

# Paleomagnetizmus egyptských pyramid

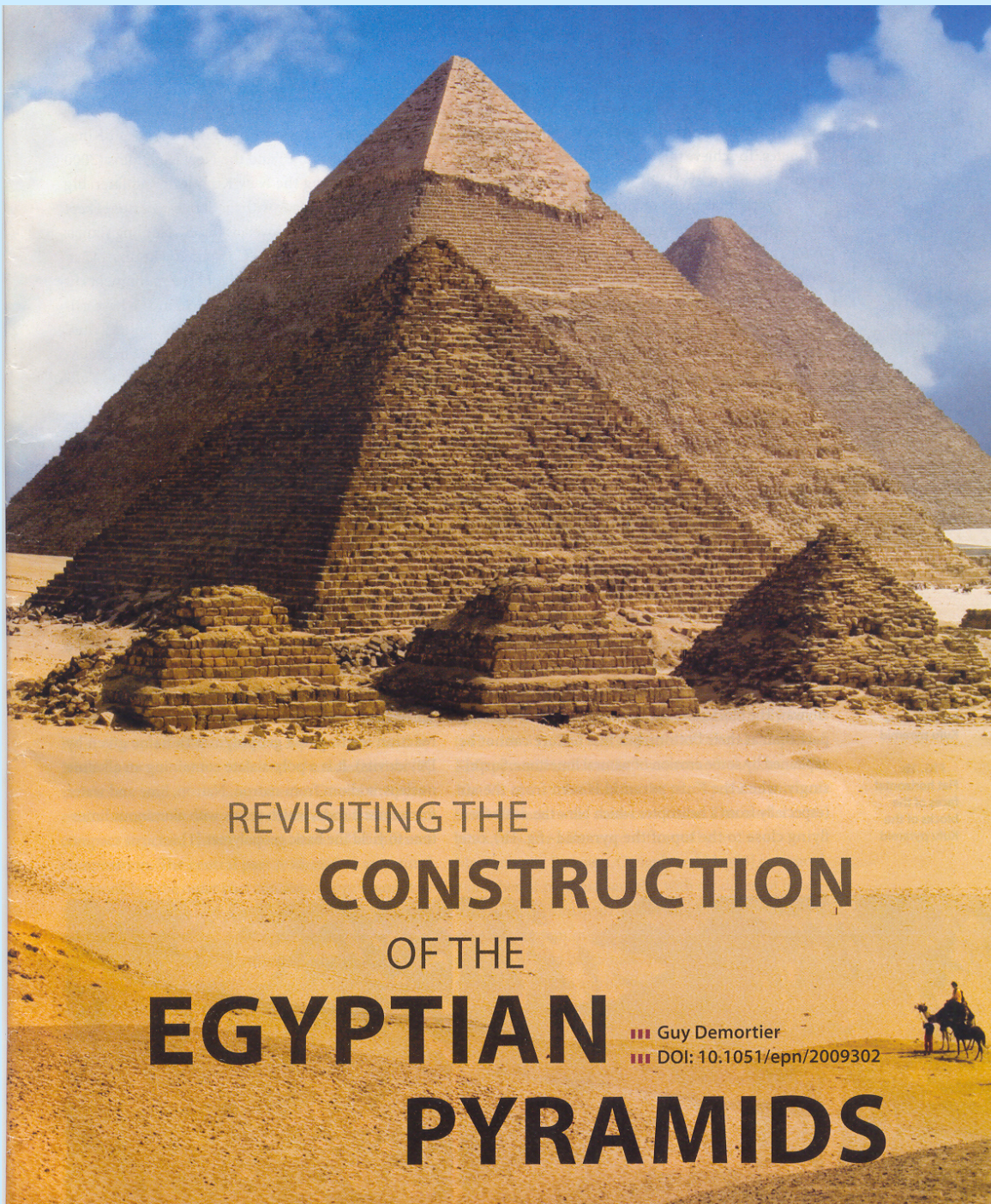
**Túnyi I.**, Geofyzikálny ústav SAV, Bratislava

**Kadzialko-Hofmokr M.**, Geofyzikálny ústav PAV, Warszawa

**Orlický O.**, Geofyzikálny ústav SAV, Bratislava

**Soták J.**, Geologický ústav SAV, Banská Bystrica

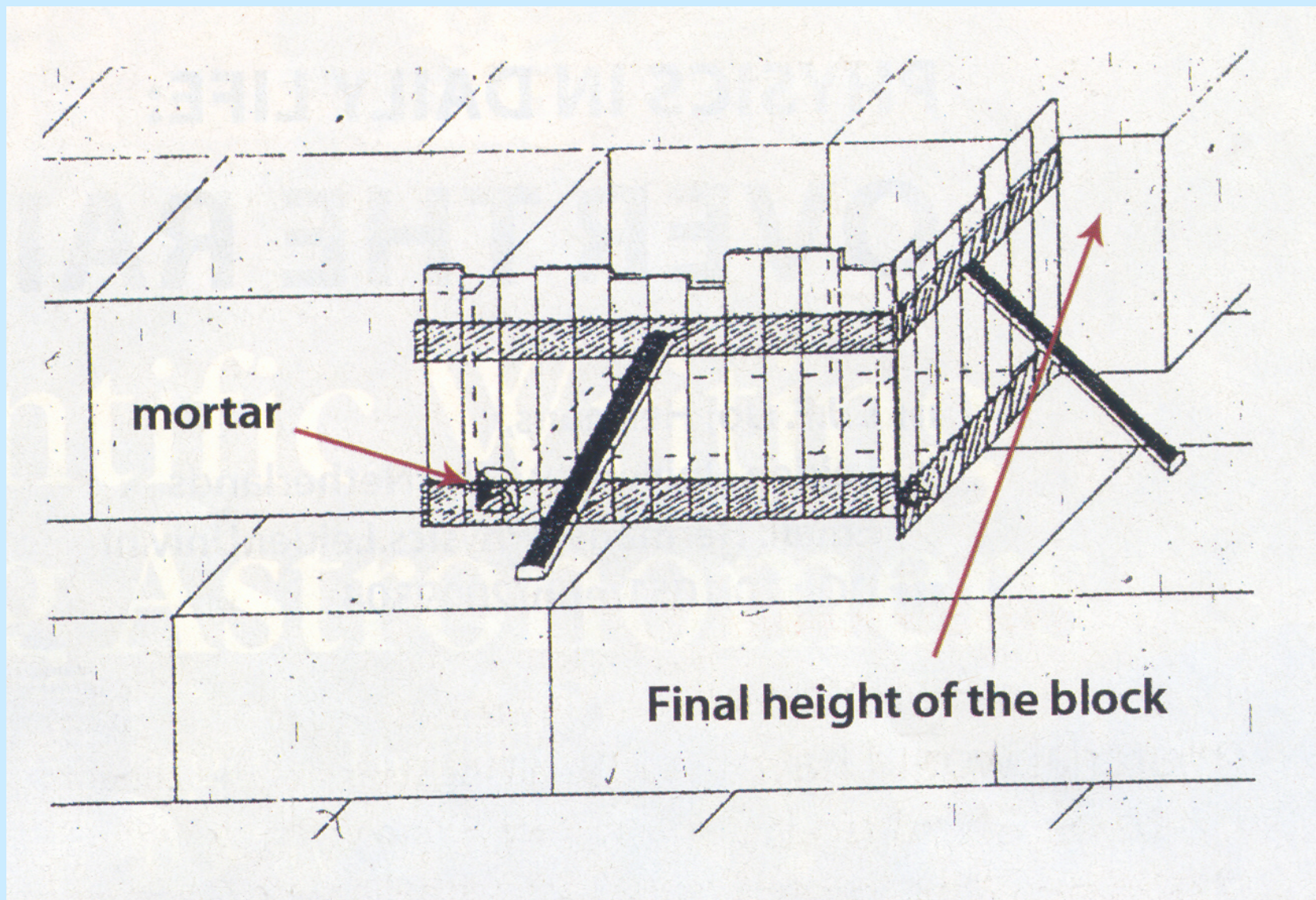
**El Hemaly I.**, National Research Institute of Astronomy & Geophysics, Cairo



REVISITING THE  
**CONSTRUCTION**  
OF THE  
**EGYPTIAN**  
**PYRAMIDS**

■ ■ ■ Guy Demortier  
■ ■ ■ DOI: 10.1051/e3n/2009302





Forma na vytváranie kvádrov



Prvý kontakt s pyramídou



Stratifikácia porozity blokov



Detail

▼ **FIG. 1a:**  
Irregular vertical  
faces of the  
blocks of the  
Kufu pyramid

► **FIG. 1b:**  
Flat horizontal  
faces of the  
blocks of the  
Kufu pyramid

but are so perfectly joined. This close fit would have been more easily achieved if the blocks had been hewn with perfect parallelepipedal shape! Furthermore, great precision in this juxtaposition seems useless because these blocks were originally hidden under the casing anyway. The blocks also appear more porous at their top part than at their bottom, but this feature cannot be explained by some erosion of natural limestone. Surprisingly, when the Kufu pyramid is seen from the air (especially from a helicopter which blew the dust when flying close to the top of the pyramid- fig. 1b), one

the generally accepted technique of carving and noising stones. He proposed that the building method involved the moulding on site: blocks were made of a kind of concrete whose basic binding compound was natron: a sodium carbonate extracted very close to the site of Giza. The binder was obtained by some chemical reaction leading to a geopolymer (a name given by Davidovits). It is a poly-sialate containing an alkaline nucleus: sodium from natron. Natron, lime and water form caustic soda, which reacts with aluminous limestone to yield the basic geopolymer [1].



