

OTDK dolgozat

Urán eloszlásának vizsgálata közetcsiszolatokban
nyomdetektoros módszerrel

Készítette:

Hegedüs Dávid, Fizika BSc II.

Témavezető:

Horváth Ákos, egyetemi docens
ELTE Atomfizika Tanszék



2013.

Tartalomjegyzék

1. Bevezető	3
2. Elméleti háttér.....	4
Természetes ionizáló sugárzás:	4
Mérési módszerek.....	5
Nyomdetektor.....	7
3. Nyomdetektoros mérés	9
Csiszolat eredete és készítése	9
Mérési folyamat.....	10
Mérés detektortárolóval:.....	10
Mérés szorítóval:	12
4. Program leírása	14
Program célja és felülete	14
A transzformációs paraméterek kiszámítása	16
Képek bináris feldolgozása	19
Nyomok elemzése	23
A beütések ráillesztése a csiszolat képére	26
5. Kapott adatok elemzése	27
Transzformációs paraméterek kiszámítása	27
1. D527-D528-D529 detektorokra végzett kiértékelés:.....	28
2. és 3. mérés: T460-T461-T462-T463-T464 detektorok eredménye:	29
Átlagos sugarak méreteloszlása.....	29
Kör alakú pontok szűrésének a leellenőrzése	32
Beütések homogenitás vizsgálata	34
A SEM képpel való összevetés	37
6. A módszer bizonytalansága.....	41
A képek közötti felbontás különbségből adódó hibamérés:	41
Pontok megadásából adódó hiba	42
Az α részecske kiindulási szögbizonytalansága	43
7. Diszkusszió	45
8. Köszönetnyilvánítás.....	46
9. Hivatkozások.....	46

1. Bevezető

Környezetünkben folyamatosan jelen van a természetes háttérsugárzás, melynek jelentős része a radon bomlásból származó alfa-sugárzás. A radon a talajban és a kőzetekben lévő urán leányelemeinek bomlása után diffundál ki a környezetbe, és okoz egészségügyi problémákat. A levegőben tovább bomló radon leányelemei a levegő aeroszol részecskéire tapad, amely részecskék méretüknél fogva meg tudnak akadni a tüdő járataiban. Az így odatapadt részecskék tovább bomolva okozhatnak tüdőrákok.

Mivel ez az akár halálos sugárzás a földben lévő kőzetekből származik, ezért fontos tudni, hogy a kőzetek egyes építőelemei, ásványai, mennyire képesek a kristályrácsukba uránt bezárni. Elektronmikroszkóppal (SEM), vagy PIXE (Particle Induced X-ray Emission) módszerrel manapság könnyen meg lehet határozni, egy vékony kőzet csiszolatról, hogy milyen alkotórészei vannak, de problémát okozhat lokalizálni azokat a helyeket, amik kifejezetten érdekesek az uránmennyiség szempontjából. Mivel letapogatni az egész felületet túl költséges és időigényes, ezért egy nyomdetektorokat alkalmazó, olcsó módszer használhatóságát vizsgáltuk meg. Kellő idő után begyűjtve az urán bomlásból származó α beütéseket, feldolgozva kaphatunk egy aktivitástérképet a csiszolatról.

A Soproni hegységben egyik alap kőzete, a Gneisz nevű kőzet, ami nagy mennyiségben tartalmaz ^{238}U izotópot, mivel sokszor fordul elő benne uránhordozó kristály, mint például titanit, alanit, monacit vagy uranit. Köszönhetően ezen tulajdonságainak tökéletesen megfelelő minta egy olyan módszer kipróbálására, amely urán nyomokat térképez fel csiszolatokban.[1]

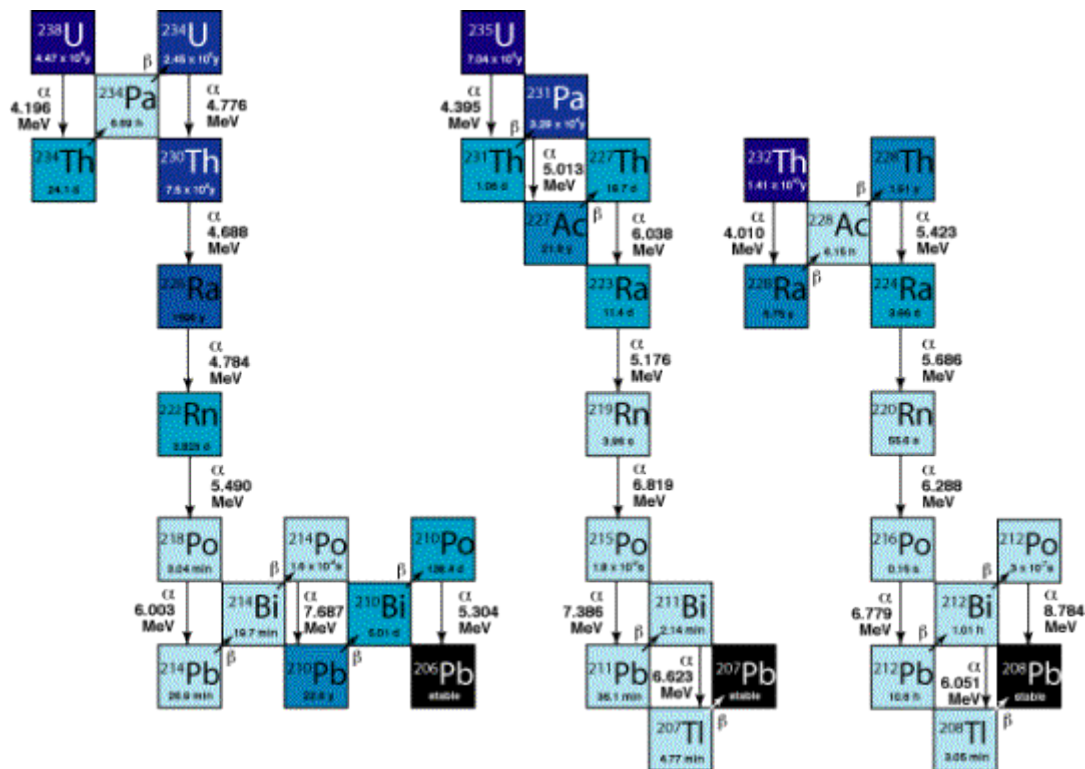
TDK-m célja egy a Soproni-hegység gneisz kőzetéből származó 2 csiszolat nyomdetektoros vizsgálata. A feladat egy olyan eljárás és a hozzá tartozó szoftver fejlesztése, amely képes a csiszolatról készült polarizációs mikroszkópos képet és a nyomdetektorokról készült képet összehangolni és ennek segítségével egy aktivitástérképet készíteni, amelyet össze lehet vetni a csiszolat kisebb részéről készült SEM képpel is. Ezzel a programmal megspórolható a detektor napokig tartó mikroszkópos vizsgálata. A detektorok feldolgozásával készíthető egy olyan beütés sűrűségeloszlás, amely hitelesítheti a módszer használhatóságát. A módszer nagy előnye, hogy sok csiszolat, nagy területű vizsgálatát teszi lehetővé. Habár a módszer hosszas, de a nyomdetektor kedvező ára miatt nagy mennyiségben lehet méréseket végezni egyszerre.

2. Elméleti háttér

Természetes ionizáló sugárzás:

Környezetünkben állandóan jelen van ionizáló sugárzás, amellyel a hétköznapi életben elkerülhetetlenül kölcsönhatunk. A forrása alapján osztható mesterséges és természetes ionizáló sugárzásra. A mesterséges sugárzások forrása lehet az atomipar, atomfegyver kísérletek, orvosi diagnosztikai eljárások stb., amely a folyamatos technológiai fejlődésnek köszönhetően növekvő mértékű. A civilizációnk nagy mértékű eliparosodásával ellentétben az légköri ionizáló sugárzás legnagyobb része természetes.

Földünk légkörének természetes ionizáló sugárzása legnagyobb részt (40-55%) a radon (^{222}Rn) sugárzás teszi ki. Ellentétben ^{219}Rn (aktinon) és a ^{220}Rn (toron) izotópokkal, a ^{222}Rn felezési ideje hosszú, körülbelül 3,82 nap, amely idő elég ahhoz, hogy a föld közeiből kikerüljön a vizekbe vagy a levegőbe. Ez a testünkbe kerülve képes roncsolást okozni. A radon jelenléte a felszíni kőzetekben megbúvó urán izotópoknak köszönhető. A legjellemzőbb bomlási sorok az 1. ábrán látható. Ezek közül a legjelentősebb a ^{238}U , ugyanis ennek leányeleme a ^{222}Rn . A ^{235}U is jelentős mennyiségben van jelen a kőzetekben, de bomlási sorozatában az aktínion (^{219}Rn) található, aminek a felezési ideje mindössze 4 s körül van, ami nem elég ahhoz, hogy kárt okozzon. A ^{232}Th sorába tartozó toron (^{220}Rn) felezési ideje szintén túl rövid, mindössze 55,6 s.[2]



1. ábra: Bomlási sorok

Az egyes kőzetekben lévő egykristályok képesek valamennyi uránt magukba fogadni. Ez persze a különböző kristályokra más és más és fontos lenne tudni, hogy jellemzően mekkora ez a mennyiség. Miután az urán alfa-bomló ezért az urán mennyiséget legegyszerűbben az általa kibocsátott alfa részecskéik detektálásával lehet megadni.

A radon miután gáz halmazállapotú belélegezve nem okoz önmagában nagy kárt, hisz ki is lélegezzük, de ha elbomlik a levegőben, akkor a leányelemei rátapadnak a levegő aeroszol részecskéire és azok már bent tudnak ragadni a tüdő vékonyabb járataiban, ahol tovább bomolva roncsolhatják az elő szövetet és jelentős mennyiségben okoznak tüdőrákos megbetegedéseket.

Mérési módszerek

Az előző fejezetben tárgyalt radioaktív elemek detektálására többféle módszer is létezik.

Ezen elemeket tartalmazó kőzetmintát többféle szempontból is vizsgálhatjuk.

Megvizsgálhatjuk konkrétan az azt felépítő elemeket. Ezeket mikroanalitikai módszereknek is nevezzük.

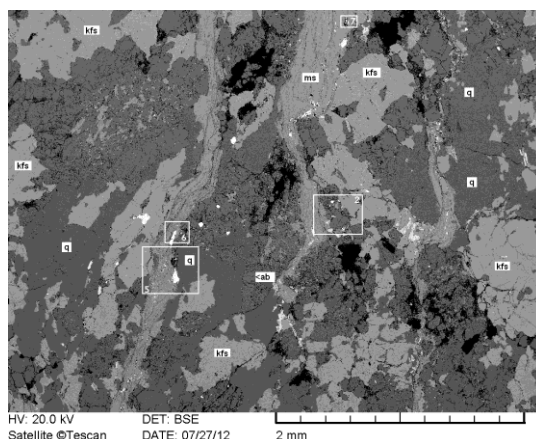
Ezek közül kettőt emelnék ki:

SEM

Ilyen eljárásnak számít a TDK-m során is használt SEM (Scanning Electron Microscope) is, amelynél egy vékony elektronsugár pásztázza át a vizsgálandó területet, és a kölcsönhatás után detektált elektronokból következtetni lehet az anyag rendszámára és optikai tulajdonságaira. A 2. ábrán egy SEM felvétel látható.

A TDK-m szempontjából két komoly hiányossággal rendelkezik ez a módszer:

- 1) A SEM kép csakis kis területre alkalmazható. Ahogy a 2. ábrán is látható kb. 2 mm^2 -ig lehet vele mérni. Habár nagyon mélyreható detektálást tesz lehetővé és ezért mindenképpen hasznos, de érdemes előre megtervezni hol vizsgálódunk elektron mikroszkóppal. Erre alkalmas módszer a nyomdetektoros módszer.
- 2) Az elektron mikroszkópban az elektronsugár csakis vákuumban képes zavartalanul elérni a mintát és ennek biztosítására használt vákuumszivattyúk üzemeltetése nagyon sok villamos energiát igényel, ami komoly költségekkel jár. Emellett még fontos szempont, hogy maga az eszköz se feltétlenül könnyen hozzáférhető.



2. ábra: SEM kép

PIXE

Szintén az anyag kémiai tulajdonságainak vizsgálására szolgál a PIXE (Partical Induced X-ray Emission). Itt protonok besugárzásával gerjesztett atomok által kibocsájtott röntgen fotonokat detektáljuk. Ezzel az eljárással nagyobb atommagokat ($Z > 11$) lehet a mintában detektálni az akár $1\text{ }\mu\text{g/g}$ nagyságrendű koncentrációjú részecskéket.

Sajnos a pontosságával szemben a SEM-re írt két pont még jobban vonatkozik erre a vizsgálati módszerre, hisz itt már a protonok gyorsítására részecskegyorsító szükséges.

