

Bevezetés az archeometriába
2011/2012 I.félév
Szegedi Tudományegyetem

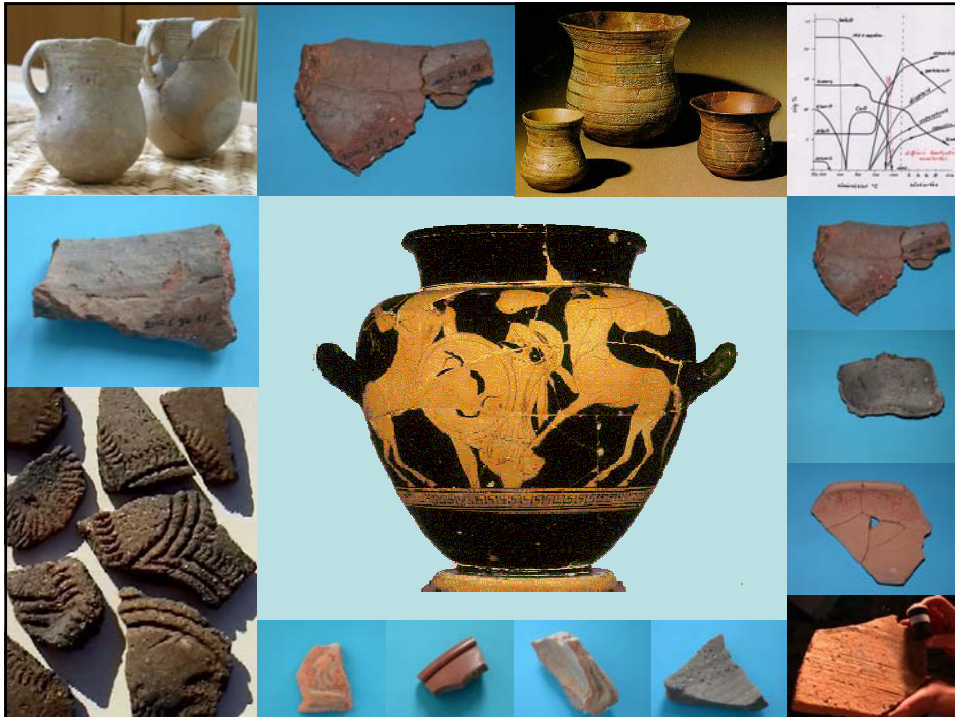
A röntgen-pordiffrakció lehetőségei és korlátai a kerámia vizsgálatokban

Tóth Mária

MTA Geokémiai Kutatóintézet
totyi@geochem.hu



totyi@geochem.hu





A röntgendiffrakciós képből meghatározható legfontosabb információk:

Fázisazonosítás

Fázisok mennyiségi viszonyai

Elemi cella paraméterei

Elemi cellában lévő atomok elrendeződése

Tércsoport meghatározás

Reális szerkezet

Krisztallitok mérete (koherensen szóró domének)

Rendezettségi paraméterek (deformáció)

totyi@geochem.hu



A modern anyagtudomány megalapozói



1901



Wilhelm Conrad Röntgen
1845-1920

Szűrés a röntgensugárzás elektronikus sugárzás.
Hozzájárul a diffrakcióhoz, amiért egy olyan fázison, aminek periódusossága a röntgen sugárzás fértékennt hullámhosszához (10⁻¹⁰ m) esik.



1895. November 8.
totyi@geochem.hu



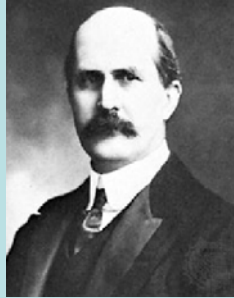
A modern anyagtudomány megalapozói

1914

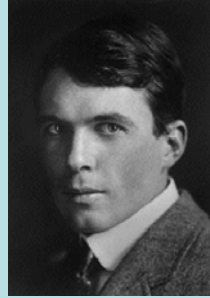
1915



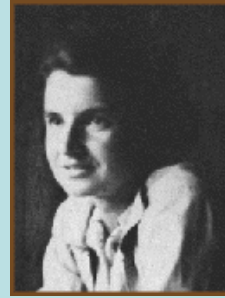
Max von Laue
(1879-1960)



William Henry Bragg
(1862-1942)



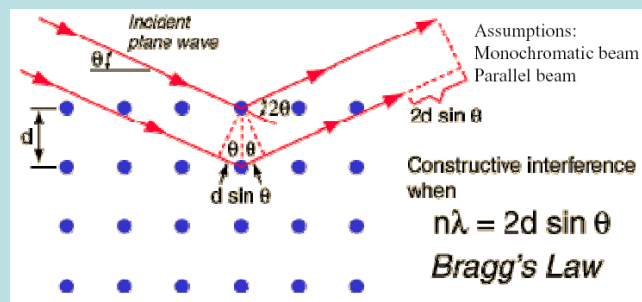
William Lawrence Bragg
(1890-1971)



Rosalind Franklin
(1920-1959)

totyi@geochem.hu

A RÖNTGEN PORDIFFRAKCIÓ ALAPJAI



totyi@geochem.hu

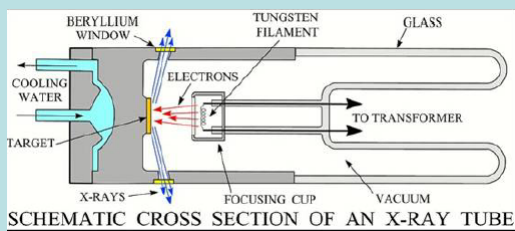
A RÖNTGEN PORDIFFRAKCIÓ ALAPJAI



$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

totyi@geochem.hu

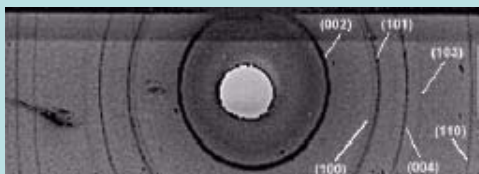
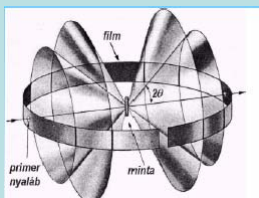
A RÖNTGEN PORDIFFRAKCIÓ ALAPJAI



totyi@geochem.hu

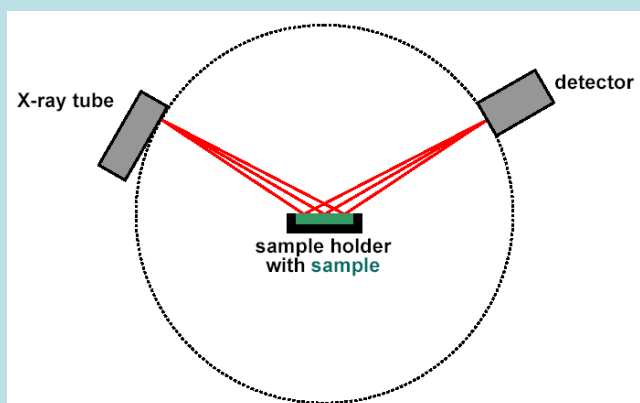


PORDIFFRAKCIÓ



A Debye–Scherrer-módszernél egy-egy adott Miller-indexű kristálysíkeregről diffraktált nyaláb egy-egy 4θ nyílásszögű kúpfelületet alkot. A D–S-kamra belső, hengeres falára helyezett filmen (ez a detektor) ott jön létre feketedés, ahol a kúpfelületek metszik a hengerpalástot.

toty



Bragg–Brentano geometria
(egyszerűsített kép)

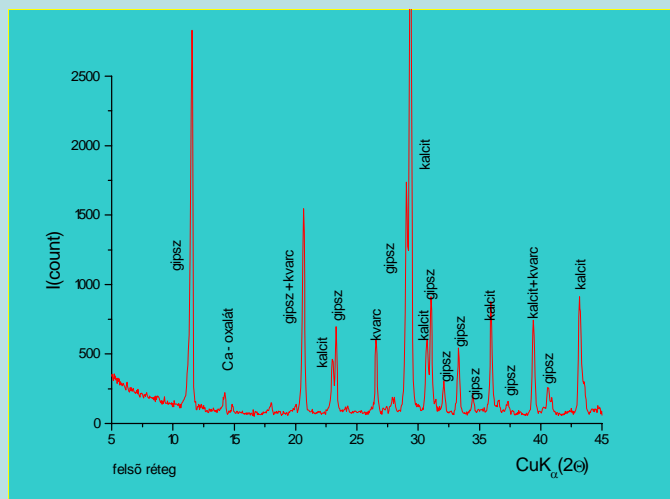
totyi@geochem.hu



A RÖNTGEN PORDIFFRAKCIÓ ALAPJAI



Röntgen por diffraktogram

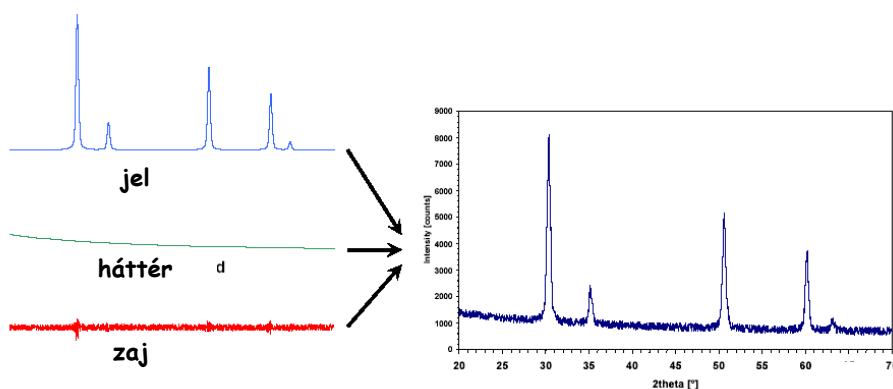


totyi@geochem.hu

A RÖNTGEN PORDIFFRAKCIÓ ALAPJAI

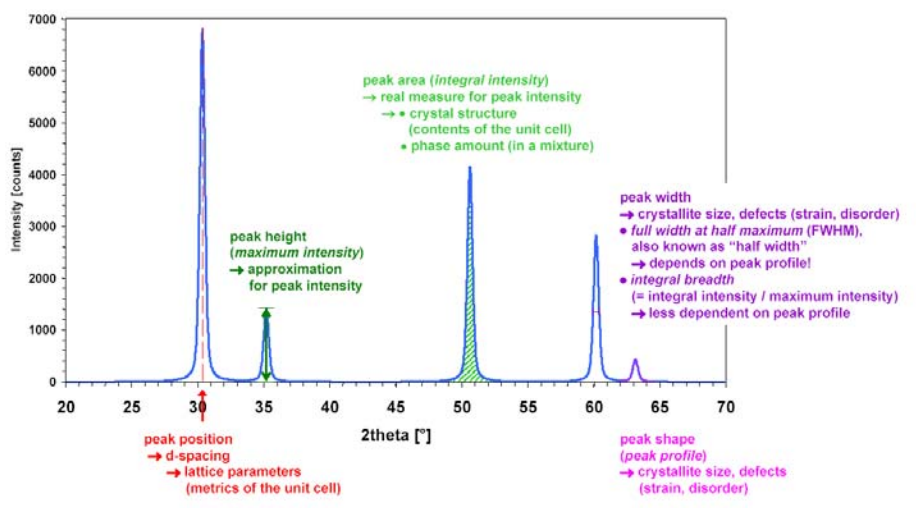


Amiből a diffraktogram épül:



