



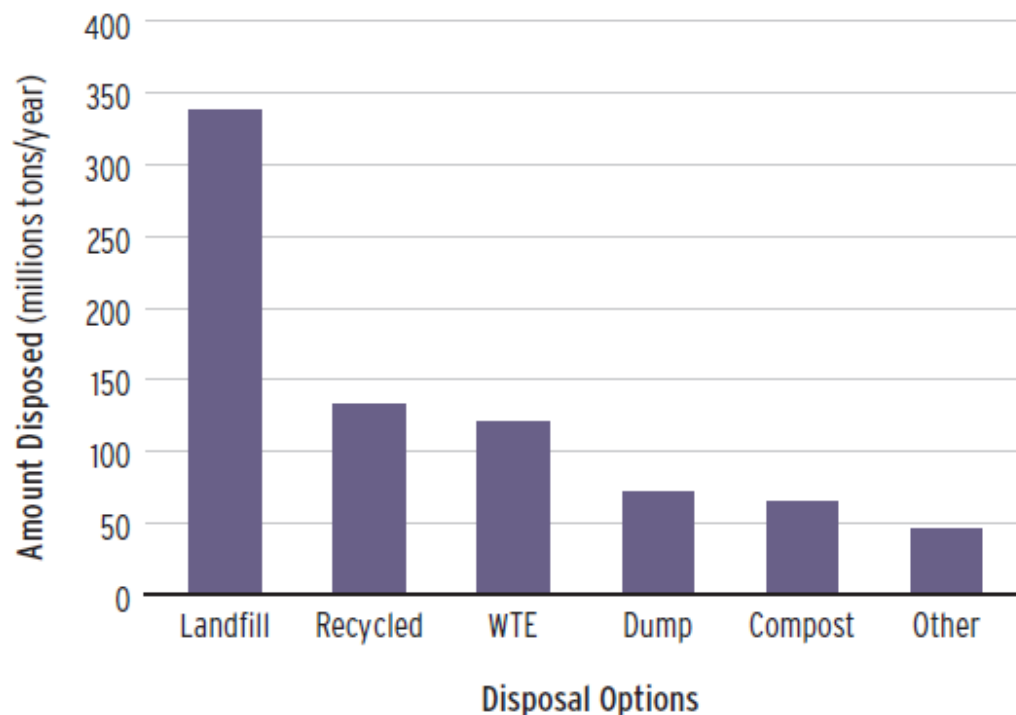
A települési szilárd hulladéklerakókban keletkező bomlási hő kinyerésének- és hasznosításának vizsgálata

Introduction of Selective Waste Collection and Recycling in the Area of
Beregovo (HUSKROUA/1001/011) - Zárókonferencia,
2015. december 17.

Magyar Tamás, PhD hallgató
Dr. Faitli József, egyetemi docens
Miskolci Egyetem,
Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet

A települési szilárd hulladékok (TSZH) jelenlegi helyzetének áttekintése

- ❑ 1,3 Mrd tonna TSZH/év (2012) → 2,2 Mrd tonna TSZH/év (előrejelzés 2025-re).
- ❑ 1,2 kg/fő/nap TSZH (2012) → 1,42 kg/fő/nap (előrejelzés 2025-re).
- ❑ A begyűjtött TSZH közel 95 %-a kerül deponálásra (KURNIAWAN ET AL., 2006).

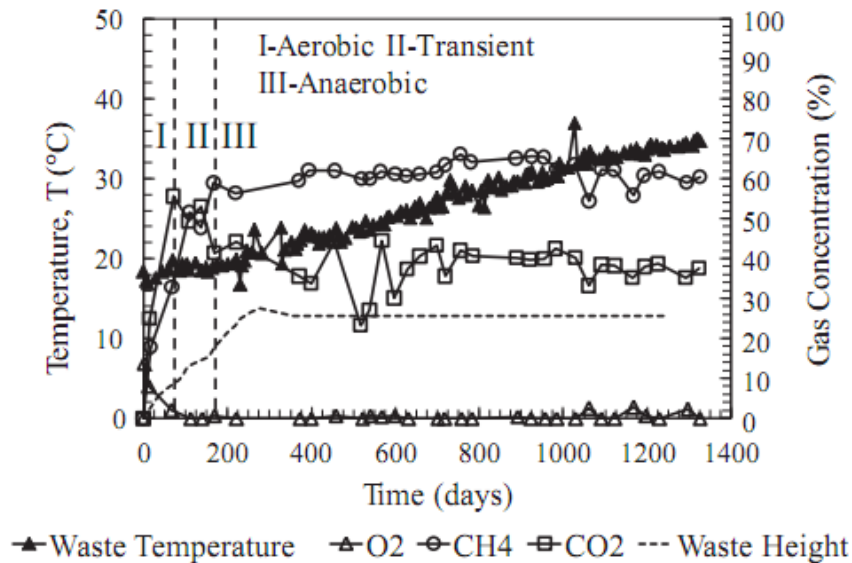


1. ábra: A TSZH ártalmatlanítási lehetőségeinek aránya világviszonylatban (WORLD BANK, 2012).

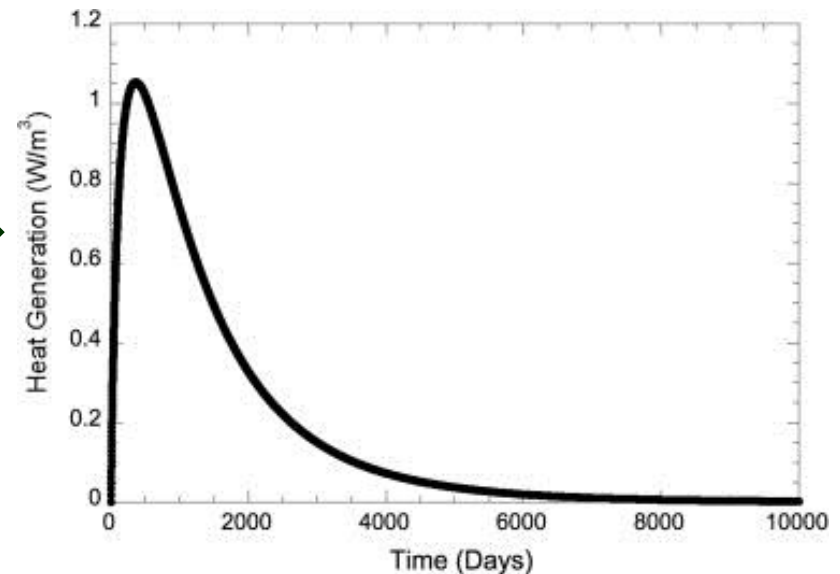
Települési szilárd hulladékokban lejátszódó bomlási folyamatok

