



Az SZTE Kutatóegyetemi Kiválósági Központ tudásbázisának
kiszélesítése és hosszú távú szakmai fenntarthatóságának megalapozása
a kiváló tudományos utánpótlás biztosításával

TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 projekt



A projekt az Európai Unió támogatásával,
az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Zeolitok a környezetvédelemben

Hannus István

Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszék

Szegedi Tudományegyetem

A zeolitok kristályos alkáli- és/vagy alkáliföldfém-alumínium-hidroszilikátok.

Háromdimenziós vázuk alapjai szilícium-központú SiO_4 tetraéderek,

amelyeket izomorf módon AlO_4 tetraéderek helyettesíthetnek a rácsban.

Történet

1756 A.F. Cronstedt

bazalt üregekben szép kristályok

zeo - forró (habzó)

litos - kő

**reverzibilis hidratálhatóság
ioncserélők**

**1932 J.W. McBain - az adszorpció függ a molekula mérettől
„molekulaszűrők”**

**1948 R.M. Barrer - alapvető munkásság
szintézis kísérlet**

**1948 R.M. Milton
D.W. Breck - sikeres szintézis, kis nyomás
A,X,Y zeolitok**

1957 Rabó Gyula katalízis, krakkolás

Phillipsit



Elemi cella: $M_{x/n}[AlO_2]_x[SiO_2]_y) \cdot wH_2O$

Keletkezésük:

➤ Hidrotermális

$M = Na^+, K^+, Ca^{2+}, Ba^{2+}, Mg^{2+}$

n = a kation vegyértéke

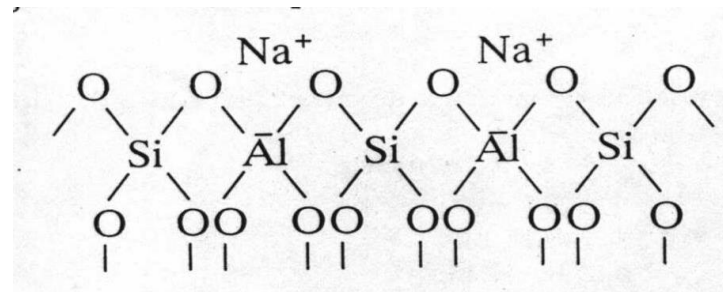
w = a vízmolekulák száma

$x+y$ = a tetraéderek száma

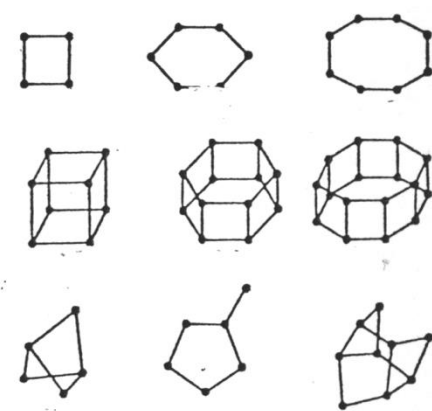
x/y = Si/Al arány

A zeolitok strukturális felépítése

- SiO_4 , AlO_4 tetraéderek



Másodlagos építőelemek

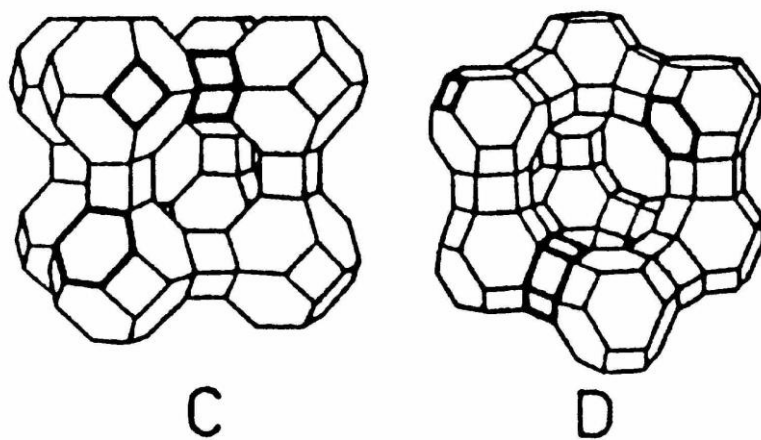
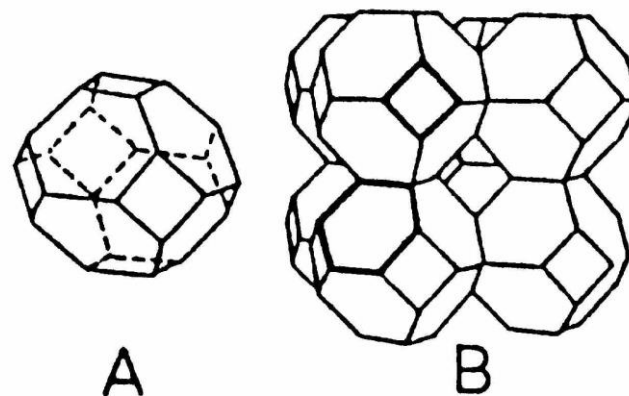