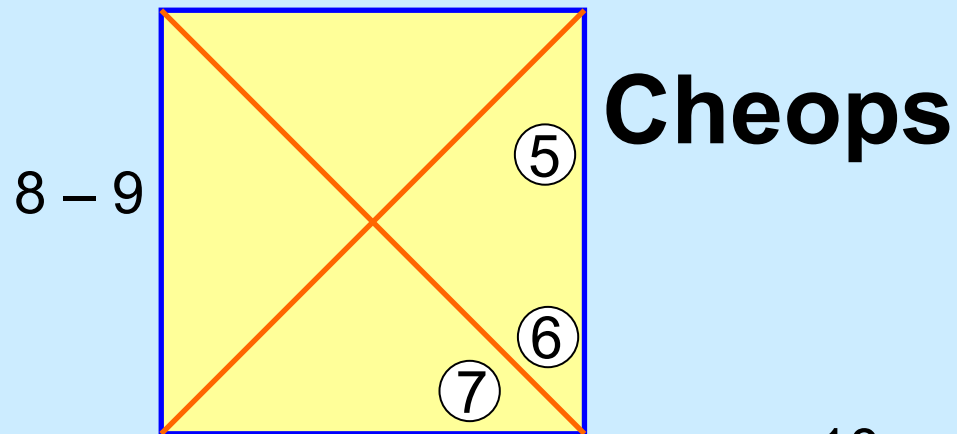
## Odber vzoriek z lomu



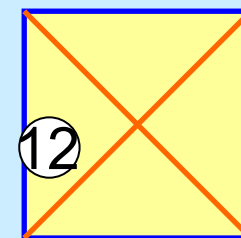
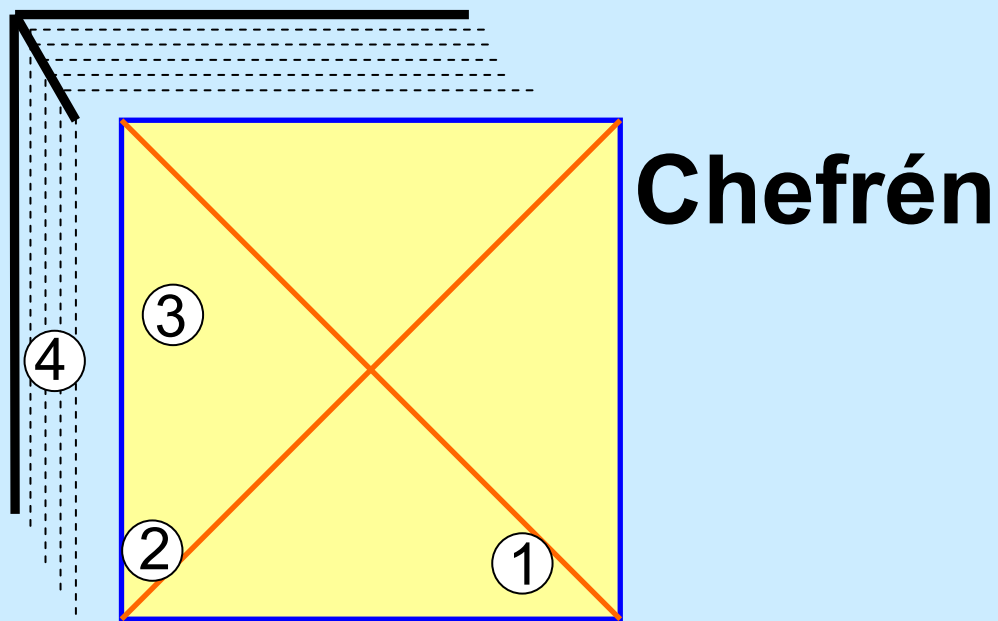
a zo zárezu cesty.







10 – 11

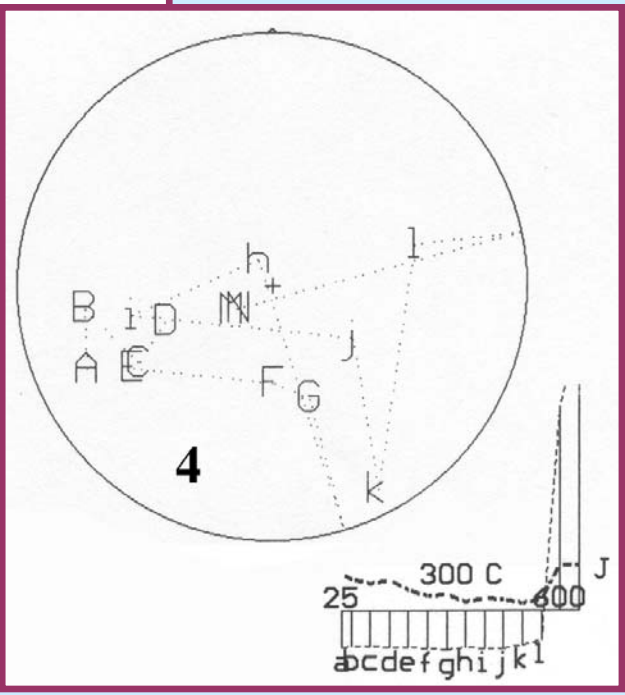
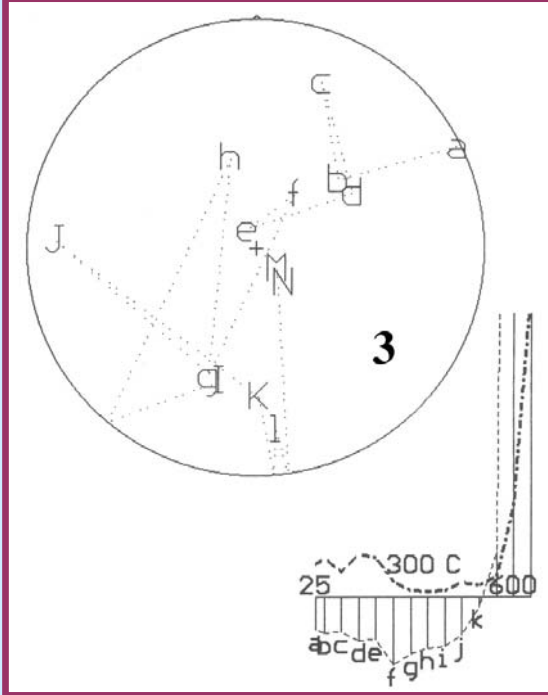
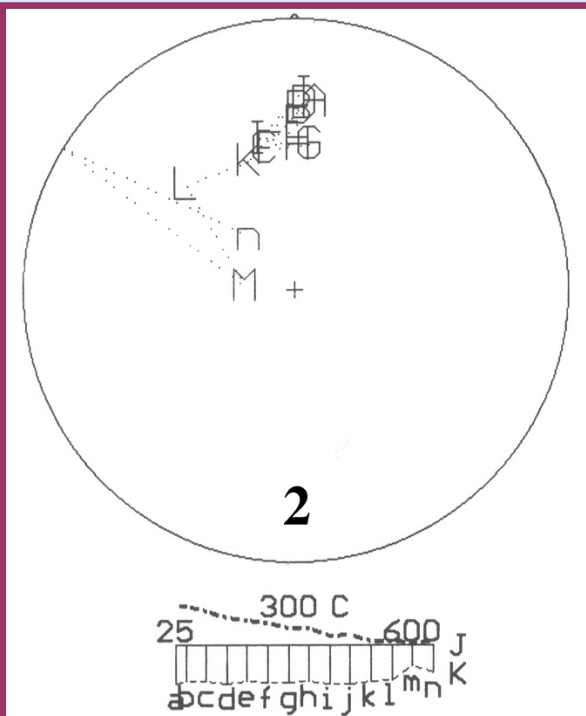
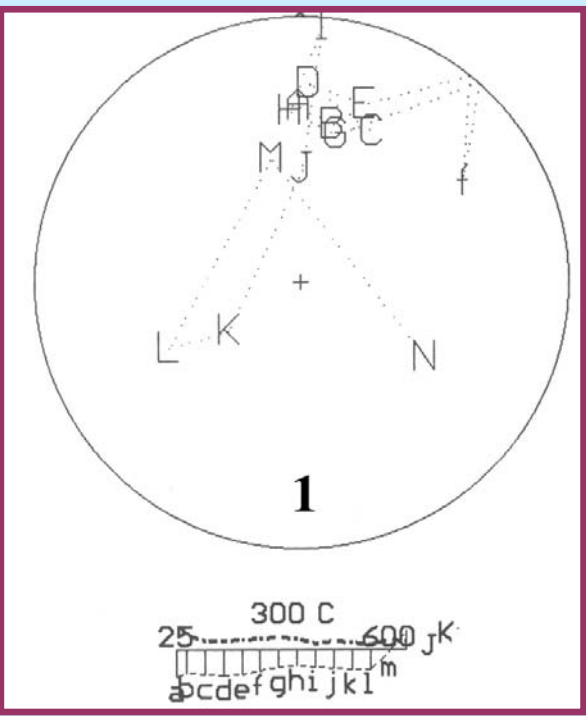


Odberové miesta vzoriek z pyramíd (vzorky 1–7 orientované)

# Teplotná demagnetizácia

J – magnetizácia

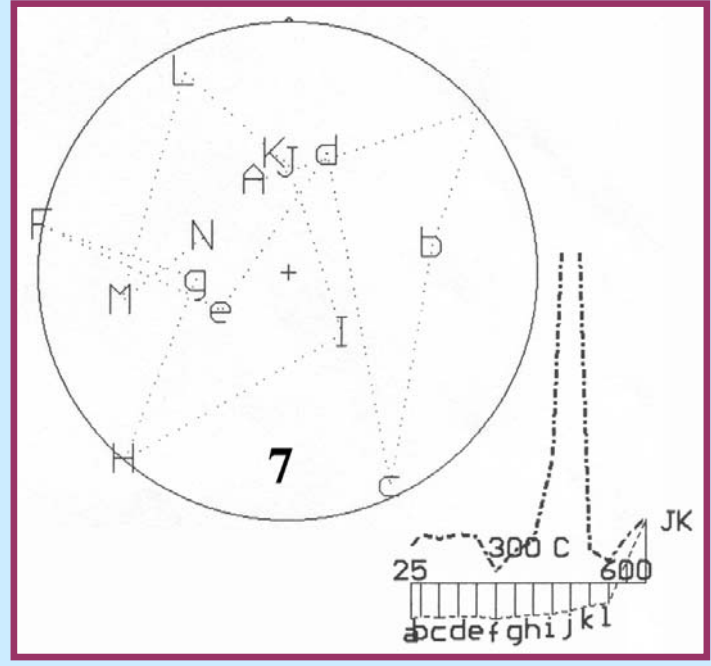
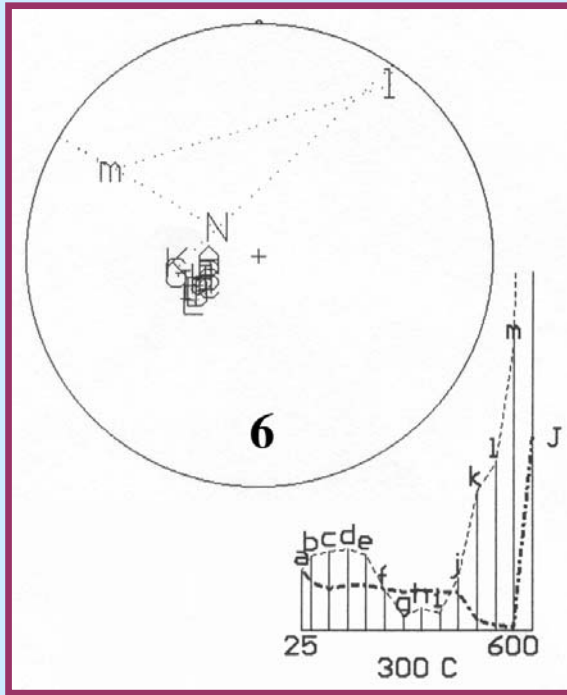
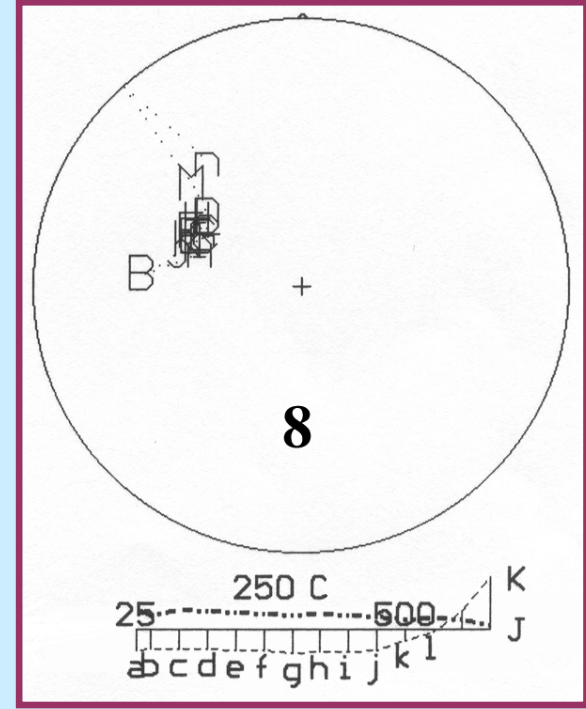
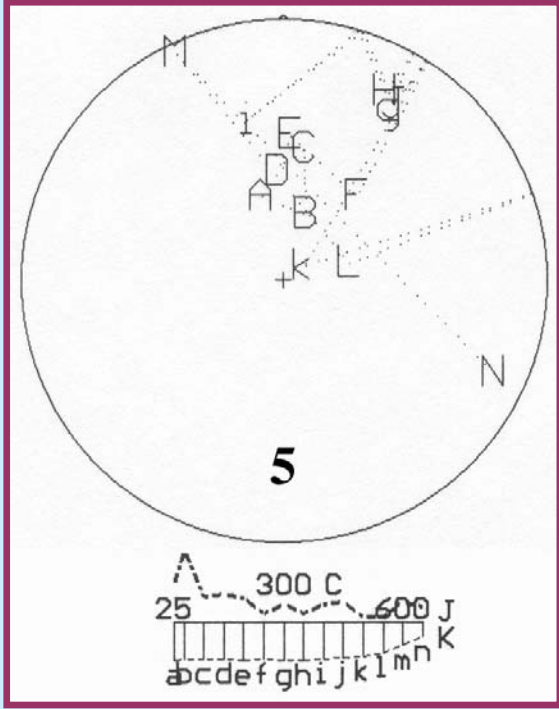
K – susceptibilita