A mikroanalitikai vizsgálatok mellett több képi analitikai módszer létezik. A digitális autoradiográfia rendkívül hasznos olyan szempontból, hogy egy aktivitás térképet lehet készíteni a vizsgált mintáról. [4]

A TDK-mban viszont ennél egyszerűbb autoradiográfiai módszert fogok használni, a nyomdetektoros módszert. Az alábbiakban pontokba szedve részletezem miért érdemes ezen módszer használata:

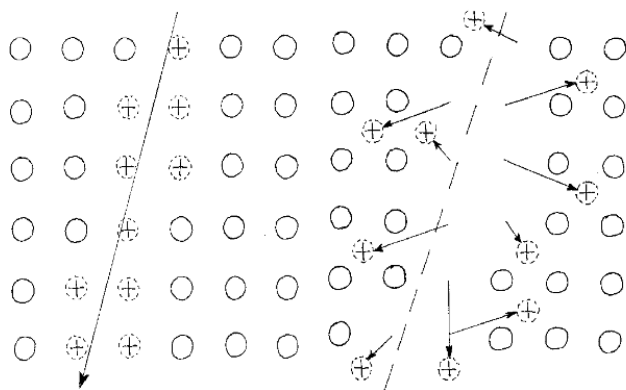
- Olcsó technológia
- A kiértékelés megkezdéséhez csak kimaradni és bedigitalizálni kell. A maratás persze vannak idő és anyagi költségei, de a digitalizálás a rohamosan fejlődő technika mellett már nem akadály.
- Nagy területen lehet detektálni. Egy detektor 1 cm^2 területű. Ha a PIXE detektálási területét 0.04 mm^2 vesszük, akkor nyomdetektorral körülbelül 2500-szor akkor területet tudunk egyszerre megvizsgálni.
- Hátrányként tűnhet, hogy a teljes mérés több hetet is igénybe vehet, de a rendszer akkor a leghasznosabb leginkább, ha több mintára és sok csiszolatra akarunk cm^2 -es nagyságrendű vizsgálatot indítani. Ha sok detektorral dolgozunk, a költségek alacsonyak maradnak és ezzel a többi módszerrel vizsgálhatatlan méretű területet lehet lefedni.

Nyomdetektor

A nyomdetektor történetének kezdete 1958-ra tehető, amikor is D. A. Young nyomokat fedezett fel egy LiF kristályban. Később felfedezték, hogy sok különféle anyag létezik, amelyeken detektálhatók az alfa részecskék által okozott beütések.

Ha egy megfelelő céltárgyba alfa részecske csapódik be, akkor a környezetében valamilyen mélységben ki tud lökni atomokat.(3.ábra) Ez úgy jön létre, hogy a nagy sebességgel becsapódó alfa részecske elektronokat lök ki a pályájukról, mely ionizációnak az lesz a következménye, hogy létrejön egy látens nyomnak nevezett, alagút a kristályban.

Polimerlánc esetén szétszakadoznak a láncok és szintén egy csatorna jön létre, amit az ion „rombolt magának”. A becsapódó részecske folyamatosan veszít az energiájából, de az elején kisebb a kölcsönhatása az anyagban, mert az energiája nagy részét az úgynevezett Bragg csúcsban fogja elveszíteni, ezért a látens nyom általában mélyen van a detektor felszíne alatt. Hogy láthatóvá tegyük, a detektor felületét le kell maratni.



3. ábra: alfa részecske hatása molekulárcsosz anyagra

A detektort erősen savas közegbe helyezve a nanométer nagyságrendű foltokat mikrométer nagyságrendűvé lehet felnagyítani. Ez már könnyebben analizálható, hisz elég hozzá egy jó minőségű szkennert. A maratás mértékétől függően a nyom lehet

- alulmaratott, ha a maratás nem halad át a látens nyomon
- túlmaratott, ha a maratás túl megy a látens nyom alján és ekkor túl nagyok lesznek a sugarak
- kimarattott, ha pont a látens nyom aljáig maródik a detektor [3]

Azokat a nyomdetektorokat, amelyekkel én dolgoztam, Veszprémben maratták ki a Pannon Egyetem Radiokémiai és Radioökológiai Intézetében Kovács Tibor és Csordás Anita közreműködésével. A maratást 70 °C-on NaOH oldatban végezték el. Miután kimaratták a detektorokat egy speciális szkennerral 9600 dpi-s minőségben bedigitalizálták, szürkeárnyaltos formában.

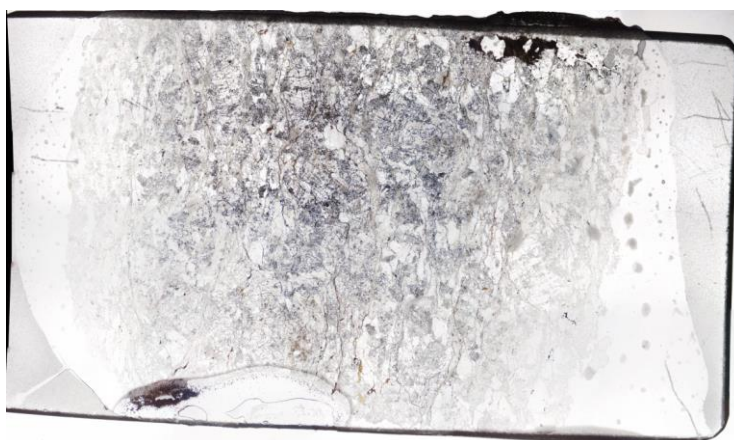
3. Nyomdetektoros mérés

Csiszolat eredete és készítése

A méréshez és a módszer teszteléséhez egy a Soproni hegységből származó Gneisz kőzetcsiszolatokat használtam. Az első csiszolat a Csalóka forrástól származik, ugyanis a Soproni hegység felszín alatti vizeinek a vizsgálata során kiderült, hogy ezen a helyen a legnagyobb a radon tartalma a víznek (kb. 220 Bq/l). Ezt a magas radon tartalmat valószínűleg a talaj bocsátja ki a vízbe. Ezért érdemes a Csalóka forrástól származó csiszolatot használni a méréshez, mert a nagyobb aktivitáshoz több beütés adat fog tartozni.[1]

A begyűjtött kőzetek közül a DA3 kőzet magas, 80 Bq/kg rádium aktivitást mutatott. Az én mintám ennek a kőzetnek az egyes számú csiszolata, innen jött a DA3cs1 elnevezés. Először kőzetvágóval van egy vékonyabb lapra vágva. Ezután ez egy csiszológépbe kerül, amely vákuummal helyben tartva a kőzetlapot kezdi el csiszolni. Ezzel a módszerrel 50-60 μm vastagságúvá lett csiszolva. A csiszolás sokfázisú ugyanis a jobb hatás elérése érdekében egymás után egyre finomabb porral csiszolják a lapot. Ha már kellőképpen vékony, el lehet kezdeni a polírozni addig, amíg mikroszkóp alatt is egyenletesnek tűnik.

Ezután készült egy nagy felbontású kép a csiszolatról. Ez a kép mikroszkóppal készült és 25 képet tartalmaz, amelyek az egyes részterületekről készültek és ezek a képek lettek összefésülve programmal.(4.ábra)



4. ábra: csiszolat polarizációs mikroszkópos képe

Mérési folyamat

Mérés detektortárolóval:

A TDK-mban a közetcsiszolat alfa-sugárzó kristályainak az aktivitástérképét fogom kimérni nyomdetektorok felhasználásával. A mérés a DA3CS1 azonosító kódú mintával lesz elvégezve. A detektor három 1x1 cm-es négyzet alakú lapocska, amelyeket a képen látható tárolóba kell pattintani. A mérés megkezdése a lapokon lévő védőfólia lehúzásával veszi kezdetét. A mintát a csiszolat felőli oldalával a detektorok felé ráragasztjuk a tárolóra.

Az alábbi ábrán jól látható az elrendezés:



5. ábra: az mérési elrendezés

A felső DA felirat a minta állását mutatja az azonosító helyzetének segítségével. Az alatta lévő három kód (fentről lefele: D527, D528, D529, a képen el lett írva) az egyes detektorok azonosítója. Habár a detektorok hátoldaláról is le lett húzva a védőfólia egy papírlappal le lett fedve, hogy megvédjük a mintát a levegő radon tartalmából adódó sugárzástól. A mintát úgy kell ráilleszteni, hogy megfelelő mennyiségű beütésünk legyen tehát a sokkal sötétebb, sűrűbb mintázatra. Miután a csiszolat rá lett rakva a tárolóra lesúlyozva szigetelő szalaggal körbetekerem. A folyamat az 6. ábrán látható.



6. ábra: a csiszolat rögzítése a detektortárolóra

Ezek után a mintát félretesszük ugyanis ilyen kisméretű mintának, hogy megfigyelhető és feldolgozható mennyiségű beütése legyen, legalább három hétig állnia kell. A mérési összeállítást a dokumentálás kedvéért lefényképeztem egy sony ericsson k800i telefon 3,2 MPx-es kamerájával. Habár ekkor még csak dokumentálásként gondoltam rá, később a transzformációk során ezt fel is használtam, ezért a későbbi mérésben ennél precízebben jártam el.

Ha megfelelő időt hagyunk a detektornak a beütések gyűjtéséhez, a feldolgozáshoz elsőnek a detektorokat el kell küldeni feldolgozni és bedigitalizálni. A detektorokról készült képeken programmal ki lehet szűrni a beütésekhez tartozó foltokat és azokat rá lehet illeszteni a csiszolat mikroszkópos képére, a SEM képekre és a PIXE képekre. Az egyes szemcséket nézve össze lehet számolni, hány beütést nyelt el a környékükön a lap. Ezután lehet összevetni más képalkotó eljárásokkal. Ezekre való illesztés szempontjából is fontos a csiszolat képére való illesztés.

A leszedésre 24 nap után került sor, amikor is a ragasztás le lett vágva és a minta el lett távolítva. A későbbi eredményeknél figyelembe kell venni, hogy a minta a felirattal kezdődő oldalán egy vékony sávban a ragasztó befolyhatott, ami elszigeteli az alfa részecskéket a detektoroktól.

Ahhoz, hogy megbizonyosodjak, hogy mindkét mérésnél elegendő ekkora beütésszám először megbecsültem, hogy nagyságrendileg mennyi beütés várható.

Először az $m = \rho \cdot V$ (ahol ρ : sűrűség és V : a minta mérendő területére eső térfogata) képlet segítségével kiszámolom, hogy mennyi a mérendő területre eső tömeg. Mivel a csiszolat vastagsága $30 \mu\text{m}$ ebből adódóan:

$$m = 3 \text{ g/cm}^3 \cdot (3 \text{ cm}^2 \cdot 0.003 \text{ cm}) = 27 \text{ mg}$$

A minta tömegegységenkénti aktivitásának az értéke a készítéséről szóló jegyzőkönyv szerint: 80 Bq/kg . Ebből ki tudjuk számolni a csiszolat mérendő részének az aktivitását:

$$A = 80 \text{ Bq/kg} \cdot 27 \text{ mg} = 50 \cdot 27 \mu\text{Bq} \approx 2.16 \text{ mBq}$$

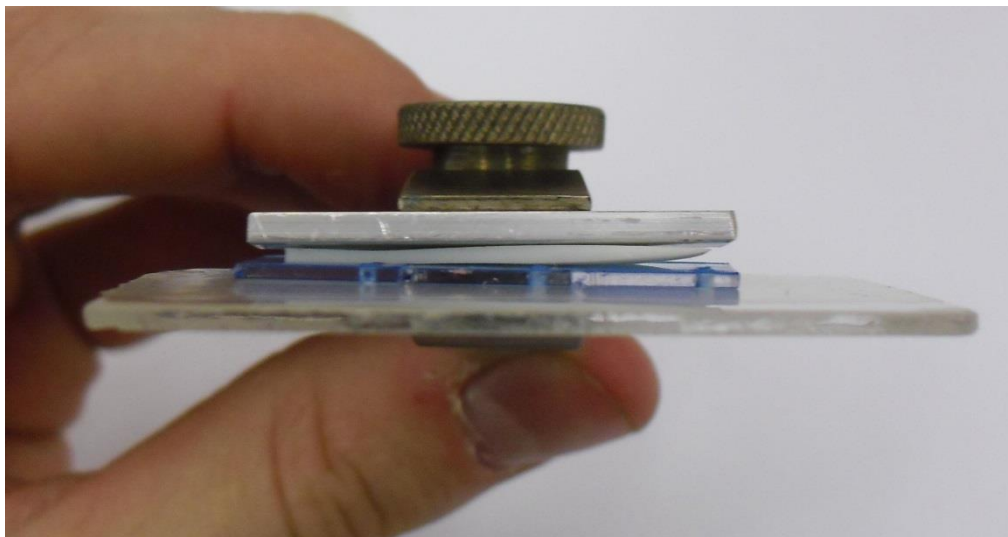
Beütésszám 3 hétre nézve ($1 \text{ nap} = 86400 \text{ s}$):

$N = A \cdot t \cdot \eta = 2.16 \cdot 10^{-3} \text{ Bq} \cdot 21 \cdot 86400 \text{ s} \cdot 0.5 = 1960 \text{ db beütés/3 hét}$ (ahol η annak az esélye, hogy a detektort találja el az alfa részecske ugyanis az a másik irányba is mehet).

Mérés szorítóval:

A DA3CS1 mérés során nem vettük figyelembe, hogy hibaforrásként jelenhet meg az a tény, hogy a csiszolatból szögben kirepülő α részecske a csiszolat és a detektor közötti légrétegben való mozgás következtében nem feltétlenül a bomlás pontja felett fog becsapódni. Mivel a detektortárolón nem volt biztosítva a megfelelő közelség a két elem között, ezért a következő kísérletnél elhagytuk a detektortárolót és szorítást alkalmaztunk.

A szorítás kivitelezése a 7. ábrán látható. A szorító eszköz egy kémcsőfogó volt és a két pofa között több réteget helyeztem el. A szorítópofa egy méretre vágott alumínium lapkára illeszkedett, ami a kifejtett nyomóerőt egy radírdarabnak továbbította, amely az erőt elosztva biztosította, hogy ne szenvedjen karcot a detektor. A radír és a másik kémcsőfogó pofa nyomta össze a detektort és a csiszolatot.