A lebomlási folyamatok eredményeként keletkező úgynevezett „melléktermékek”:

- Csurgalékvíz
- Biogáz
- Hő



2. ábra: Hő- és gázképződés egy TSZH lerakóban
(C.J.R. COCCIA ET AL., 2013).



3. ábra: Hőképződés az idő függvényében
(J.L. HANSON ET AL., 2013).

Vizsgálati helyszín bemutatása (gyáli regionális hulladéklerakó)

- ❑ Az .A.S.A. Magyarország Kft. telephelye Gyálon található.
- ❑ A lerakóban megközelítőleg 200 000 tonna kevert TSZH kerül deponálásra évente.
- ❑ A lerakó 5 ütemre osztható fel, jelenleg a beérkező TSZH-ot az 5. ütemben deponálják.

Ütem azonosító	Befogadó kapacitás [m ³]	Lerakás időtartama
1.	377.596	1999
2.	426.322	2003
3.	593.059	2006
4.	400.000	2009
5.	423.900	2012-

1. táblázat: Az egyes ütemekhez tartozó kapacitások és a deponálás időtartama.



4. ábra: A gyáli regionális hulladéklerakó látképe.

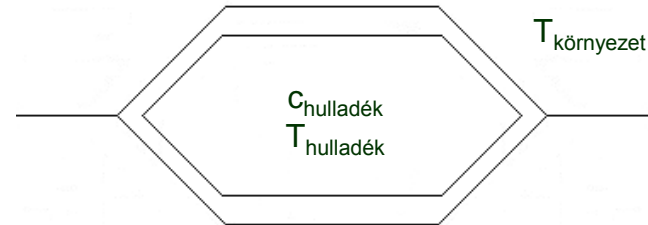
Mekkora energiát lehet kinyerni? (természettudományos megközelítés)

YOUNG, 1992-es tanulmánya szerint az energiaképződésre vonatkozó képlet az alábbi formában írható fel:

$$E = \sum_{i=1}^n \Delta t_i \cdot c_w \cdot M(t)_i$$

Ahol:

- ❑ E : Hőképződés [MJ/m^3]
- ❑ Δt_i : hőmérsékletkülönbség [K]
- ❑ c_w : hulladék hőkapacitása [$\text{MJ}/\text{m}^3\text{K}$]
- ❑ $M(t)_i$: a felszabaduló energia azon hányada, amely a lerakó fűtésére fordítódik



5. ábra: A hőképződés természettudományos megközelítése (YOUNG, 1992).

Megállapítás:

A természettudományos megközelítés szerint a lebomlás következtében energia keletkezik, amely az anyag felmelegedését, - így a belső energia növekedését - eredményezi.

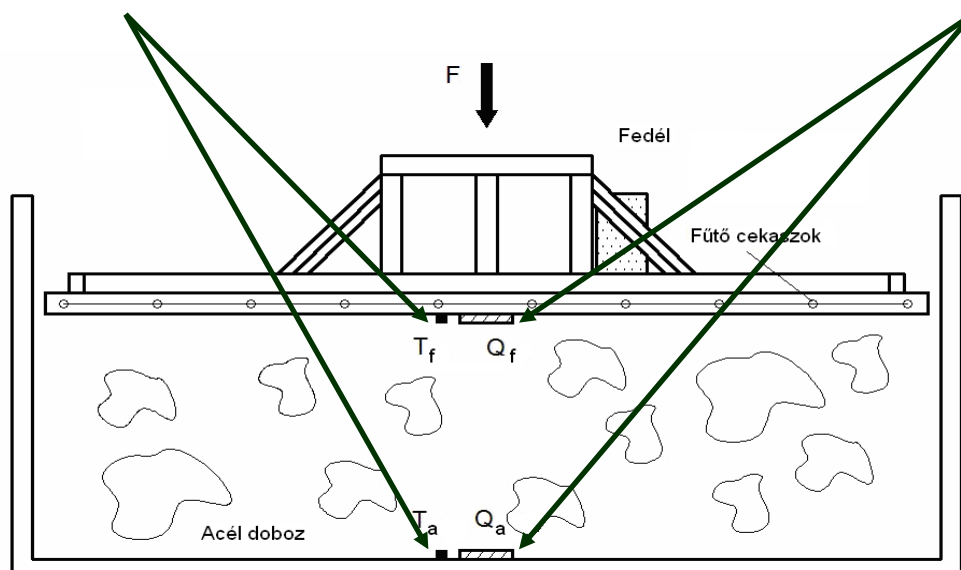
Települési szilárd hulladékok hőtani paramétereinek vizsgálata

A berendezés segítségével mért és számított paraméterek:

- **Fizikai** (minta tömege, térfogata, nedvességtartalom, halmazsűrűség, száraz tömeg és térfogat, folyadék-, szilárd-, és gáz fázisok térfogatarányai)
- **Hőtani** (hővezetési tényező, fajhő, hődiffuzivitás)

Hőmérsékletmérő szenzorok

Hőáramsűrűség mérő szenzorok



6. ábra: A TSZH-ok hőtani paramétereinek mérésére kifejlesztett mérőberendezés.

