontosabb, az a redukció.



2008: International Year of Planet Earth

A megújuló energiáknak itt fontos szerepe lehet (fosszilis enegiahordozók „kiváltása“). Az **ICPP** számára most egy tanulmány készült, amely a geotermia ilyenirányú lehetőségeit mutatja fel.

A geotermia jövőbeli szerepéhez a földhőhasználat fejlődését kell megbecsülni.

Ezek a becslések (geotermikus áramfejlesztésre valamint a közvetlen földhőhasználatra) az eddigi növekedési arányokon valamint a technológiai előrehaladás trendjein alapszanak.

The possible role and contribution of geothermal energy to the mitigation of climate change

IPCC Geothermal 11 February 2008

Ingvar B. Fridleifsson (United Nations University Geothermal Training Programme, Iceland), Ruggero Bertani (Enel S.p.A., Italy), Ernst Huenges (GFZ Potsdam, Germany), John W. Lund (Oregon Institute of Technology, USA), Arni Ragnarsson (ISOR, Iceland), and Ladislaus Rybach (Geowatt AG, Switzerland).

Abstract

Electricity is produced by geothermal in 24 countries, five of which obtain 15-22% of their national electricity production from geothermal energy. Direct application of geothermal energy (for heating, bathing etc.) has been reported by 72 countries. By the end of 2004, the worldwide use of geothermal energy was 57 TWh/yr of electricity and 76 TWh/yr for direct use. Ten developing countries are among the top fifteen countries in geothermal electricity

IPCC publication in print, 36 p.

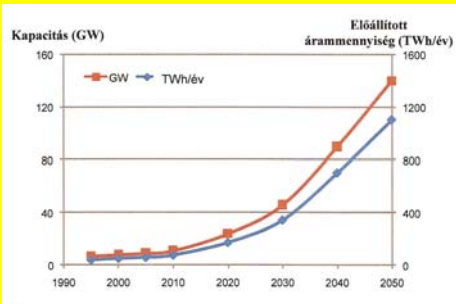
A geotermikus erőművek műkdése jelenleg globális átlagban 120 gCO₂ kibocsátással jár per kWh fejlesztett áram.

Jövőben a technológia fejlődése itt is folytatódik; a 10 gCO₂/kWh-s érték elérése várható.

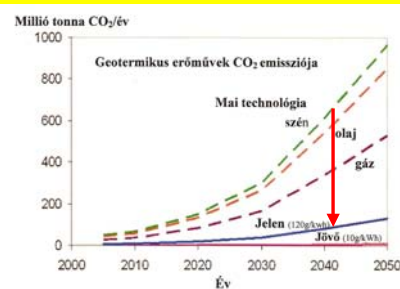
Ennek köszönhetően – és a geotermikus áramfejlesztés további növekedését megbecsülve – jelentős potenciál számítható a széndioxid kibocsátás elkerülésére.

Geotermikus erőművek világszerte – fejlesztett áram és használhatósági arány 1995-2005; becslés 2010-2050 (Fridleifsson et al., 2008).

Year	Installed Capacity (GW)	Electricity Production (GWh/yr)	Capacity Factor (%)
1995	6.8	38,035	64
2000	8.0	49,261	71
2005	8.9	56,786	73
2010	11	74,669	77
2020	24	171,114	81
2030	46	343,685	85
2040	90	703,174	89
2050	140	1,103,760	90



A geotermikus áramfejlesztés becsült jövőbeni fejlődés-trendje, beépített teljesítmény és előállított áram-mennyiség formájában (Fridleifsson et al., 2008).



Geotermikus erőművek CO₂ emisszió-nyhítési potenciálja, ha fosszilis erőműveket helyettesítenek. A geotermikus görbék (kék, lila) az említett emisszió értékek (10 illetve 120 g/kWh) alapján számítottak (Fridleifsson et al., 2008).

