



MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA **ENERGIATUDOMÁNYI KUTATÓKÖZPONT**

A PILLE BÚRADETEKTOROK ÉRZÉKENYSÉG CSÖKKENÉSÉNEK VIZSGÁLATA

**Kelemen András, Apáthy István és
Fehér István**

MTA Energiatudományi Kutatóközpont

- A sokszor kiértékelt búradózismérők érzékenysége csökkent
- Esetleg kristályfizikai okai vannak?
- Hogyan keletkezik a TL emisszió
- A TL érzékenységet meghatározó tényezők
- A csapdába fogódás hatékonyságának mérése
- A mérőberendezés
- A csapdába fogódás hatékonyságának változása a hőkezelt búradetektorok esetén
- Következtetés

- A nemzetközi űrállomáson használt bűradetektorok közül néhány számottevően veszített az érzékenységéből a használat során
- A Földre visszatért csökkent érzékenységű detektorokat már 2010-ben alapos vizsgálatnak vetették alá, erről Szántó Péter és munkatársai számoltak be egy közleményben. (*Investigation of two pille dosimeters retrieved from the ISS, 61st International Astronautical Congress, Prague, Cz, 2010*)
- Ahogy az a naplózásból kiderült ezek éppen azok a példányok voltak, amelyeket a leggyakrabban olvastak ki, a legtöbbször lettek kifűtve.
- Deme Sándor, Fehér Pista és Félserfalvi János a detektorok maradékdózisának csökkentési lehetőségeit vizsgálva észrevették, hogy a többszöri kályházs hatására csökken a detektorok érzékenysége.(Izotóptechnika, diagnosztika, 1991)
- Esetleg kristályfizikai okai vannak?

A TL érzékenységet több tényező is befolyásolja

A legegyszerűbb TL modell: egy csapda – egy lumineszcencia centrum

Ionizáló sugárzás: elektron-lyuk párok létrehozása

RL

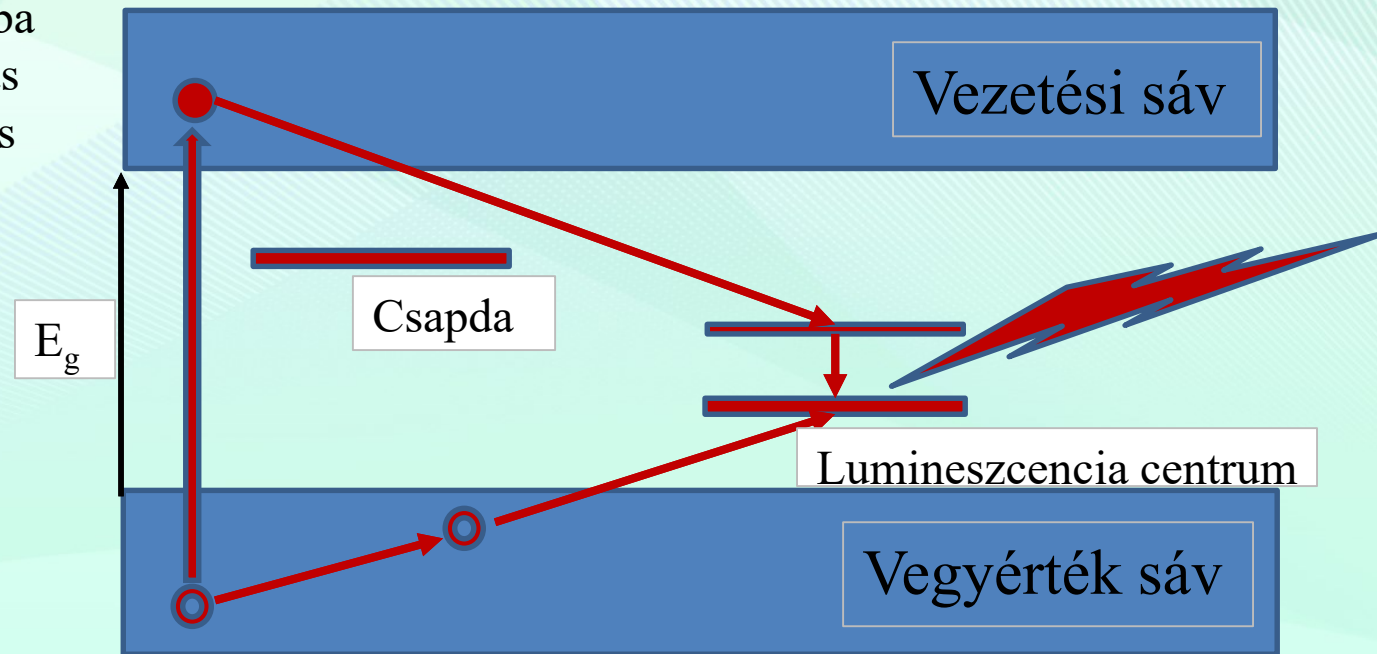
- a rekombinációs centrum elérése, rekombináció,
- (a centrum gerjesztett állapotban)
- a rekombinációs centrum alapállapotba kerül: fénykibocsátás vagy sugárzásmentes átmenet