Hőmérséklet monitoring rendszer

- ❑ A monitoring rendszer kiépítésének első lépéseként **10 fúrési pontot** jelöltünk ki a depónia első 4 ütemében, amelyekben a hőmérséklet **16 méteres** mélységig hosszútávon vizsgálható (1 méteres osztásközzel).
- ❑ A hőmérsékletérzékelő szenzorok elhelyezése a depótestet alkotó agresszív közegben nagy kihívást jelentett. Számos tényező mérlegelése után úgy döntöttünk, **hogy KPE csőből védőburkolatot kell a depótestbe fúrt lyukba helyezni**, amelybe a hőmérő szondák leengedhetők.

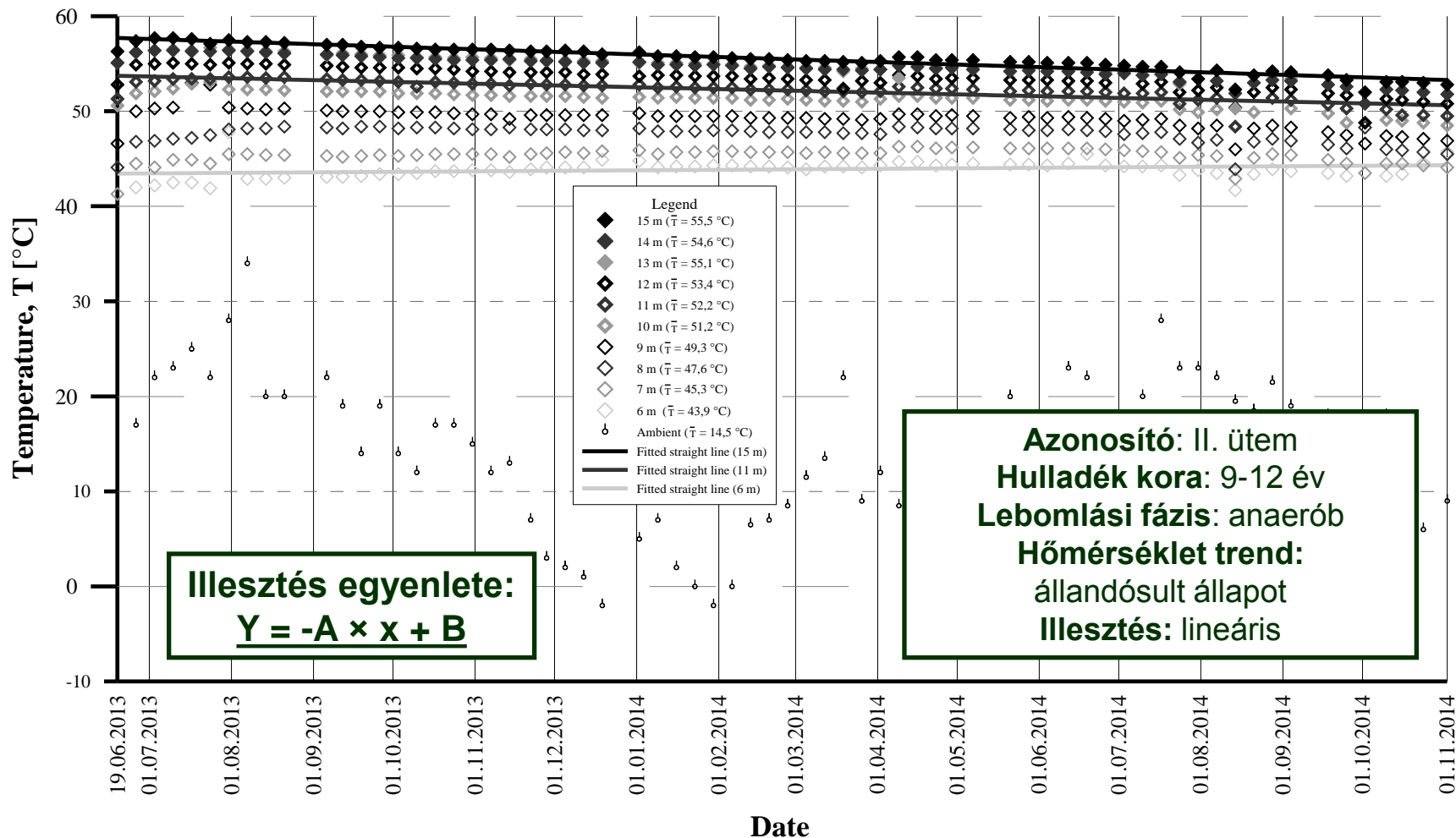
Ütem azonosító	Hőmérséklet-monitoring kutak száma	Hulladék kora
1.	2	12-16
2.	3	9-12
3.	2	6-9
4.	3	0-6

2. táblázat: A kiépített hőmérséklet-monitoring kutak száma és hulladék kora az egyes ütemekre vonatkozóan.