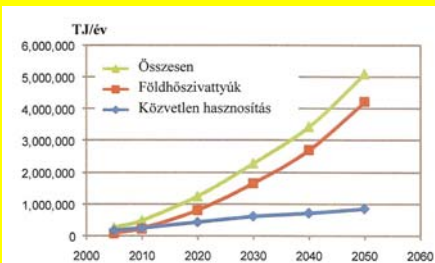
A közvetlen földhőhasználat lehetséges jövőbeni fejlődése (Fridleifsson et al., 2008)

Year	Average annual growth rate from 2005		Direct Use other than GHP		Geothermal Heat Pumps (GHP)		Total	
	Direct Use (%)	GHP (%)	MW _{th}	TJ/yr	MW _{th}	TJ/yr	MW _{th}	TJ/yr
2005	7	22	12,855	185,869	15,384	87,503	28,239	273,372
2010	7	22	18,000	260,000	41,500	236,000	59,500	496,000
2020	6	16	30,900	446,000	143,000	811,000	173,000	1,260,000
2030	5	12.5	43,600	630,000	292,000	1,660,000	336,000	2,290,000
2040	4	10	50,800	734,000	476,000	2,710,000	527,000	3,444,000
2050	3.5	9	60,500	874,000	744,000	4,230,000	804,000	5,100,000

Jelenleg Európában az átlagos, áramszolgáltatásból származó CO₂ emisszió a különböző meghajtású (víz, szén, olaj, gáz, urán) elektromos erőművek aránya alapján kb. 0.5 kg/kWh.

Fűtésre jól tervezett földhőszivattyú rendszerek teljesítményszáma (az ún. *seasonal performance coefficient*) 4.0. Ezzel számítva és a más tüzelésű rendszerek figyelembevételével egy ugyanolyan teljesítményű olajfűtés helyettesítése 45%-os, gázfűtésnél 33%-os CO₂ kibocsátás megtakarítást jelent („kiváltás”). Az összehatas Európában jelenleg évi 1.6 x 10⁶ tonna széndioxid redukció potenciált jelentene.

Világszerte a megtakarítás természetesen a jövőben jóval nagyobb, ha a földhőszivattyúk további várható elterjedését is számításba vesszük:



A közvetlen hőfelhasználás (földhőszivattyúk nélkül) és a földhőszivattyúk becsült fejlődés-trendje, a szolgáltatott hőmennyiség formájában (Fridleifsson et al., 2008).



A közvetlen földhőhasznosítás és a földhőszivattyúk CO₂ emisszió-nyhítési potenciálja (Fridleifsson et al., 2008).

ÖSSZEFOGLALÁS

A földhő jelentős potenciálja és jelenlegi használata jól áll a megújuló energiák versenyében

Előnyei: hazai, állandóan termelő, fenntartható, környezetbarát energiaforrás

Egyes ágai mint pl. a földhőszivattúk rohamosan fejlődnek (legalább is már sokhelyütt)

Jelentős szerepet játszhat a geotermia a klímaváltozás elleni küzdelemben...

Magyarországon is !

Köszönöm a figyelmüket !

Prof. Dr. Dr.h.c. L. Rybach
GEOWATT AG Zurich
Dohlenweg 28
CH-8093 Zurich, Switzerland
rybach@geowatt.ch

Gazdaságossági szempontok

Áramfejlesztés

Erőműfajta	Áramfejlesztési költség (US cent/kWh)
Vízermű	2 - 10
Geotermikus erőmű	2 - 10
Szélermű	4 - 8
Biomassza erőmű	3 - 12
Napelemek	25 - 160
Naperőmű	12 - 34

Megújuló energiaforrásokból fejlesztett villanyáram ára (WEA, 2004)

Jelenleg a geotermikus erőművek kiépítési költsége 3 – 4.5 millió €/MW, az áramfejlesztési költség 40 – 100 €/MWh (Fridleifsson et al. 2008)

Közvetlen hőkihasználás

A földhőalapú távfűtésnél a közepes ár 2.0 €/GJ (IEA, 2007).

Földhőszivattúk

A kombinált fűtés/hűtés közepes ára 16.0€/GJ (IEA, 2007).