TL

- csapdába fogódás
- metastabil állapot
- stimuláció: kiszabadulás a csapdából
- a rekombinációs centrum elérése, rekombináció, a centrum gerjesztett állapotban
- a rekombinációs centrum alapállapotba kerül: fénykibocsátás vagy sugárzásmentes átmenet

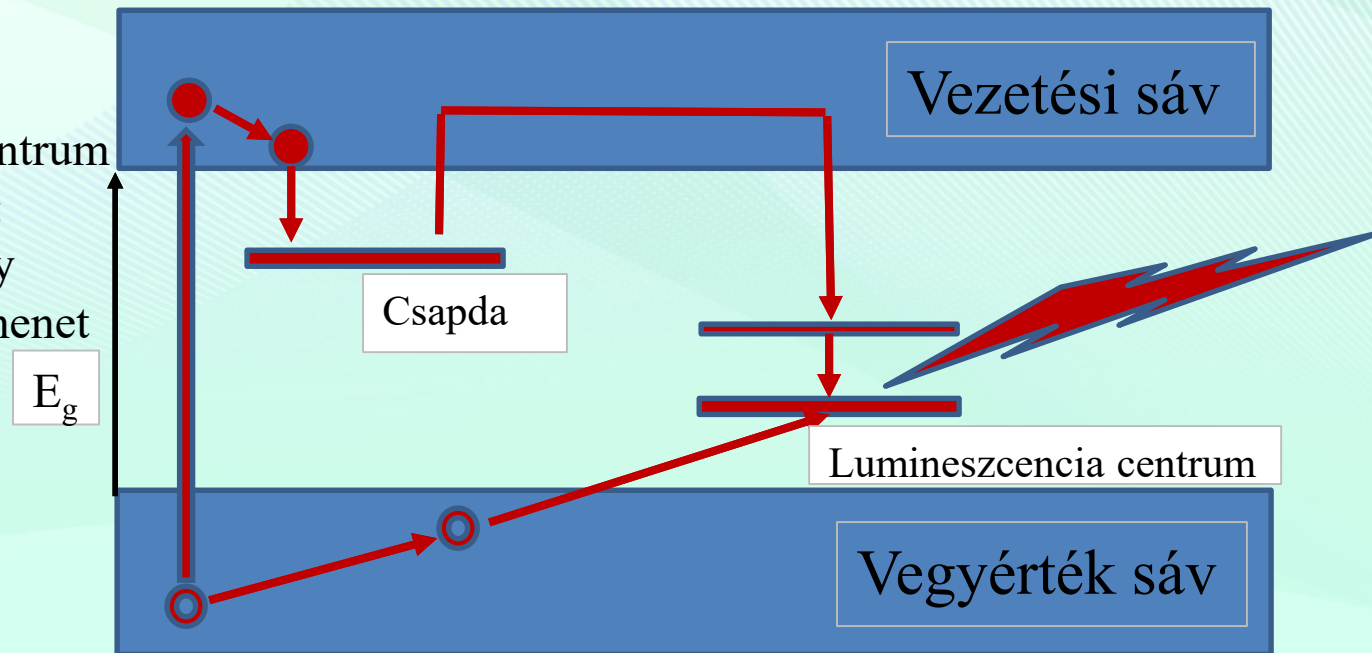
Radiolumineszcencia, RL

- a rekombinációs centrum elérése, rekombináció,
- (a centrum gerjesztett állapotban)
- a rekombinációs centrum alapállapotba kerül: fénykibocsátás vagy sugárzásmentes átmenet



Termolumineszcencia, TL

- csapdába fogódás
- metastabil állapot
- stimuláció: kiszabadulás a csapdából
- a rekombinációs centrum elérése, rekombináció, a centrum gerjesztett állapotban
- a rekombinációs centrum alapállapotba kerül: fénykibocsátás vagy sugárzásmentes átmenet



A stimulációval létrehozott fényhozam függ:

1. a besugárzás során keletkező töltéshordozó párok számától (elnyelt energia, dózis),
2. csapdába fogódás hatékonyságától,
3. a rekombináció milyen arányban történik fénykibocsátással (lumineszcencia hatásfok)

N a besugárzás során keltett szabad töltéshordozók száma
 n_T csapdába fogódik, n_R a sugárzással, n_{NR} pedig a sugárzás nélkül
rekombinálódó töltéshordozók száma.

$$N=n_T+n_R+n_{NR}$$

$Q=n_T/N$ hányados a csapdába fogódás hatékonysága.

t_R és t_{NR} a TL folyamat során lezajló sugárzásos és sugárzásmentes
rekombinációk száma,

$$n_T=t_R+t_{NR}.$$

$n_{NR}/n_R=t_{NR}/t_R=k$, illetve $n_{NR}=kn_R$ és $t_{NR}=kt_R$. (k ismeretlen arányossági
tényező.)

Ezek felhasználásával a csapdába fogódás hatékonysága így alakul:

$$Q=(t_R+t_{NR})/(t_R+t_{NR}+n_R+n_{NR})=(t_R+kt_R)/(t_R+kt_R+n_R+kn_R)=(1+k)t_R/(1+K)$$