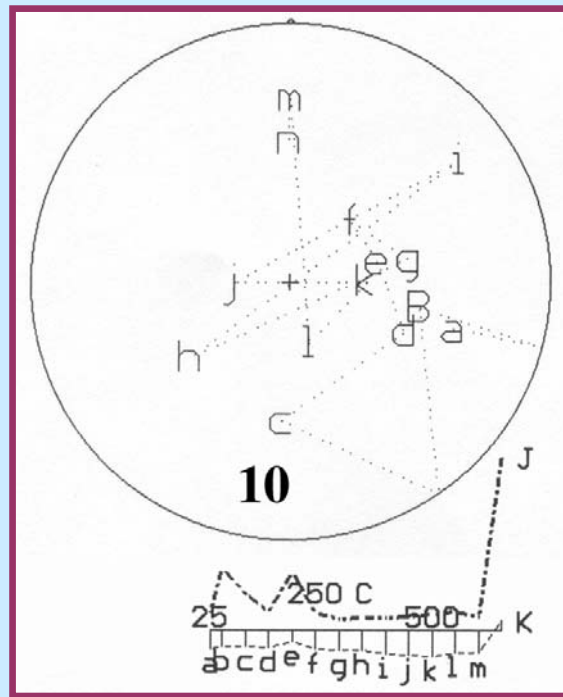
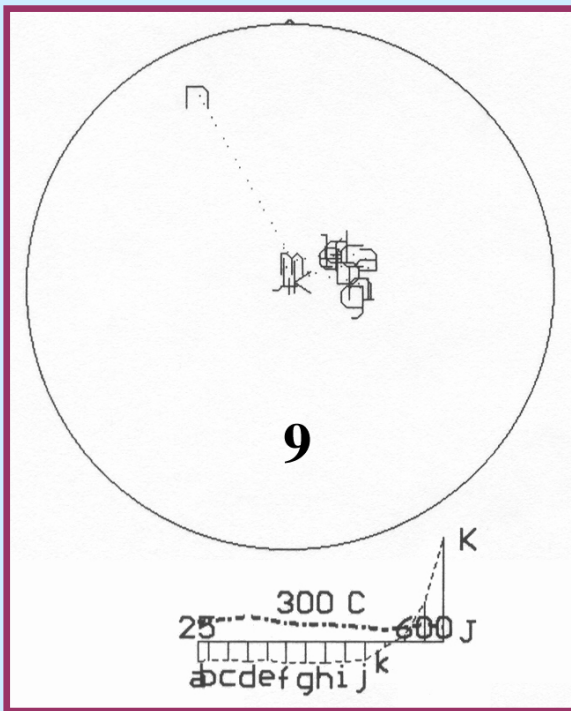


# Teplotná demagnetizácia

J – magnetizácia

K – susceptibilita

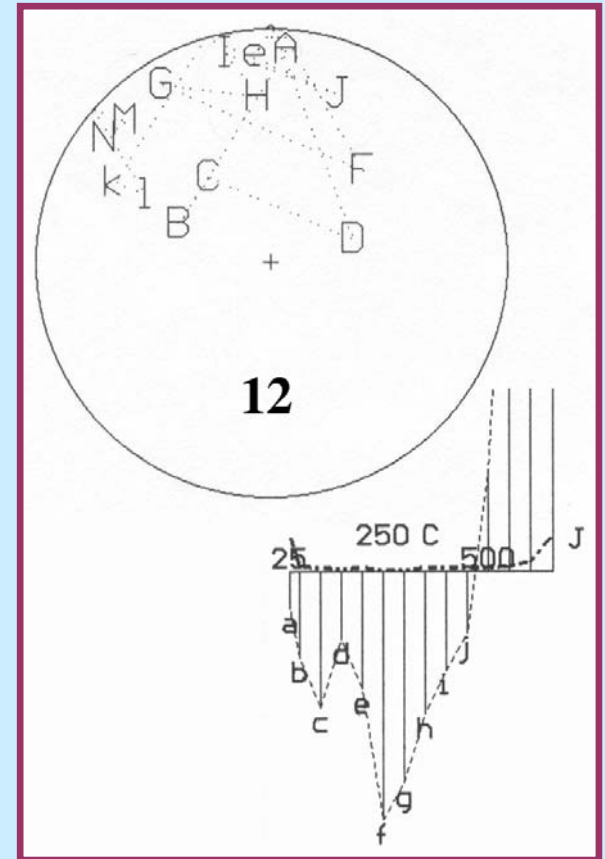
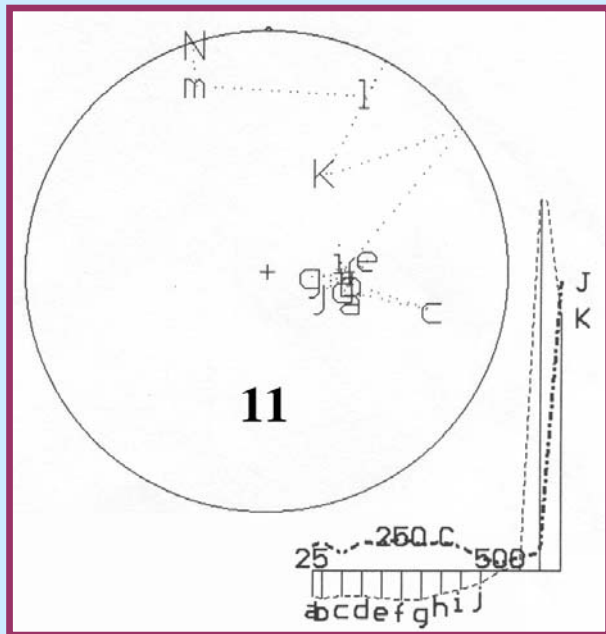


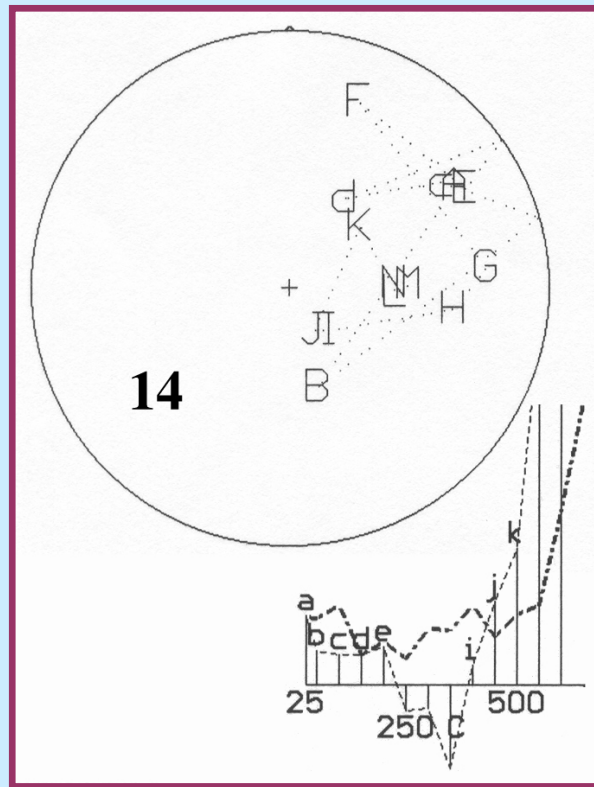
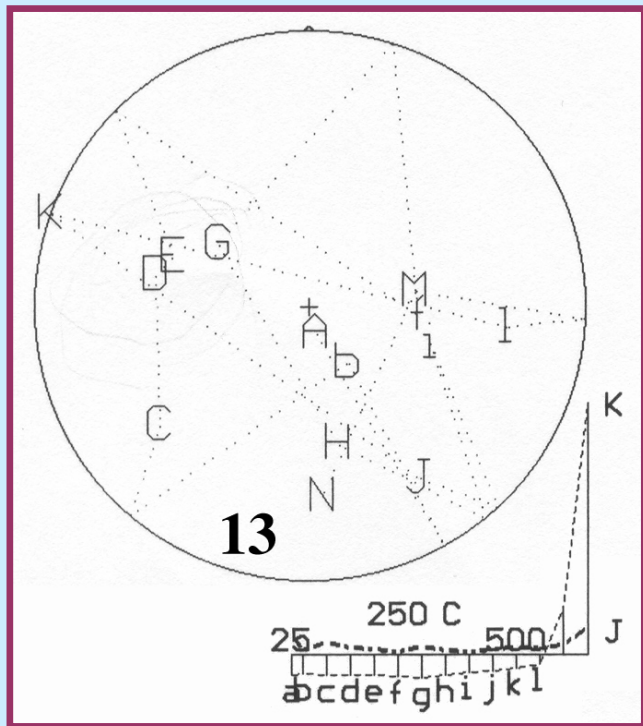