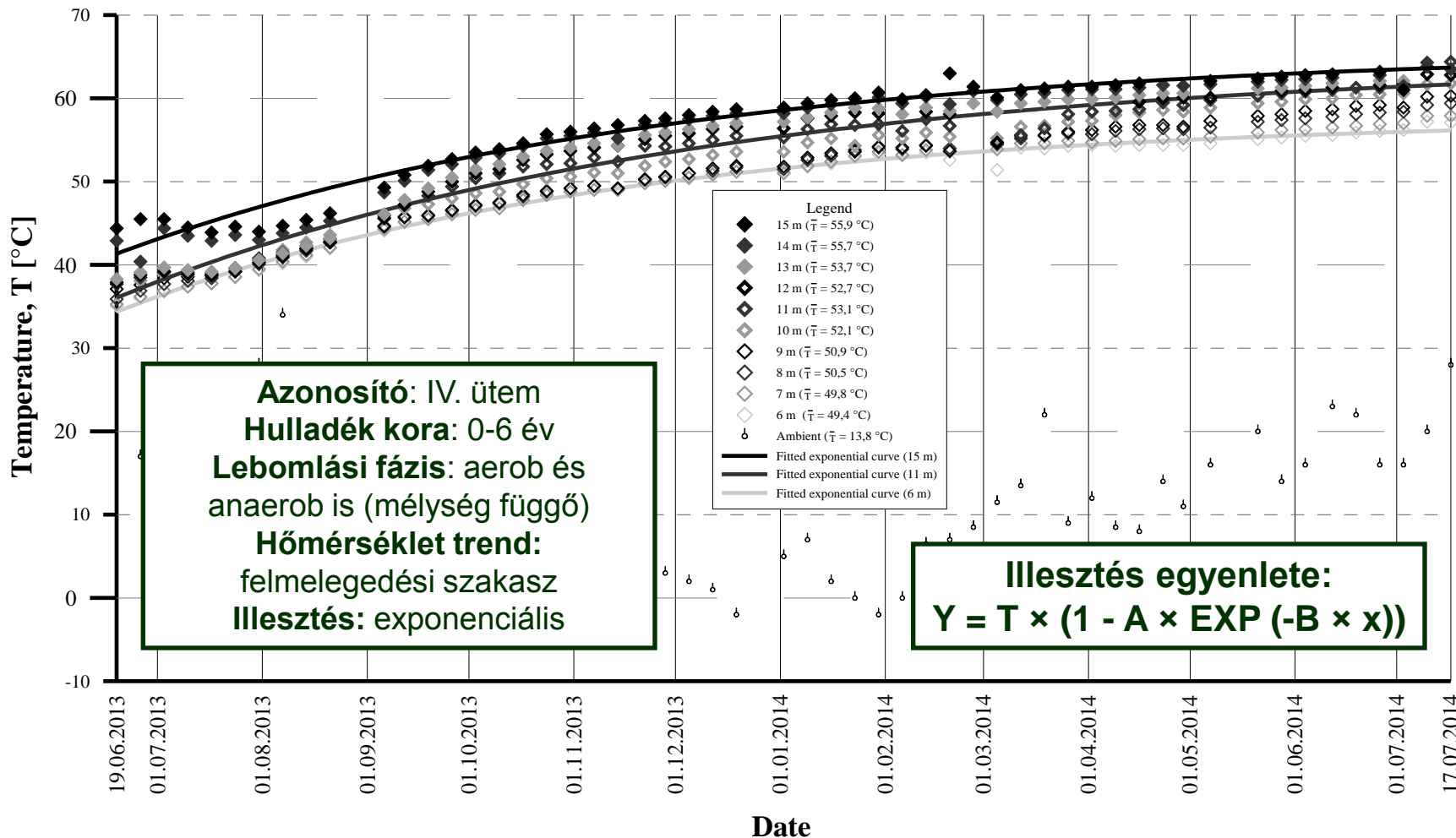
7. ábra: Furatok készítése a depóniában.

Hőmérséklet monitoring eredmények (idősebb hulladék esetében)



8. ábra: Hőmérséklet monitoring eredmények a II/2-es kút esetében.

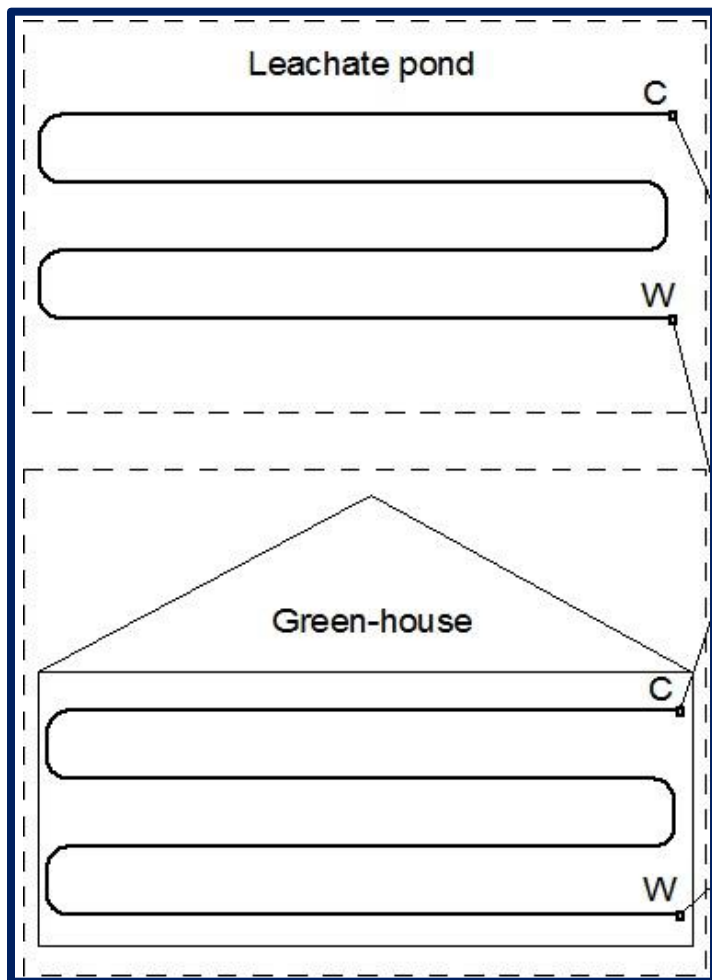
Hőmérséklet monitoring eredmények (viszonylag friss hulladék esetében)