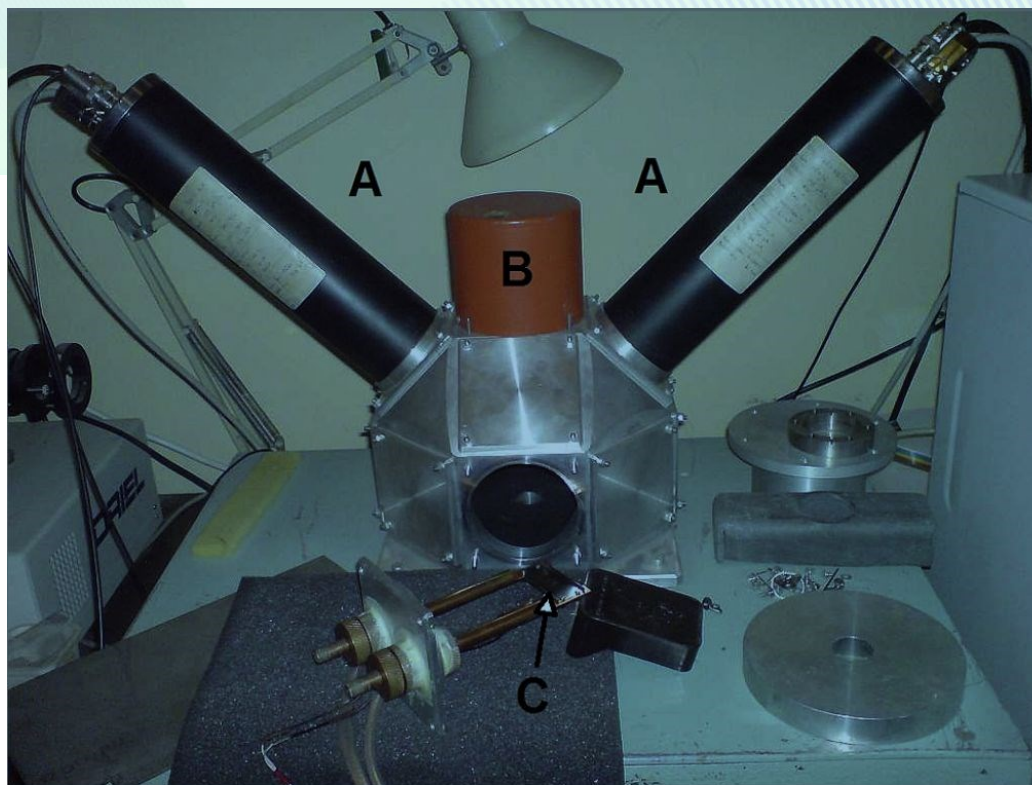
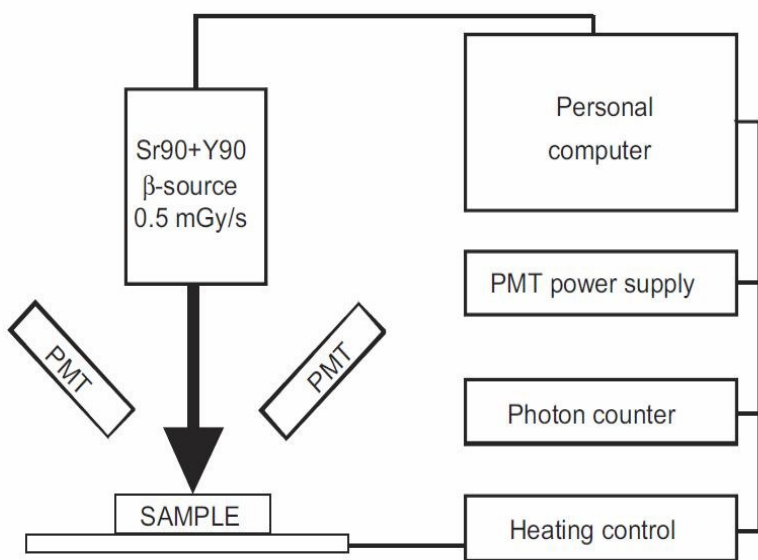
$$(n_R+t_R)=t_R/(n_R+t_R)$$

T (a TL emisszió) arányos t_R -rel.