**Több zeolit közös
építőeleme a köboktaéder
(A)**

**Közvetlen kapcsolódás:
hidroxiszodalit
(B)**

**Egy kocka
közbeiktatásával: „A”
típusú zeolit
(C)**

**Hatszöglapok mentén:
faujazit típusok, (X,Y)
(D)**



Zeolitos szervezetek

IZA – International Zeolite Association

FEZA – Federation of European Zeolite Association

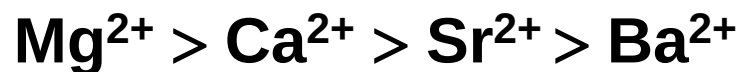
HZA – Hungarian Zeolite Association

Nevezéktan, 3 betű, LTA, FAU, MOR

Ioncsere

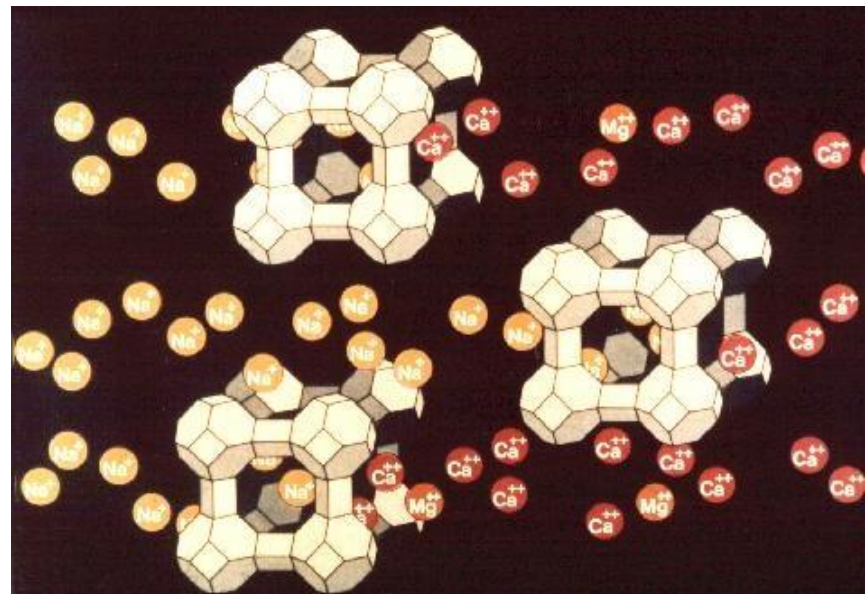
Felhasználás ioncserélőként:

- Radioaktív izotópok eltávolítására
- Nehézfémionok eltávolítására
- Vízlágyítóként