Teplotná demagnetizácia

J – magnetizácia

K – susceptibilita

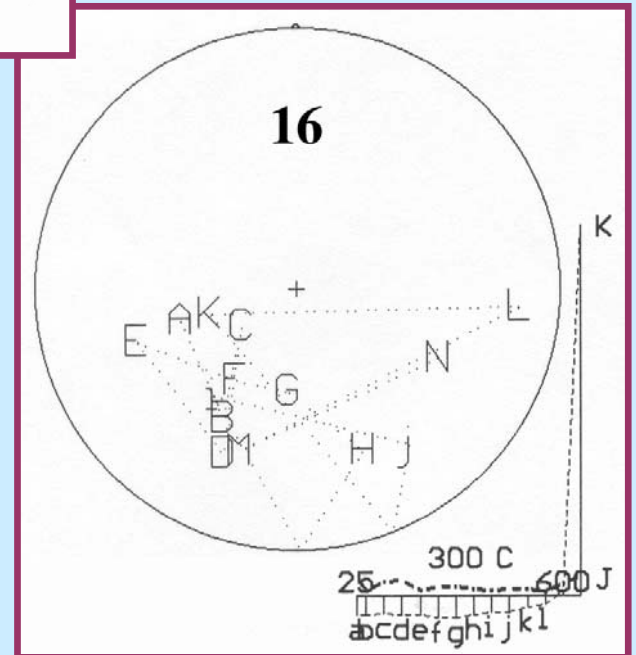
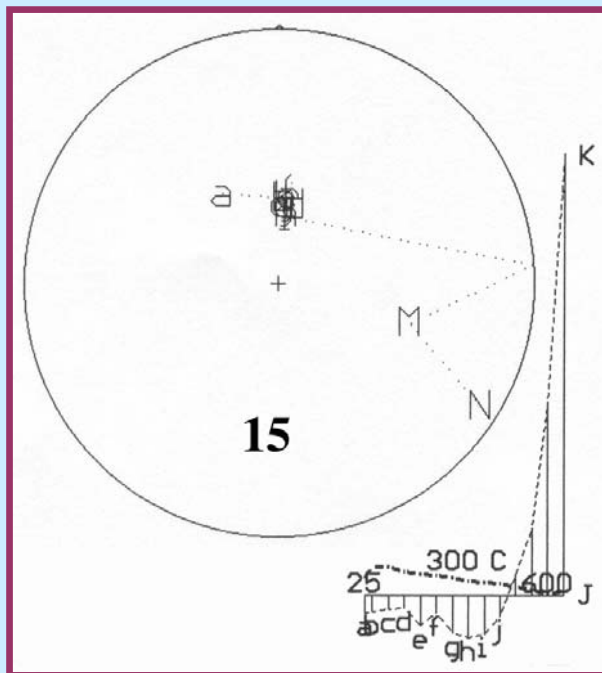


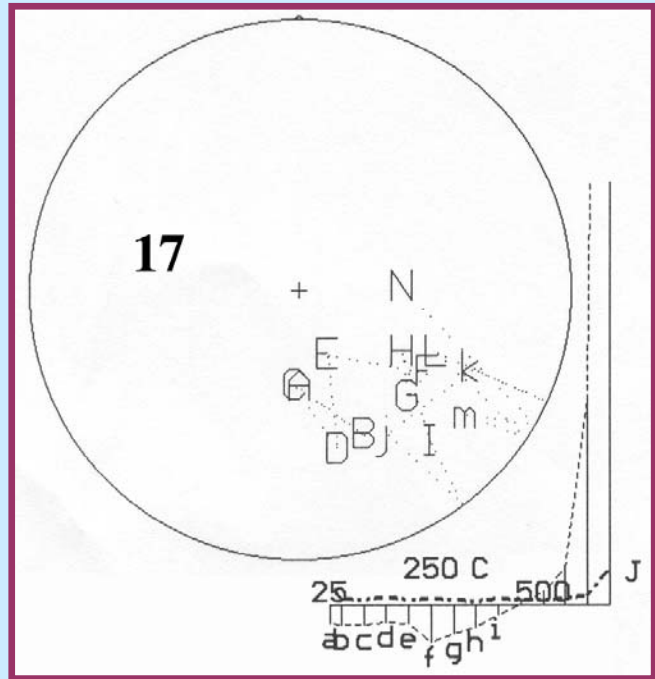


Teplotná demagnetizácia

J – magnetizácia

K – susceptibilita

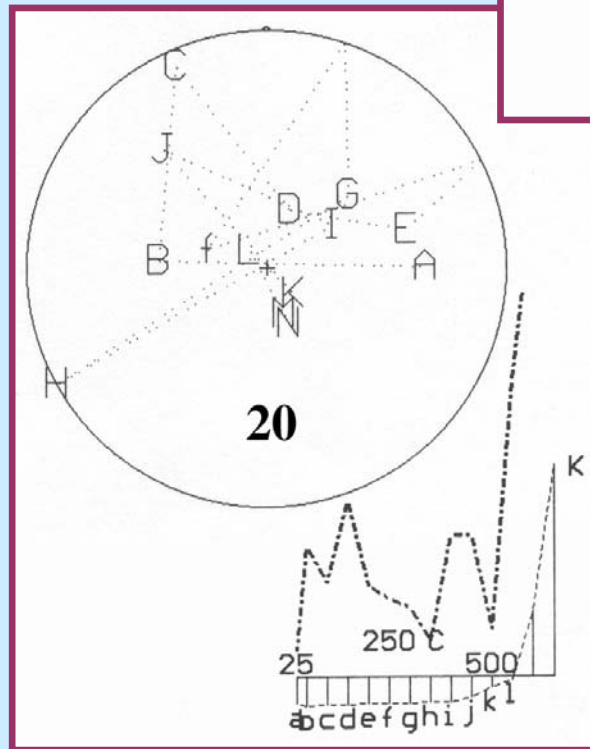
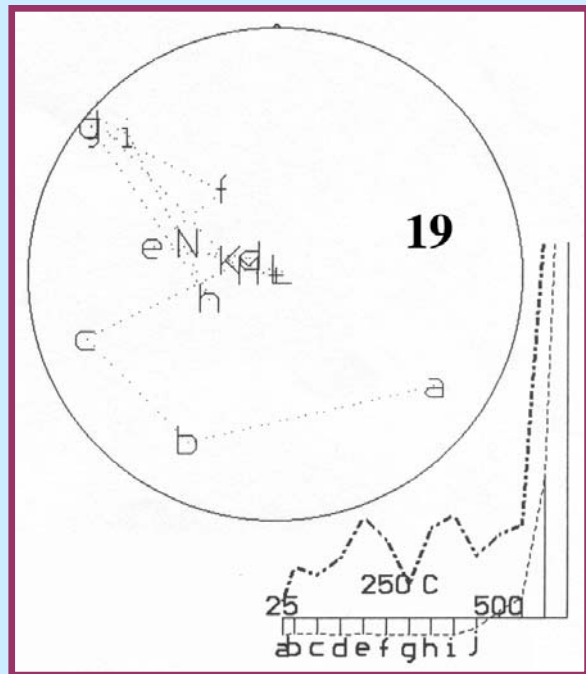
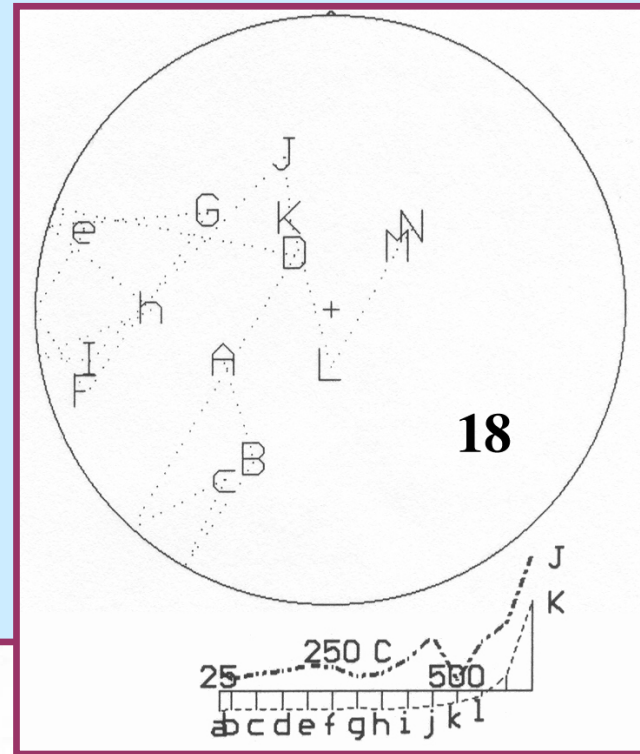


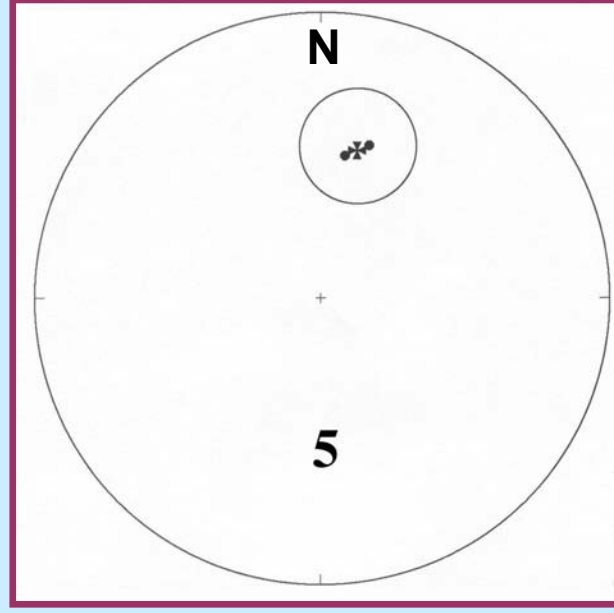
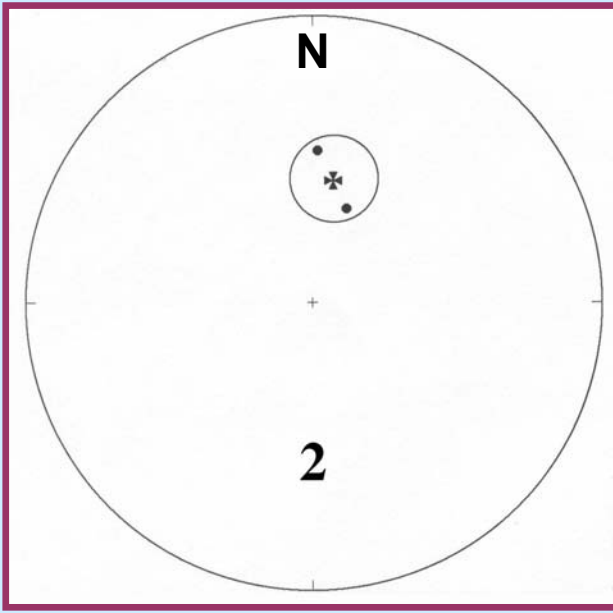
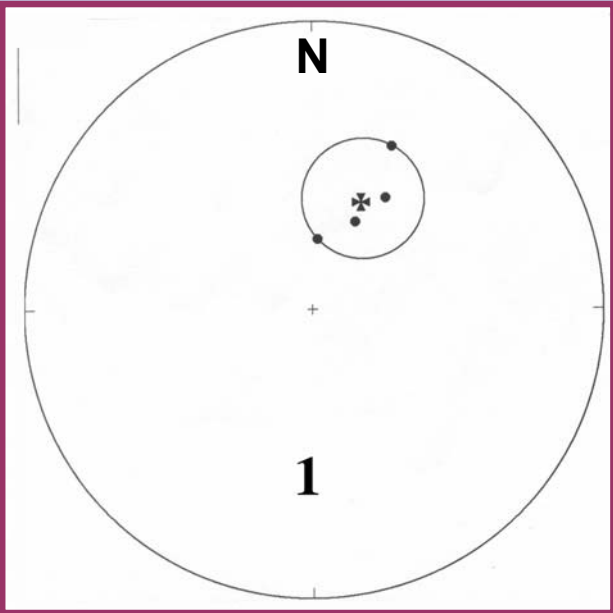