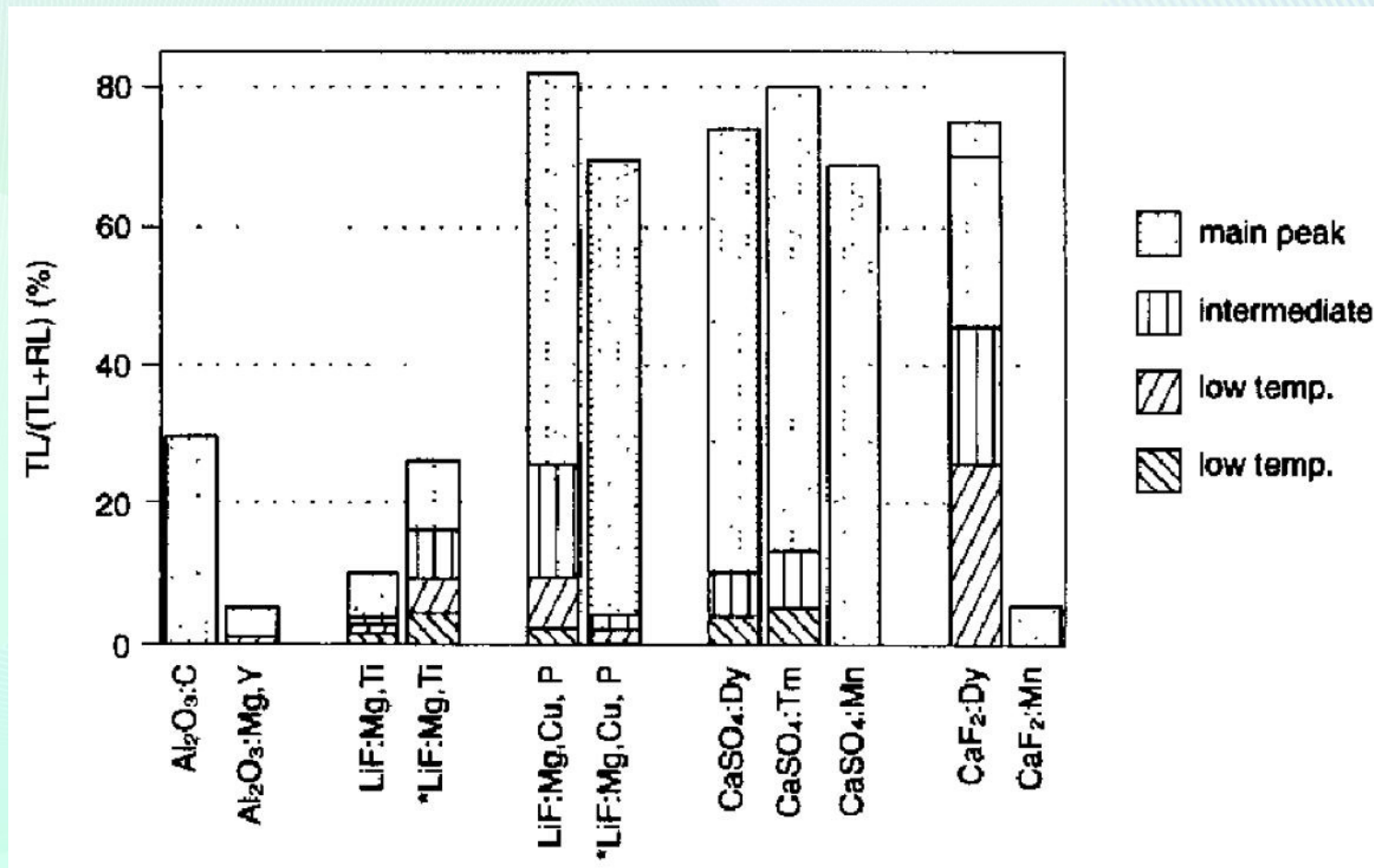
R (a RL emisszió) arányos.

$$Q=T/(T+R)$$

Megterveztünk és elkészítettünk egy olyan mérési összeállítást, amely lehetővé teszi a minták besugárzását, kifűtését és hőkezelését, és egyidejűleg a kibocsátott RL és TL fény megmérését az elrendezés megbolygatása nélkül.