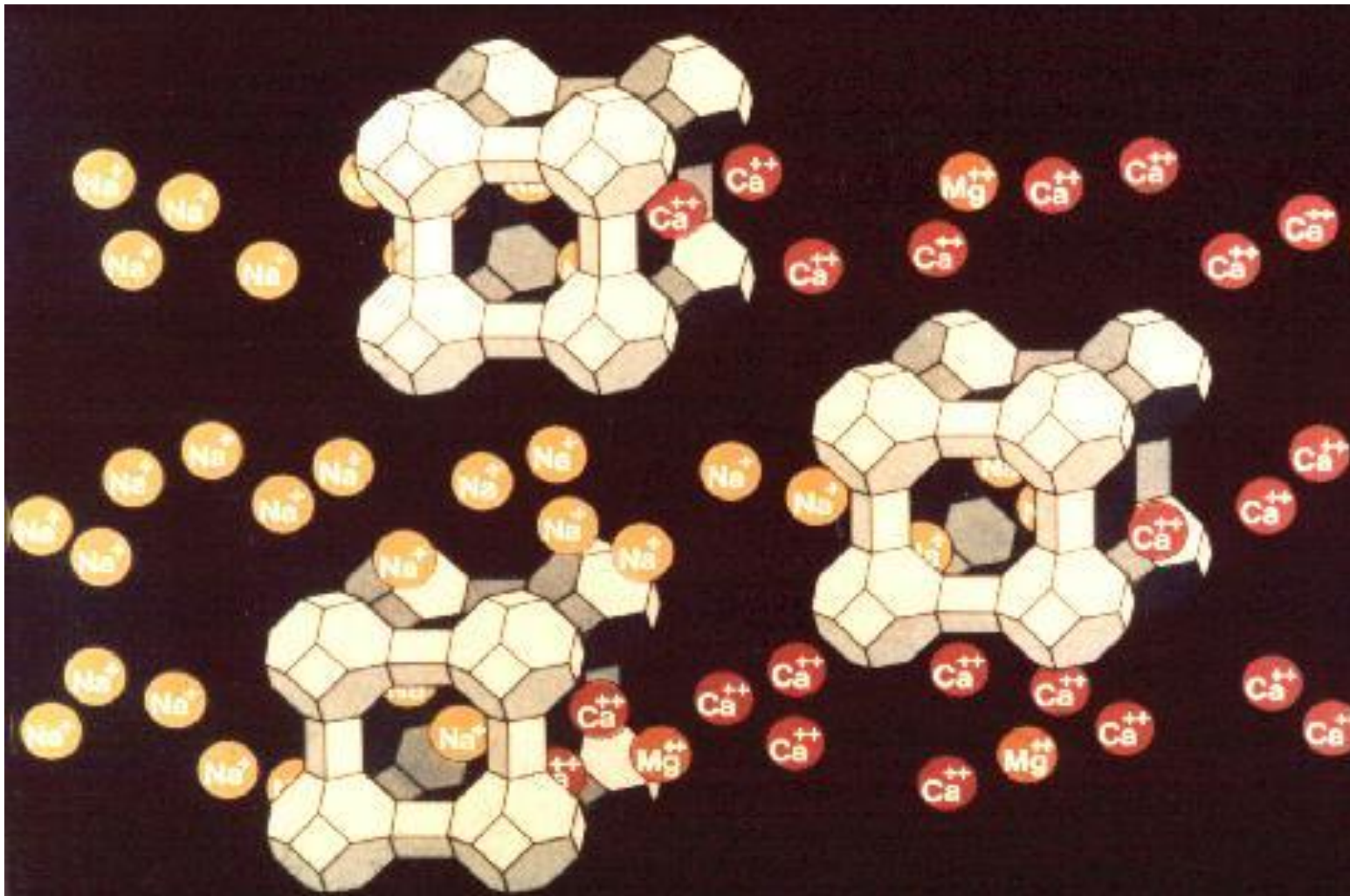


Tömény oldatok esetén: $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Al}^{3+}$

Híg oldatok esetén: $\text{Al}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+$



Az „A” zeolit vízlágyításának modellje