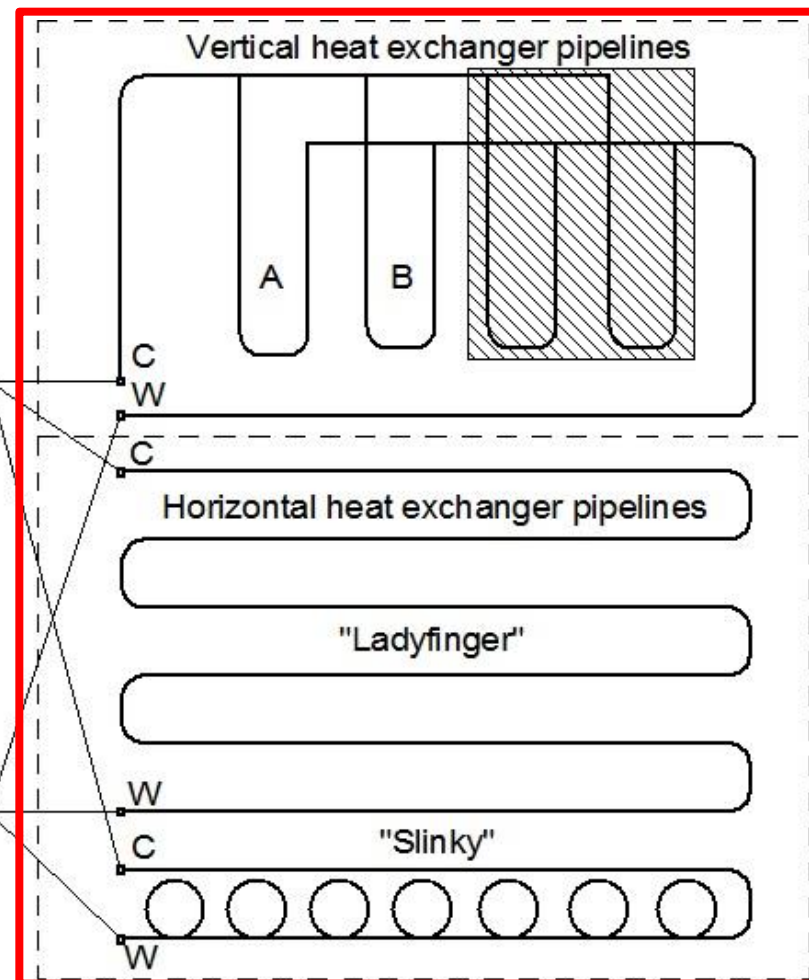
9. ábra: Hőmérséklet monitoring eredmények a IV/3-as kút esetében.

Hőcserélő rendszer ismertetése

Hőhasznosító körök



Hőkinyerő körök



10. ábra: A hőcserélő rendszer elemei.

Hőcserélő rendszer elemei – Hőkinyerő körök



„Slinky” (hurkos)

„Piskóta”



11. ábra: A hőkinyerő körök (vízszintes: balra; függőleges: jobbra).

Hőcserélő rendszer elemei – Hőhasznosító körök

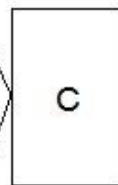
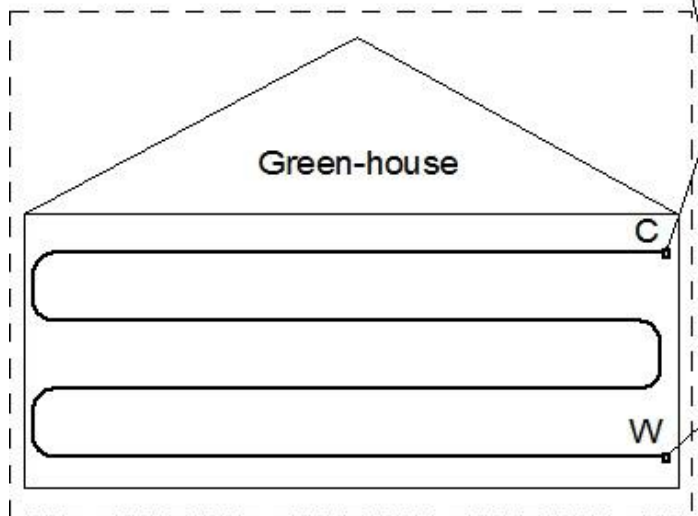
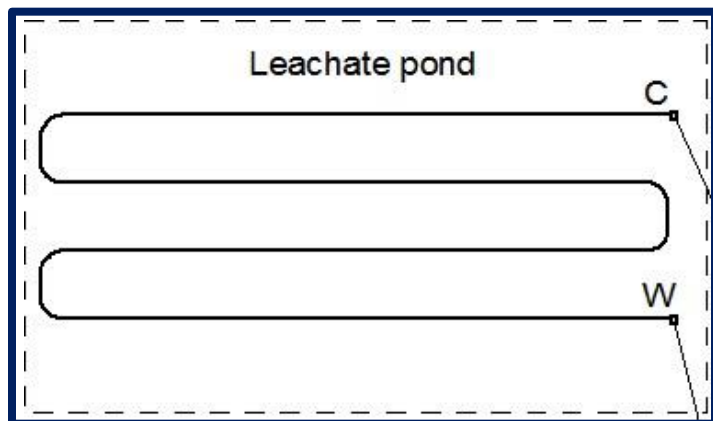


12. ábra: A hőhasznosító körök (csurgalékvíz-gyűjtő medence: balra; üvegház: jobbra).