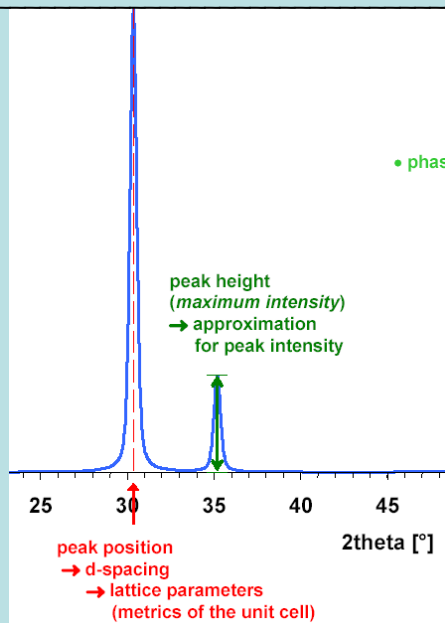
totyi@geochem.hu

A RÖNTGEN PORDIFFRAKCIÓ ALAPJAI



totyi@geochem.hu

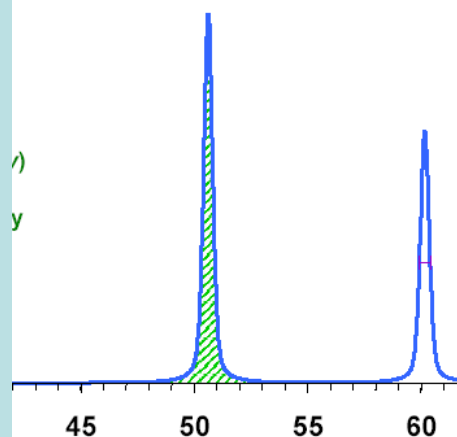
A RÖNTGEN PORDIFFRAKCIÓ ALAPJAI



A RÖNTGEN PORDIFFRAKCIÓ ALAPJAI



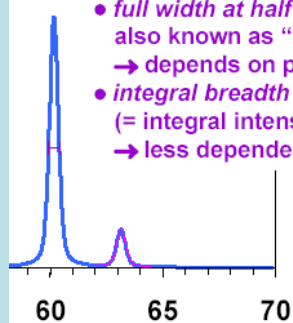
peak area (*integral intensity*)
→ real measure for peak intensity
→ • crystal structure
(contents of the unit cell)
• phase amount (in a mixture)



A RÖNTGEN PORDIFFRAKCIÓ ALAPJAI

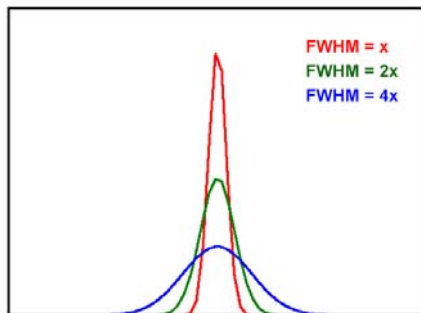


peak width
→ crystallite size, defects (strain, disorder)
• full width at half maximum (FWHM),
also known as “half width”
→ depends on peak profile!
• integral breadth
(= integral intensity / maximum intensity)
→ less dependent on peak profile

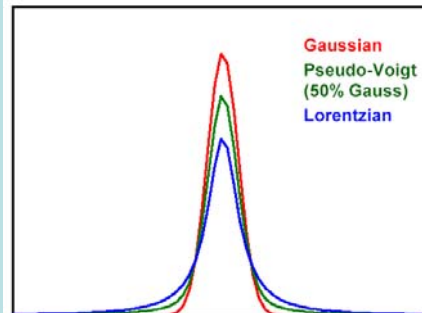


peak shape
(peak profile)
→ crystallite size, defects
(strain, disorder)

A RÖNTGEN PORDIFFRAKCIÓ ALAPJAI



Change of peak height with FWHM
(peak shape and area constant)
→ the stronger the peak broadening,
the worse the peak-height
approximation for intensity!



Change of peak height with peak shape
(FWHM and area constant)
→ Lorentzian peak profiles extend
relatively far from peak center

totyi@geochem.hu

A RÖNTGEN PORDIFFRAKCIÓ ALAPJAI



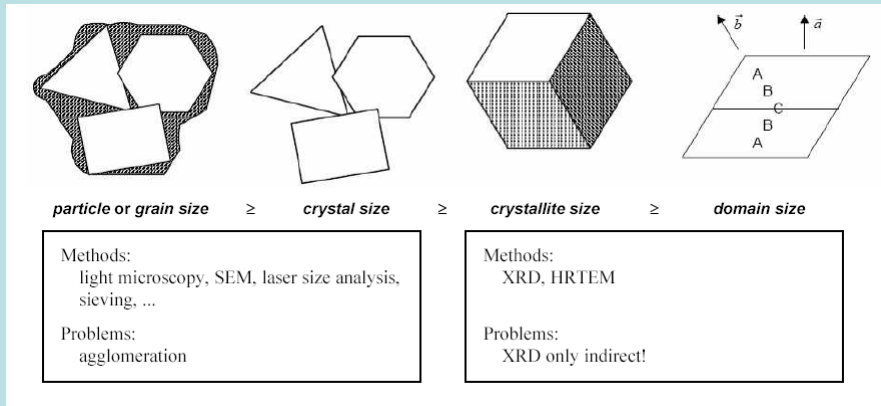
XRD analízis

- **Kvalitatív analízis (kristályos fázisok azonosítása)**
csúcspozíció, relatív intenzitás ("fingerprint")
PDF, JCPD database (diffraktogram file-k)
- **Kvantitatív analízis (kristályos mixtura fázisainak aránya)**
 - a) mért adatok viszonyítva PDF adatbázis intenzitásadataihoz, egy diffraktogramon belül
 - b) Rietveld : számított intenzitások illesztése a mért adatokhoz
közelítő kristályszerkezeti model felhasználásával az összes fázisra (crystal structure database e.g. ICSD, CRYSTMET, CSD, ...)
- **kristályos / amorf arány meghatározással**
 - a) Ismert kristályos belső standard (spiking method)
 - b) Külső standard (referencia minták, 100% amorf, 100% kristályos)
 - c) Standardok nélkül (elméleti és gyakorlati tapasztalatok alapján korrekciós tényezők!)

totyi@geochem.hu



Size/strain analízis: méret effektus

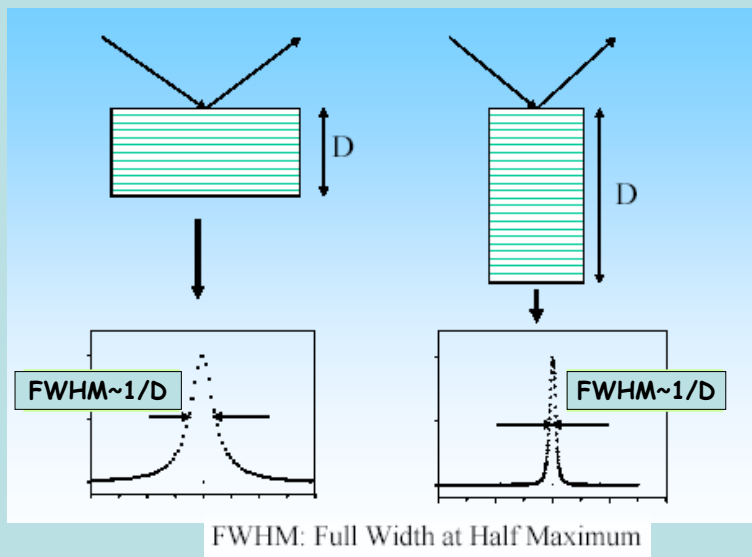


totyi@geochem.hu

A RÖNTGEN PORDIFFRAKCIÓ ALAPJAI

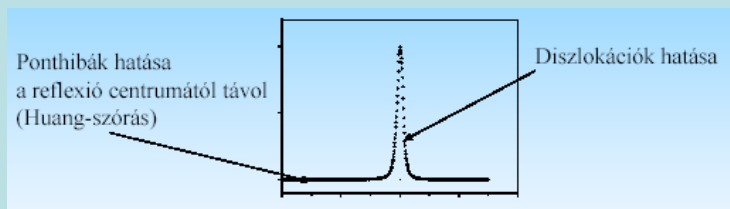


Szemcseméret okozta kiszélesedés



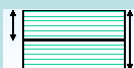


Különböző rácshibák profil alakító hatása



Ponthibák: $\epsilon \sim 1/r^3$ rövid távú deformációs tér

Diszlokációk: $\epsilon \sim 1/r$ hosszútávú deformációs tér

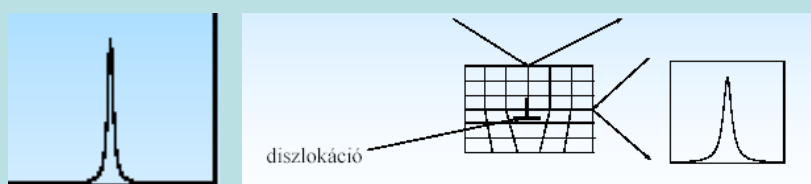


Rétegződési hibák: szemcseméret jellegű szélesedés

totyi@geochem.hu



Diszlokációk okozta vonalszélesedés



Deformációs anizotrópia: anizotróp deformációs tér

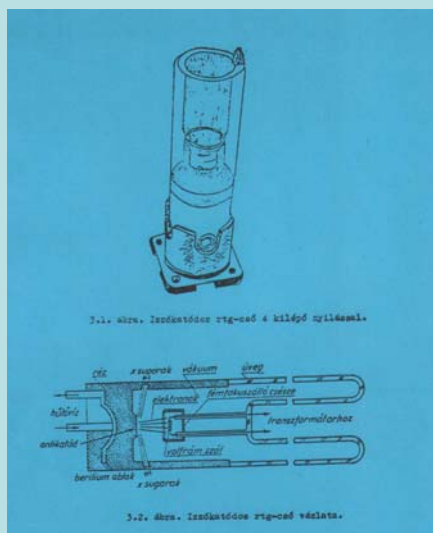


(hkl) függő anizotróp vonalszélesedés

totyi@geochem.hu

SZERZŐ	MÓDSZER	INDEX	JELENTÉSE
KAOLINIT			
MURRAY-LYONS (1956)	XRD	relatív kaolinit rendezettség	13 kaolinit mintából standard sorozat xrd vonalak felasadasa alapján sorbarendezve
MURRAY-LYONS (1960)	XRD	kaolinit rendezettség	$I(110)/I(020) = >1$ jól rendezett 0.7-1 közepesen rendezett <1 rendezetlen
BRINDLEY (1961)	XRD	kaolinit rendezettségi mutató	$I(131) > I(1\bar{3}1)$ jól rendezett $I(131) < I(1\bar{3}1)$ rendezetlen
HINCKLEY (1963)	XRD	Hinckley-index	$(I(\bar{1}10)+I(11\bar{1}))/I(110) = 1-1.2$ jól rendezett 0.8-0.9 közepesen rendezett 0.6-0.7 rendezetlen
ILLIT			
WEAVER (1960)	XRD	„élességi arány” (sharpness ratio)	$H(10.0A)/H(10.5A)$
KÜBLER (1967, 1968)		illit „kristályosság” (IC)=largeur de Scherrer (LS)=Kübler-index (KI)	Az illit-muskovit 10Å-ös bázisreflexiójának kalibrált féltértékszélessége (FWHM)
WEBER (1972)	XRD	relatív féltérték-szélesség (Hbre)=Weber-index	$Hbre=Hb(001)/Hb(100)Qtz$
FLEHMIG (1973)	IR	Flehmig-index= kristályosság	EAL-O-Si/EOH
KLORIT			
ÁRKAI (1991, 2001)	XRD	Árkai index ChC(001) ChC(002) totyi@geochem.hu	a klorit 14-Å-ös bázisreflexiójának kalibrált féltértékszélessége (FWHM) a klorit 7-Å-ös bázisreflexiójának kalibrált féltértékszélessége (FWHM)