Zeolit kinyerése

- Tomi-kristály mosópor és Calgon vízlágyító desztillált vízben.
- A szuszpenzió leszűrése vízsugárszivattyúval.
- A zeolit minták kiszárítása.



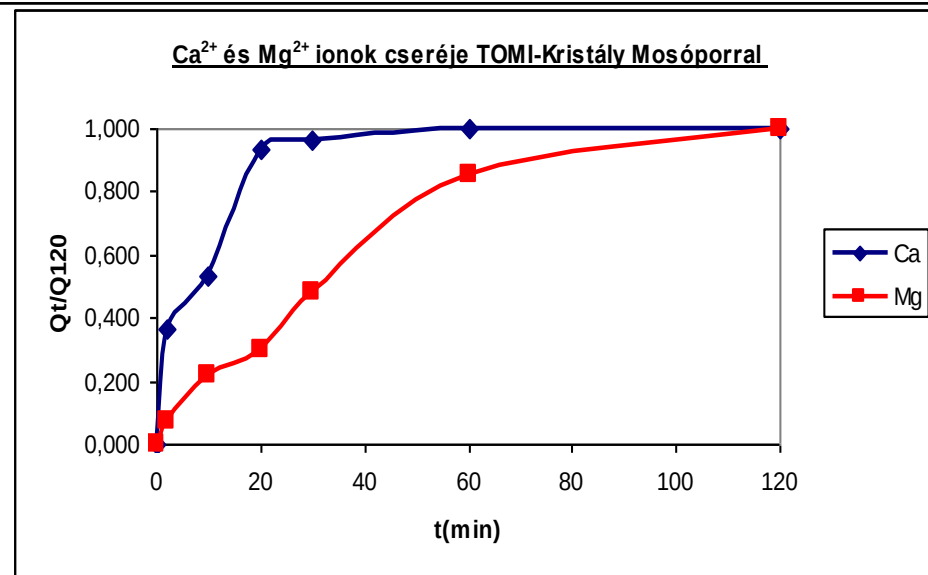
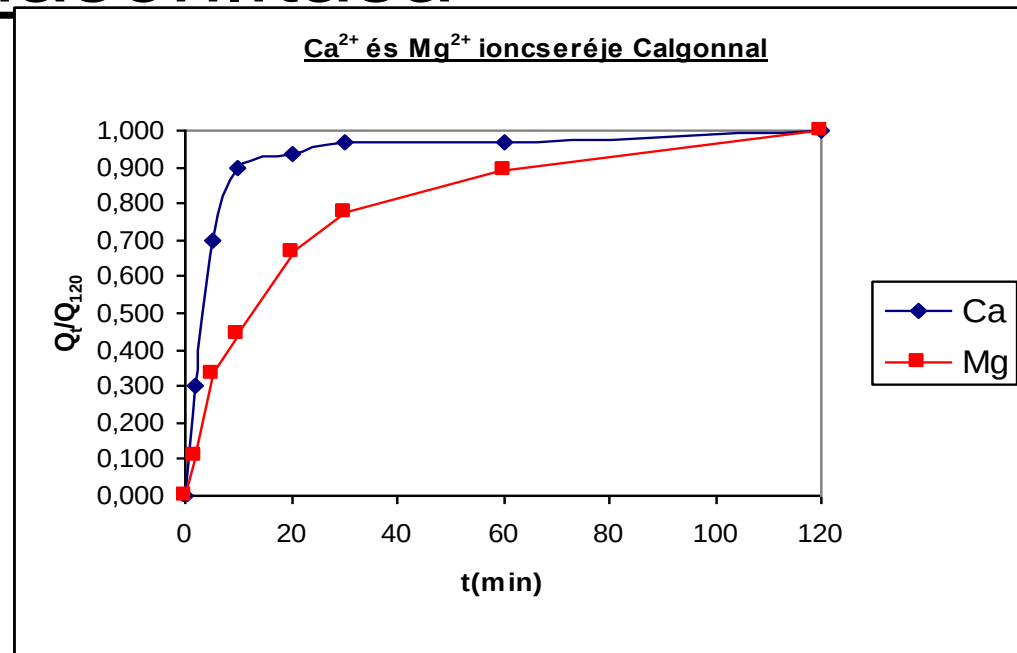
Meghatározott mennyiségek:

Vizsgált anyag	m (g)	részarány (%)
Tomi-kristály	1,31	5,25
Calgon	15,96	63,84



A Ca^{2+} és a Mg^{2+} cseréjének összehasonlítása

	Ca^{2+}	Mg^{2+}
2 min	30%	11%
5 min	70%	33%
10 min	90%	44%
20 min	93%	67%
30 min	97%	78%
60 min	99%	89%
120 min	100%	100%



A Ca^{2+} - és Mg^{2+} - ionok átmérője

Kationok	Ionátmérők (Å)	Hidratált ionátmérők (Å)
Ca^{2+}	0,99	3,0
Mg^{2+}	0,65	3,4

Megoldás: nagyobb pórusátmérőjű, X-FAU zeolit

Adszorbensek

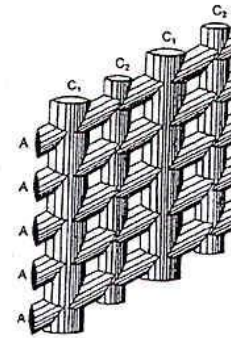
**Azonos pórusméret (egy zeolit típuson belül)
eltávolítható víz - nagy fajlagos felület**

Szárítás

Gázok, gőzök elválasztása

Adszorpciós felhasználás

- Véggázok tisztítása
- Oldószergőzök visszanyerése
- Gázok szárítása
- Levegő szeparációja
- Földgáz kénhidrogén mentesítése
- Vízkötő patronok
- Szeszes italok derítése
- Normál és izo paraffinok szétválasztása



Katalizátorok

Savas katalizátorok, hordozók

Egységes pórusátmérő - alakszelektív katalízis

Felhasználás katalizátorként

Alkalmazási területek

- Környezetvédelem
- Petrolkémia
- Gyógyszergyártás
- Vegyipar

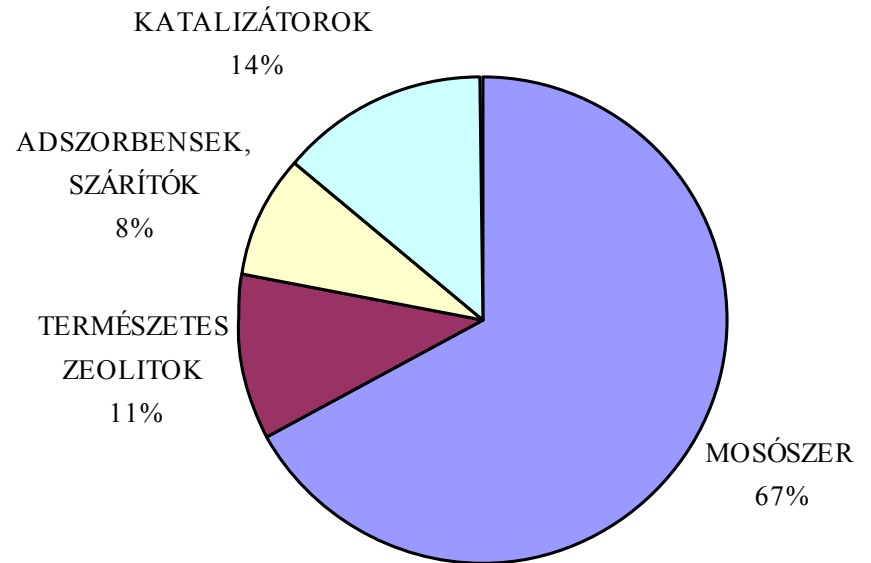


Katalizált reakciók

- Kettős kötés izomerizáció
- Vázizomerizáció
- Dehidratálás
- Dehidrogénezés
- Szelektív hidrogénezés
- Szelektív oxidáció
- Aromások izomerizációja
- Szubsztitúció aromás gyűrűben