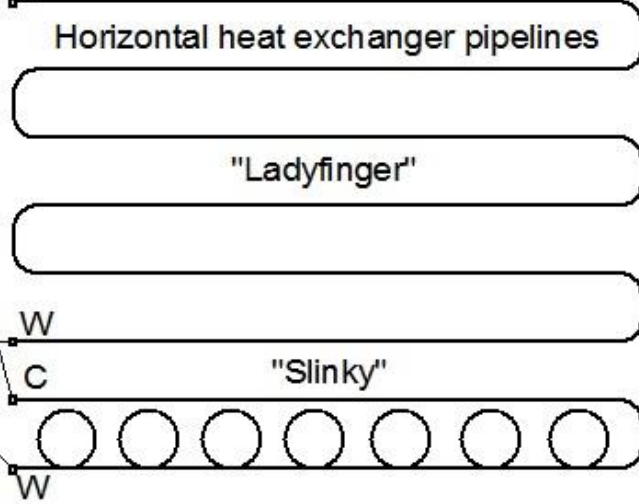
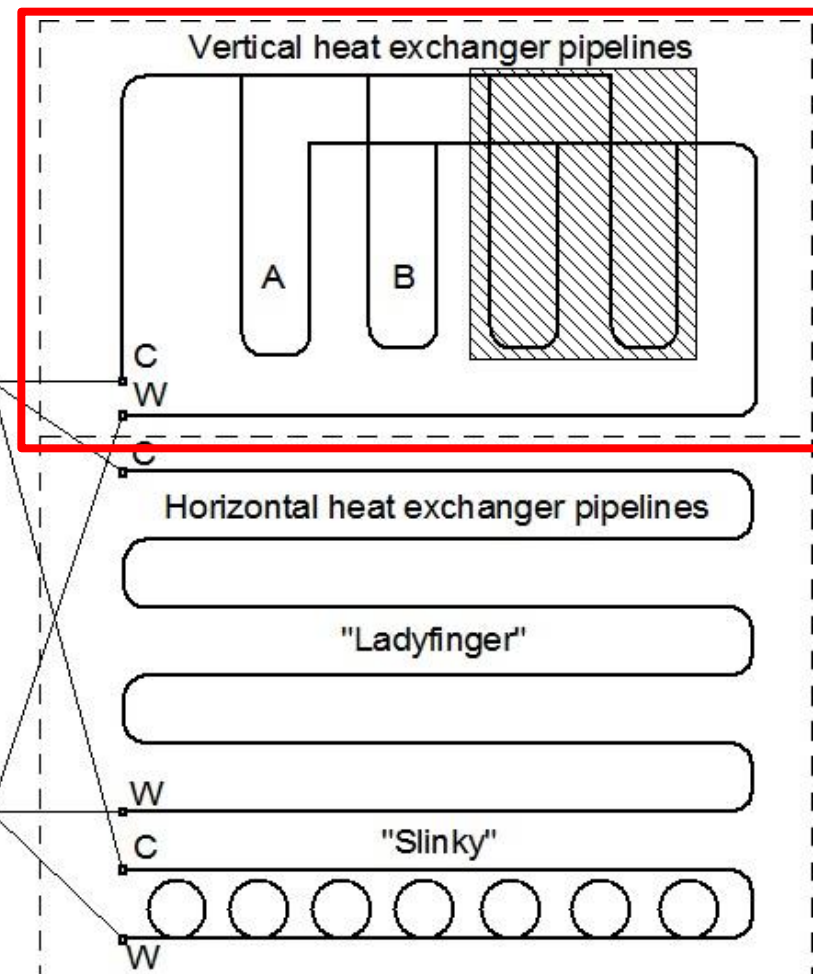
Hőkinyerési- és hasznosítási eredmények