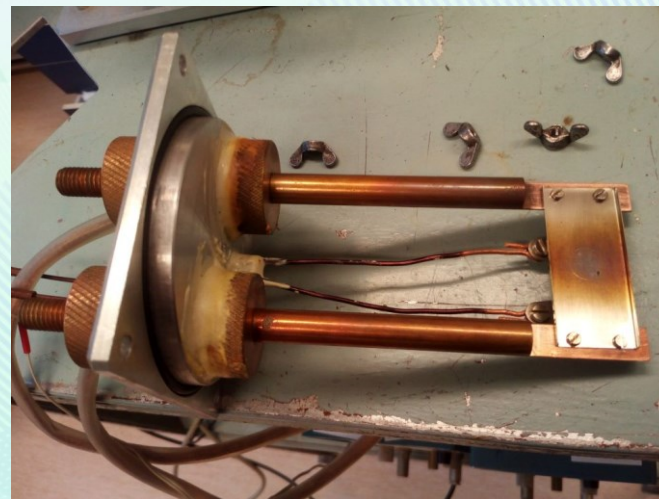
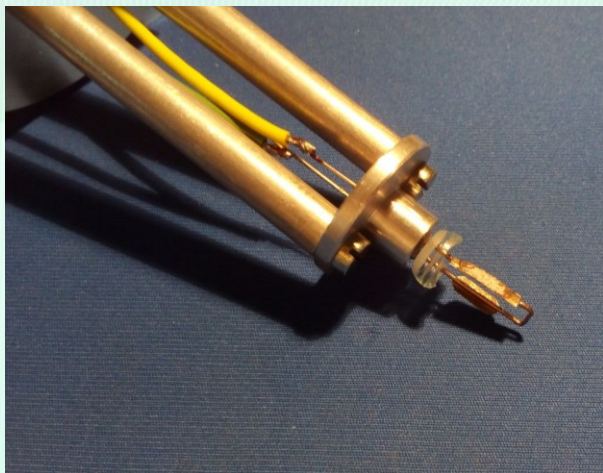


A berendezés segítségével megmértük több elterjedten használatos TL anyag Q értékét



- A TL és a RL emisszió nagysága és változása valamilyen tényező hatására információt ad az anyag szerkezetében bekövetkező változás jellegéről.
- Segítség az anyagfejlesztésben (összetétel, hőkezelés)
- Mi történt a bűradetektorokkal a hőkezelés hatására?