Zeolitok felhasználási lehetőségei

- **Adszorbensek**
- **Ioncserélők**
- **Katalizátorok**
- **Egyéb területek**



Szintézis

Gyártás, Ajka

Por - mosópor

**Formázás – adszorbens
 katalizátor**

**X,Y-FAU zeolit nagyüreg,
0,74 pórus, 1,3 nm üreg**

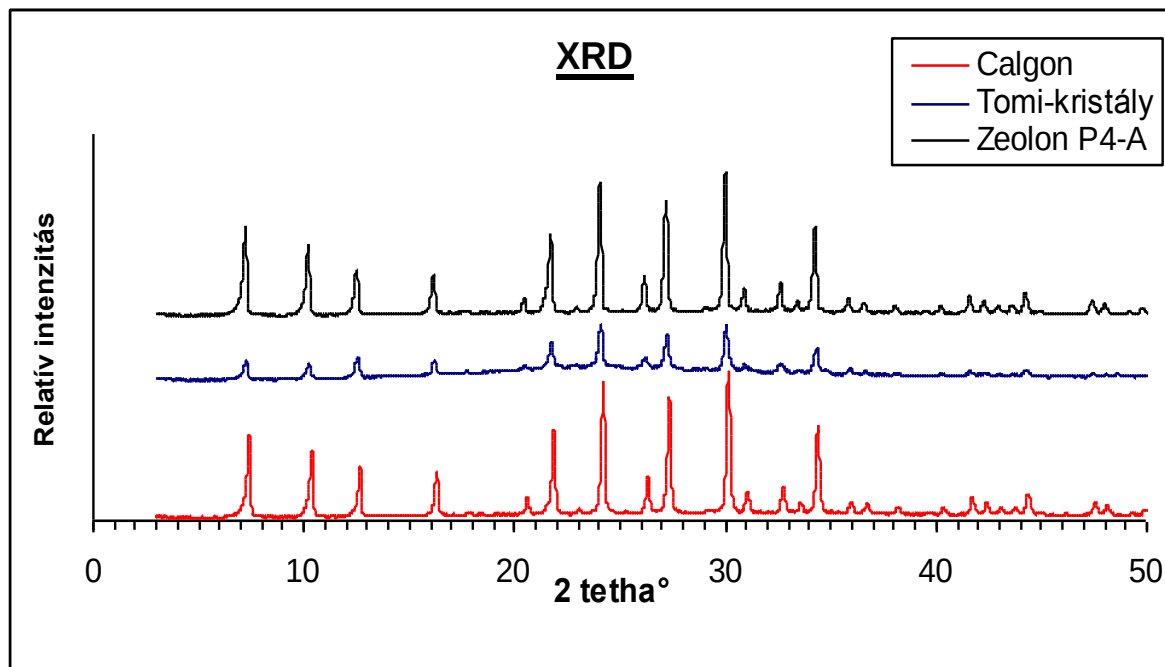


Zeolitok jellemzése

Röntgendiffrakciós vizsgálatok

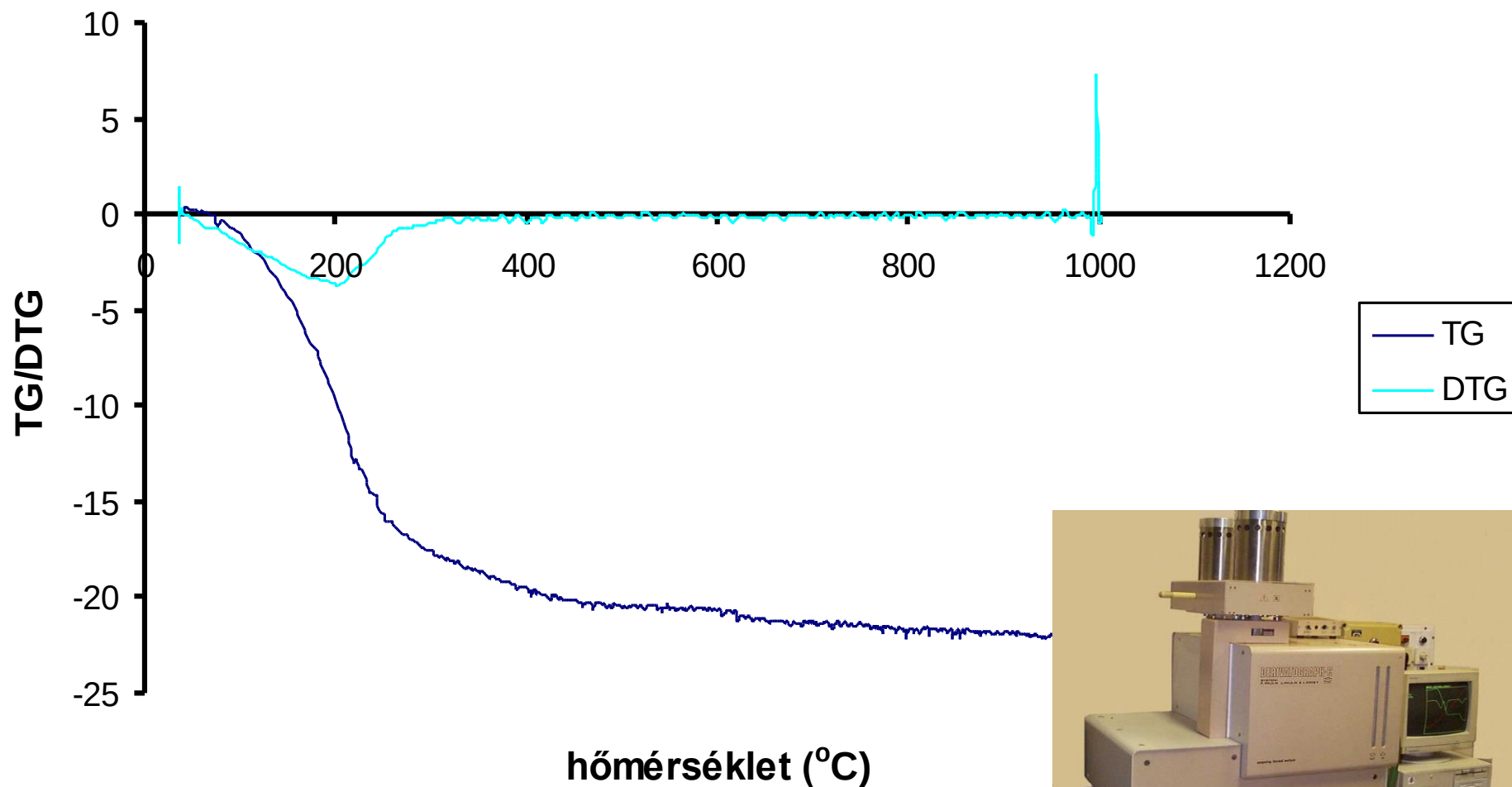
Főbb reflexiós csúcsok

- 7,30°-7,40°
- 10,20°-10,22°
- 12,50°-12,65°
- 16,16°-16,30°
- 24,02°-24,04°
- 21,70°-21,86°
- 27,18°-27,34°
- 30,02°-30,16°
- 37,26°-34,40°