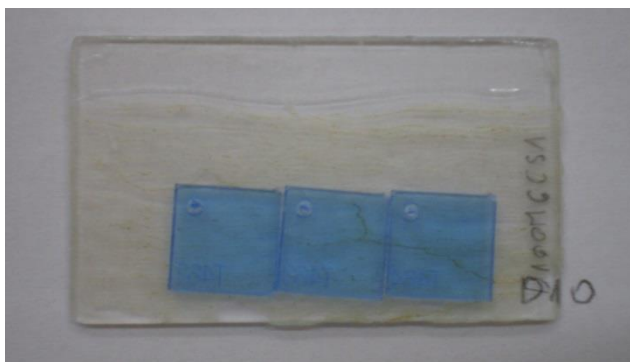
7. ábra: A szorítás rétegei

Ezt a mérést egy újabb csiszolaton is elvégeztem. A minta kódja D10OM6CS1 volt. Ez egy radiokativitás szempontjából aktívabb közetből származik, és amiért érdekes, hogy réteges csíkozása hasonló, látványos mintázatú beütéseloszlást jósol. A D10OM6CS1-re 3 detektort, az eredeti DA3CS1-re 2 detektort tettem. Egy üres üveglapra is tettem ugyanazzal a szorítással egy detektort, hogy megvizsgálhassam a háttérét is.

A detektorok számozása a következő volt:

- DA3CS1: T460, T461
- D10OM6CS1: T462, T463, T464
- Háttér: T465

Az összeállítás után a csiszolatokra szerelt detektorok el lettek zárva. 34 nap besugárzási idő után lettek kisorsolva. A leszedéskor újabb fotókat készítettem. Fontos, hogy az új mérés előtt és után is már egy nagy felbontásra képes fényképezőgépet használtam. A mérés előtt egy 12MPx-es digitális fényképezőgépet használtam, utána meg csak egy 8 MPx-set, de ennél szupermakró üzemmódban igen közel sikerült képet csinálni. A leszedés után készült képekben még az volt a különleges, hogy a detektorok ráragadtak a csiszolatra, ezért sikerült a 8. ábrán látható fényképeket csinálni. Ezek a későbbiekben fontos szerepet kapnak.



8. ábra: Ráragadt detektorok

4. Program leírása

Program célja és felülete

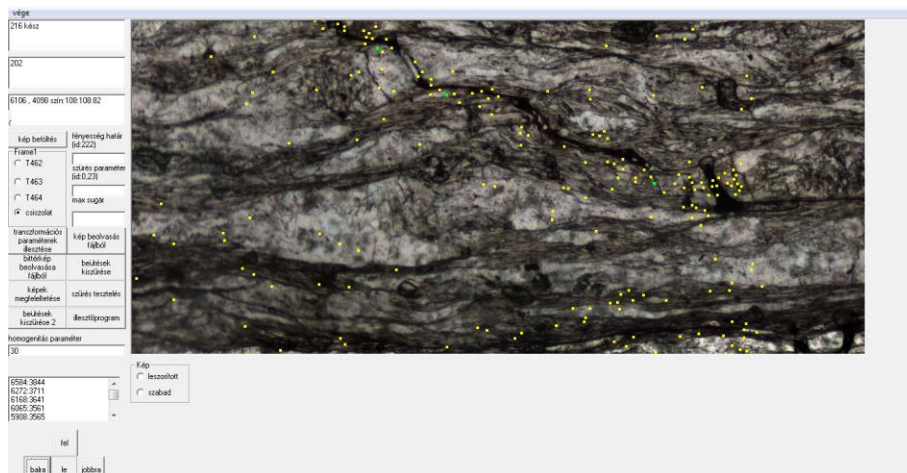
Mivel a beütések megszámlálása nehéz lenne ezért praktikus lenne egy programmal feldolgozni. Hogy könnyen lehessen használni a programot, képesnek kell lennie kiszámolnia a beadott képek közti transzformációt, hogy később konkrét, adat és ábra alapú eredményeket is tudjon adni. A programot próbáltam úgy tervezni, hogy minél általánosabb legyen. Az egyes szükséges paramétereket a programfutás közben kéri be és a transzformációs paraméterek, fix pontok megadásával kezdődik, amiből a program már ki tud számolni mindent. A program egyszerre 5 képpel dolgozik. 3 a bedigitalizált nyomdetektoros kép (egyik mérésnél kettő), 1 az összeállításról készült fénykép, 1 meg a csiszoltról készült polarizációs mikroszkópos kép. Az utóbbiból két félét is használok a program során, a két különböző csiszolatról.

A program megírásához a Microsoft Visual Studio Visual Basic 6.0 nevű programját használtam. A program futása több részre lett osztva:

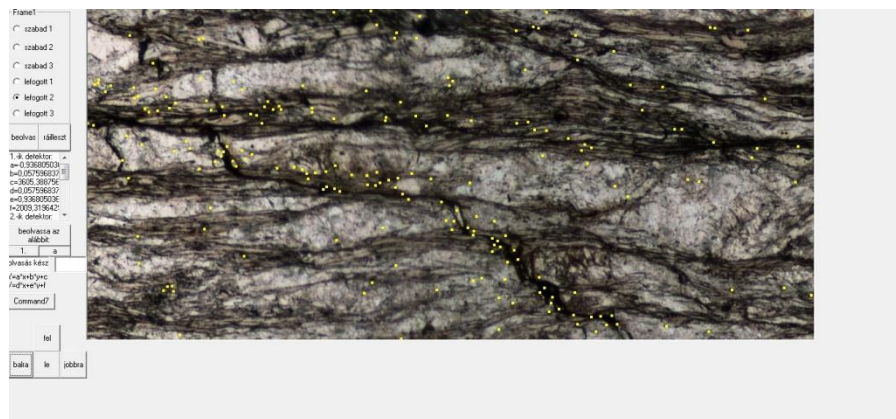
- a transzformációs paraméterek illesztése
- bittérkép bináris feldolgozása
- beütések elemzése
- beütések egyenkénti és együttes vizsgálata
- beütések illesztése a megfelelő képekre

A Visual Basic biztosít egy grafikus felületet, amely jelentős könnyebbséget ad a futtatáshoz.

A program felülete az alábbi képen látható:



9. ábra: a program felülete



10. ábra: Illesztőprogram működésben

A program felület az alábbi funkciókat tartalmazza:

- A bal felső 3 szövegdoboz az állapotjelzésekre, meg egyes információk megjelenítésére szolgál. Oda van kiírva a hosszabb futású programok százalékos állapota.
- Alatta állítható be melyik képet akarjuk feldolgozni, ha egyesével feldolgozó programról van szó
- a nyomógombok indítják az egyes programrészeket
- az option button-k mellett a szűréshez lehet két állandót is beállítani. A gombok alatt is van egy paraméterező, amely a hisztogram sűrűségét állítja.
- a picturebox fontos a megjelenítés és a transzformációk számításához szükséges pixelek bekérése szempontjából is

- a pozicionáló gombok a pixelek bekérésénél kell hisz a detektorok képei túl nagyok a monitornak, és fontos a szűrés után megnézni a kapott beütéseket, ugyanis utána a program rárajzolja a képre az egyes köröket és ott kell pozicionálni a rárajzolt körök megtartásával
- a program tartalmaz egy alprogramot, amely a 10 ábrán látható. Ezen alprogram funkciói:
 - a fájlba írt transzformációs paramétereket (descartes-ba átszámolva) betölti
 - a paraméterek egyesével változtathatók
 - szín és távolság eloszlás ábrák készítése

A transzformációs paraméterek kiszámítása

A program megírásakor arra törekedtem, hogy ha különböző detektor képeket akarok feldolgozni, akkor se keljen mindegyikre kiszámolgatni a képek közti transzformációs paramétereket. Ehhez egy olyan eljárást kell megírni, amely olyan pontokat kér be a felhasználótól, amelyek jól definiálják ezeket az értékeket. Vegyünk a 3 detektorról (K_2) készült képet, egy a mérés során készített fényképet (K_1) az összeállításról és a csiszolat polarizációs mikroszkópos képét (K_0). Olyan programot írtam ennek ellátására, amely egy bizonyos fixp tömb elemeit várja egy olyan do-while ciklus, amely csak a megfelelő elemszámnál lép tovább. Elem a képre való kattintással beírja a tömbbe az adott pixel koordinátáit a pozicionálás paramétereivel eltolva. Ez utóbbi abból jön, hogy a programba betöltött nagy felbontású képeken tudok fel-le-jobbra-balra pozicionálni a kép határainak a betartásával, amely pozicionálás egy k_x, k_y paramétert használ, ami megmutatja, hogy melyik ponton kezdődik a kép.

Az összeállításról készült kép szempontjából többféle módszert is alkalmaztam:

1. A DA3CS1 csiszolat detektortárolós vizsgálatánál az egyes detektorok sarkainak a meghatározásához felhasználom a detektortároló geometriáját is.
2. A DA3CS1 2. mérésére és a D10OM6CS1 mérésére a paraméterek kiszámításához a mérés elején a szorítással együtt keletkezett képet használom és a sarkokat közvetlenül bejelölöm

3. A 2. pontban lévő mérésekre másik módszert is alkalmaztam: a mérés után, a csiszolatra ragadt detektorokról készített fényképet (8. ábra) használtam fel, és az oldalakon két pont megadásával és egyenesek metszéspontjaiból kapom meg a sarkok koordinátáit.

A továbbiakban az egyszerűség kedvéért csak az 1. eset transzformációját fogom felvázolni.

A detektorsarkokat egyenesek metszéspontjaiból kaphatom meg. Ezt az alábbi gondolatmenettel kaphatom meg:

Hogy ha x_1, y_1, x_2, y_2 egy oldal koordinátái és ezek vesszős változatai egy szomszédos oldalon lévő két ponté, akkor úgy alakul:

$$m = \operatorname{tg} \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right) \text{ és } m' = \operatorname{tg} \left(\frac{y'_2 - y'_1}{x'_2 - x'_1} \right)$$

$$\text{Egy pontot behelyettesítve: } m * x_1 + b = y_1 \rightarrow b = y_1 - mx_1$$

$$\text{metszéspont koordinátái: } m * (x - x_1) + y_1 = m'(x - x'_1) + y'_1$$

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{x_1 * m - x'_1 * m' + y'_1 - y_1}{m - m'} \\ \frac{m * x + y_1 - m * x_1}{m - m'} \end{pmatrix}$$

Jól indexelve a fixp mátrixot ezzel a két egyenlőséggel megkaphatom a detektor sarkainak a koordinátáit.

Először felírom, hogy milyen transzformációval lehet megfeleltetni egy K_1 -beli vektort egy K_0 -belinek.

A vektorok megfeleltetése az alábbi elemi transzformációkkal jön létre:

- A K_1 pontjai el kell tolni az origó koordinátaival, hogy annak a rendszerébe kerüljenek
- K_0 -ban az origó és a fix pont egyenesét vízszintesbe forgatom. Az általuk meghatározott egyenes meredekségéből számolt szögnél figyelni kell arra, hogy a Visual basic-ben a picturebox-ban az y tengely fentről lefele növekszik.
- el kell végezni a két kép közti felbontás különbség miatti nyújtást
- El kell forgatni a K_1 -ben lévő origó és fixpont által meghatározott ugyanazon szöggel megegyező irányba

- El kell tolni a K_0 origójának a koordinátaival, hogy a kép saját koordináta rendszerébe kerüljünk

Nem szabad megfeledkezni arról, hogy a csiszolat szemben volt a detektorokkal, tehát el kell végezni egy vízszintes tükrözést is (a másik kettőnél függőleges a képek állása miatt). Ezek alapján a transzformáció az alábbi kompozícióból fog összeállni:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} * n_0 * \begin{pmatrix} \cos(-\alpha_0) & -\sin(-\alpha_0) \\ \sin(-\alpha_0) & \cos(-\alpha_0) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} \cos\alpha_1 & \sin\alpha_1 \\ -\sin\alpha_1 & \cos\alpha_1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} x - x_1 \\ y - y_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} * n_0 * \begin{pmatrix} \cos(-\alpha_0 - \alpha_1) & -\sin(-\alpha_0 - \alpha_1) \\ \sin(-\alpha_0 - \alpha_1) & \cos(-\alpha_0 - \alpha_1) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} x - x_1 \\ y - y_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix}$$

A képletekben 1-es indexek vannak a K_1 -s rendszer elemei és 0-val a K_0 rendszer paraméterei. Az értelemszerű, hogy a K_1 -s rendszerben lévő forgatást negatívan kell venni és ha α_0 -t ugyanabban a rendszerben veszem a tükrözés miatt kap egy negatív előjelet. A szögeket a fixp megfelelő tagjaiból alkotott derékszögű háromszög két befogójának a hányadosának az arctg-vel adhatom meg. A K_1 rendszerben az elforgatás szögéhez elég definiálni két sarokpontot, viszont később szükség lesz mindegyiknek az egyik sarkára. Ezt a detektortároló detektorok közötti elválasztófalának a szélességére, hisz ebből, meg a két legtávolabbi ponttal meghatározhatók az egyes sarokpontok koordinátái és így nem okoz gondot, hogy középen a minta eltakarja a detektorokat.¹ (a 2.pontbeli módszernél közvetlenül be tudom jelölni a sarkokat, a 3.-nál pedig egyenesek metszéspontjából kaphatom meg)

Az n_0 könnyen megkaphatom, ha az origók és a fixpontok távolságának a megfelelő arányát írom fel.