Teplotná demagnetizácia

J – magnetizácia

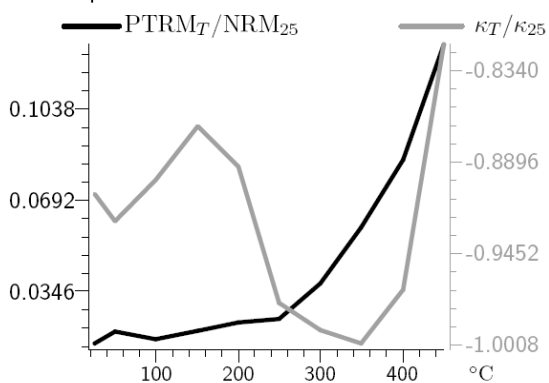
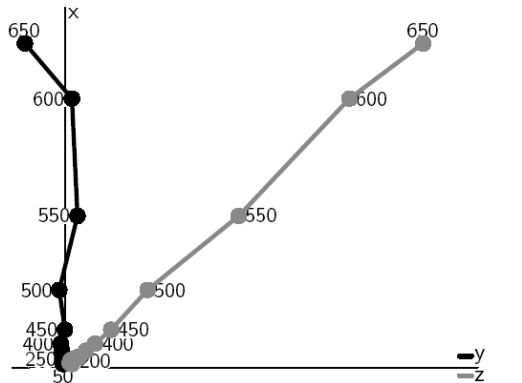
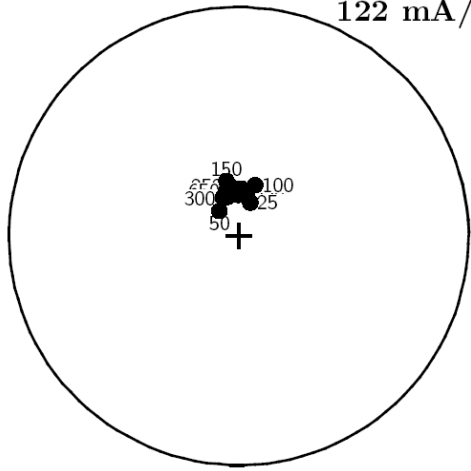
K – susceptibilita



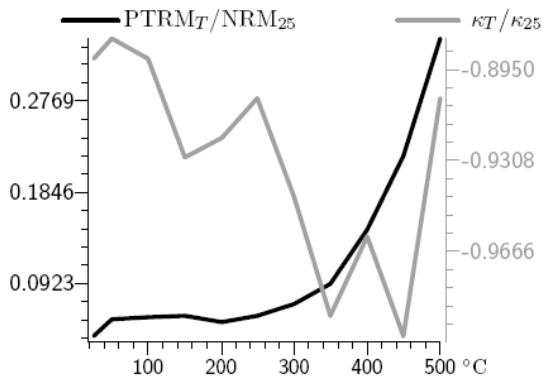
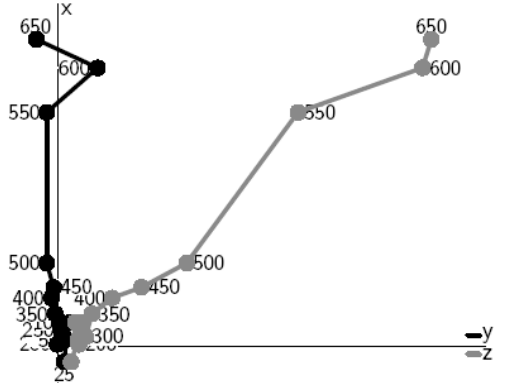
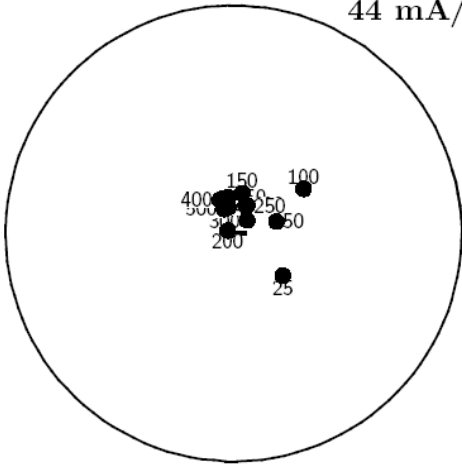


Paleomagnetické smery vzoriek 1, 2, 5

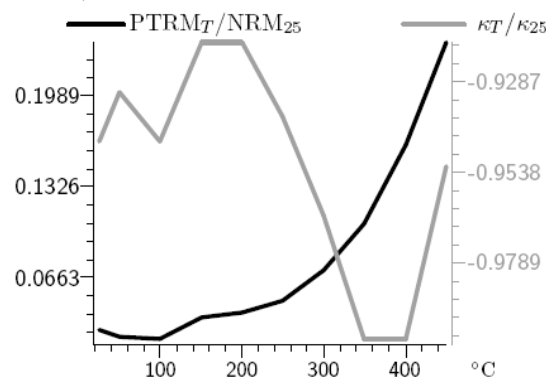
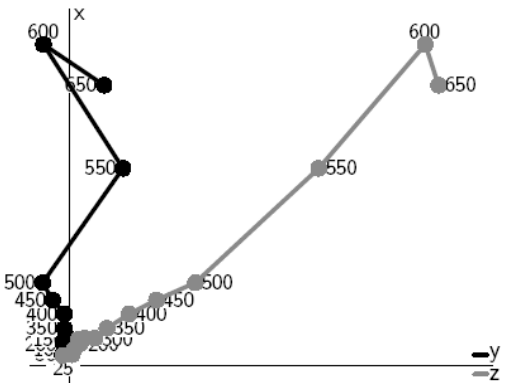
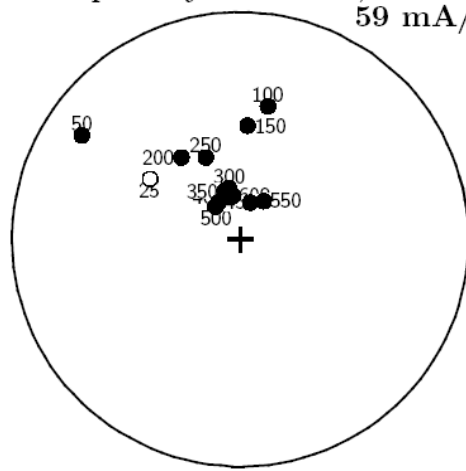
Chefren's Pyramide1-11;NRM=  
122 mA/m



Chefren's Pyramide2-5;NRM=  
44 mA/m



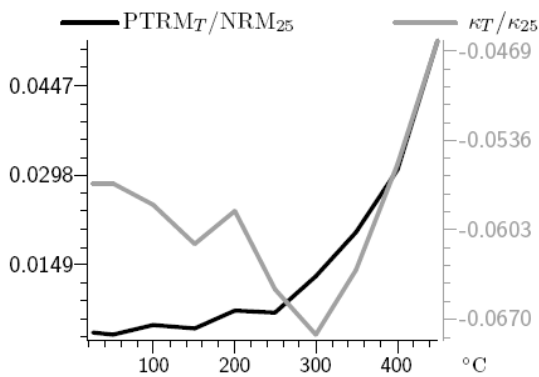
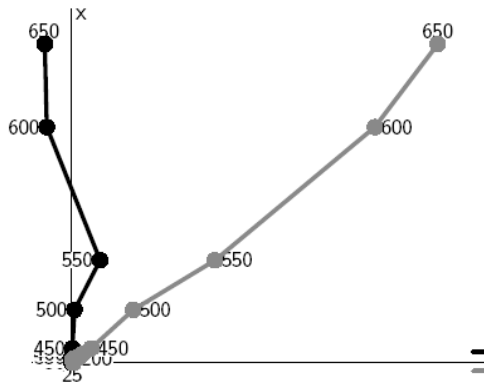
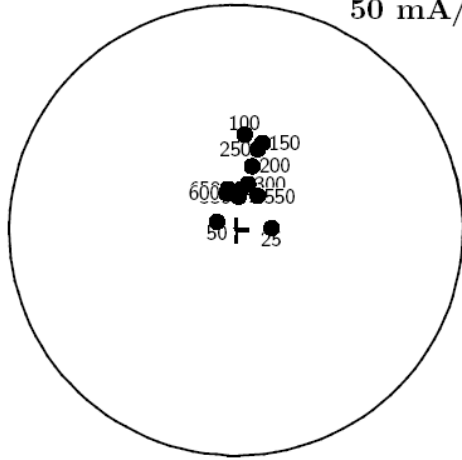
Cheops's Pyramide5-6;NRM=  
59 mA/m



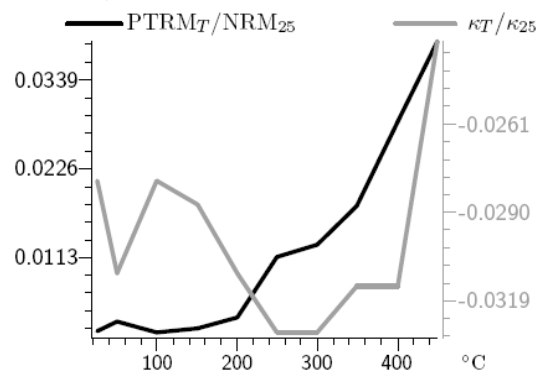
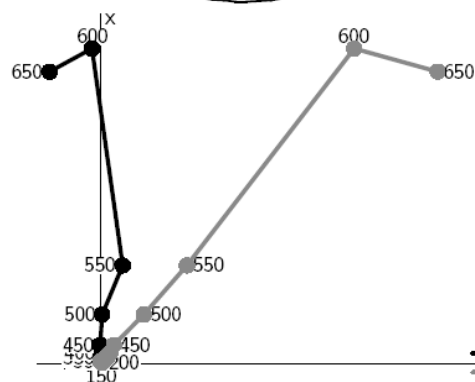
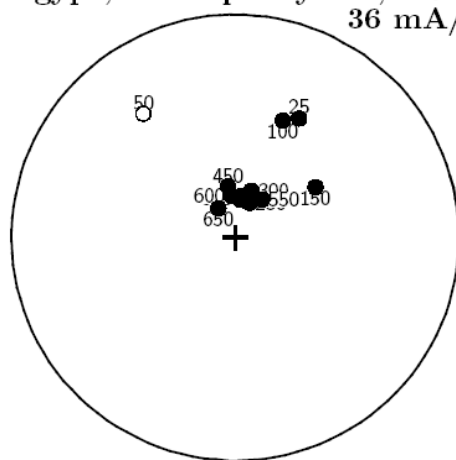
# Termálna magnetizácia