A RÖNTGEN PORDIFFRAKCIÓ ALAPJAI

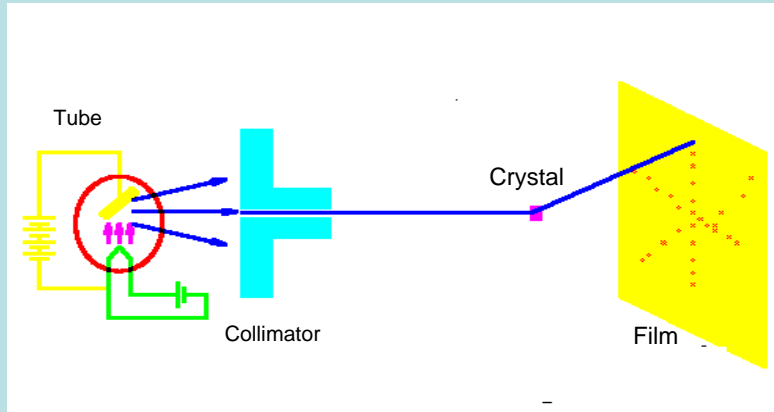


totyi@geochem.hu

A RÖNTGEN PORDIFFRAKCIÓ ALAPJAI

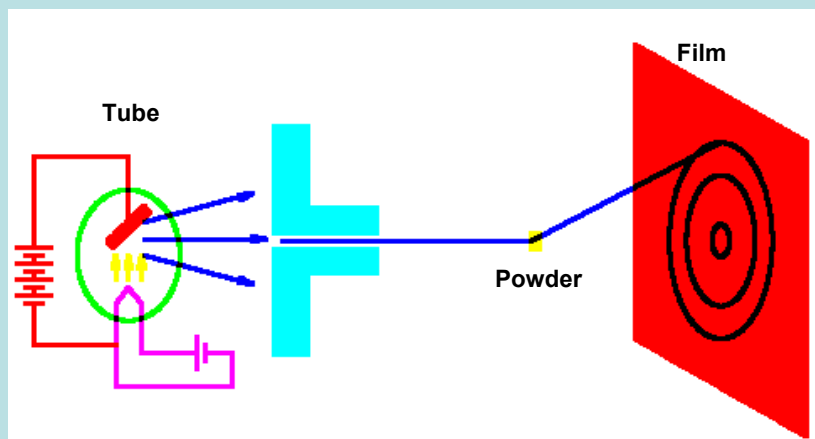


Egykristály diffrakció (Laue-kísérlet)



totyi@geochem.hu

Pordiffrakció

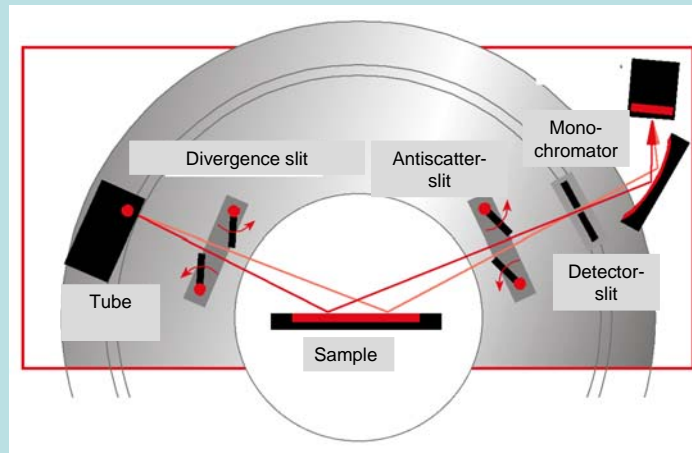


totyi@geochem.hu

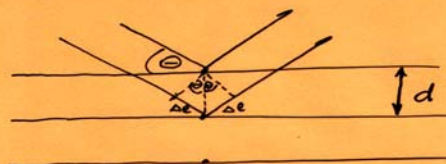
A RÖNTGEN PORDIFFRAKCIÓ ALAPJAI



Bragg-Brentano geometria



totyi@geochem.hu



$$\Delta l = \sin \theta \cdot d$$

$$2\Delta l = 2 \sin \theta \cdot d$$

BRAGG FELTÉTEL:

$$2\Delta l = n \cdot \lambda$$

$$2d \cdot \sin \theta = n \cdot \lambda$$

BRAGG-egyenlet

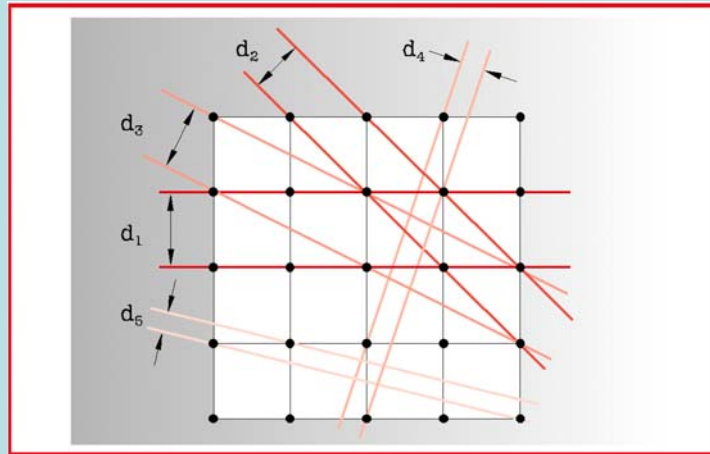
ERŐSÍTÉS: útkülönbség egész számú hullámhossz

GYENGÍTÉS: „nagyobb” amplitúdójú sugárzás jön létre
 $\lambda/4$ útkülönbség kioltásokkor

KIOLTÁS: diffraktáló sugarak fáziskülönbség
 $1/2 \lambda - nyi$



A RÖNTGEN PORDIFFRAKCIÓ ALAPJAI



totyi@geochem.hu

A RÖNTGEN PORDIFFRAKCIÓ ALAPJAI



KVARC

88-2487 Quality: C

CAS Number:

Molecular Weight: 60.08

Volume[CD]: 113.35

Dx: 2.641 Dm:

Sys: Hexagonal

Lattice: Primitive

S.G.: P3₂21 (154)

Cell Parameters:

a 4.93 b c 5.395

α β γ

I/lor: 3.00

Rad: CuK α 1

Lambda: 1.54060

Filter:

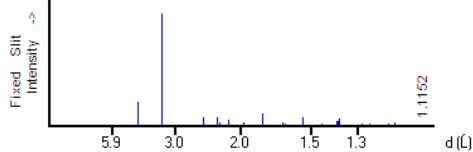
d-sp: calculated

ICSD #: 041672

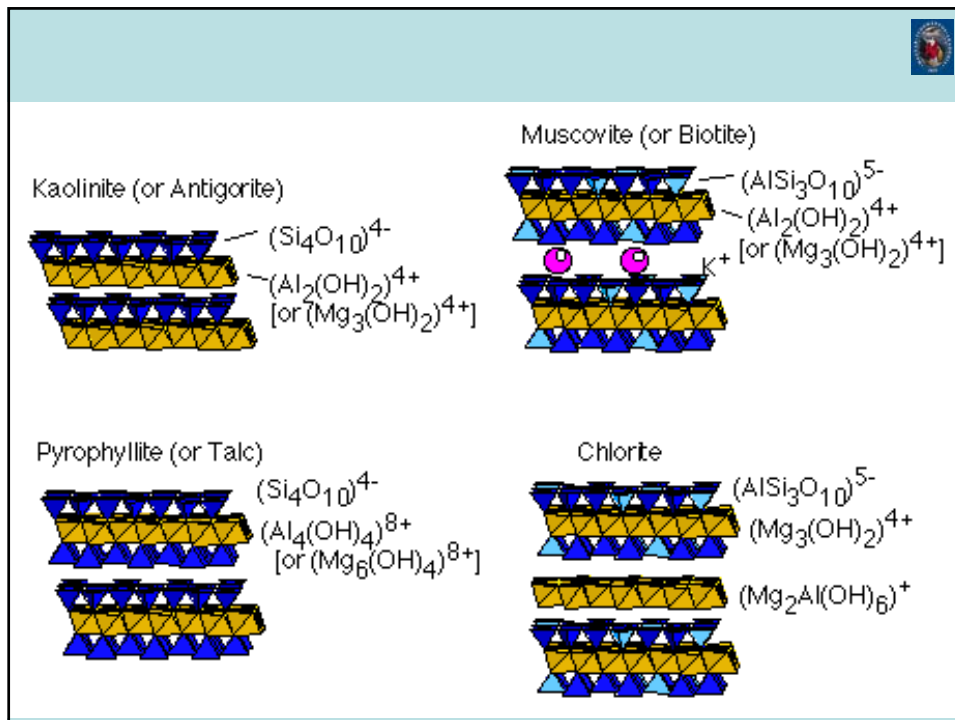
Mineral Name:

Quartz low

Si O₂
Silicon Oxide
Ref: Calculated from ICSD using POWD-12++
Ref: Tse, J.S., Klug, D.D., Allan, D.C., Phys. Rev. B: Condens. Matter, 51, 16392 (1995)



d[Å]	Int-f	h	k	l	d[Å]	Int-f	h	k	l	d[Å]	Int-f	h	k	l
4.2695	212	1	0	0	1.6547	14	0	1	3	1.2325	10	2	2	0
3.3455	999*	0	1	1	1.6137	2	1	2	0	1.2000	22	1	2	3
2.4650	74	1	1	0	1.5458	77	2	1	1	1.1841	21	1	3	0
2.2774	72	1	0	2	1.4510	14	1	1	3	1.1815	25	1	1	4
2.2413	31	1	1	1	1.4231	3	3	0	0	1.1565	11	3	1	1
2.1347	49	2	0	0	1.3841	44	1	2	2	1.1387	2	2	0	4
1.9845	27	2	0	1	1.3759	40	0	3	1	1.1206	1	2	2	2
1.8181	104	1	1	2	1.3738	57	2	0	3	1.1151	2	3	0	3
1.7950	4	0	0	3	1.2839	17	1	0	4					
1.6727	33	0	2	2	1.2582	21	3	0	2					



AGYAGASZVÁNYOK

- mooklin, egy triklin alomszilikátok
- átlagos kristályméret $< 2 \mu$!
- lemez, pálcák, tű alakú morfológia
- rétegekben aggregált állapotú a kőzet, alig, vagy nem bontható alkotóvegy
- egyagaszvápanyokban 10, 100 μ -os csomók is.

kaolinit csoport

900-1000°C $\text{Al}_2(\text{OH})_4 \cdot \text{Si}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 + 2\text{H}_2\text{O}$
 (metakaolinit)

$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \rightarrow \gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 + 2\text{SiO}_2$
 1100-1400°C
 Friedel → metakaolinitből SiO_2 egy rétegre
 kioldódik, Al, Si szimultán lép:

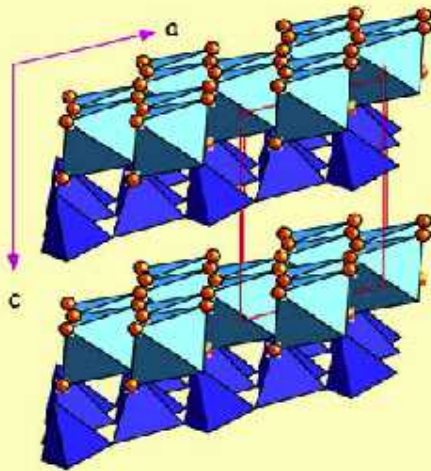
↑ 950°C - $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$; $\text{Al}_4\text{Si}_3\text{O}_{12}$

↑ 1100-1200°C
 $\text{Al}_4\text{Si}_3\text{O}_{12} \rightarrow 2\text{Al}_2\text{SiO}_5 + \text{SiO}_2$
 ↓
 Sillimanit

↑ 1200-1400°C Intézi SiO_2 diffúzió!

$3\text{Al}_2\text{SiO}_5 \rightarrow \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 + \text{SiO}_2$
 ↓
 muskovit

Kaolinite $Al_2Si_2O_5(OH)_4$



• 1:1 Phyllosilicate with layers held together by hydrogen bonds.

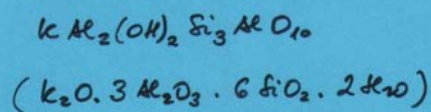
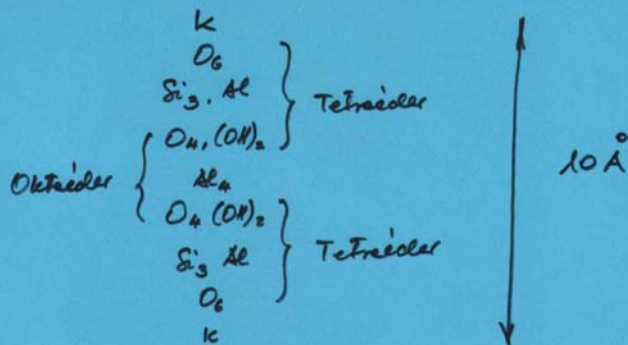
• Major alteration product of feldspars.

• Mineral of "China Clay" in Cornwall.

10Å FILLOSILIKÁTOK

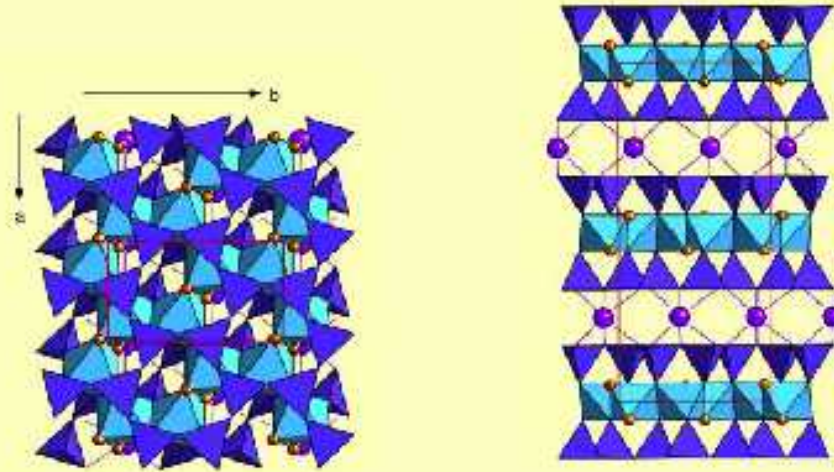


illit, Smectit, muskovit, biótit, ... stb.