A detektorokat tartalmazó K_{2k} -s rendszerekből három különböző transzformáció visz át a K_1 elnevezésű rendszerbe. Itt nem kell tükrözni, mert a detektorok pont azonos állásban vannak, tehát a szögénél se kell a K_1 -s rendszerben lévő forgatást az ellentettjére váltani. Ezek alapján a már a forgatásokat összekombinálva tartalmazó transzformáció a következő:

$$n_k * \begin{pmatrix} \cos(\beta_1 - \beta_{2k}) & -\sin(\beta_1 - \beta_{2k}) \\ \sin(\beta_1 - \beta_{2k}) & \cos(\beta_1 - \beta_{2k}) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} x - x_2 \\ y - y_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix}$$

Természetesen mind az n_k és az β_{2k} minden detektorra más és más. A programban a β_1 -t a fényképen megadott és a fixp-be betöltött detektor sarkok két legtávolabbi pontja által alkotott

¹ azt feltételezve, hogy a tárolók szélessége megegyeznek

egyeses irányszöge. Ezt nyugodtan lehet alkalmazni az összes detektor transzformációs paramétereinek a számolásához, mivel a detektortoló biztosította a detektorok egymáshoz képesti egyenes állását. Mivel az utóbb említett, az összeállításról készült fényképen definiált detektorsarkok meghatározzák egy oldalhosszát a K_1 rendszerben így ezt és a K_{2k} rendszerben ismert sarkok pontjait felhasználva meg lehet határozni a nyújtás értékét is (n_k).

Így már minden paraméter a rendelkezésünkre áll, csak össze kell vonni a paramétereket, hogy egy egyszerű transzformációt kapjunk. Ha egyből a K_{2k} rendszerből egyből át akarok transzformálni a K_0 rendszerbe, akkor felesleges a K_1 rendszerben betolni a fénykép koordináta rendszerébe. Ilyenkor csak elvégzem a K_{2k} -beli bal alsó sarkok rendszerébe való eltolást, a 4 forgatást, a két nyújtást és végül a K_0 rendszerben a K_1 -ből átranzformált bal alsó detektorsarkokkal való eltolás, hogy megkapjam a mikroszkópos felvétel koordináta rendszerében lévő koordinátákat.

A transzformációs paraméterek és maga a végső transzformáció a k -ik detektor i -dik pontjára:

$$forg_k = \beta_1 - \beta_{2k} - \alpha_0 - \alpha_1$$

$$nagy_k = n_0 * n_k$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix}_i^k = nagy_k * \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} \cos(forg_k) & -\sin(forg_k) \\ \sin(forg_k) & \cos(forg_k) \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} x - x_2 \\ y - y_2 \end{pmatrix}_i + \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix}$$

Ezt a programban beleírom egy függvénybe, amit később az illesztéskor akárhányszor meghívhatok különböző bemenő x, y változókkal.

Képek bináris feldolgozása

A képek feldolgozásának alapelve, hogy a képből valamilyen módon betöltöm egy mátrixba az egyes pixelekre tartozó színeket. Ezt visual basic-ben több féle módon is megtehetem. Kihasználhatom a visual basic beépített picturebox-át vagy akár közvetlenül binárisan is feldolgozhatom a képet. Ahhoz minél könnyebb legyen dolgozni a feldolgozás eredményével.

Leprogramozni a legegyszerűbb, ha a picturebox tulajdonságait használom a pixelek színének a meghatározásához. A programom első változatában ezzel a módszerrel dolgoztam fel a képeket. Ezt a picturebox .point eljárásával lehet elérni. Ez egy long típusú számot ad vissza. Ennek a módszernek több hátránya van:

- Nagyon lassú a feldolgozás, egy detektornak a képének a feldolgozása körülbelül 1,5 órát is igénybe vett.
- A picturebox-al nehéz nagyon nagy képeket feldolgozni, mivel a point eljárás csak olyan pixelekre vonatkozik, amelyeket a monitor megjelenít, és mivel a detektor képei hatalmas felbontásúak ezért nem lehet a képet egyszerre feldolgozni, ezért ezt kép darabolásos feldolgozásával tudtam csak megoldani.
- A feldolgozáshoz tudni kell az X és Y szélességet, amit a bináris feldolgozással automatikusan megkapok.
- A long típust fájlba írás előtt még át kell konvertálni RGB-be, amiből a valamelyik fő színt kieszedhetem hisz a detektorok képei szürkeárnyaltos képek, ami az RGB kód szempontjából azt jelenti, hogy mindhárom érték ugyanannyi lesz, így az egyik is jellemzi azt az adott színt.

Ezekből a hátrányokból már következik a bináris feldolgozás előnyei:

- A fentebb említett hosszú futásidővel ellentétben bináris feldolgozásnál percek alatt kész van.
- Mivel magát a fájlt dolgozom fel, ezért a kép méretétől függetlenül ugyanúgy tudom feldolgozni az egyes képeket, csak a futási idő lesz más
- Mint azt a BMP fájl bináris szerkezeténél ismertetem, a fájl tartalmazza a kép szélességét és magasságát pixeleken
- A szürkeárnyaltos képeknél hála a színindexelt tárolásnak már egyből a byte típusú értéket kapom meg. Ha a színes mikroszkópos képet dolgozom fel így akkor meg az RGB mindhárom értékét megkapom

Egy BMP fájlformátumú kép bináris feldolgozásához ismerni kell egyrészt a fejléc szerkezetét, másrészt a bittérkép tárolódásának a módját. A BMP fájlt byte-ként dolgozom fel. Ehhez ismerni kell a BMP fájl bináris szerkezetét ugyanis egy ilyen fájl rendelkezik egy információs fejléccel, esetleg szín palettával és aztán jön csak a bittérkép és annak is megvannak a maga sajátosságai.[6]

A programban egy bizonyos méretű adatot a Get paranccsal tudok beolvasni. Ez szekvenciális módon folyamatosan olvassa be a fájl adataegységeként. Az, hogy hány byte-t olvasok be, az attól függ, hogy milyen változótípusként deklarálok azt a változót, amibe betöltöm az adataegységet. Én ehhez az alábbi változókat deklaráltam:

globálisan:

```
Dim X As Long, Y As Long
```

lokálisan:

```
Dim fk As Long
```

```
Dim b1 As Byte
```

```
Dim b2 As Integer
```

```
Dim b4 As Long
```

```
Dim pm As Integer
```

A b1,b2,b4 általános, megadott méretű buffer változó, a többinek speciális szerepet szánok.

A BMP fájl 14 byte-os fájlfejlécének és a 40 byte-os információs fejlécnek a kiolvasásához az alábbi programkódot használtam (ahol a list1.additem a képernyőn való megjelenítése a fontosabb paramétereknek):

Get #1, , b2	BMP azonosító
Get #1, , b4	fájl mérete
Get #1, , b4	szabad terület
Get #1, , fk	bittérkép kezdőértéke
Get #1, , b4	információs fejléc mérete
Get #1, , X	kép szélessége
Get #1, , Y	kép magassága
Get #1, , b2	megjelenítés (=1), kimeneti periféria
Get #1, , pm	bittérképen egy pixel mérete (bit)
For i = 1 To 6	alkalmazott tömörítés, bittérkép mérete
Get #1, , b4	(byte), vízszintes és függőleges felbontás,
Next i	paletta színek(0 ha nincs vagy maximális)
	használt színek(0 ha nincs paletta)

Ezekből az adatokból, amiket fel fogok használni az a pm, mivel eltérő kódolásnál máshogy kell feldolgozni a bittérképet, értelem szerűen a kép szélessége és magassága is szükséges hisz pont ez az egyik előnye ennek a fajta feldolgozásnak, hisz kell a ciklusok határaihoz, meg a pozicionáláshoz. Az áttanszformálásoknál hasznos lenne a pixel/méter mértékegységű felbontás is, de a fényképnél azt tapasztaltam, hogy ez az érték közel se volt valós szóval ezt nem használtam végül.

Ezután a program egy feltétellel két fele szakad, hisz ha a pm=8 esetén van a fájlban egy színpaletta, amelynek minden egyes színe 4 bájtól tárolódik és ezekre a 4 bájtokra hivatkozik a bittérképen lévő sorszám. Ez akkor van csak, ha a kép szürkeárnyaltos, vagyis R=G=B. Ha a kép színes (pm=24) akkor nincs színpaletta és minden pixelhez 3 byte-nyi helyen tárolja a főszínek értékeit B,G,R sorrendben. A bittérkép tárolásának másik jellegzetessége, hogy soronként lehet beolvasni a pixeleket, de az utolsó sorral elkezdődve. Ezt úgy korrigáltam, hogy a mátrixba való betöltéskor a mátrix soraira való hivatkozáskor is az utolsóval kezdem.

A detektorképek bittérképének a feldolgozása(8 bites tárolás):

Szürkeárnyaltos képeket úgy tárol egy BMP fájl, hogy definiál egy színpalettát és erre hivatkozik a pixeleknél. A színpaletta minden eleme egy 0-st és az R,G,B értékeket tartalmazza, amely ugyebár jelen esetben ugyanaz. A programban két, egymásba ágyazott ciklussal beolvasom egy mátrixba az egyes sorszámokhoz tartozó négy értéket.

Ezek után olvasom be a bittérképen a pixelekhez tartozó paletta sorszámot. Amint azt már taglaltam nem elég egyértelműen tárolja a bittérképet és ezeket is figyelembe kellett venni:

```
For j = 0 To Y - 1          - a bittérkép az utolsó sorban kezdi a beolvasást
For i = 1 To X
  Do
  DoEvents
  Get #1, , b1
  Loop While b1 = 0          - kiegészíti 0-kal, mert 4-el osztható byte
                             hosszúnak kell lennie egy sornak és ezeket ki kell
                             szűrni

  s(i, Y - j) = b1
Next i
Next j
```

A beolvasás után fájlba írom az eredményt úgy, hogy megtartsam az illesztett paramétereket a fájl elején való tárolással, hisz maga a transzformáció csak későbbi fázis. Fájlba íráskor úgy kapom meg magát a konkrét színt, hogy a paletta beolvasásakor létrehozott mátrix színsorszámanak a helyére a pixelhez tartozó kapott sorszámot írom.

A csiszolat képének beolvasása:

Mivel itt már minden 3 byte-on tárolt RGB szín lehetséges a képen ezért itt nem található paletta, hanem az egyes pixelekhez hozzá van rendelve mindhárom alapszín értéke. Tehát csak be kell töltenem a bittérképet a fentebb már említett sajátosságok figyelembe vételével. Annyi különbség lesz az előzőhöz képest, hogy itt minden pixelhez 3 különböző értéket rendelek hozzá, tehát a beolvasás és a fájlba írás is kiegészül még egy ciklussal.

Nyomok elemzése

A detektorok kimaratása után az alfa beütések nyomai tisztán látható körökként jelennek meg. Egyetlen probléma, hogy a szkennelt képeken háttér is van és a detektor felületén is sok a szennyeződés így komoly problémát jelent, hogy tudnák meghatározni, hogy mely pontok számítanak beütésnek. A beütések nyomainak kiszűrésére jó alapul szolgál, hogy a szennyeződéssel ellentétben kör alakúnak mondhatók.

A programban először be kell olvasni a bináris feldolgozáskor fájlba írt eredményt, kivéve, ha csak egy detektort dolgozok fel egyszerre. A szűrés két paramétert igényel, amelynek bevitelére a program felületen két szövegdoboz szolgál. Az egyik paraméter arra szolgál, hogy meghúzzak egy határt, amely ha meghaladja az adott pixelt, akkor fog feldolgozásra kerülni. Így ki tudom szűrni a képről az egyes pixelek fényességének a leesését, ezzel meghatározva a képen található foltokat.

A másik paraméter a körök kiszűréséhez használt feltétel paramétere lesz, amire majd később kitérek.

A program azzal kezdődik, hogy létrehozok egy 1-0-ból álló mátrixot, ami azt határozza meg, hogy a képen mely pixelek fényessége kisebb, mint a beadott határ. Ezeknek a pixeleknek megfelelő mátrix koordinátákhoz tartozó érték lesz 1.

A foltok elemzésének a menete:

- a mátrix első elemétől kezdve soronként haladva addig megyek, míg nem találok 1-es értéket (közben figyelek a mátrix végére és ez lesz a ciklust megszakító feltétel is)
- Ettől a pixeltől kezdve x tengelyen haladok pozitív irányban addig, amíg végig 1-s pixel van és közben egy változóba számlálom a lépéseket (magyarán meghatározom az első sor hosszát)
- bepozicionálok az első sor középső pixelére és innen elkezdek pozitív y irányba haladni és megszámlolom, hogy y irányba milyen hosszban találhatók 1-s pixelek.
- visszatérek az első sor középső pixelére és megint pozitív y irányba haladva dolgozom fel a sorokat. A sorok feldolgozása úgy történik, hogy adott pixelnél negatív és pozitív x irányba is meghatározom, hogy meddig tartanak az 1-s pontok sorozata. Definiálok két tömböt, amely az alakzat bal és jobb szélén lévő pontok koordinátáit tartalmazza úgy, hogy ezeket a pontokat a korábban megszámlolt y irányba lévő hossz sorszámoz. Ezzel az eljárással két tömbbe beletöltöttem a folt területét. Miközben haladok az egyes pontokon egy változóba összegzem a korábbi, még nem bináris mátrixban a hozzájuk tartozó fényesség értéket. A pontok számát is számolva így ki tudok számolni egy átlagos fényességet.
- Ha y irányban bepozicionálok a középső pixelhez tartozó bal oldali (kisebb x értékű) határponthoz és onnan végighaladva pozitív x irányba meghatározom a középső pontot a már többször használt módszerrel. Ezt veszem az alakzat középpontjának.
- Végigmegyek a határpontok tömbjein és meghatározom az egyes pontok távolságát a középponttól. Ezeknek az értékeknek veszem az átlagát és ekkor megkapom az alakzat átlagos sugarát.