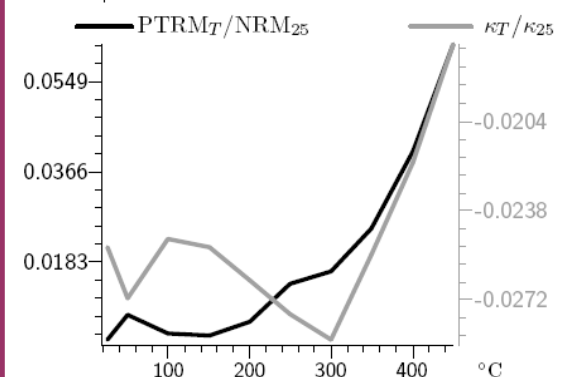
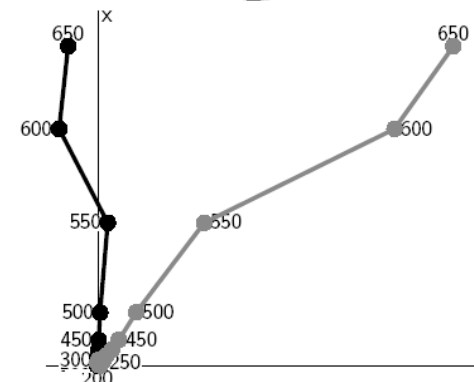
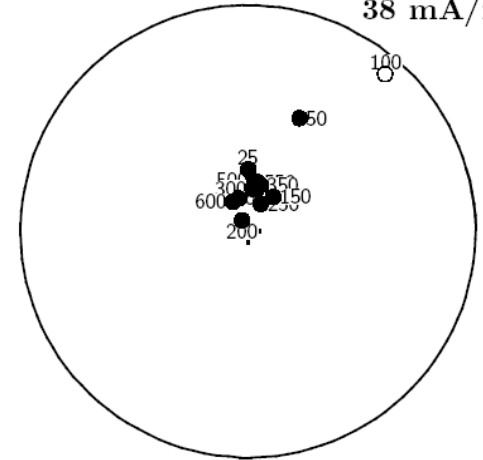
Egypt, limest. quarry 13-9; NRM= 50 mA/m



Egypt, limest. quarry 16-5; NRM= 36 mA/m



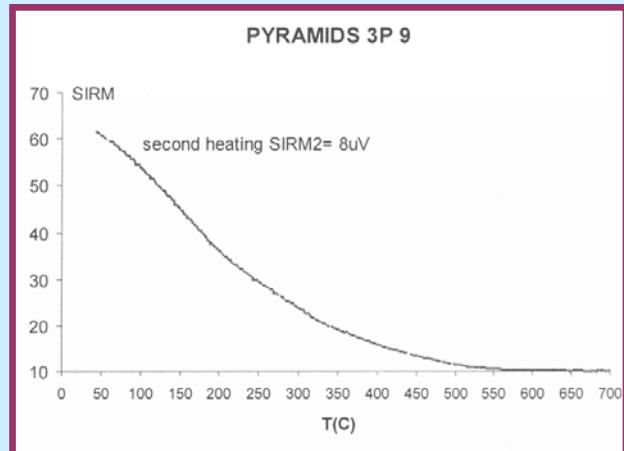
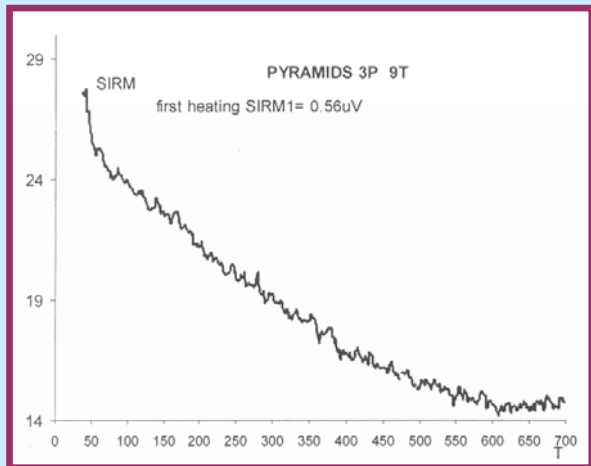
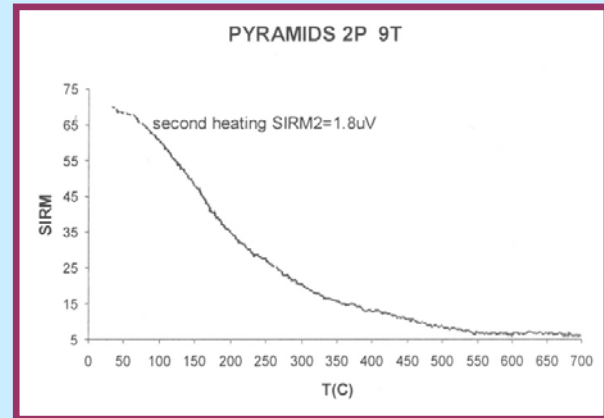
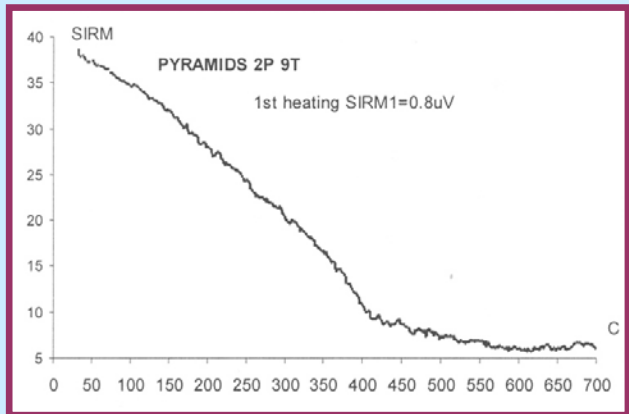
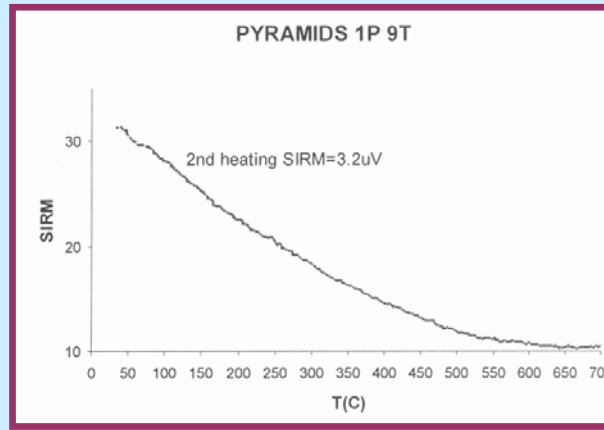
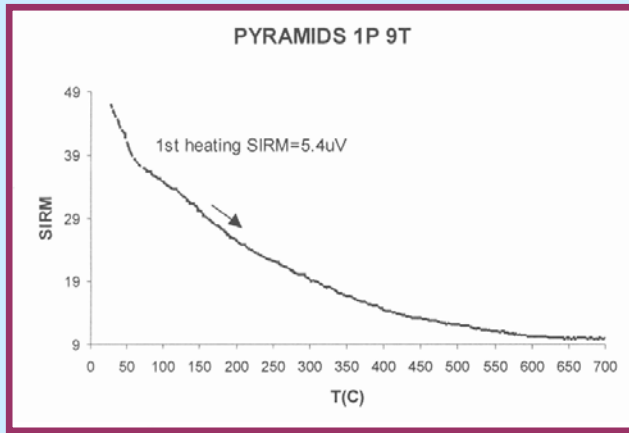
Egypt, limest. quarry 17-6; 38 mA/m



# Termálna magnetizácia

# Chefren

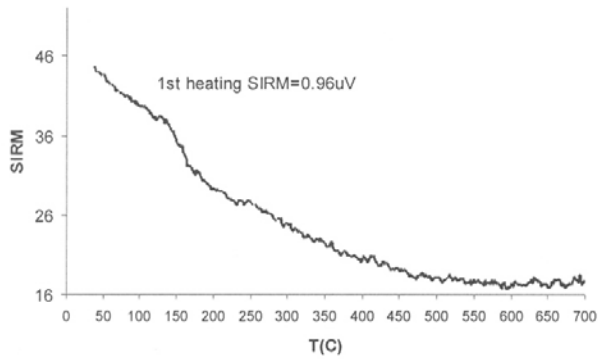
Teplotná  
demagnetizácia  
izotermálnej  
magnetizácie