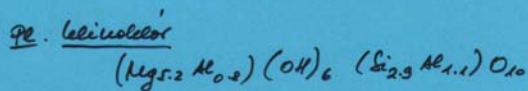
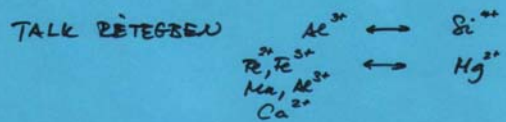
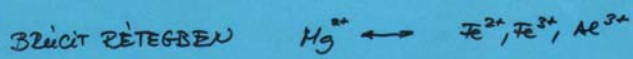
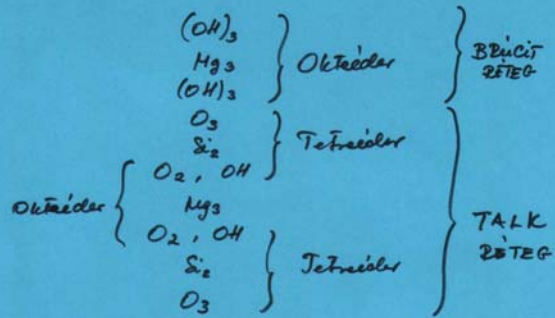


Mica Structure

Muscovite (Monoclinic)

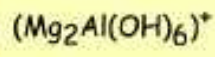
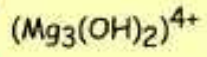
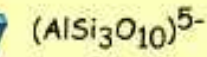
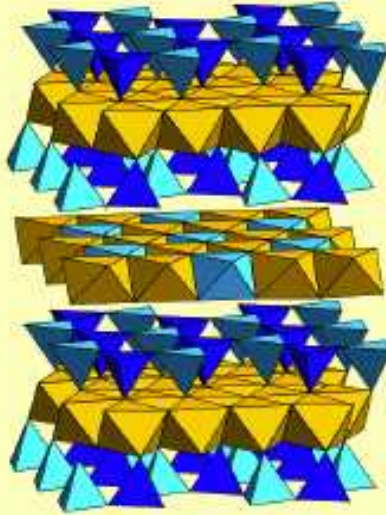


KLORİTOK





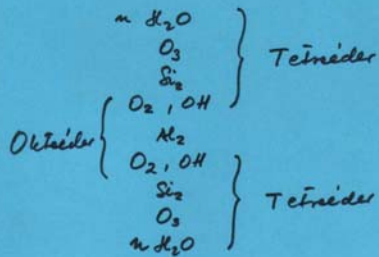
Chlorite



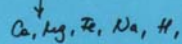
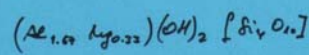
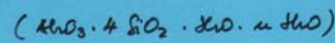
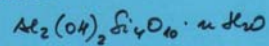
- Alteration product of biotite in retrograde metamorphic rocks.

- Greenschist facies.

MONTHORILLONIT CSOPORT – SZHEKITEK

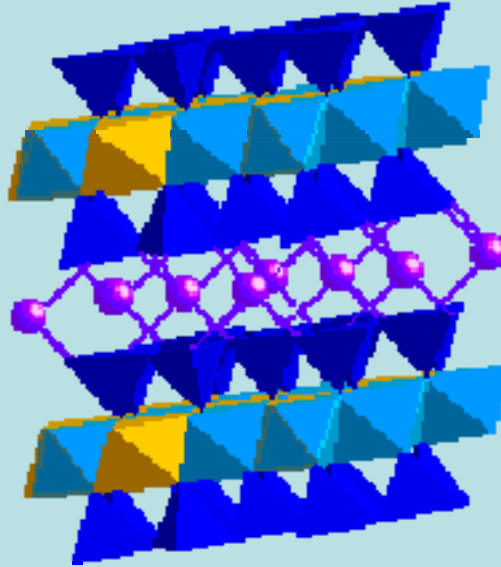


kemény összetétel:

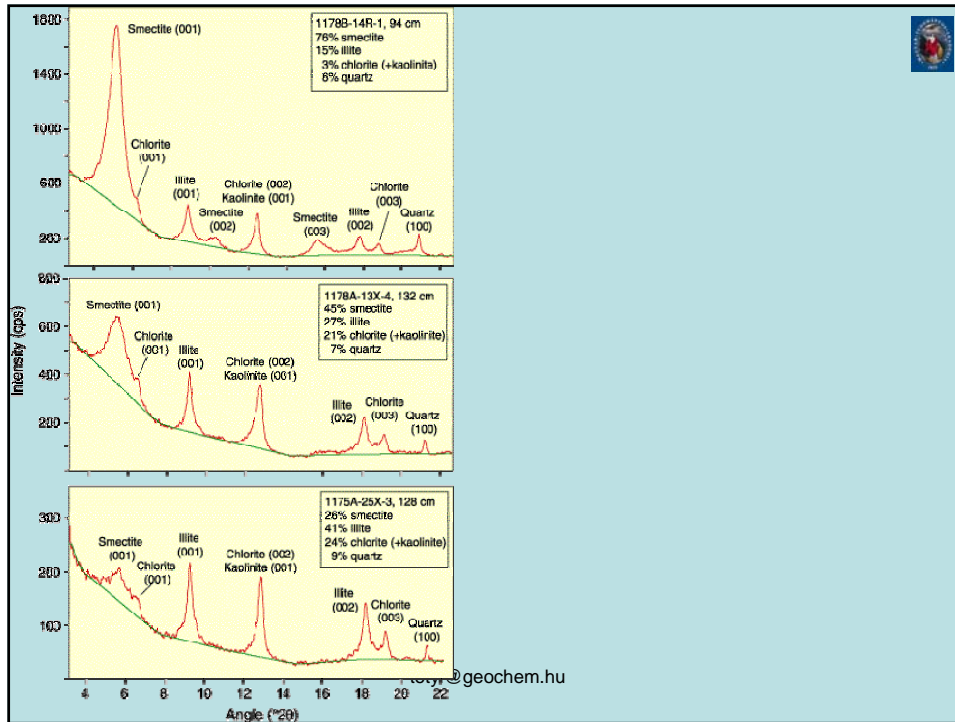


(montmorillonit, beidellit, muskovit, sepiorit, stb.)

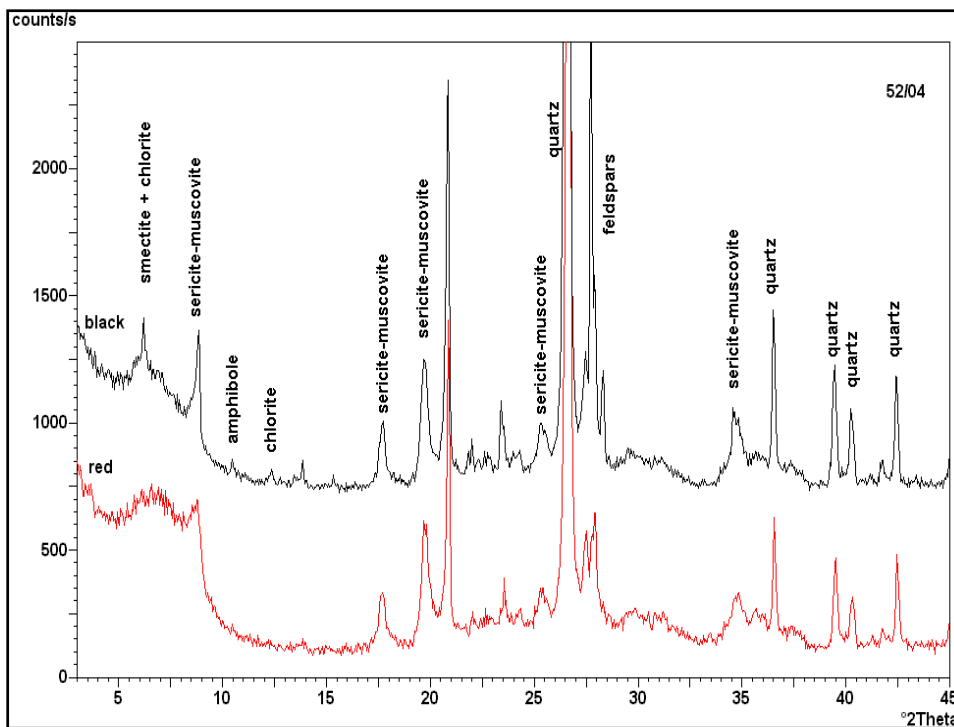
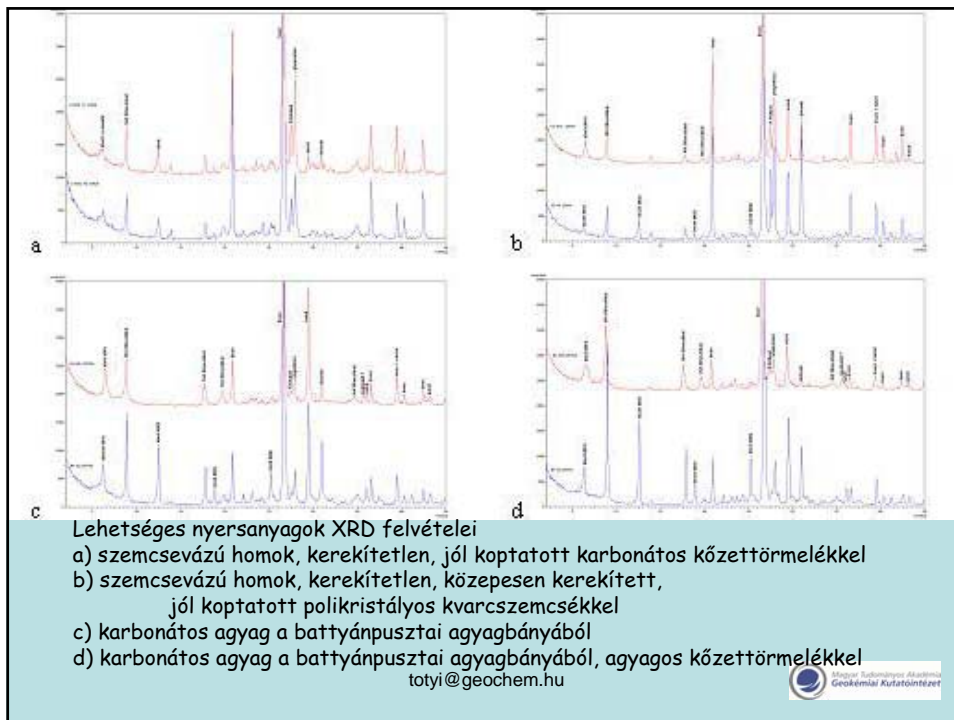
MONTMORILLONIT