Az elemzés által kiadott átlagos sugár, a kerületi pontok és középpont segítségével már tudok kreálni egy feltételt, amely kiszűri a kör alakú pontokat. A feltétel alapja, hogy újra végigmenve a kerületi pontokon és újra meghatározva a középponttól való távolságukat nézem, hogy az átlagos sugártól mennyire tér el. Ezt az eltérést hasonlítom össze az átlagos sugár egy konstans paraméter szorosával. Ezt a valós konstanst kérem be a 2.

szövegdobozban. Ha bármelyik eltérése meghaladja a határt, akkor megváltoztatok egy változót és a feltételben ezt veszem figyelembe. A feltételben még figyelembe veszem, hogy az átlagos sugár legyen 2-nél nagyobb, ugyanis 1-2 pixeles foltokra ez az elemzés nem jól működne.

Az átlagos sugár kiszámítása és a szűrési feltétel:

```
For m = 0 To l - 1
```

```
    R = R + Sqr((Kj(m, 1) - kx) ^ 2 + (Kj(m, 2) - ky) ^ 2) + Sqr((Kb(m, 1) - kx) ^ 2 + (Kb(m, 2) - ky) ^ 2)
```

```
    h = h + 2
```

```
    DoEvents
```

```
Next m
```

```
If h <> 0 Then R = R / h
```

```
rr(rrs(1) + rrs(2) + rrs(3), 2) = R
```

-ez biztosítja később a sugár-terület eloszlásokat
'kell a feltétel arról, hogy kör-e

```
B = 0
```

```
For m = 0 To l - 1
```

```
    DoEvents
```

```
    If R * kk2 < Abs(Sqr((Kj(m, 1) - kx) ^ 2 + (Kj(m, 2) - ky) ^ 2) - R) And
```

```
R * kk2 < Abs(Sqr((Kb(m, 1) - kx) ^ 2 + (Kb(m, 2) - ky) ^ 2) - R) Then B = B + 1
```

```
End If
```

```
Text3.Text = B
```

```
Next m
```

Ezután létrehozok egy tömböt, amely minden beütésnek tartalmazza a sorszámát, a középpontok koordinátáit, a sugarat, a középponthoz tartozó színt (fényességet) és az átlagos fényességet.

A végén ellenőrzésként a pictureboxra felrajzolom a beütéseket a középpont és a sugár felhasználásával. Mivel a detektorok képei túl nagyok, szükség van pozícionálásra. Viszont mivel a pozícionáláshoz használt paintpicture metódus nem tartalmazza ezeket a rárajzolt ábrákat, ezért minden pozícionáláskor újra kell rajzolni a köröket a megfelelő eltolással.

A fájlba íráskor a még a program elején illesztett paraméterek is beleírom, hogy később ne a nagyméretű fájlt keljen külön megnyitni csak a paraméterekért.

A beütések ráillesztése a csiszolat képére

Most már sikerült szeparálni a beütéseket és a középpontjuk koordinátaival tudom is hol vannak, de ezt csak a detektorról készült képen. Konkrét eredményt úgy kaphatok, ha a beütések középpontjába mutató helyvektorokat áttanszformálok egy más információt tartalmazó képre, amely információ és a beütések eloszlásával kapott információ összekombinálásával lehet konkrét eredményt elérni.

Először is be kell olvasni a beütések adatait tartalmazó fájlt, ami tartalmazza a transzformációhoz szükséges paramétereket is. A beolvasást úgy írtam meg, hogy megnyitom az összes fájlt, és külön-külön beolvasom először a fájl elején lévő paramétereket az azokat tartalmazó vektorok megfelelő komponenseibe, aztán magát a beütéseket.

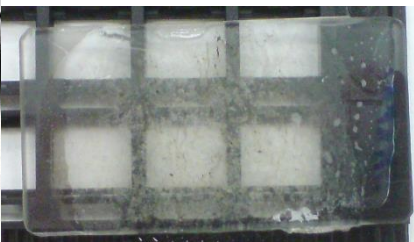
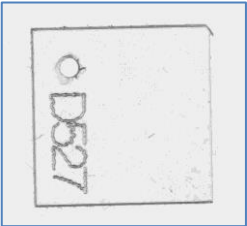
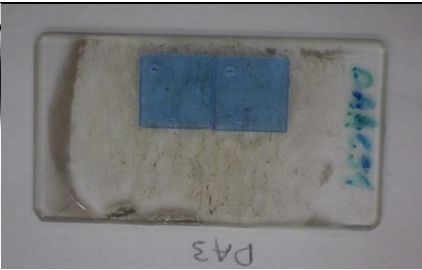
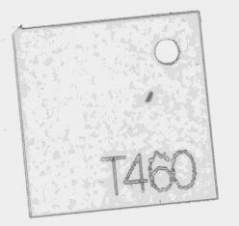
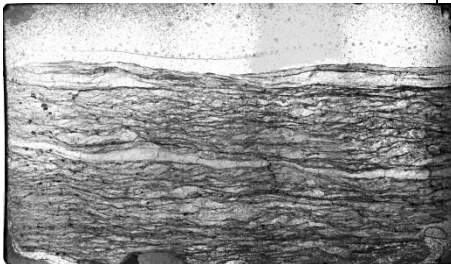
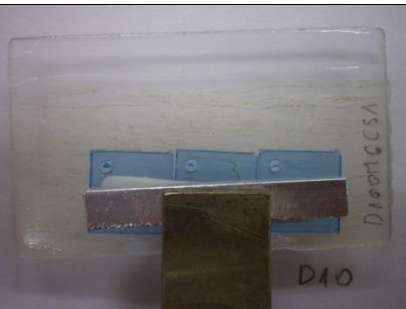
Ezek után az összes detektorra nézve végigmegyek a beütések listáján és meghívom a transzformációs függvényt a beütések koordinátájával a bemenetben. Ezután hogy vizuálisan le tudjam ellenőrizni az eredményt, kiszínezem a pictureboxon az eredményül kapott pontokat. Ha a csiszolat képét használom, amely nem fér ki a képernyőre, akkor még meg kell oldani, hogy a pozicionáláskor mindig újra rászerkessze a megfelelő eltolással.

Az illesztéshez használt alprogram mivel nem olvassa be a csiszolat bittérképét ezért sokkal gyorsabb és folyamatosan lehet összehasonlítani a főprogram eredményeivel (pl. a detektoron a kiszűrt foltok pozícióival).

5. Kapott adatok elemzése

Transzformációs paraméterek kiszámítása

Ahhoz, hogy meg tudjak feleltetni pontokat az egyik kép koordináta rendszeréből egy másik kép koordináta rendszerébe, meg kell határozni bizonyos paramétereket. A szükséges transzformációkat már általánosan levezettem a 3.2 részben. Mint ahogy említettem, az egyes paraméterek meghatározásához szükséges pontokat a képernyőről kéri be a program a picturebox segítségével. A legnehezebb meghatározni az összeállításról készült fényképen a két detektortartó sarkot. A koordináta rendszerek elnevezése a következő (a 2. és a 3. sorban lévónél leszorított és szabad detektoros összeállítás kép is van mindkettőre és a detektorokról készült képekből is több van):

	K_0	K_1	K_{2n}
1.			
2.			
3.			

A mérési eredmények közzlése során az egyes mérésekre az első oszlopbeli számmal fogok hivatkozni.

A detektorok oldalainak a két megadott pontjánál próbáltam a lehető leginkább a két sarokhoz közeli pontot kiválasztani a pontosabb egyenes illesztés érdekében. A két pont által meghatározott egyenesekből már megvannak a sarkok koordinátái és ez mindegyik mérés elemzésére igaz.

A fixpontokból kapott transzformációk a legegyszerűbb esetben polárkoordinátások. Az első mérésnél ezekkel a paraméterekkel dolgoztam, de a másik két mérésnél használt programkódba beleírtam, hogy számolja át descartes rendszerbe, hogy a konkrét transzformáció egyszerűbb legyen és lehessen bizonytalanságot becsülni. A transzformációs paramétereket az egyes mérésekre az alábbi módon adódtak.

1. D527-D528-D529 detektorokra végzett kiértékelés:

Először kiszámolom a K_1 rendszerből a K_0 -ba való transzformáláshoz szükséges nyújtást és forgatást. Ez a transzformáció értelemszerűen mindegyik detektorra alkalmazható lesz. Ekkor a nyújtás a felbontás arányból, a forgatás meg egy vízszintesbe képező és egy a K_0 rendszerben a megfelelő szögállásba való forgatás összege. A szögeket radiánban adom meg.

$$n_0 = 6.892596 \quad \alpha_0 = -4.740047 * 10^{-3}$$

Ezek után ki kell számolni ugyanezeket a paramétereket, csak most a K_{2n} rendszerekből a K_1 rendszerbe. A nyújtás és a forgatás ugyanúgy áll össze, mint az előző transzformációnál.

$$\begin{aligned} n_{d527} &= 6.821222 * 10^{-2} & n_{d528} &= 6.80922269 * 10^{-2} & n_{d529} &= 6.8127596 * 10^{-2} \\ \beta_{d527} &= 5.366044 * 10^{-3} & \beta_{d528} &= -1.512145 * 10^{-2} & \beta_{d529} &= 2.0834479 * 10^{-2} \end{aligned}$$

Most már csak el kell végezni a szükséges összegzéseket, hogy megkapjuk a teljes transzformációt a K_{2n} rendszerből a K_0 rendszerbe:

$$\begin{aligned} for_{g_{d527}} &= 6.25997 * 10^{-4} & for_{g_{d528}} &= -1.98615 * 10^{-2} & for_{g_{d529}} &= 1.60947 * 10^{-2} \\ nagy_{d527} &= 0.470159 & nagy_{d528} &= 0.4693322 & nagy_{d529} &= 0.469576 \end{aligned}$$

2. és 3. mérés: T460-T461-T462-T463-T464 detektorok eredménye:

Az egyszerűbb illesztés érdekében a polárkoordinátákból áttértem Descartes koordinátákra. A transzformáció az alábbi alakra egyszerűsödik:

$$x' = a * x + b * y + c$$

$$y' = d * x + e * y + f$$

A dolgozatomban már említettem, hogy a két új mérés során két különböző fényképet is használtam. Egyszer egy a szorítással együtt, egy meg a szorítás nélkül. Mindkettőre három futtatás eredményét mentettem el. Ezeket az adatokat átlagolva az alábbi paramétereket kapom.

	2. DA3CS1		3. D10OM6CS1		
	T460	T461	T462	T463	T464
a	-0,92101706	-0,91966801	-0,91206736	-0,98909376	-1,01003285
b	0,077406055	0,031446981	0,020307347	0,150795166	-0,01126462
c	3579,034767	5432,143009	7196,122246	4173,835724	6414,089084
d	0,077406055	0,031446981	0,020307347	0,150795166	-0,01126462
e	0,921017064	0,919668014	0,912067366	0,98909376	1,010032851
f	2025,77995	1962,196237	1978,484538	-65,0405082	312,4004758

Átlagos sugarak méreteloszlása²

A bomló részecskék által kibocsájtott alfa részecskék, amikor becsapódnak a detektorba, köszönhetően a detektor különleges anyagának egzakt méretű csatornát üt az anyagba.

Ahogy azt már korábban kifejtettem, ez a csatorna maratása után lesz látható. Miután a maratás szabvány folyamat alapján működik a bomlás energiájára jellemző adat a pontok

² A használt adatok nagyrészt az DA3CS1 mintán elvégzett 1. kísérlet adatait használom a dolgozatban, mivel több helyen nagyon hosszadalmas lenne minden ábrát ismertetni és több között nincs is olyan nagy különbség, viszont a későbbi méréssel való jelentős különbségekre felhívom a figyelmet.

sugara. Eltérően a szennyeződés okozta foltoktól, a beütésekből származó sugaraknak nagyjából meg kell egyezniük.

A nyom elemző az egyes detektorokra az alábbi számú beütést detektált. A fényesség határt f -el és a szűrési paramétert p -vel jelöltem:

$N_{D527}=657$ $f=222$, $p=0.23$

$N_{T461}=336$ $f=217$, $p=0.32$

$N_{D528}=752$ $f=222$, $p=0.23$

$N_{T462}=875$ $f=220$, $p=0.27$

$N_{D529}=360$ $f=222$, $p=0.23$

$N_{T463}=894$ $f=220$, $p=0.27$

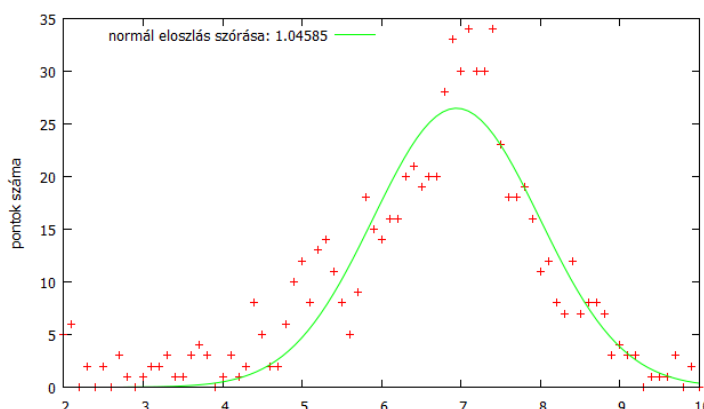
$N_{T460}=322$ $f=220$, $p=0.3$

$N_{T464}=1217$ $f=217$, $p=0.45$

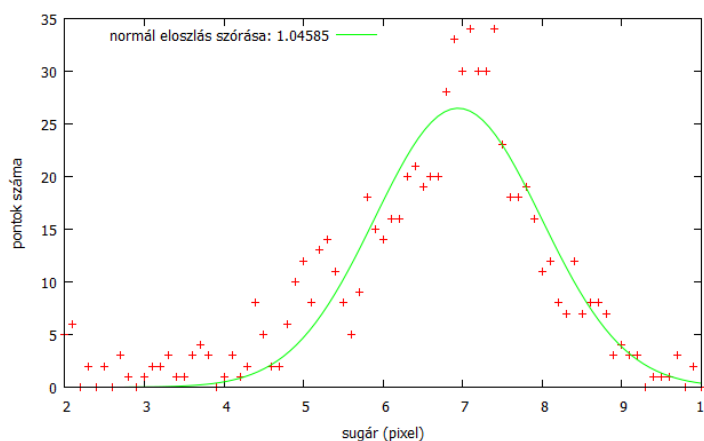
$N_{T465}=135$ $f=220$, $p=0.23$

Ha készítek egy sugáreloszlás ábrát, akkor a ráillesztett Gauss görbe szélessége jellemzi a körök kiszűrése alapján működő, beütések lokalizálására használt eljárás működőképességét, hibáját. A programban tizedpixel pontossággal tartományokra bontottam a 2-10 pixel tartományt és megszámláltam, hány beütés tartozik abba a bizonyos sugártartományba.