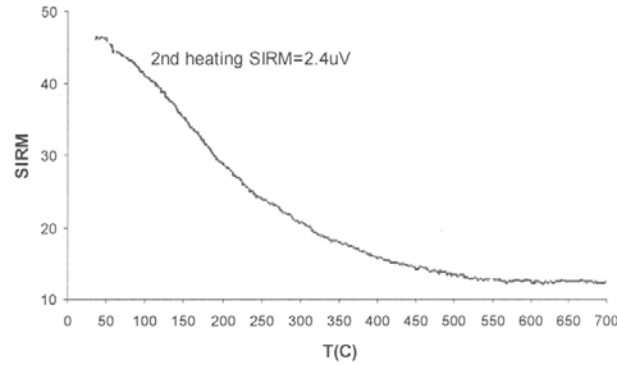
# Cheops

Teplotná  
demagnetizácia  
izotermálnej  
magnetizácie

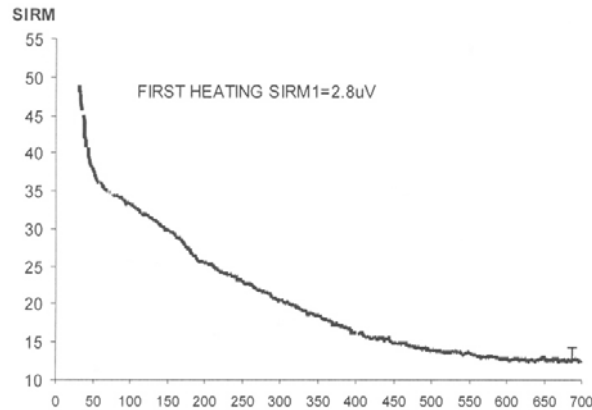
PYRAMIDS 5P 9T



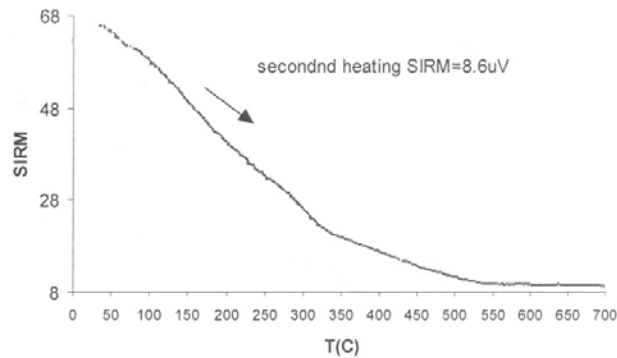
PYRAMIDS P5 9T



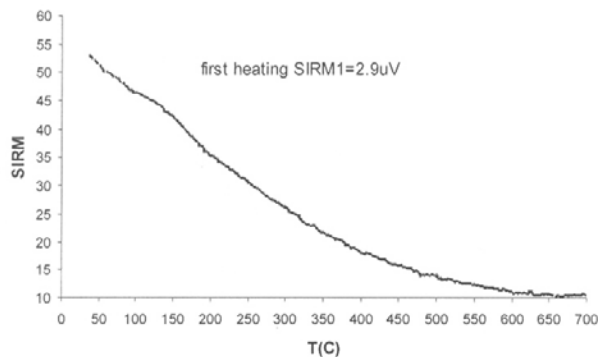
PYRAMIDS 6P 9T



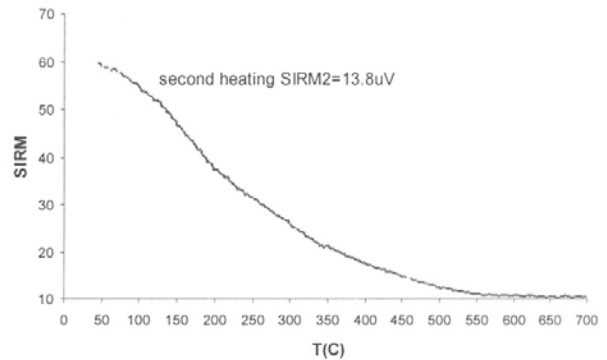
PYRAMIDS 6P 9T



PYRAMIDS 7P 9T

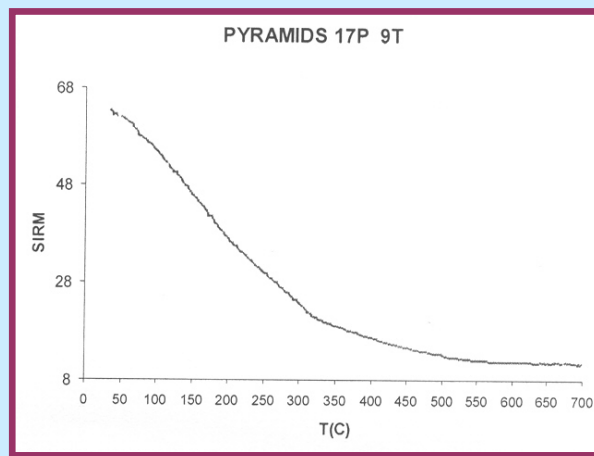
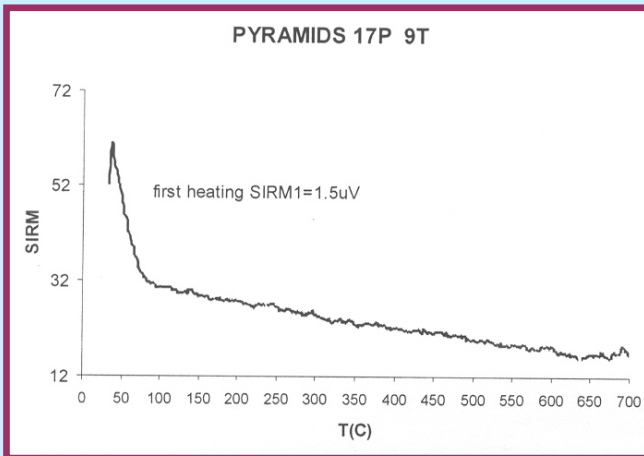
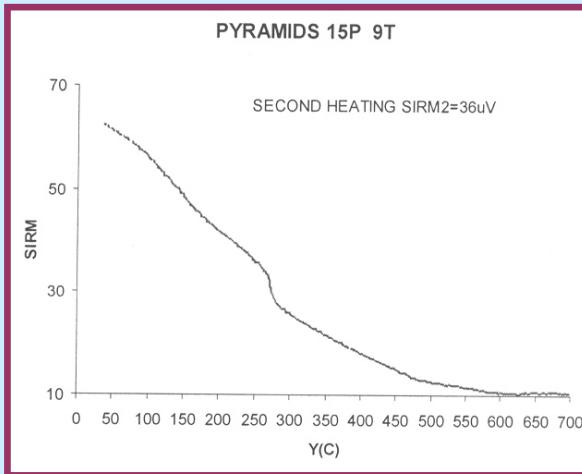
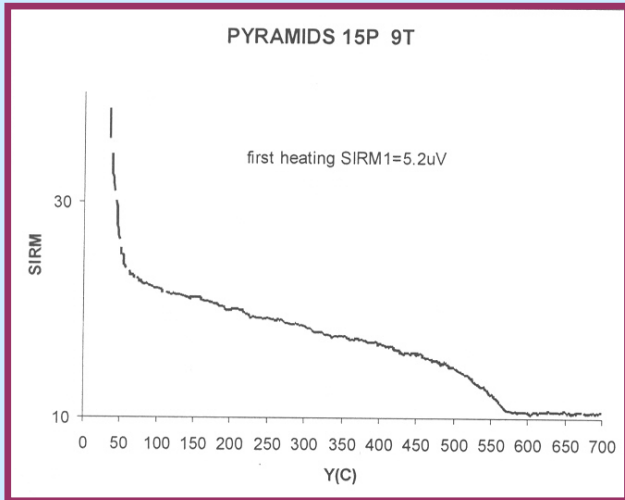
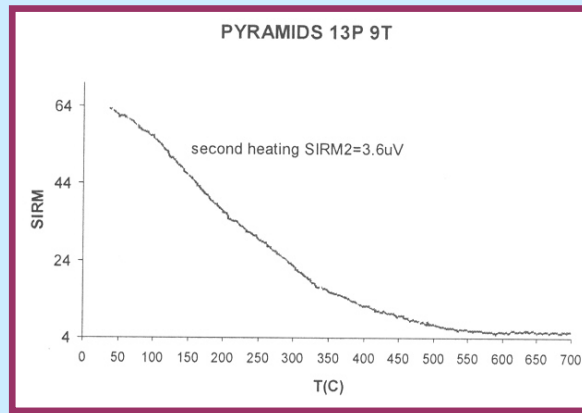
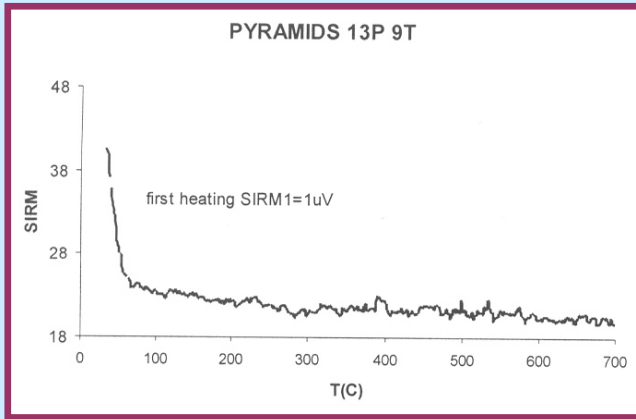


PYRAMIDS 7P 9T



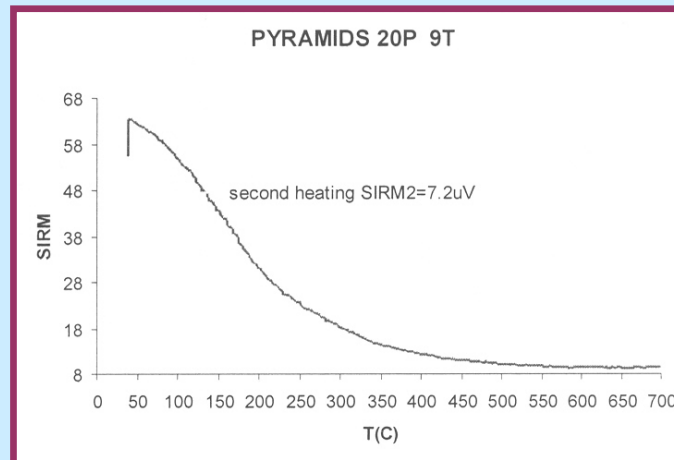
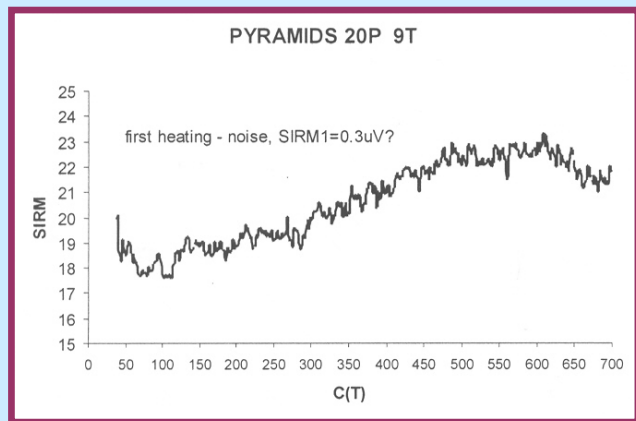
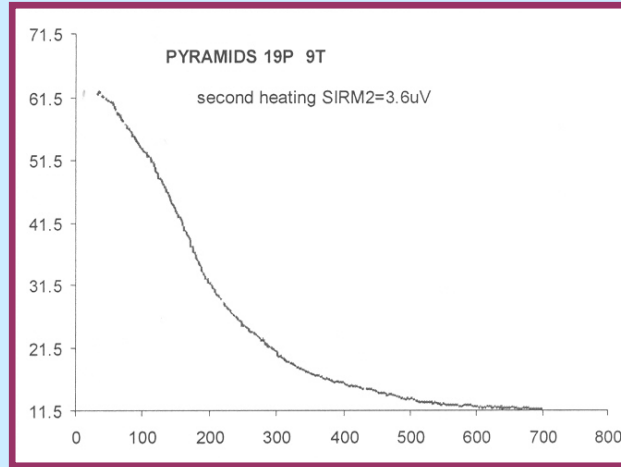
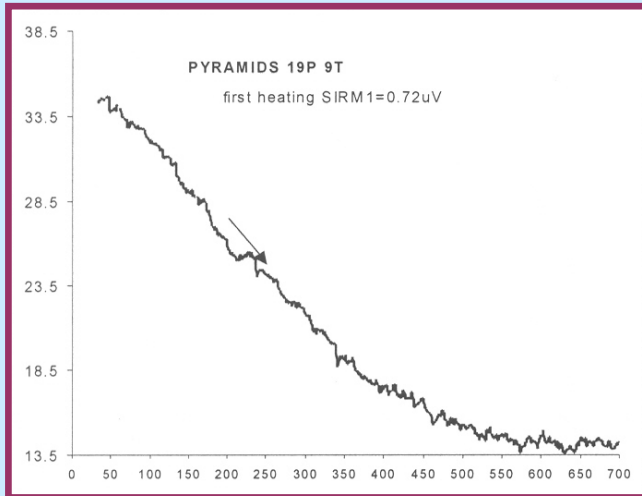
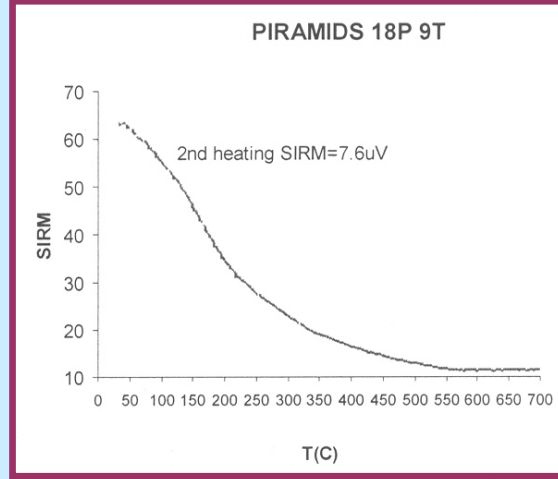
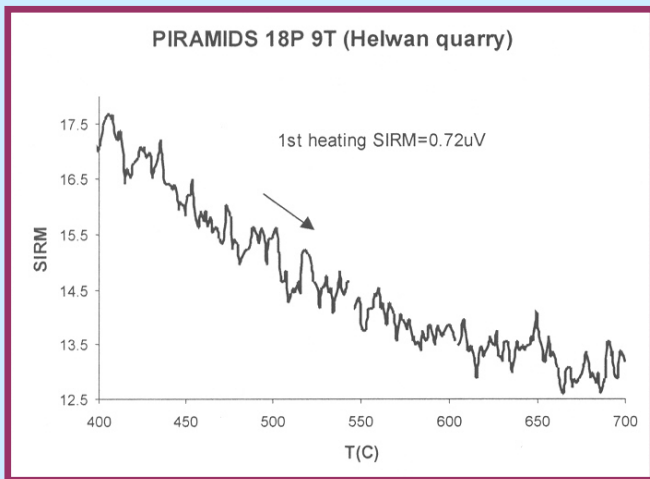
# Moqatom quarry