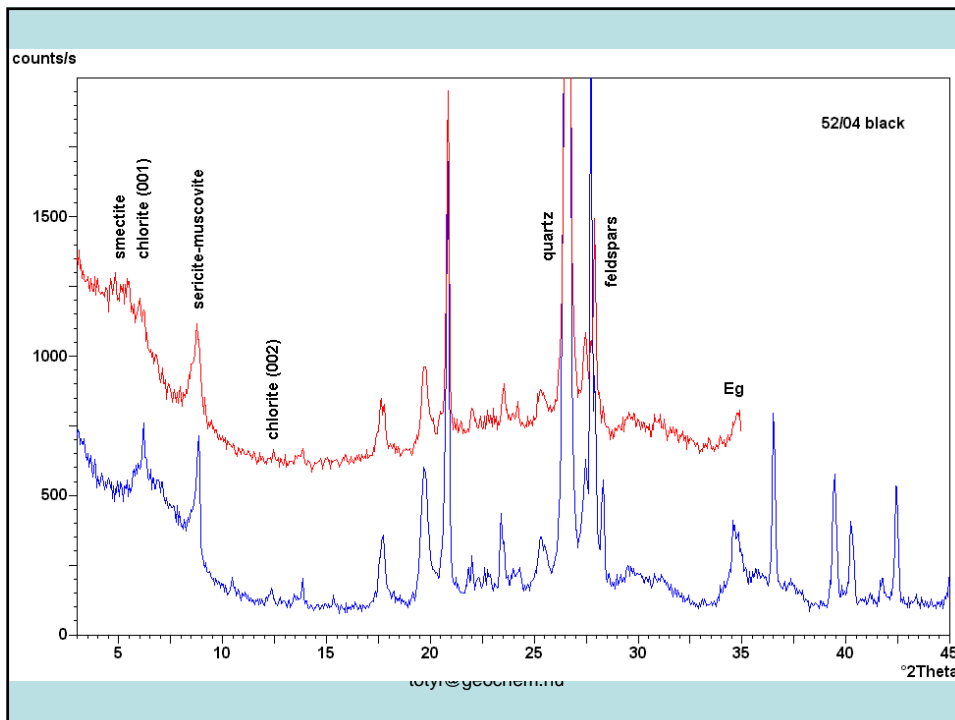
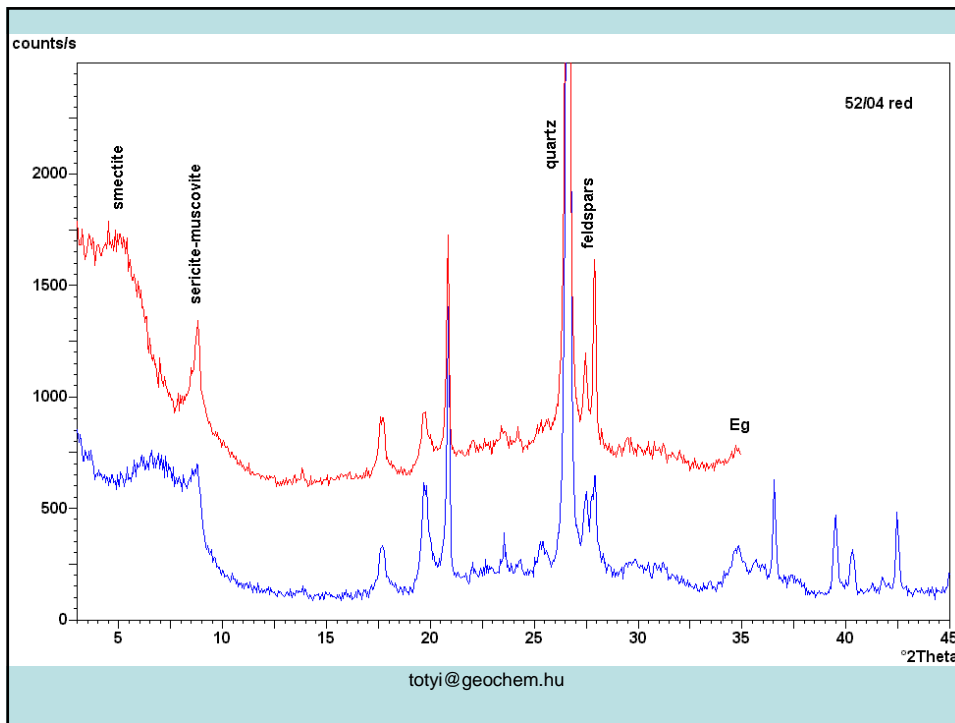


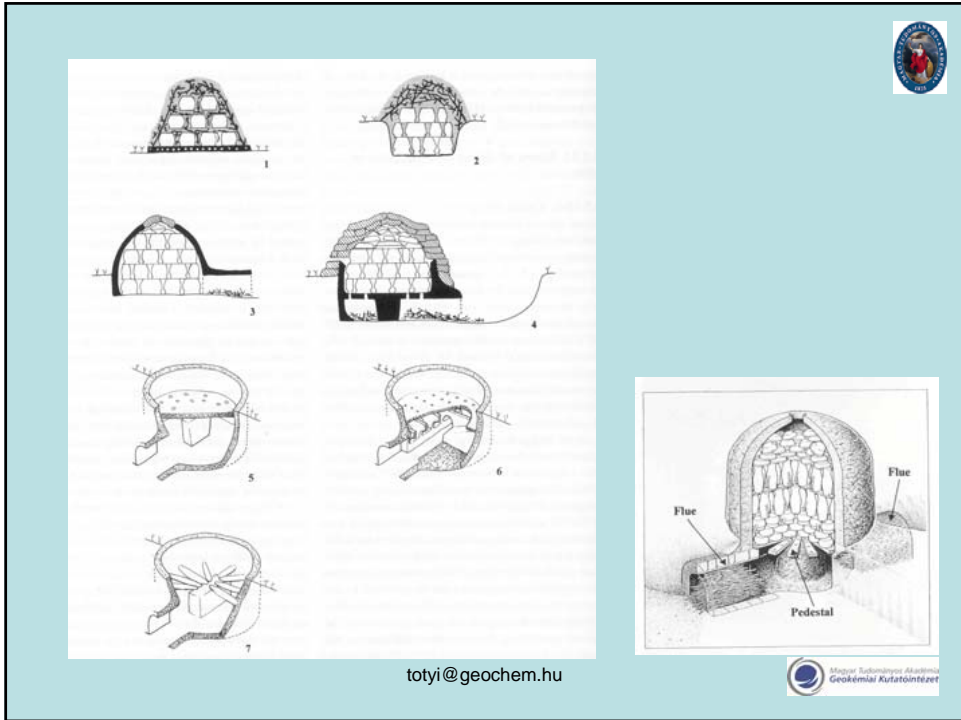
totyi@geochem.hu



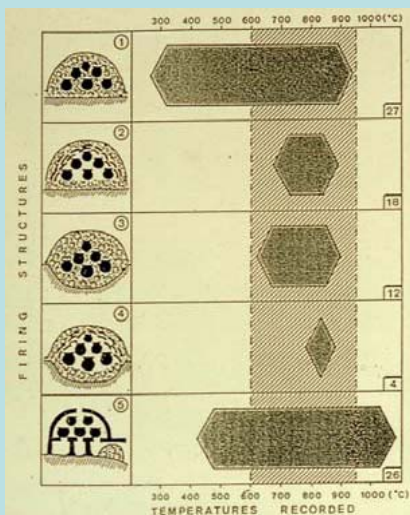
totyi@geochem.hu







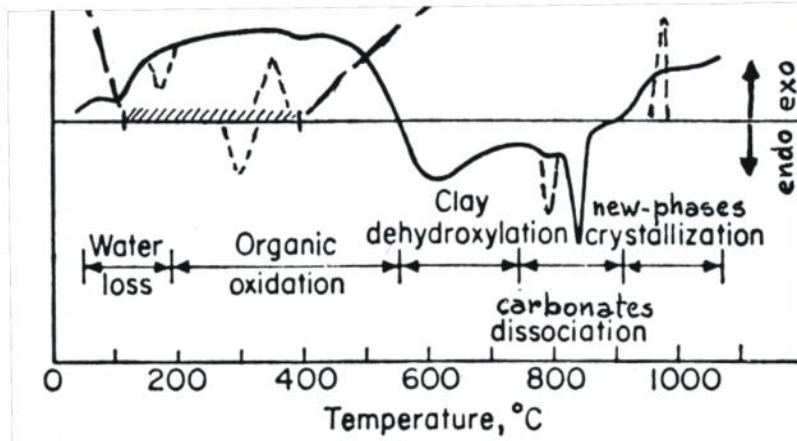
A KEMENCE BETÖLTÉSI MÓDJA ÉS A HŐELOSZLÁS KAPCSOLATA



Gosselain and Livingstone Smith, 1995

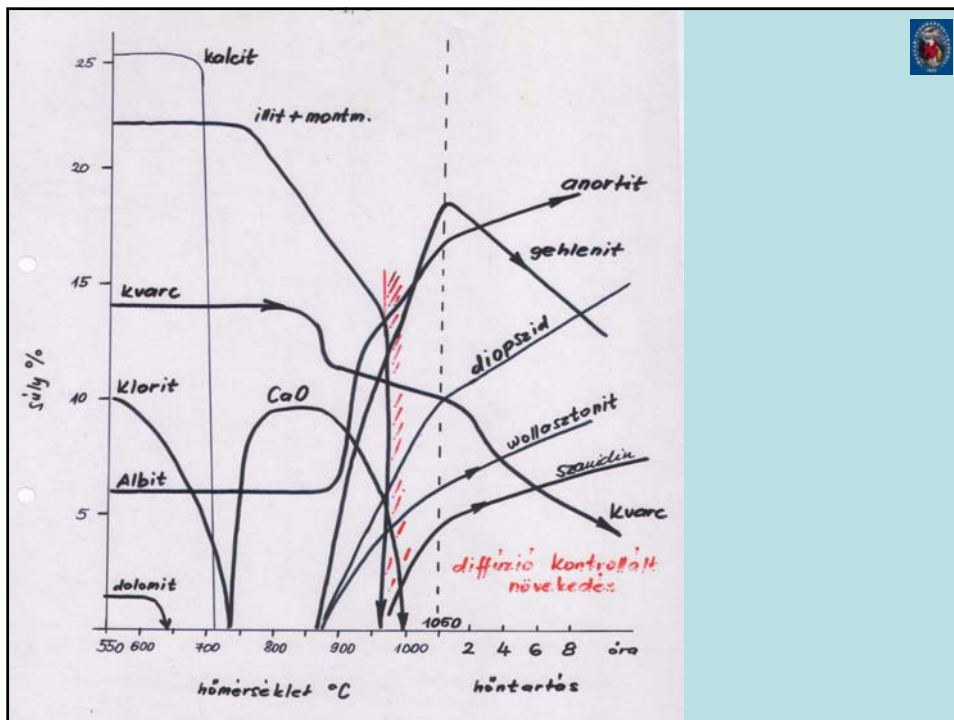
totyi@geochem.hu

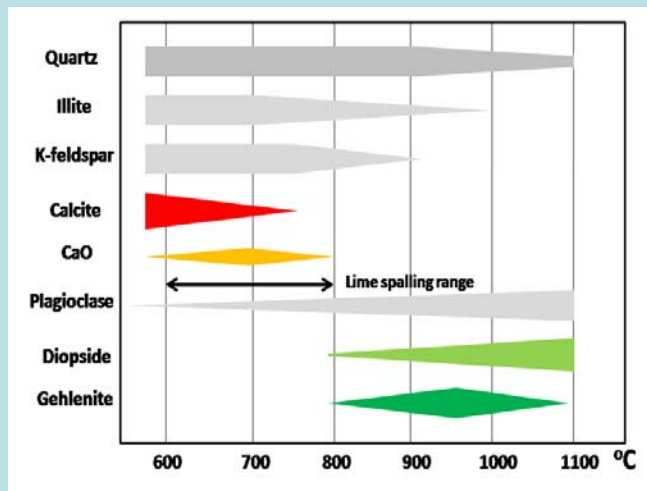




Márgás agyagok endoterm és exoterm átalakulásának szakaszai (Veniale 199

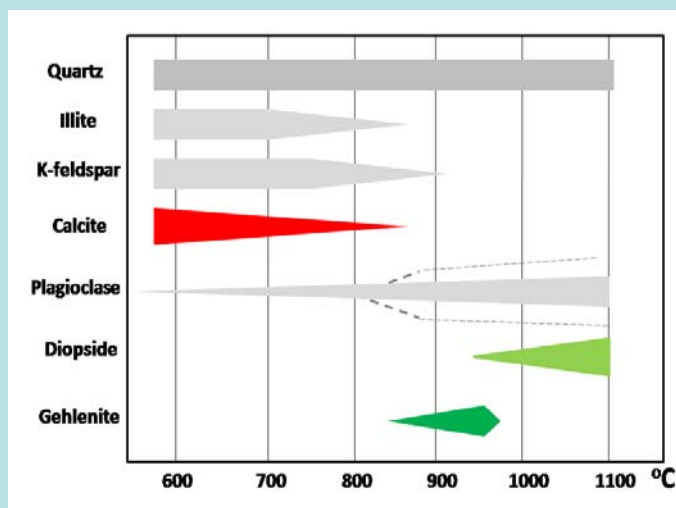
totyi@geochem.hu





Márgás agyagból (illites) oxidatív égetés során keletkező fázisok (Magetti, Noll, Heimann 1976, 1984)

totyi@geochem.hu



Márgás agyagból (illites) redukzív égetés során keletkező fázisok (Noll, Letsch 1979)

totyi@geochem.hu

CaO - Al₂O₃

1000 - 1100 °C CaO · Al₂O₃
 12 CaO · 7 Al₂O₃

MgO - Al₂O₃

1000 - 1100 °C MgO · Al₂O₃

φ CaO-MgO-Al₂O₃ Lössmészakítás megpéltetés nem alakul

CaO - Al₂O₃ - SiO₂

fluidus szelvényi összetétel:

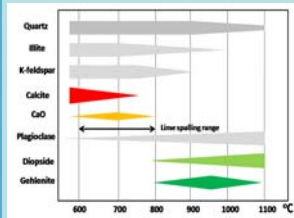
- I. 12 CaO · 7 Al₂O₃
- CaO · Al₂O₃
- 2 CaO · SiO₂
- CaO · SiO₂

A Ca-alumínátok végleges megpecsét a Ca-sziliszilátok

A II. szakasz

Ca-alumínátok SiO₂-vel } reagálnak
 Ca-sziliszilátok Al₂O₃-al

eredmény → GELLENIT 2 CaO · Al₂O₃ · SiO₂

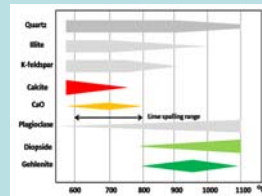


CaO - Al₂O₃ - SiO₂ folyósítás

III. szakasz

a gellenit a folyósításon lévő SiO₂, Al₂O₃ esetén

ANORTITTA alakul (CaO · Al₂O₃ · 2 SiO₂)



totyi@geochem.hu

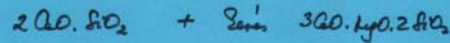
CaO - MgO - SiO₂

jobbja legnagyobb térfogat, ill. a víz
elag. kristályos.