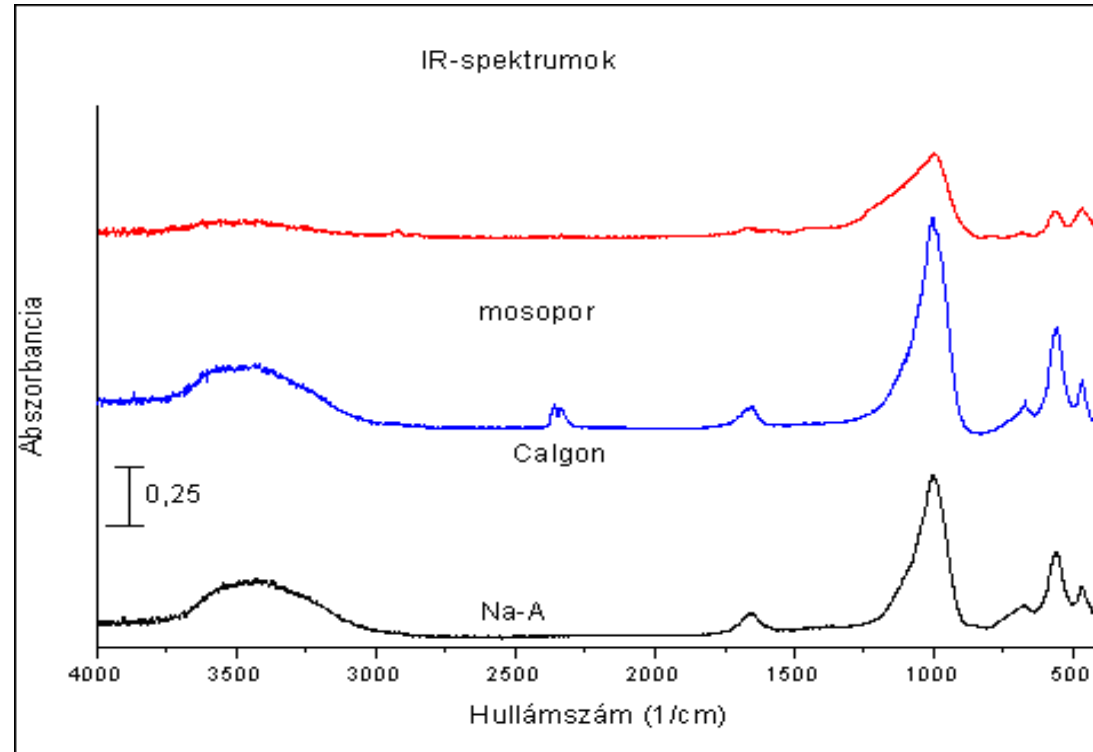


Zeolitok termikus analízise

4A zeolit termikus analízise

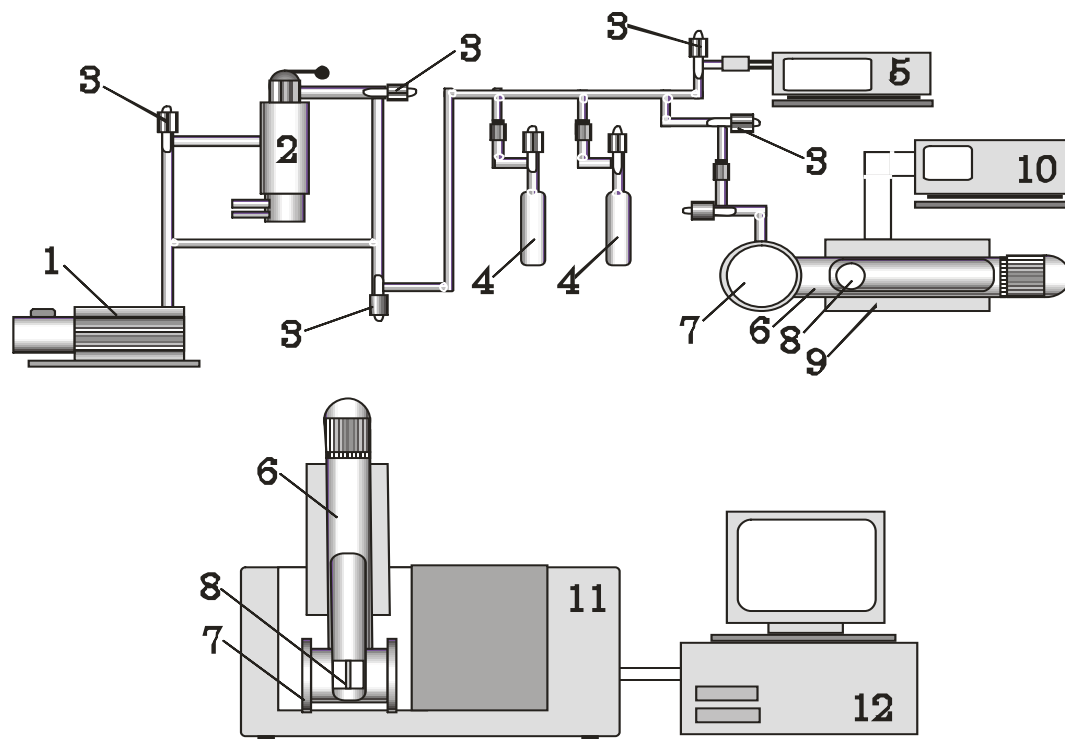


Infravörös spektroszkópiás vizsgálatok



A maximális adszorbanciát 1000 cm^{-1} hullámszámnál mértük, ami megegyezik a Na-A zeolit értékével.

Katalizátor jellemzés, adszorpció és reakció követése IR spektroszkópiával



Az adszorpciós mérésekhez használt vákuumrendszer rajza

1 – rotációs szivattyú, 2 – olajdiffúziós szivattyú, 3 – tefloncsap, 4 CCl_4 , C_2HCl_3 ill. H_2 -adagoló, 5 – vákuummérő, 6 – IR-cella, 7 – KBr-ablak, 8 – zeolitpasztilla, 9 – kályha, 10 – hőmérsékletszabályzó, 11 – IR-spektrofotométer, 12 – számítógép

Szilárdfázisú NMR spektroszkópia

Na, Si, Al NMR aktív magok

Természetes zeolitok

Ma: ~ 50 féle

**Magyarországon több helyen, bányászható
mennyiség a Tokaji-hegységben**

mordenit, klinoptilolit

30 – 50 % zeolit,

kísérők: agyagásványok, kvarc, fém-oxidok

Forgalmazó: Geoproduct Kft., Mád

Természetes zeolitok felhasználása – ammónium ion eltávolítás

Ivóvíz:

Szabvány (2001-től):0,5mg/L max.

A lakosság ¼ -e esetében jelenleg: 0,5-3,0 mg/L.

Zeoliton szelektíven köthető.

Regenerálás:

- nagy Na⁺ koncentrációjú oldattal**

Ammónium ion eltávolítás

Állattenyésztés

Ammónia kibocsátás:

- **Trágya**
- **Vizelet**

Trágyaadalékok:

**pH szabályzók, ureázgátlók, biológiai immobilizálók,
adszorbensek (zeolit)**

Klinoptiolit takarmánykiegészítő / trágyaadalék

Szennyvíztisztítás

Felületkezelt zeolit (FKZ)

Szabadalom ZeoRap[®] néven 2000-ben

**Alkalmazási engedély (Országos Vízügyi
Főigazgatóság 2003.)**

**Próba: 2002-2004 között 12 hazai szennyvíztisztító
telepen.**

Mi mindenre használják még a zeolitot?