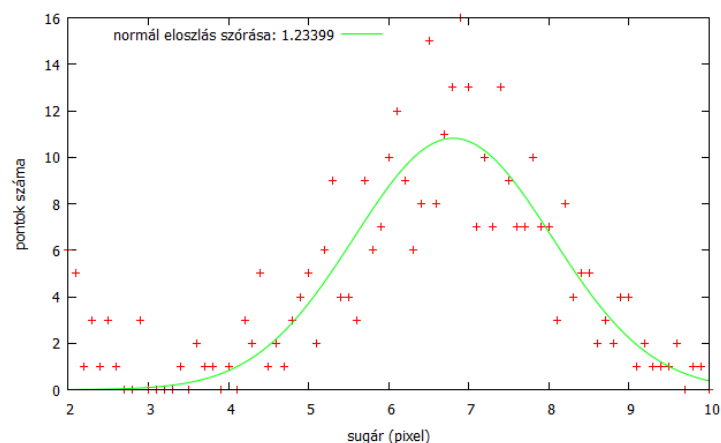
Az ábrákon jól látható, hogy hol van az eloszlás maximuma, vagyis mekkora sugár tartozik az alfa beütések nyomaihoz. A szórás is fel van tüntetve, amiből meg lehet határozni mennyire volt pontos az illesztés, ugyanis az nagyon nagy mértékben eltérő sugarak valószínűleg a detektorokon lévő, nem alfa beütésből származó foltok.



11. ábra: D527-en a sugár eloszlása



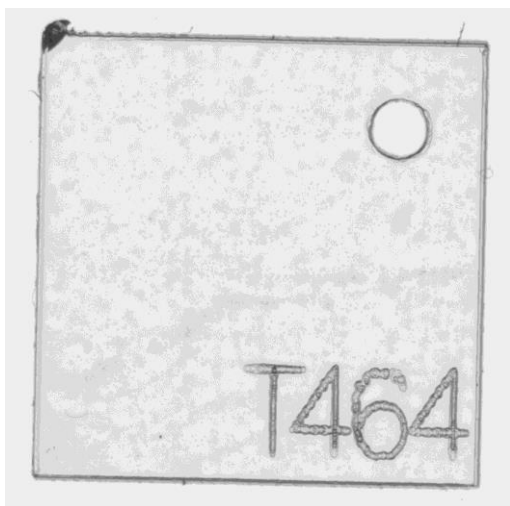
13. ábra: D528-en a sugár eloszlása



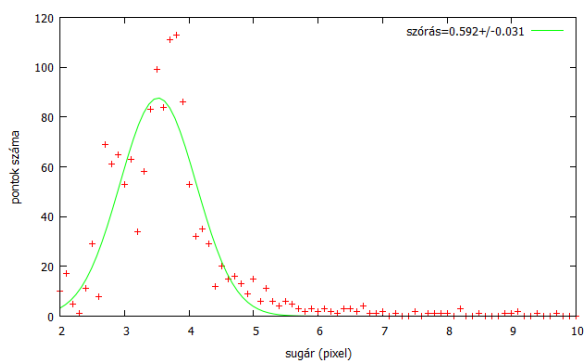
12. ábra: D529-on a sugár eloszlása

Az ábrákon szépen látszik, hogy annál nagyobb arányban ad tényleges beütéseket minél több a folt. Ez megfigyelhető a D529-hez tartozó eloszláson, hisz nem csak a maximuma kisebb, hanem sokkal nagyobb mértékben terül szét a Gauss görbe mint a többi detektornál. Ebből arra lehet következtetni, hogy körülbelül hasonló mennyiségű a szennyeződés az egyes detektorokon, de a D529-n kevesebb a konkrét beütés, tehát a Gauss görbe szélessége fordítottan függ a beütés/hibásan kiszűrt adat mennyiségétől.

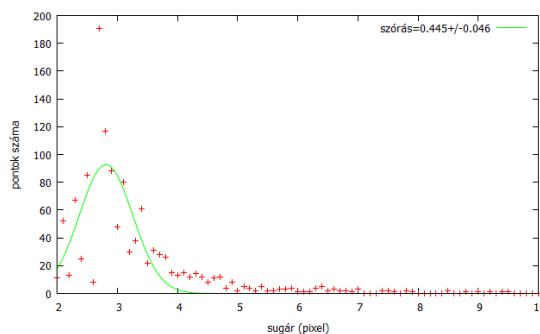
Az új detektorok újabb kihívást jelentettek, ugyanis meglepően sok beütést eredményeztek. Emellett a detektoron kevésbé karakterisztikusak a körök és a nagy számuk miatt egy nagy foltot alkottak. Mint, ahogy a 14. ábrán is látszik, hogy már szabad szemmel is látható a nagy aktivitású terület, mivel egy nagy foltként jelentkezik, de a szűrő ezt az egybeolvadt foltösszességet nem tudja kezelni. Ezt úgy oldottam meg, hogy a szűrési paramétereket igen nagy skálán változtattam és sikerült a nagy aktivitású területekről is megfelelően sok beütést beolvasni, de így nagyobb eséllyel olvashatott be nem megfelelő foltokat, és mint 16. ábrán látható, hogy a 15. ábrához képest sokkal kisebbek a beütésnek ítélt foltok átlagos sugara.



14. ábra: T464 detektor



15. ábra: általános paraméterezés (fény.hat.=220, par.=0,3)



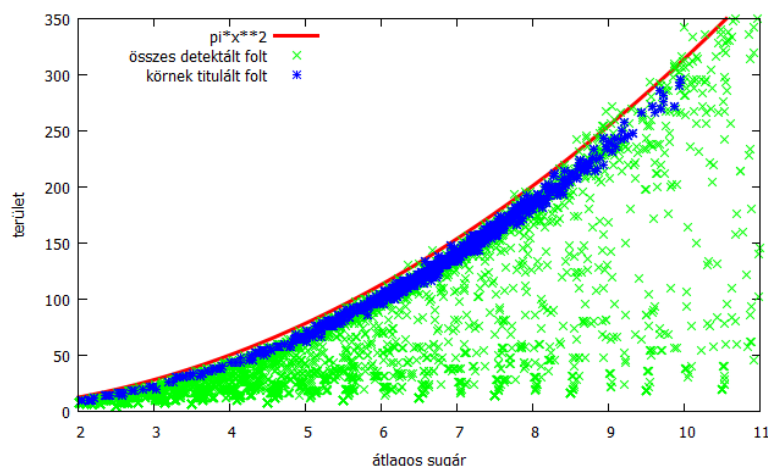
16. ábra: optimalizált paraméterezés(fény.hat.=217, par.=0,45)

Mivel elsősorban a beütések eloszlása a fő cél, a paraméterek megadásakor azt veszem figyelembe leginkább. (a paraméterekben a nagy különbség inkább csak a T464-es detektornál jelenik meg, hisz ott található egy pontokból álló vonal)

A detektorokból a D sorozat és a T sorozat külön-külön volt feldolgozva, ebből is adódhat különbség.

Kör alakú pontok szűrésének a leellenőrzése

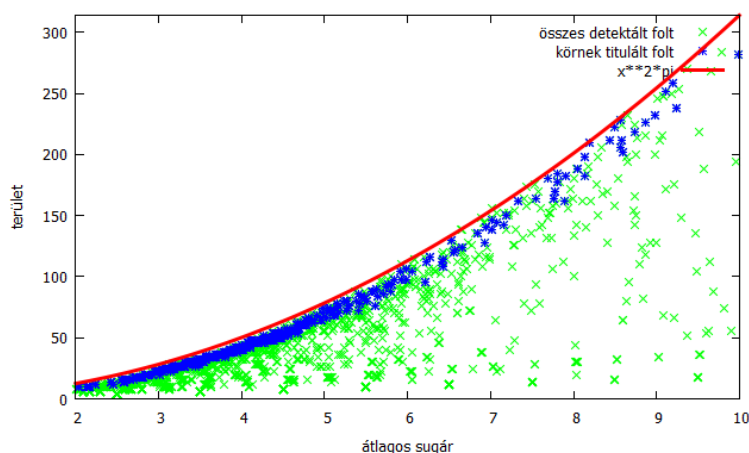
Ha megvizsgáljuk azt a képet, amin a kiszűrt nyomokra a nyomdetektoros képen rá van illesztve egy kör, aminek a sugara a számolt átlagos sugár, akkor nehéz megmondani, hogy a szűrés ténylegesen kör alakú pontokat adott-e és a beadott paraméterek mennyire közelítik a kört. Hogy egy ezt szemléltető ábrát készítek beleírtam a szűrő programba, hogy adja vissza minden foltnak a területét, úgy hogy egyszerűen csak számolja a pixeleket, amin végigmegy a program. Ez után készítek egy fájlt, amely tartalmazza az összes folt átlagos sugarát és a hozzá tartozó területet. A beütések táblázatába is beírom azok területét. Ha ábrázolok egy $\pi \cdot r^2$ függvény és az összes foltnak a területét a sugár függvényében, azt fogom kapni, hogy a görbe alatti terület homogénen tele lesz pontokkal, mivel adott átlagos sugárhoz tartozó legnagyobb terület a kör (kivéve pár pontot, amik picit meghaladják valószínűleg az átlagolás miatt). Ezek után még ugyanezen az ábrán ábrázolom a beütések területét a nyomok függvényében és akkor a 17. ábrát kapom.



17. ábra: az átlagos sugarak a terület függvényében a D sorozatú detektorokon

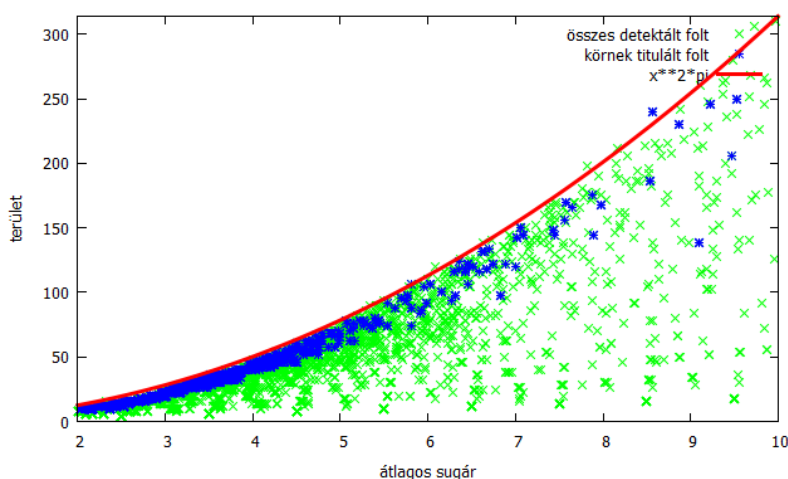
A képen jól látszik, hogy a beütések pontjai közelítik a kör területéhez tartozó függvényt ellentétben az összes folt pontjaival.

A DA3CS1 kódú minta a T sorozatú detektorokkal is volt tesztelve. a T460 és a T461 kódú detektor volt az utóbbi mérésből és későbbi SEM képekkel fontosnak ítélt nagy területre.



18. ábra: A DA3CS1 minta a T640 és a T461 detektorokkal

Az előző fejezetben említettem, hogy a T detektorsorozatra szélsőségesebb paramétereket kellett alkalmaznom, hogy a legfontosabb részeket, ahol egybe foltot alkotnak a beütések, azokat is be tudjam olvasni, sőt azokat kiemelve. A szűrési paraméter megnövelésének ellenére még mindig a kör területének megfelelő függvényt követik a kiszűrt pontok.