Legfontosabb:

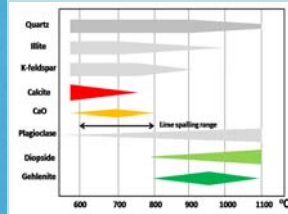
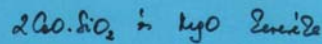
HOORTICELLIT	CaO.MgO.SiO ₂	1433 °C
DIOPHID	CaO.MgO.2SiO ₂	1391 °C
MEEWIT	3CaO.MgO.2SiO ₂	1575 °C

A lemez összetételét figyelembe véve
a hőmérséklet emelkedésével:



széles.

Főbb: kalcit és magnézit előbírja
a többi fém.



ÉGETETT TERHÉLEK FÁZISÖSSZETÉTELE

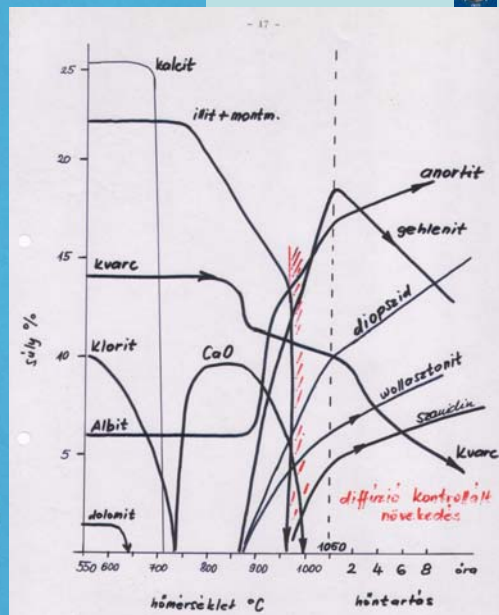
MÁRKÁS ÁGYASOKÉL:

- α - kalcit
- α - lenitobalit
- Ca - oxid
- Ca - ferrit
- Ca - szulfid
- D: kalcium - szilikát
- Gehlenit
- kalcit
- "anyagcsere"

MÉRSZEGENY ÁGYASOKÉL:

- α - kalcit
- α - lenitobalit
- kalcit
- Mullit
- Bitektán
- "anyagcsere"

- kiemelési "anyag" fázisok
- agyag hőmészes
- fázisok sebesség
- hőmészes ideje
- átalakítás



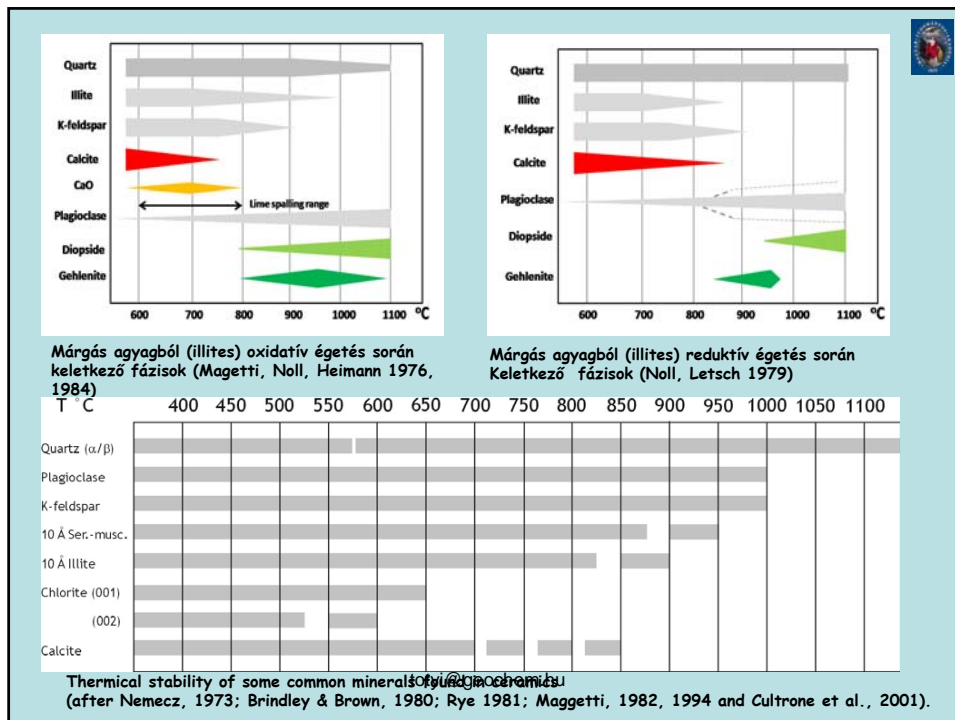
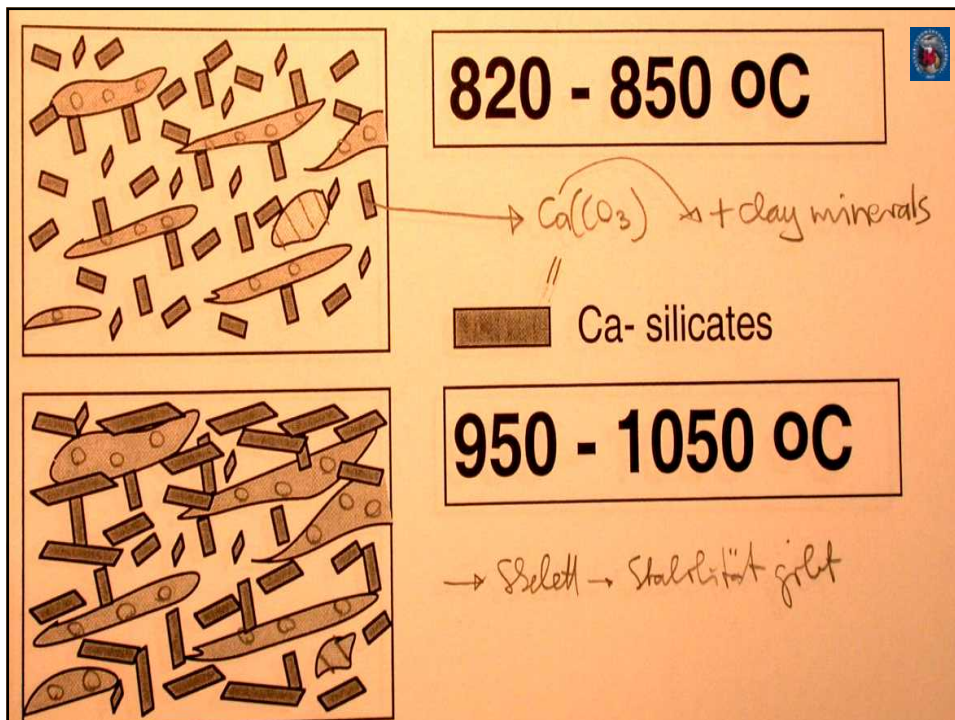
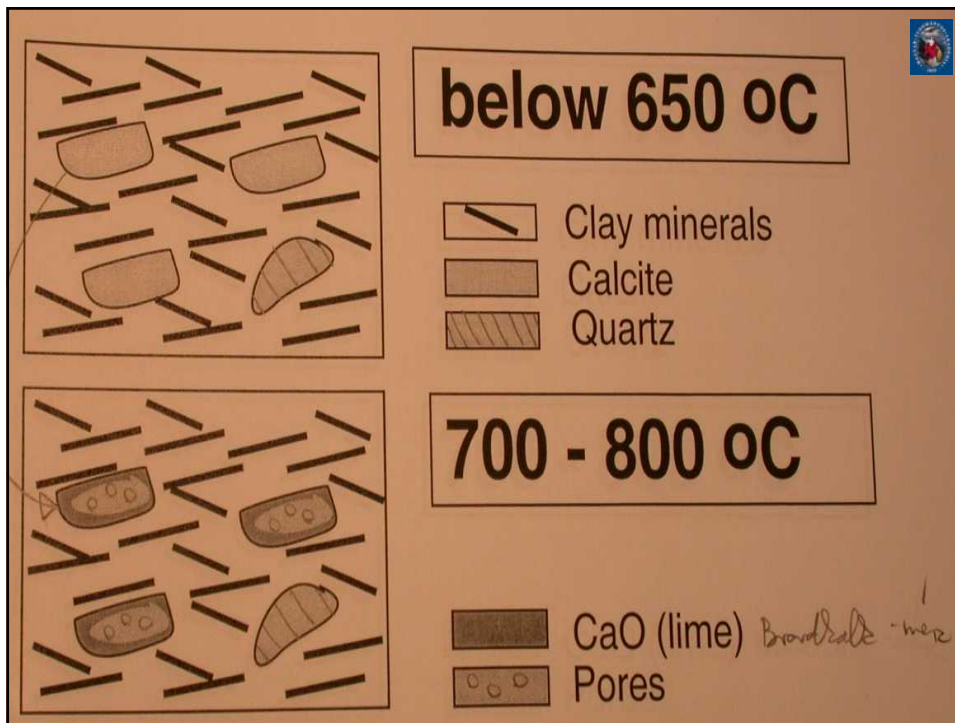
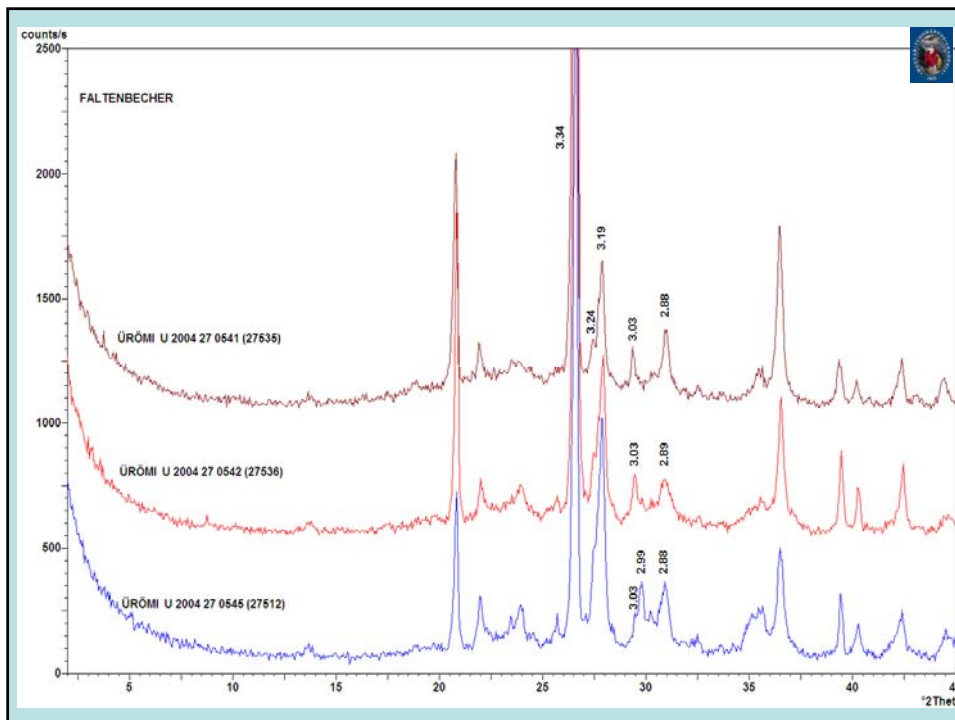
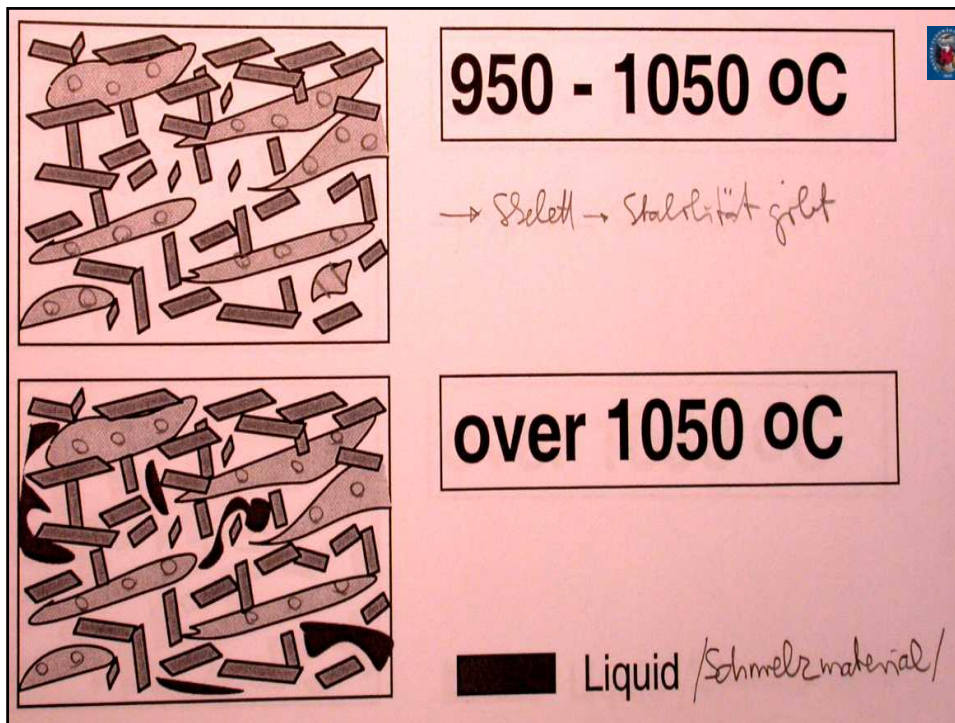