Hőhasznosító körök

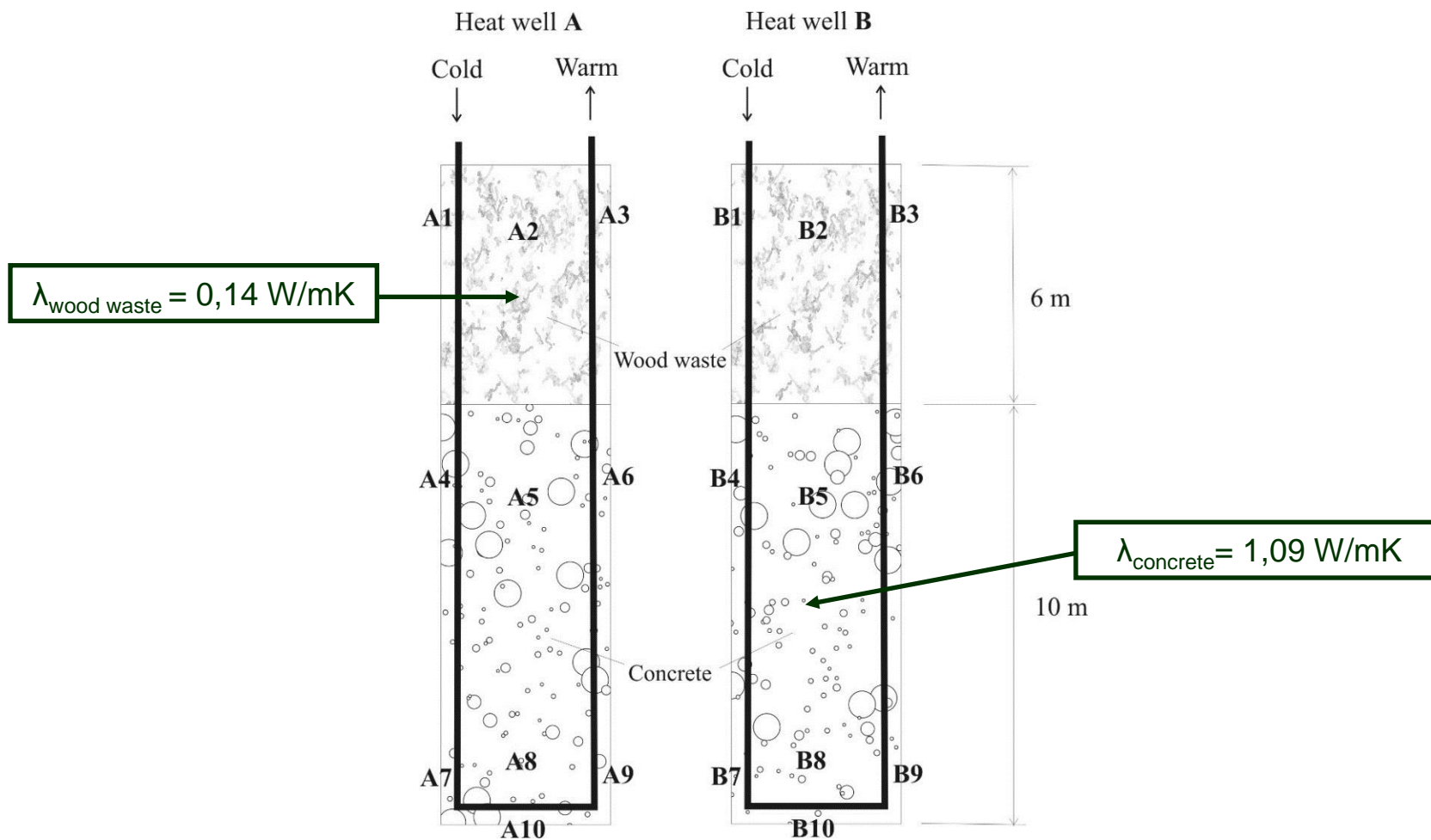


Hőkinyerő körök



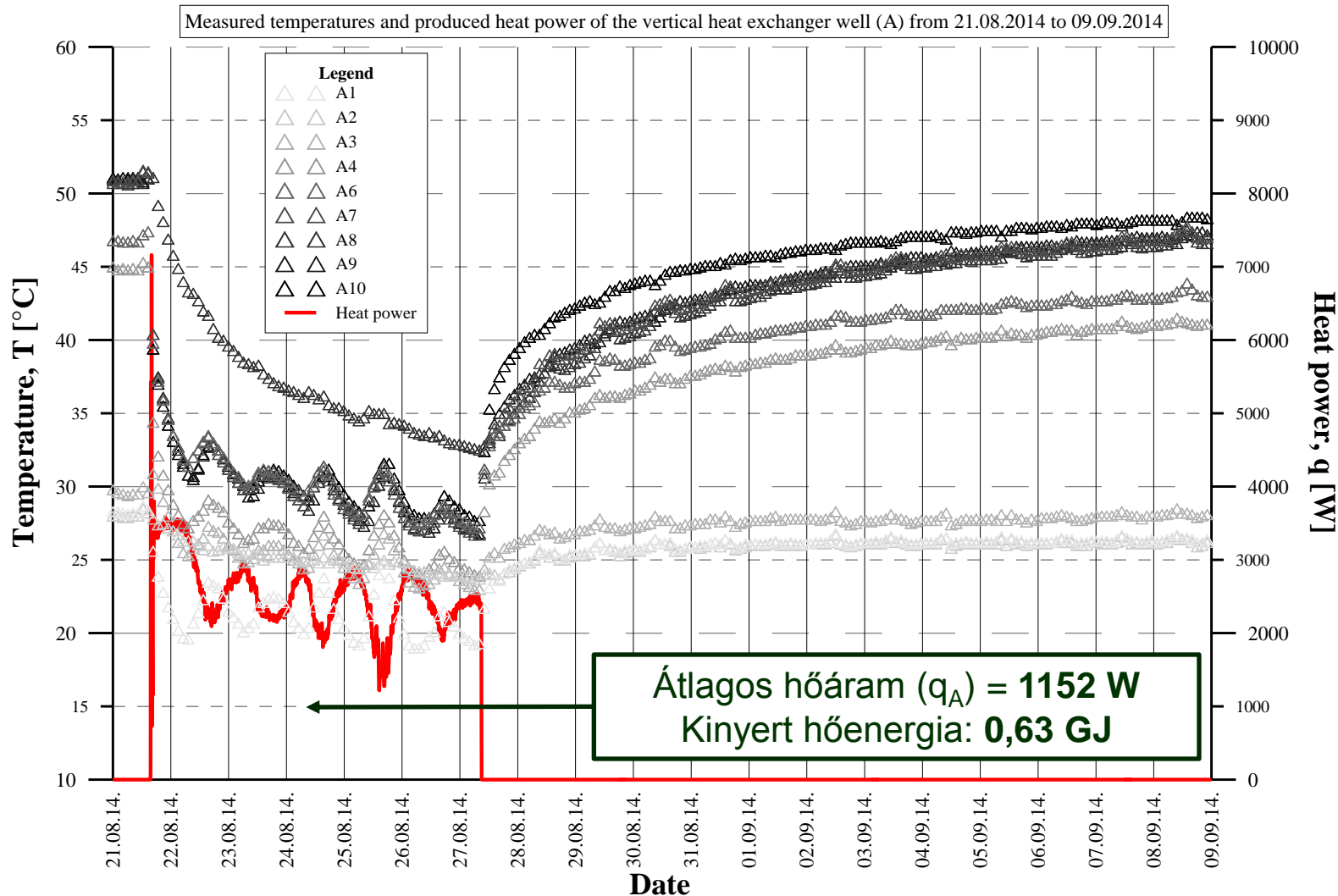
13. ábra: Működtetett körök: Függőleges kör (hőkinyerő) – Csurgalékvíz-gyűjtő medence (hőhasznosító).

Hőmérő szenzorok elhelyezkedése („A” és „B” jelű függőleges kutak esetében)