Teplotná  
demagnetizácia  
izotermálnej  
magnetizácie



# Helwan quarry

Teplotná demagnetizácia izotermálnej magnetizácie



Číslo vzorky	
1	Vápnitý prachovec až jemnozrný pieskovec s možstvom foraminifer rodu Operculina. Schránky veľkých foraminifer sú sysnsedimentárne usporiadané do paralelných polôh a vrstvičiek. Základná hmota je minimálne rekryštalizovaná, bez znakov neomorfózy. Sú v nej oválne póry, po kkrajoch vytmeľované hrubším karbonátom a niekde aj kremeňom.
2	Kalový slienitý vápenec. Neobsahuje veľké foraminifery, ale drobnejší bentós so zastúpením miliolidných a textularidných foraminifer. Základná hmota je zakalená, zemitá, pozorovať v nej oválne dutinky – očká.
3	Biomikritický vápenec s veľkými vyluhovanými schránkami lastúrnikov, mikrogastropódov, článkov echinodermát, a i. Koncentrácia bioklastov je vysoká, fácia je pôvodne sedimentárna, so znakmi dynamickejšieho prostredia a prepracovania prúdením vody. Ďalšie veľké foraminifery sú reprezentovanými rodmi Alveolina, Borelis, a i.
4	Numulitový vápenec – mikoorganogénny až bioklastický, schránky numulitov dosahujú veľkosť až 0.38 cm. V asociácii s numulitmi vystupujú alveolíny, Nummulofalia, Rotalia, Quinqueloculina, a ďalšie hrubostenné veľké foraminifery. Medzerná hmota je tvorená sparitovým kalcitom.
5	Mikoorganogénny vápenec. Základná hmota je tmavá, mikritická, niekedy škvrnovo rekryštalizovaná na mikrosparit. Obsahuje planktonické foraminifery s kalcitovými schránkami (rody Subbotina a Acarinina), ostrakódy a drobné rybie zúbky. Charakter vápenca je hlbokovodnejší, pravdepodobne až zo zóny neritika.
6	Operkulínový porézny vápenec. Má podopretú štruktúru bioklastov, hlavne operkulín a ďalších veľkých foraminifer, medzi ktorými sa nachádzajú voľné nevytmeľené dutinky. V asociáciách mikrofauny prevažujú foraminifery rodu Operculina (štíhle šošovkovité schránky), Borellis, a i. Veľké schránky sú po vnútornej strane komôrok vytmeľované čírym drúzovitým kalcitom.
7	Mikoorganogénno-kalový vápenec s numulitmi. Základná hmota je tmavá mikritická, vo vzťahu k bioklastom nekorozívna. Bioklastickú zložku tvoria veľké schránky numulitov, rotálie, krinoidové články, a i. Schránky numulitov dosahujú veľkosť až 3.7 mm. Prítomné sú aj schránky lastúrnikov povlečené sesilnými (povlakotvornými) foraminiferami. V mikritickej základnej hmote sú podlhovasté dutinky, po obvode lemované drúzami číreho sparitu.
8	Mikrosparitický organodetrický vápenec. Mikritická základná hmota je intenzívnejšie premytá, rekryštalizovaná na mikrosparit až na mozaikovitý sparit. Niektoré bioklasty sú vyluhované a neomorfované sparitom a tmavými lememi (black pebbles), prípadne vyplnené opaktnou substanciou. Z mikrofosílii sú prítomné hlavne miliolidné foraminifery. Zo sekundárnych minerálov sa objavuje aj kremeň, ktorý vyplňa jemné dutinky.
9	Zrnitý vápenec s numulitmi. Karbonát je intenzívnejšie rekryštalizovaný a selektívne nahradený sparitovými výplňami. Biogénnu zložku tvoria veľké miliolidné hrubostenné foraminifery a zriedkavo numulity. Často sa vyskytuje biopdetrit lastúrnikov, krinoidových článkov, hrubostenných ostrakód a i. Niektoré bioklasty sú syntaxiálne dorastané na pravidelne ohraničené kryštálové tvary. Pórozitu tvoria aj prázdne dutinky len s vnútornými lemmami novotvoreného sparitu. Vo vápenci sa vyskytuje aj klastický kremeň.
10	Kalový vápenec. Hornina má šľirovitú základnú mikritickú hmotu s jemným detritom fylosilikátov – mikrolitov slúd. Biogénny podiel je malý, tvoria ho len drobné schránky bentických kalcitových a mikrogranulárnych foraminifer. Sú zastúpené druhmi Cibicides, Eponides, Anomalina, a i. Základná hmota je chuchvalcovitá s mnepřavidelnými hniezdami tmavého mikritu a svetlého mikrosparitu.

## Mikroskopické analýzy

11	Foraminiferový kalový vápenec. Biomikrosparit so škvrnovo rekryštalizovanou základnou hmotou. Foraminifery zastupujú drobné biseriálne formy s kalcitovou schránkou, planokonvexné formy bentických foraminifer, a korodované schránky numulitov. Ďalej sú prítomné ostrakódy, lastúrniky, ihlice ježoviek, atď. Pomerne hojný je aj drobný siltový kremeň. Vrchná krieda?
12	Klastický biodetritický vápenec. V prachovitej mikrosparitickej hmote sú prítomné drobné heterohelicidné, rotálievé, miliolidné, aglutinované a ďalšie foraminifery. Okrem foraminifer sú prítomné ostrakódy, krinoidové články a ďalší biodetrit. Podľa prítomnosti heterohelicidných foraminifer je možné usudzovať o vrchokriedovom veku vápenca.
13	Klastický biodetritický vápenec. Základná hmota je mikrosparitická, preplnená biogénnymi komponentami, hlavne bentickými i planktonickými foraminiferami, ostrakódmi, krinoidovými článkami, lastúrnikmi a i. Vyššia dynamika prostredia sa prejavuje lámaním a triedením schránok a numulitov, ktoré tvoria drvinu bioklastov. V základnej hmote hú hojné ostrohranné zrná detritického kremeňa s veľkosťou až 0.08 mm.
14	Mikroorganogénny vápenec. Základná hmota je prifarbená hrdzavohnedými oxidmi železa. Schránky mikrofosílií sú niekedy vyplnené opaknými minerálmi, hlavne pyritom. Mikritická základná hmota je spongiovito rekryštalizovaná s nepravidelnými hniezdami sparitu. Mikroorganizmy sú zastúpené planktonickými foraminiferami (heterohelicidné morfotypy), ostrakódmi, drobným bentosom s kalcitovými schránkami. Vrchná krieda?
15	Strednozrnný biodetritický vápenec. Základná hmota je sparitická a selektívne dolomitizovaná. Dolomitové klence majú zakalené jadrá, ktoré sú syntaxiálne dorastané čírymi lemami na klencové (skalenoheďrálne) zrná. Lemy dolomitových klencov sú vyvinuté aj po vnútorných stranách komôrok veľkých foraminifer, zvlášť numulitov. Mikrofauna je plytkovodná, zastúpená hlavne numulitmi, krinoidmi, hrubostennými lastúrnikmi s vyluhovanými schránkami, ktoré sú paramorfované čírym kalcitovým sparitom.
16	Biodetritický kalový vápenec. Základná hmota je impregnovaná tmavou zemitou substanciou, v ktorej sa vystytujú aj hniezda framoidálneho pyritu. Klastickú zložku vápenca tvorí drvinu schránok hrubostenných foraminifer, medzi ktorými prevládajú rody Discocyclina, Operculina a menej Nummulites. Niekedy sú zachovalé len prizmatické vrstvy lastúrnikových schránok, tvorené monokryštalickým kalcitom. Drobný bentos zastupujú zväčša biseriálne formy s kalcitovými schránkami.
17	Mikroorganogénny detritický vápenec. V kalovej základnej hmote sa koncentruje veľký podiel bioklastickej zložky tvorenej drvinou veľkých foraminifer (hlavne operkulín a diskocyklín. V tmavej základnej hmote presvitajú aj kalcitové schránky planktonických foraminifer rodu Turborotalia, Chiloquembelina, Subbotina, a i. Na zložení bioklastov sa podieľajú aj koralinné riasy, krinoidy, a i.
18	Mikroorganogénny kalový vápenec. Mikritická základná hmota je chuchvalcovitá s hniezdami neomorfného mikrosparitu. Detritickú klastickú zložku tvorí kremeň. V základnej hmote sa len sporadicky objavujú drobné oftalmídiové a textularidné foraminifery (hlavne Ophthalmidium, Miliolina, Textularia, a i.). Horninu prenikajú post-diagenetické žilky vyplnené blokovým sparitom.
19	Kalový vápenec s veľkými schránkami operkulín (operkulínový vápenec). Základná hmota je tmavá, málo prečistená a slabo rekryštalizovaná. Vystupujú v nej veľké schránky operkulín s perforovanou schránkou. Sedimentárne prostredie zodpovedá skôr chránenej lagúne bez väčšej prúdovej dynamiky.
20	Kalový zrnitý vápenec s poperkulínami. Jedná sa o mikrosparitický vápenec s rekryštalizovanou základnou hmotou (biomikrosparit). Veľké foraminifery sa nevyskytujú, len drobný bentos.

**Pokračovanie analýz**

# Z á v e r

**Mikroskopické sedimentologické analýzy ukazujú, že horninovým materiálom pyramíd sú prirodzené sedimenty.**

**Magnetické analýzy poukazujú na možnosť, že pyramídy môžu obsahovať prirodzené aj umelo vyrobené bloky.**



**Ďakujem za  
pozornosť!**