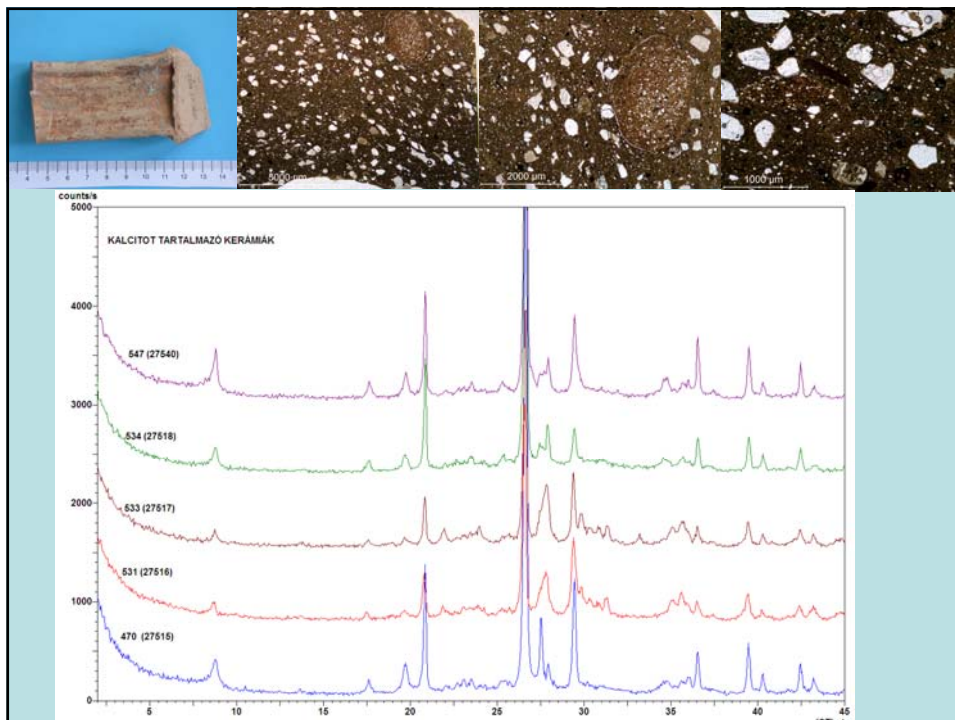
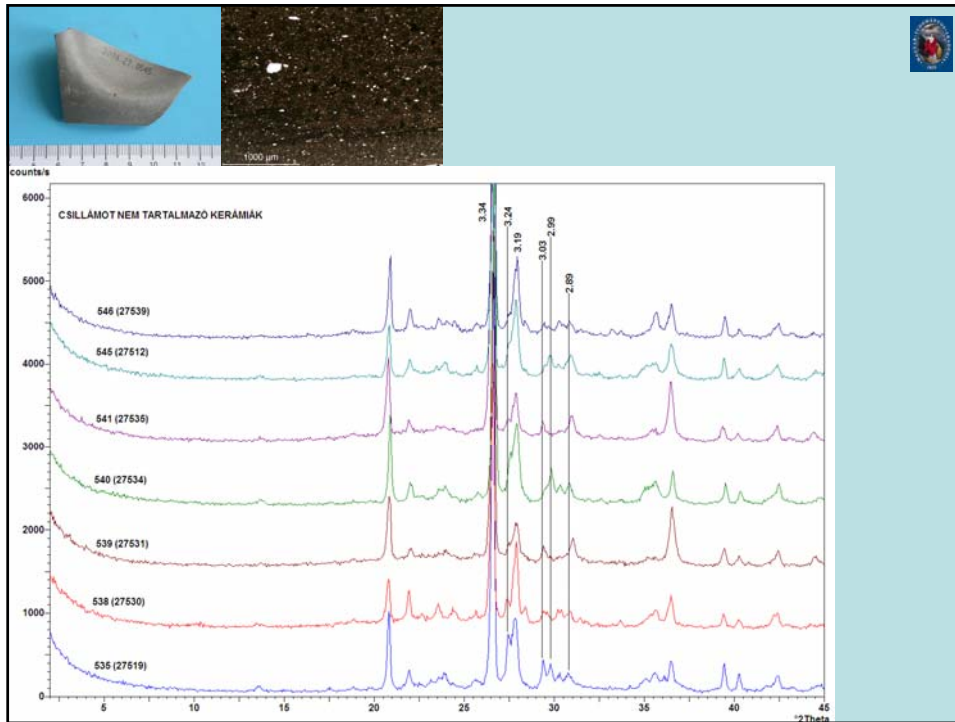
TABLE 5.8. Effect of some diagnostic treatments on spacing of first low angle reflection of clay minerals; spacings in Å are approximate

Mineral	Air-dried	Ethylene glycol	300–350°C	500–600°C	Reflection disappears at	Remarks	Reference
	20–12 Å (B)	20–12 Å (B)	19	Disappears	300–450°C		
Imogilite						20–12 Å band replaced by sharp intense 19 Å reflection at 100–200°C; reversible in moist air	
Kaolinite	7	7	7	Disappears	500–550°C	Occasionally weak broad band at 12–14 Å at 500–550°C	(1)
Dickite	7	7	7	Disappears	550–650°C	Usually broad reflection c. 14 Å at 550–700°C	
Nacrite	7	7	7	Disappears	550–650°C		
Kaolinite, disordered	7	7	7	Disappears	500–550°C		
Halloystite-7 Å	7	7	7	Disappears	450–520°C		
Halloystite-10 Å	11	10	7	Disappears	450–520°C	Dehydrates, usually irreversibly to 7 Å form at 50–100°C	
Serpentine	7	7	7	Disappears	575–700°C	Broad reflection 11–14 Å region at 550–650°C; forms olivine and enstatite at 650–700°C	(2, 3)
Nepouite	7 (B)	7 (B)	7 (B)	Disappears	550–600°C	Broad reflection 11–14 Å at 550–650°C; amorphous 550–800°C; NiO-like phase 800–1000°C	(3, 4)
Berthierine (ferrous)	7	7	7	Disappears	450–500°C	Oxidized to ferric form 350–450°C	(5)
Berthierine (ferric)	7	7	7	Disappears	450–500°C	Forms hematite + spinel 650–1000°C	(5)
Cronstedtite	7	7	7	Disappears	700°C	Spinel-like phase with 7 Å reflection persists to >700°C	(6)
Amesite	7	7	7	Disappears	550–600°C		(7)
Mica	10	10	10	Disappears	800–1000°C		
Kerolite-pimelite	10 (B)	10 (B)	10 (B)	Disappears	700–800°C	Transformed to enstatite 700–800°C	(4)
Smectite, Mg, Ca	15	17	10	Disappears	700–1000°C	Tricochedral varieties more stable in 700–1000°C range	
Smectite, Na	12-5	17	10	Disappears	700–1000°C		
Vermiculite, Mg, Ca	14-5	14-5	10	Disappears	700–1000°C		
Vermiculite, Na	12-5	14-5	10	Disappears	700–1000°C		
Chlorite (magnesian)	14	14	14	Disappears	800°C	14 Å intensity increased at 500–600°C; forms olivine at about 800°C	(8)
Chlorite (iron-rich)	14	14	14	Disappears	600°C	14 Å intensity much increased 500–600°C; forms olivine at 600–700°C	(8)
Swelling chlorite	14	16–17	14	Disappears	14		
Palygorskite	10-5	10-5	10-5 + 9-2	Disappears	9-2	Marked increase in 10-5 Å intensity at 150°C	(9)
Sepiolite	12-2	12-2	12-2 + 10-4	Disappears	10-4		

Temperature at which thermal changes occur are affected by size of crystals and duration of heating; larger crystals require higher temperature and longer time for reaction.
(B) = broad reflection.
References: (1) Hill (1955); (2) Brindley and Zussman (1957); (3) Brindley and Wan (1975); (4) Pham Thi Hang and Brindley (1973); (5) Brindley and Youell (1953); (6) Steadman and Youell (1957); (7) Brindley, Oughton and Youell (1951); (8) Brindley and Ali (1950); (9) Nathan (1970).



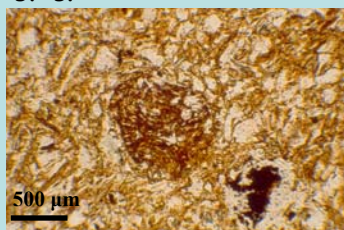




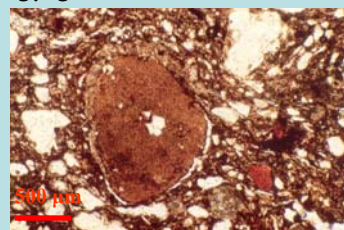
Soványítóanyag összetétele Agyagkőzetek, kerámia (Szakmány György)



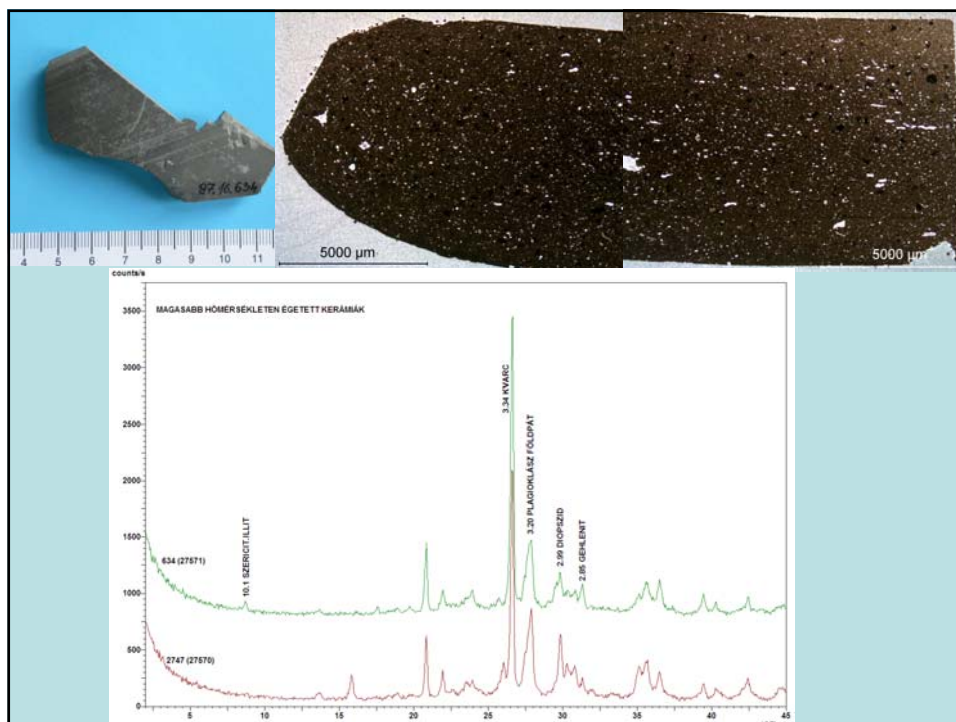
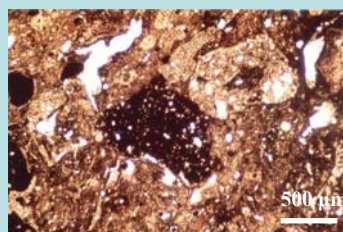
Agyagpellel