Táplálékkiegészítő (Neurosan)

Emésztőrendszeri panaszok kezelésére.

Fogkrém (Dentomin-Silver).

Vérzéscsillapítás (QuikClot).

Sebészetben alkalmazzák (granulált formában), a vért dehidrálja.

Másnaposság ellen (Zetox tabletta)

Nagy-Britanniában kerül forgalomba

Talajszennyezés stabilizálására

**In situ módon használható nehézfémek
megkötésére.**

Szűrőbetét készítésére (NZ-48-K)

**Hűtőrendszerekben: mechanikai szennyeződés,
nedvesség, sav és olajgyanta megkötésére.**

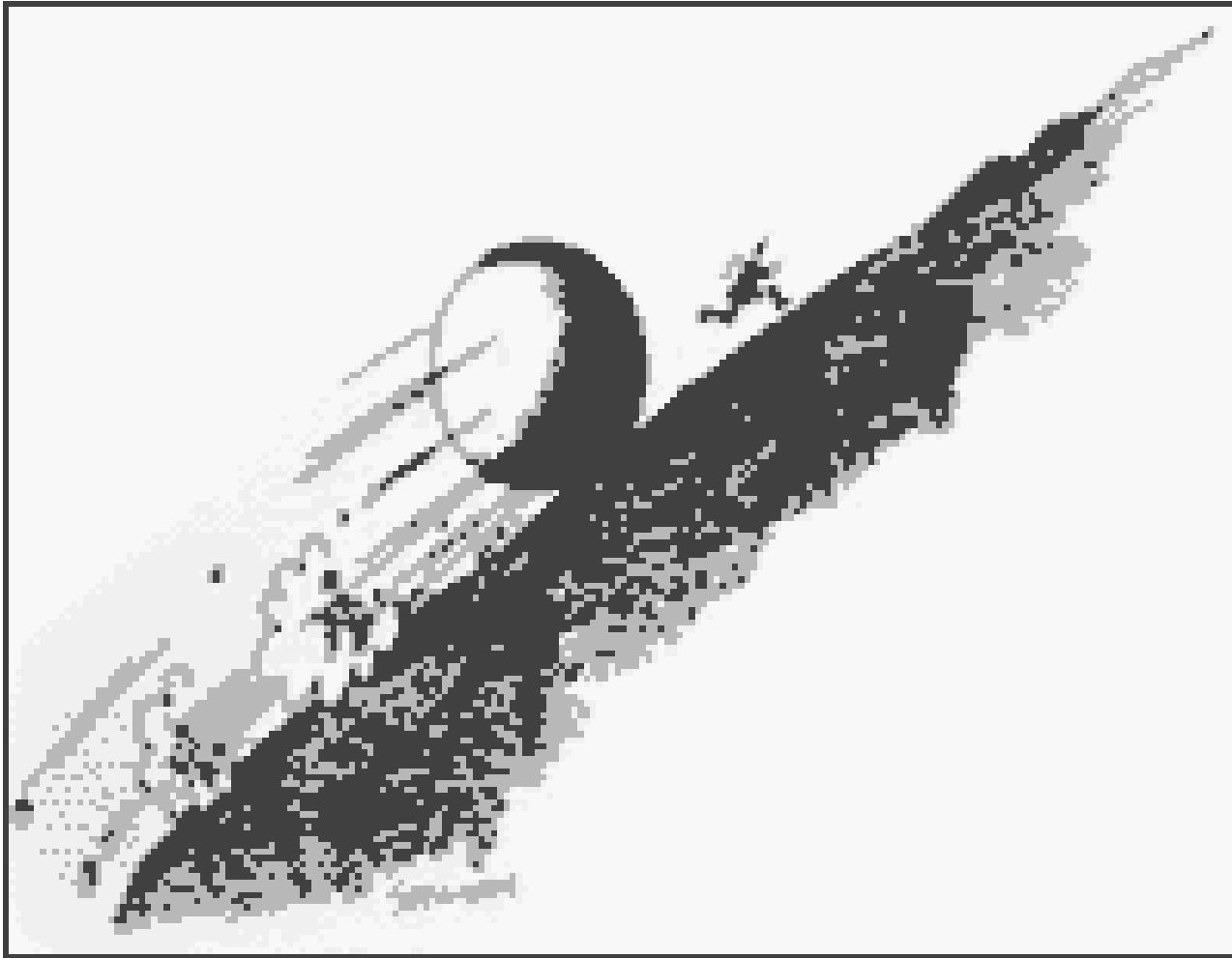
Algaflocc

Natrolit

A természetes zeolitok felhasználása széles körű, ennek csak a töredékét képezik a felsoroltak.



Köszönöm a figyelmet!



Steinberg rajza, The New Yorker Magazine, 1963