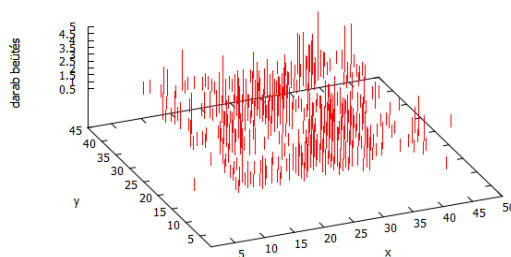


19. ábra: A D10OM6CS1 mintára rakott detektorokon lévő foltok

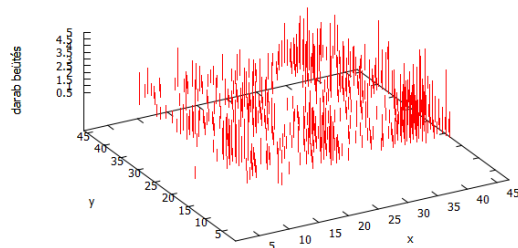
Beütések homogenitás vizsgálata

Jó hitelesítő eljárás és szemléletes adat is lehet, ha csinálunk egy nyomsűrűség hisztogramot. A szakirodalomban is található rá példa, hogy radioaktív test nyomdetektoros vizsgálatánál összehasonlításra került a beütéseloszlás a valódi mérés és a háttér között kábel négyzet próbával.[5]

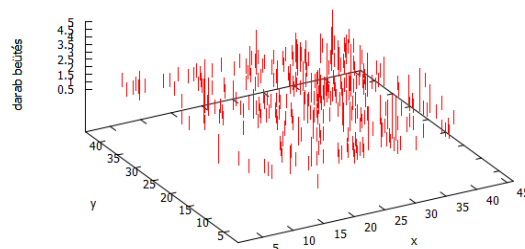
Az adathalmazát ugyanúgy, mint a sugár eloszlásnak, ezt is a program egy részével nyertem ki. A képet felosztom kisebb tartományokra és ezen belül megszámlolom a beütéseket. Az elemi tartomány oldalhosszát programfutás közben kell megadni. Így az alábbi hisztogramokat kapom:



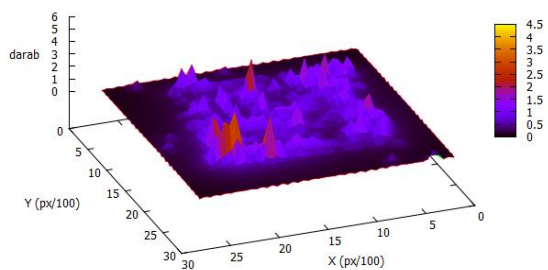
20. ábra: D527 beütés eloszlása



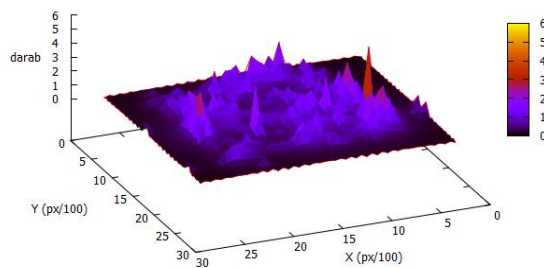
21. ábra: D528 beütés eloszlása



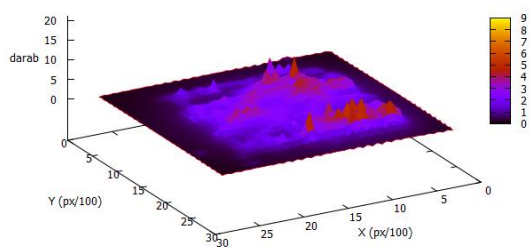
22. ábra: D529 beütés eloszlása



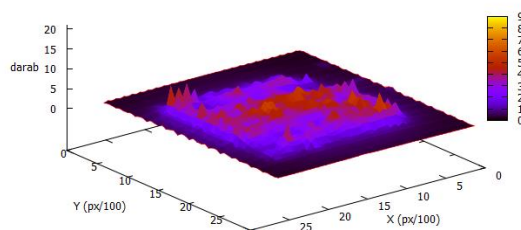
23. ábra: T460 beütéseinek eloszlása



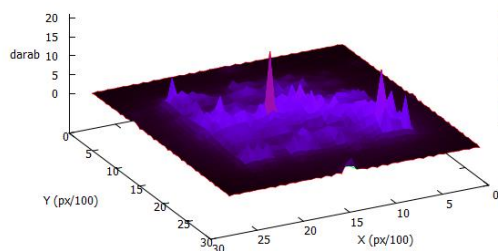
24. ábra: T461 beütéseinek eloszlása



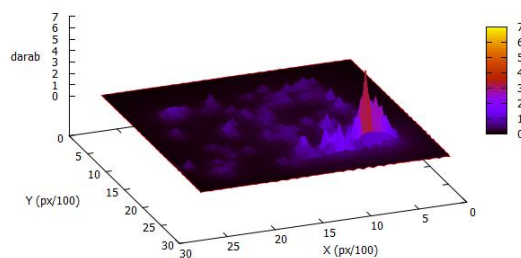
25. ábra: T462 beütéseinek eloszlása



26. ábra: T463 beütéseinek eloszlása



27. ábra: T464 beütéseinek eloszlása



28. ábra: Háttér beütéseinek eloszlása

Ezeknél az ábráknál az együtttható, amely megmondja hányad részére csökkentettem a felbontást, 100-al egyenlő. Mivel ezeknek a hisztogramoknak a felosztása változtatható, ezért ezzel a módszerrel már kreálható olyan aktivitástérkép, amit a rendszer eredményeként vártunk el. Jó példa erre a T464-en az éles csúcs, ahol megnövekedett aktivitás lett detektálva.

A képeken jól látszik a nyomok inhomogenitása. A 28. ábrán a sima üveglapra ráerősített detektor nyomeloszlását láthatjuk, amely nagyon alacsony és közel homogén, kivéve egy sarkot, amely sok szennyeződés található és ezek között több kör alakú pont is, ami lehet konkrét beütés, de valószínűleg legtöbb csak szennyeződés.

Mivel az ábrák úgy készültek, hogy a határok pont a kép határainak felel meg, ezért meg lehet figyelni, hogy mekkora különbség van a háttér nyomsűrűsége és a detektorfelület nyomsűrűsége között. Ez azért fontos, mert a digitalizáláskor lehetnek szennyeződések a háttérben, amit szintén el kell vetni szűréskor.

Hogy ne csak vizuális elemzése legyen a nyomsűrűség hisztogramnak, a program kiszámolja az eloszlás χ^2 -t, amelyből meg lehet adni, hogy véletlenszerű nyomoknál mennyi az esélye, hogy ennél jobban klaszterezett eloszlást kapjunk. Még felhasználom, hogy hány beütés van az egyes detektorokon a szabadsági fokhoz. Az egyes detektorokhoz tartozó χ^2 és az abból kapott valószínűség a homogenitásra (n a szabadsági fokok száma):

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{x/kk3} \sum_{j=1}^{y/kk3} \frac{\left(\text{hiszt}(i,j) - \frac{z_k}{x * y / (kk3)^2} \right)^2}{\frac{z_k}{x * y / (kk3)^2}}$$

	D527	D528	D529	T460	T461	T462	T463	T464	T465
χ^2	815	858	355	1485	1287	2280	2767	4400	1761
n	100	76	71	729	729	702	702	840	812

[7]

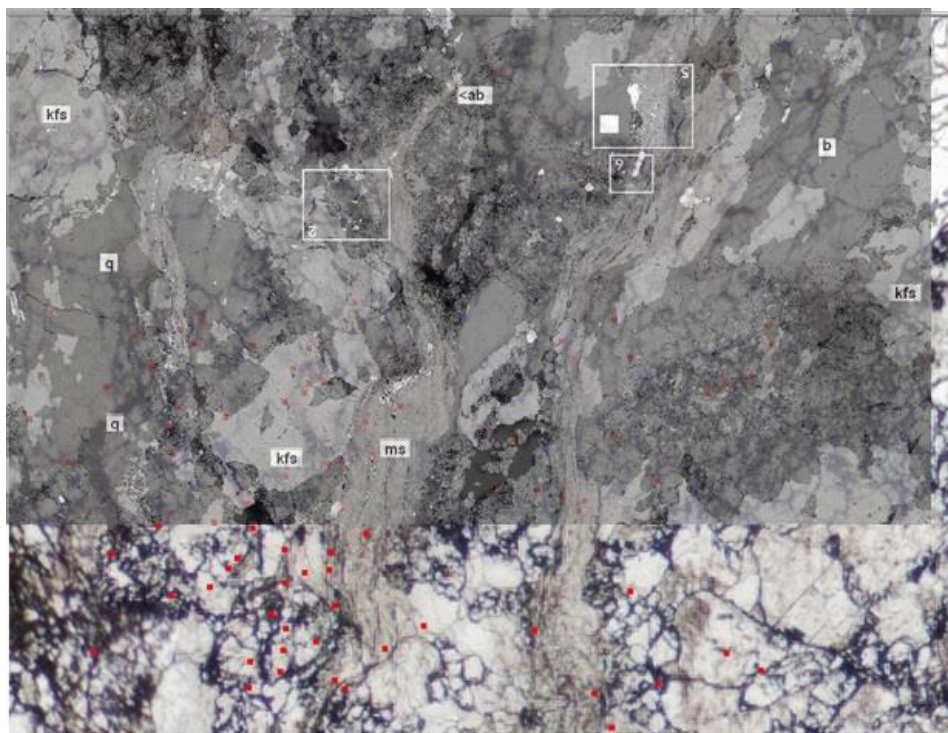
A D529 a csiszolat szélén volt, ahol már alig voltak ásványok és nyomok nagy része vagy a maradék közetcsiszolatból, a háttérből van, vagy csak szennyeződés és a szűrés hibájának tekinthető és ez a χ^2 értékén is meglátszik. Ezt mutatja a T465 detektor értékének a szabadsági fokokkal vett aránya is, hisz kitűnik az alacsony értékével a többi T sorozatbeli detektor közül.

A legtöbb beütést és a jellegzetes csíkot tartalmazó detektornak lett a legnagyobb értéke a T sorozatból, tehát mondhatni, hogy a próba azt adta eredményül, amire a detektorok beütéseloszlása alapján elvártunk. Azt, hogy a D528 ennyivel magasabb talán azzal magyarázható, hogy ott sokkal több beütés volt és a csiszolat közepén azonosan nagy az aktivitás. Tehát a homogenitásnak a valószínűsége nagyon jól összefügg a detektorok elhelyezkedéséből várható eredményekkel.

A SEM képpel való összevetés

Ellenőrzés képen érdemes megvizsgálni, hogy a megtalált nagy aktivitású területeke tényleg uránban gazdagok. Ezt a munkám során használt csiszolatról készített SEM képek összevetésével lehet megtudni. A SEM képek alapján az azon a helyen a csiszolatot alkotó ásványt is meg lehet határozni.

A mintámról egy SEM kép készült egy körülbelül 4*4 mm-es területről. A terület úgy lett kiválasztva, hogy biztosra sok uránt lehessen találni az ott lévő ásványokban. A program képernyője és az elektronmikroszkópos kép összevetése a 29. ábrán látható, ahol a SEM képet elhalványítva illesztettem rá a csiszolatra a megfelelő pozícióban.



29. ábra: A SEM és a DA3CS1-ről készült mikroszkópos kép a beütésekkel

A beütések csak azért a feléig vannak, mert ez pont a detektor helyének a széle, mivel a SEM korábban készült. Az viszont tisztán látszik, hogy akármekkora kis részről van szó és nincs is olyan sok beütés összesen, mégis sok nyom van a területen, amelynek a SEM képén is látható a sok világos foltú, tehát nagy tömegszámú részek. Az elektron mikroszkópos kép készítése előtt már mikroszkópos felvételek alapján feltételezték, hogy a terület nagy aktivitású lesz, a megjelenő pleokroós udvarral rendelkező szemcsék miatt, a programom meg így ugyanarra az eredményre jutott.

Azt, hogy az összeshez képest sok beütés van ezen a területen, úgy is tudom bizonyítani, hogy a programmal megszámlolom, hogy hány beütés tartozik erre a területre. A kapott érték 76 nyom a 202 800 pixel² területre.

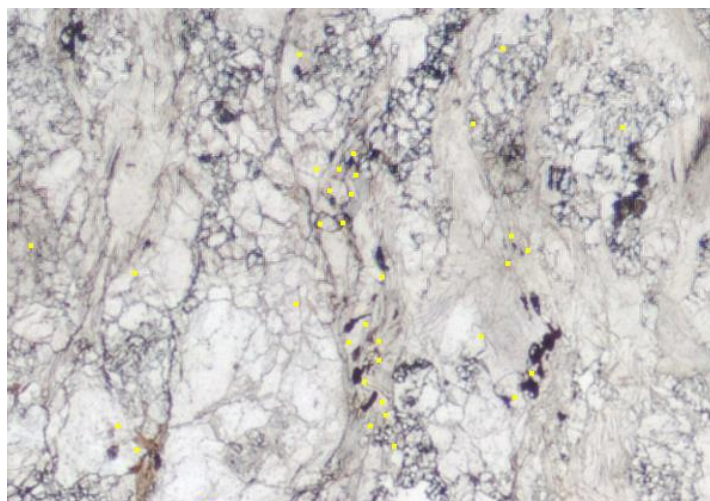
A D528-as detektor fényképén a detektor nagyságából és az új transzformációs paraméterekből megkaphatók egy detektor területét a nagy felbontású képen. Miután az eredmény csak szemléltetés, ezért vehetem azt a közelítést, hogy az egyes detektorok ugyanakkorák.