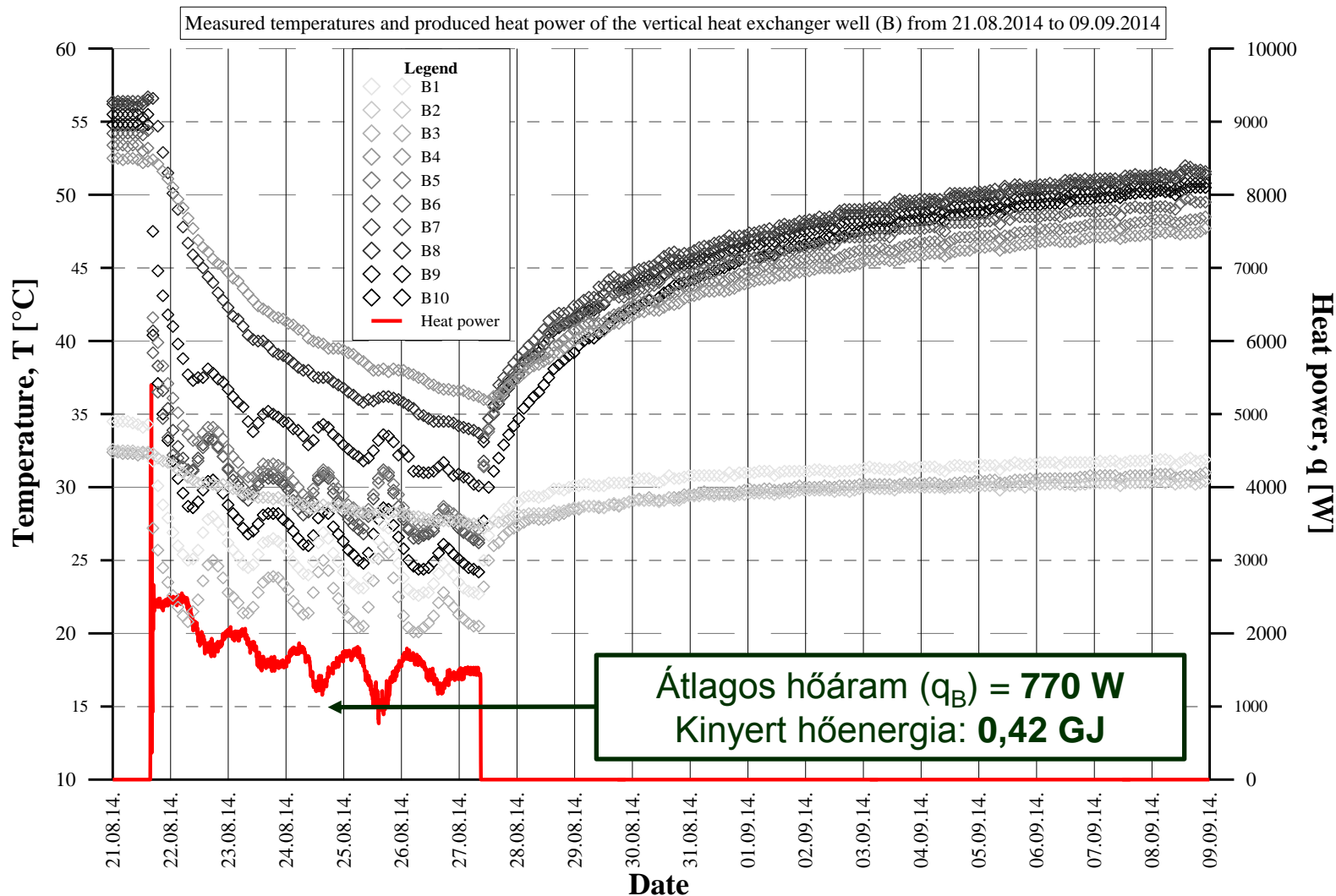
14. ábra: A hőmérő szenzorok elhelyezkedése függőleges hőcserélő körben („A” és „B” kutak esetében).

Hőkinyerés („A” jelű függőleges kút esetében)



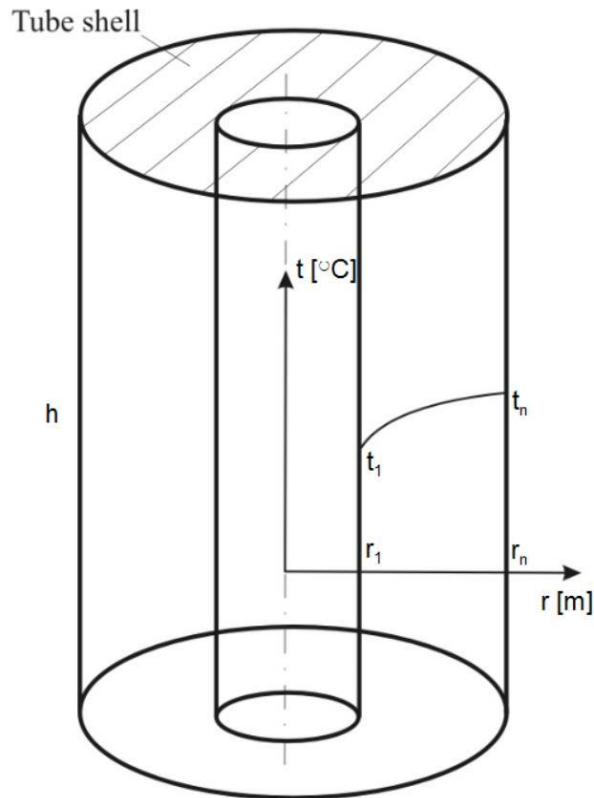
15. ábra: Hőkinyerés az „A” jelű függőleges kút esetében.

Hőkinyerés („B” jelű függőleges kút esetében)



16. ábra: Hőkinyerés az „B” jelű függőleges kút esetében.

A csőháj modell hőfejlődés figyelembe vételével



17. ábra: A „csőháj” modell.

A hővezetés differenciál egyenlete
(belső energia mérlegegyenlete):

$$q = \frac{dQ}{d\tau} = -\lambda \cdot A \cdot \frac{dt}{dr}$$

A hővezetés differenciál egyenletének megoldása
hengerszimmetrikus, időben állandó hőáram esetében:

$$q = \frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot h}{\ln \frac{r_n}{r_1}} \cdot (t_n - t_1)$$

Azonban a vizsgált hengeren belül folyamatos
hőfejlődés van:

$$q_x = p \cdot (r_n^2 - r_x^2) \cdot \pi \cdot h$$

A fentiek alapján a hőáram- és hőmérséklet-eloszlás:

$$q_x = \frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda}{\ln \left(\frac{r_x + \Delta r}{r_x} \right)} \cdot \Delta t_x \cdot h$$

$$\Delta t_x = \frac{q_x \cdot \ln \left(\frac{r_x + \Delta r}{r_x} \right)}{2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot h}$$

- ❑ Lebomlás fajlagos hőteljesítménye:

0,53 W/m³

- ❑ Lebomlás effektív fajlagos hőteljesítménye (= kinyerhető):

0,18 W/m³

- ❑ 1 éven keresztül 0,18 W/m³ fajlagos hőteljesítménnyel kinyerhető hőenergia mennyisége:

5,67 MJ

- ❑ Henger paraméterei:

- Henger magassága: **16 m**
- Iterálással meghatározott sugár: **6 m**
- Henger térfogata: **1809 m³**

Köszönetnyilvánítás



A Depóniahő-hasznosítási technológia kidolgozása (KMR_12-1-2012-0128) megnevezésű projekt a Magyar Kormány támogatásával, a Nemzeti Fejlesztési Ügynökség kezelésében, a Kutatási és Technológiai Innovációs Alap finanszírozásával valósul meg.



Köszönöm a figyelmet!