- Technikai problémák: hogyan lehet a berendezésben a bűradetektorokat vizsgálni?

- A búraderektorok mintatartó lemezkéjét leemeltük a szerkezetről és azt helyeztük a készülék saját, eredeti fűtő tálkájára.
- A detektorokban használatos $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ kristályport tartótálcában azonos módon vizsgáltuk



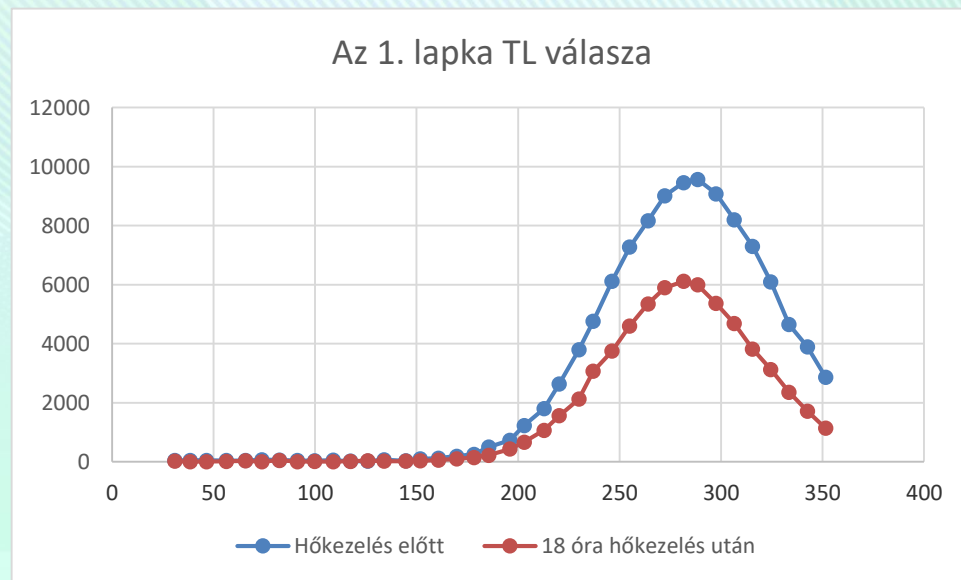
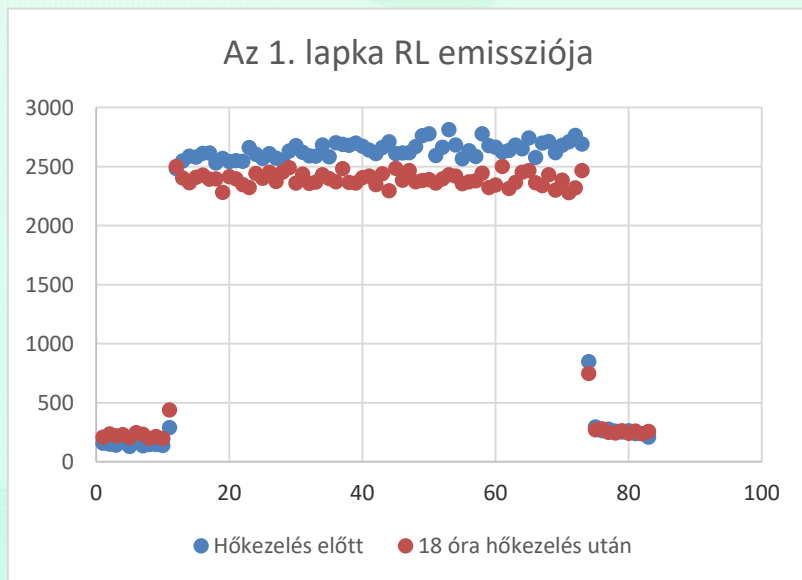
A mérési ciklus:

1. besugárzás, szimultán RL mérés (60 s, kb. 30mGy)
2. előfűtés: 150 °C, 60 s
3. Hűlés 30 °C-ra
4. TL kifűtés 30-350 °C-ra 10 °C/s sebességgel
5. Hűlés 30 °C-ra
6. TL háttérmérés 30-350 °C-ra 10 °C/s sebességgel
7. Hűlés 30°C-ra
8. Hőkezelés 300 °C-on 3 óra

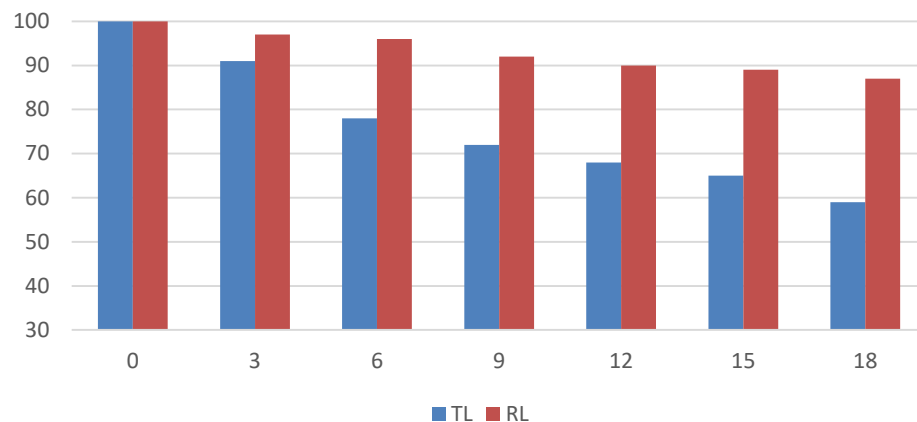
Mérések 0, 3, 6,...,15, 18 óra hőkezelés után

Eredmények

- A lapkák TL hozama a hőkezelési idő növekedésével monoton módon csökkent
- A RL hozam kisebb mértékben ugyancsak csökkent



A TL és RL hozam változása a kifűtési időtartam függvényében



Változások (1. lapka)

RL: 100% ➡ 87%

TL: 100% ➡ 59%

Q: 41% ➡ 32%

Változások (2. lapka)