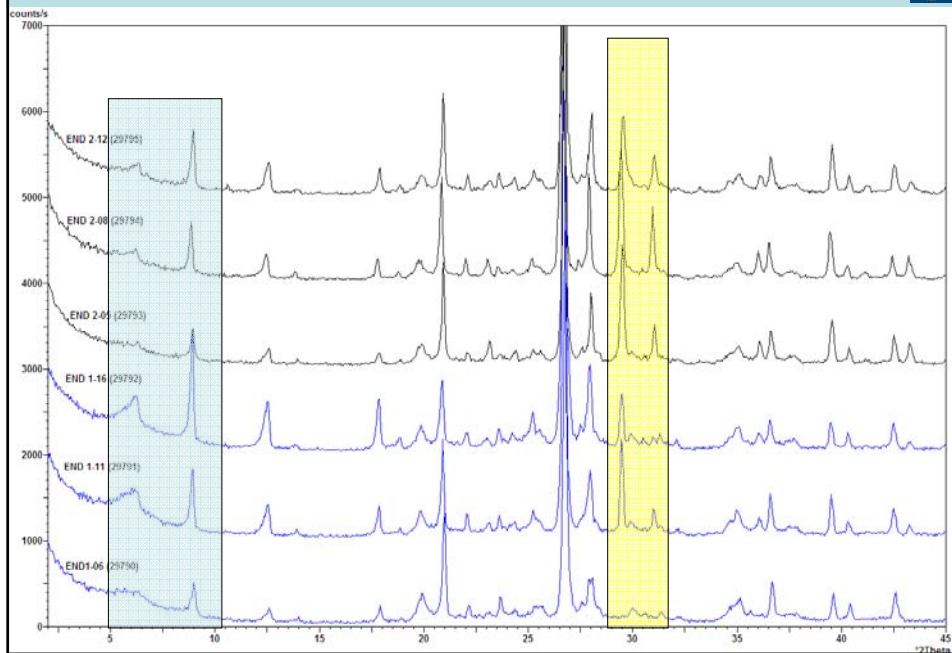
Agyagos közettörmelék



Kerámia töredékek



ENDRŐD 13-14. FÚRÁS



ENDRŐD 13-14. FÚRÁS ANYAGÁBÓL KISÉRLETI ÉGETETT MINTÁK

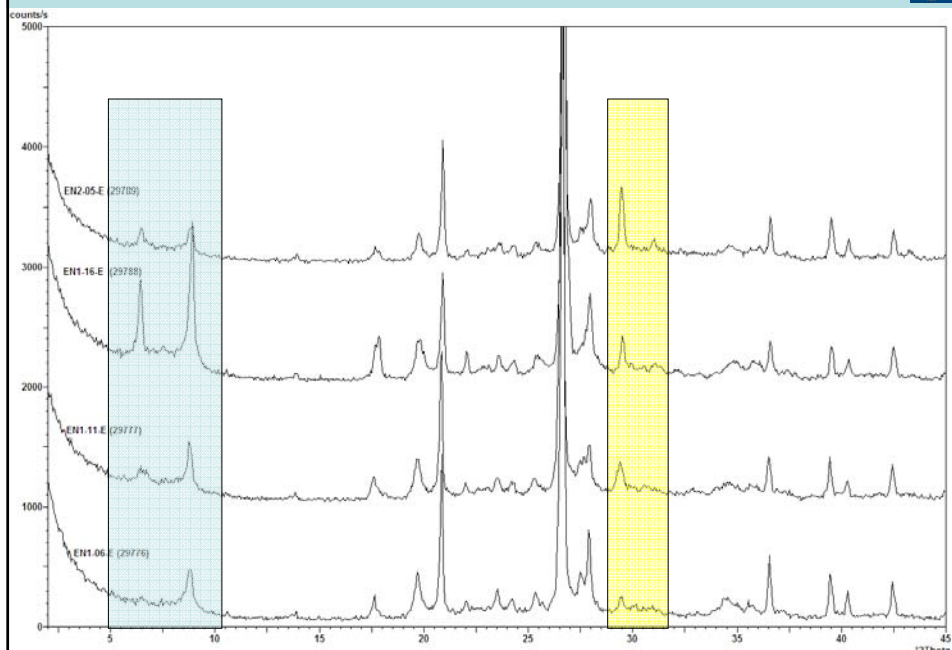


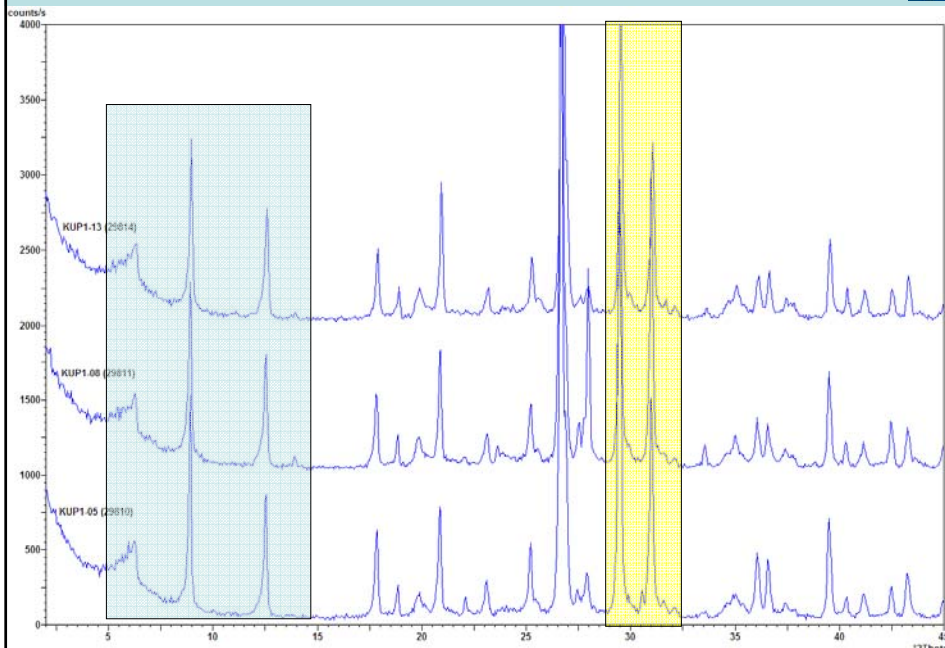


TABLE 5.8. Effect of some diagnostic treatments on spacing of first low angle reflection of clay minerals; spacings in Å are approximate

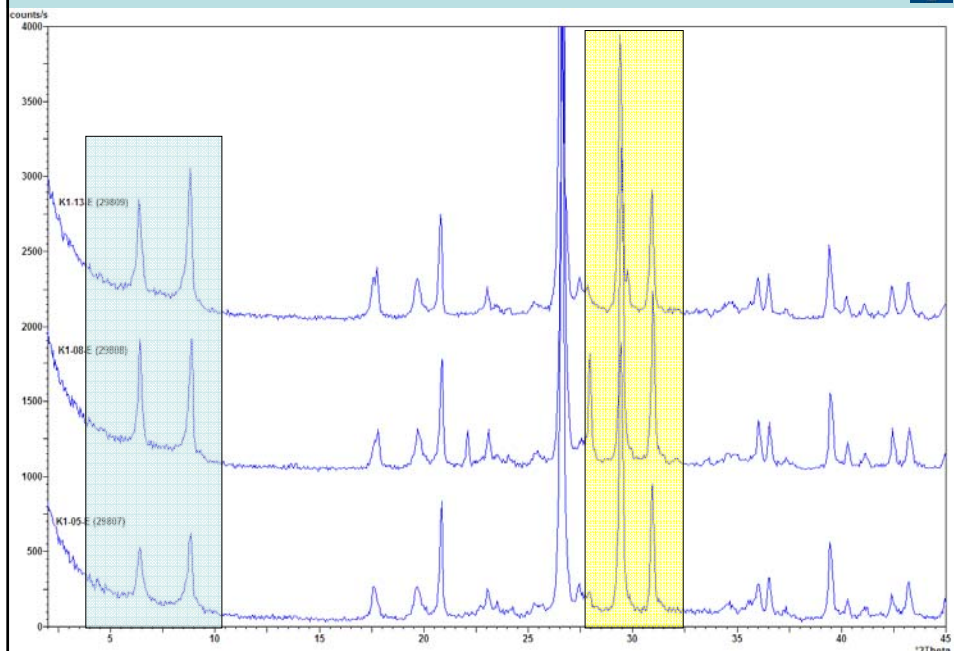
Mineral	Air-dried	Ethylene glycol	300–350°C	500–600°C	Reflection disappears at	Remarks	Reference
Imogolite	20–12 Å (B)	20–12 Å (B)	19	Disappears	300–450°C	20–12 Å band replaced by sharp intense 19 Å reflection at 100–200°C; reversible in moist air	
Kaolinite	7	7	7	Disappears	500–550°C	Occasionally weak broad band at 12–14 Å at 500–550°C	
Dickite	7	7	7	Disappears	550–650°C	Usually broad reflection c. 14 Å at 550–700°C	(1)
Nacrite	7	7	7	Disappears	550–650°C		
Kaolinite, disordered	7	7	7	Disappears	500–550°C		
Halloysite-7 Å	7	7	7	Disappears	450–520°C		
Halloysite-10 Å	11	10	7	Disappears	450–520°C	Dehydrates, usually irreversibly to 7 Å form at 50–100°C	
Serpentine	7	7	7	Disappears	575–700°C	Broad reflection 11–14 Å region at 550–650°C; forms olivine and enstatite at 650–700°C	(2, 3)
Nepouite	7 (B)	7 (B)	7 (B)	Disappears	550–600°C	Broad reflection 11–14 Å at 550–650°C; amorphous 550–800°C; NiO-like phase 800–1000°C	(3, 4)
Berthierine (ferrous)	7	7	7	Disappears	450–500°C	Oxidized to ferric form 350–450°C	(5)
Berthierine (ferric)	7	7	7	Disappears	450–500°C	Forms hematite + spinel 650–1000°C	(5)
Cronstedtite	7	7	7	Disappears	7	Spinel-like phase with 7 Å reflection persists to >700°C	(6)
Amesite	7	7	7	Disappears	550–600°C		(7)
Mica	10	10	10	10	800–1000°C+		
Kerolite-pimelite	10 (B)	10 (B)	10 (B)	10 (B)	700–800°C	Transformed to enstatite 700–800°C	(4)
Smectite, Mg, Ca	15	17	10	10	700–1000°C	Trioctahedral varieties more stable in 700–1000°C range	
Smectite, Na	12.5	17	10	10	700–1000°C		
Vermiculite, Mg, Ca	14.5	14.5	10	10	700–1000°C		
Vermiculite, Na	12.5	14.5	10	10	700–1000°C		
Chlorite (magnesian)	14	14	14	14	800°C	14 Å intensity increased at 500–600°C; forms olivine at about 800°C	(8)
Chlorite (iron-rich)	14	14	14	14	600°C	14 Å intensity much increased 500–600°C; forms olivine at 600–700°C	
Swelling chlorite	14	16–17	14	14			
Palygorskite	10.5	10.5	10.5 + 9.2	9.2	700°C	Marked increase in 10.5 Å intensity at 150°C	(9)
Sepiolite	12.2	12.2	12.2 + 10.4	10.4	700°C		

Temperature at which thermal changes occur are affected by size of crystals and duration of heating; larger crystals require higher temperature and longer time for reaction.
 (B) = broad reflection.
 References: (1) Hill (1955); (2) Brindley and Zussman (1957); (3) Brindley and Wan (1975); (4) Pham Thi Hang and Brindley (1973); (5) Brindley and Youell (1953); (6) Steadman and Youell (1957); (7) Brindley, Oughton and Youell (1951); (8) Brindley and Ali (1950); (9) Nathan (1970).

KUP-EGYES 7. FÜRÁS



KUP-EGYES 7. FÚRÁS KISÉRLETI ÉGETÉS



„KORLÁTOK”



roncsolásmentes ?
reprezentatív minta igénye
kimutatási érzékenység
fázisok átlapoló reflexiói
izomorf sorok kis szerkezeti
különbsége
különböző hatások azonos eredménye
másodlagos folyamatok „termékei”

totyi@geochem.hu