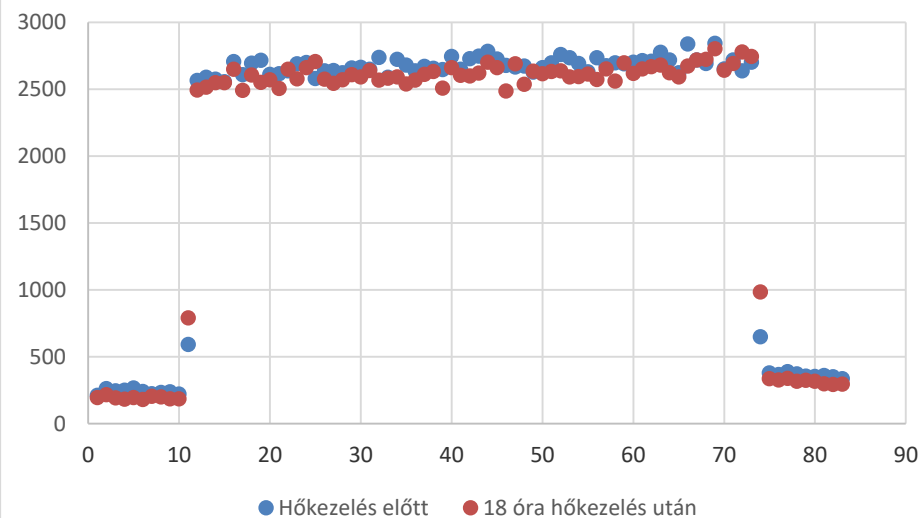
RL: 100% ➡ 83%

TL: 100% ➡ 78%

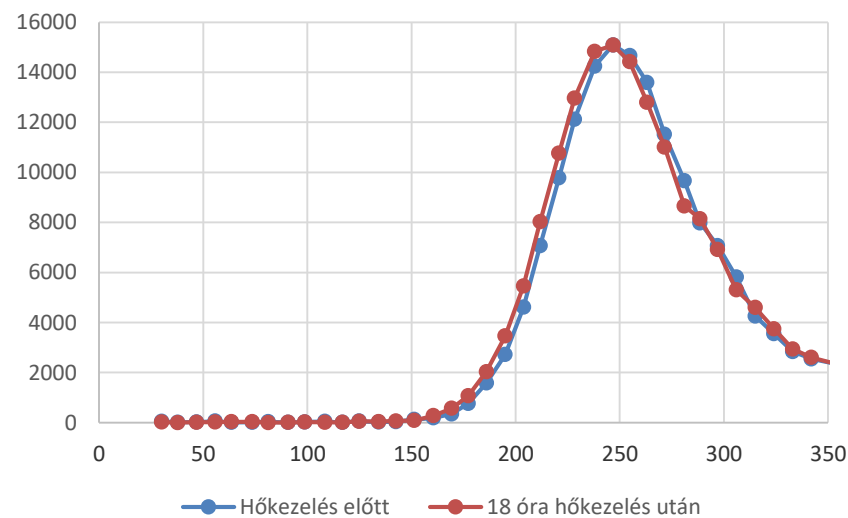
Q: 40% ➡ 38%

A porminta TL hozama és RL hozama nem változott azonos hőkezelési eljárás mellett

Porminta RL emissziója



Porminta TL válasza



Következtetés:

- A búradetektorokban a CaSO_4 port lítiumborát olvadékkal rögzítik a lemezkén.
- Valószínű, hogy 300 °C-on a lítium-borát kölcsönhatásba lép a CaSO_4 -tal, talán a kisméretű Li atomok bediffundálnak a kristályszemcsékbe, megváltoztatva azok hibaszerkezetét.
- A hibastruktúra pontosabb feltérképezésére más típusú mérési eljárásokat is alkalmazni kell: analitikát, optikai spektroszkópiát, diffrakációs módszereket.



Köszönöm a figyelmet!



MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
ENERGIATUDOMÁNYI KUTATÓKÖZPONT