$$\frac{N_{D528}}{a^2 * nagy_2^2} = 1769 / (3611.26^2 * 0.46958^2 * 3) = 0.000205$$

$$\frac{76}{202800} = 0.000374$$

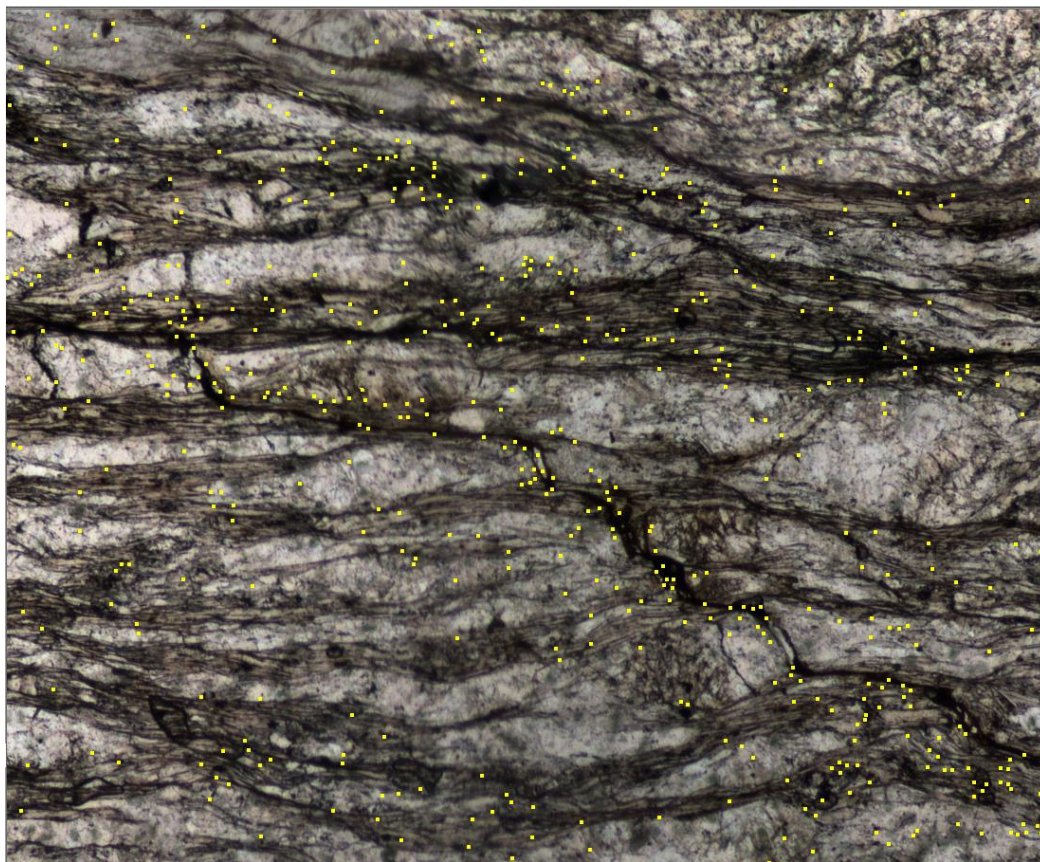
Látszik, hogy nagyobb a SEM helyén az aktivitás a program eredményei alapján.

Habár a DA3CS1-re nézve a T sorozat nem hozott túl sok detektált és kiszűrt beütést, de azért találhatók érdekes területek. (30. ábra) Sajnos a két detektoron a látható foltok is kicsik és meglepően kevés van belőle, habár a vizsgált terület nem teljesen azonos.



30. ábra: Foltklaszter a DA3CS1 mintán

A D10OM6CS1 kódú minta tökéletes aktivitástérképek készítésére, mivel nagy az aktivitása és ez rétegzetten jelenik meg. A legszebb eredmény már a 14. ábrán látható a szabad szemmel is látható, pontokból álló csík formájában. Kérdés, hogy ha ráillesztjük a csiszolatra, akkor vajon megállapítható lesz-e egyértelműen a forrása, vagy mintázatot nem követve jelenik meg a polarizációs mikroszkópos képen. Az eredmény a 31. ábrán látható.



31. ábra: D10OM6CS1 mintának egy része

A képen látható csiszolat részleten látható egy sötét színű erőteljes törésvonal. Ezt a vonalat nagy mennyiségű beütés követi. A pontok ráillesztésénél írtam egy alprogramot, ami behozza a T464 detektor képét és azon megadva 10 pontot megadja, hogy a transzformáció során hova kerülnek a csiszolaton. Ez alapján a törésvonalat követő beütéssor pont a T464-es detektoron megfigyelt erőteljes vonal. Mivel 3 detektort is felhasználtunk (3 cm^2) ezért valószínűleg ez a törésvonal a legaktívabb területe a csiszolatnak. Ezen kívül az egész csiszolaton megfigyelhető, hogy a pontklaszterek az egyes sötétebb foltosávokat követik.

6. A módszer bizonytalansága

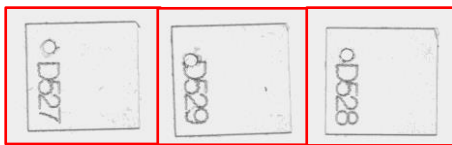
A módszer hitelesítéséhez meg kell adni a bizonytalanságát. Ez azért is fontos, mert a végső kiértékelésnél fontos tudni, hogy az egyes pontok mekkora területen szórhatnak. A módszer bizonytalansága 3 tényezőből adódhat:

1. A képek közötti felbontás különbség
2. A bekattintások bizonytalansága
3. A szögben beeső alfa részecskék

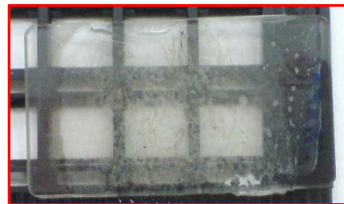
A képek közötti felbontás különbségből adódó hibamérés:

Mivel a fénykép sokkal kisebb felbontású, mint a többi kép, ezért a bizonytalanság jelentős része a fényképből a mikroszkópos képbe való transzformációból ered. Ezért a hibát ebből a kettőből számolom.

Az 1. mérés hibája:



2.78 $\mu\text{m}/\text{px}$



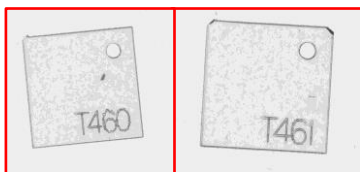
40.60 $\mu\text{m}/\text{px}$



5.89 $\mu\text{m}/\text{px}$

$$\Delta r_1 = 6.89 \frac{\mu\text{m}}{\text{px}}$$

A 2. mérés hibája:

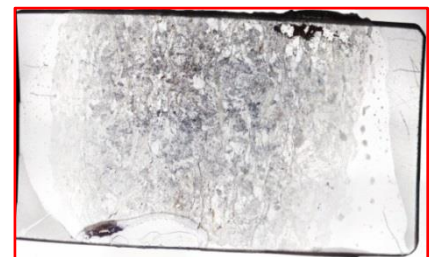


5.54 $\mu\text{m}/\text{px}$



14.61 $\mu\text{m}/\text{px}$

27.04 $\mu\text{m}/\text{px}$

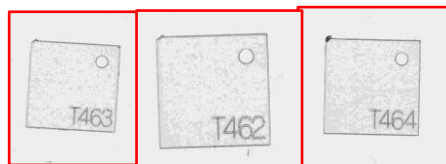


5.89 $\mu\text{m}/\text{px}$

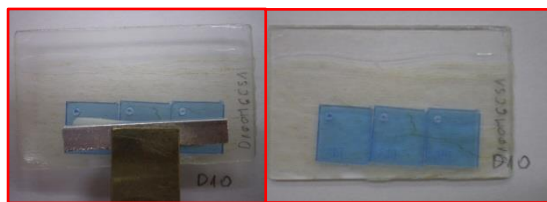
$$\Delta r_{2\text{szorított}} = 2.48 \frac{\mu\text{m}}{\text{px}}$$

$$\Delta r_{2\text{szabad}} = 4.59 \frac{\mu\text{m}}{\text{px}}$$

A 3. mérés hibája:

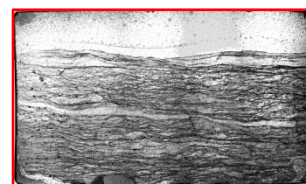


5.45 $\mu\text{m}/\text{px}$



15.77 $\mu\text{m}/\text{px}$

23.86 $\mu\text{m}/\text{px}$



5.61 $\mu\text{m}/\text{px}$

$$\Delta r_{\text{3szoritott}} = 2.81 \frac{\mu\text{m}}{\text{px}} \quad \Delta r_{\text{3szabad}} = 4.25 \frac{\mu\text{m}}{\text{px}}$$

Pontok megadásából adódó hiba

A bizonytalanságnak ezen részét úgy tudom megbecsülni, hogy különböző akár szélsőséges pontokat (pl. a detektor széle vastag és a belső vagy külső oldalra kattintok) választok többszöri lefuttatásra és meghatározom a transzformációs paraméterek hibáját. Ez hiba felfogható egy teljes körű bizonytalanságként is. Emlékeztetőül a transzformáció:

$$x' = a * x + b * y + c$$

$$y' = d * x + e * y + f$$

Elméletben is könnyen belátható és az kapott paraméterek táblázatában is látszik, hogy $a=-e$ és $b=d$. (Elméletben bele kell venni egy tükrözést is a forgatás mellett.) Emiatt a $\Delta a = \Delta e$ és $\Delta b = \Delta d$

HIBA	Szabad				Lefogott			
	Δa	Δb	Δc	Δf	Δa	Δb	Δc	Δf
T460	0,0166	0,0139	48,4	64,1	0,0092	0,0017	11,9	15,2
T461	0,0147	0,0052	16,4	66,4	0,0127	0,0009	18,0	21,7
T462	0,0126	0,0080	22,0	10,4	0,0095	0,0060	16,3	10,9
T463	0,0095	0,0038	9,85	16,8	0,0086	0,0052	12,9	17,5
T464	0,0059	0,0678	54,2	19,1	0,0040	0,0135	10,2	1,56

A legtöbb esetben megfigyelhető, hogy a lefotott kép 4 MPx-el nagyobb felbontással készült, de mivel ez nem látszik mindegyik adaton, azt bizonyítja, hogy ennél bonyolultabb ez a fajta hibaforrás és sok tényező közrejátszik, köztük az emberi tényező is.

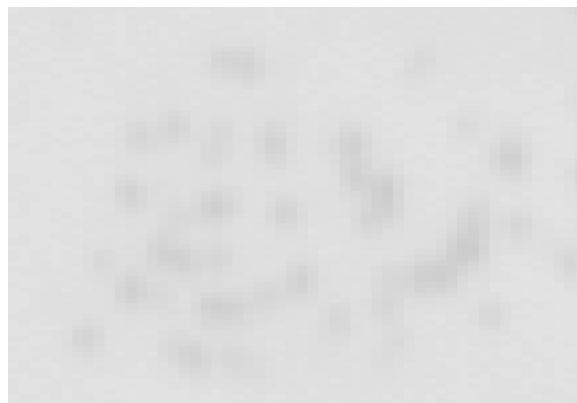
Az α részecske kiindulási szögbizonytalansága

Az eddigiek során két fontos feltételezést tettem, amelyek csak bizonyos határokon belül helyesek. Az egyik, hogy ha egy detektált pontot ráillesztek tökéletesen a csiszolatra, akkor pontosan ott van a forrása, a másik meg a szűrésnél feltételezett kör alakú beütések. Ha szögben érkezik a részecske, akkor nem csak, hogy a beütés ellipszis alakú lesz, de nem is pont a forrása felett lesz.

A szakirodalomban is találni példákat egy pontból kiinduló klaszterekre, amelyek minél távolabb vannak, annál inkább elnyúltak (32. ábra). Az általam használt detektorokon nincs sok klaszter, mivel nem túl nagy aktivitású testekkel lettek besugározva, és azoknál se figyelhető meg ellipszis alak a pont mérete és a felbontás közötti arány miatt, mivel ezeket, ha pixelekként nézzük, akkor körrel közelíthetők.(33. ábra)

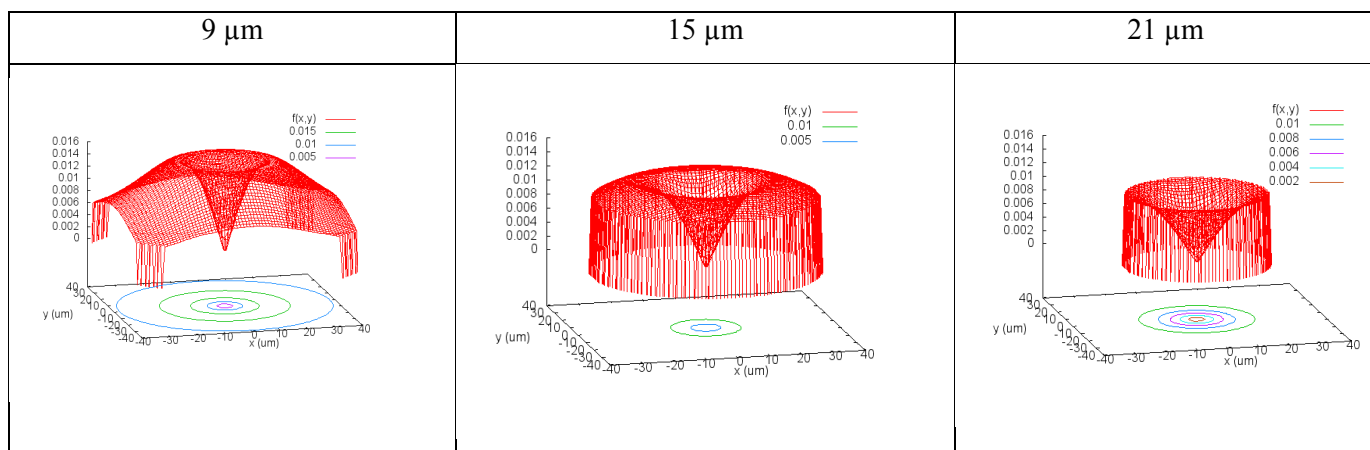


32. ábra: Sugaras szerkezetű klaszter



33. ábra: Sűrűbb klaszter a T464-en

Ha veszünk egy részecskék, ahonnan a térszögre nézve egyenletes valószínűséggel lép ki egy α részecske. A bomló részecske valamilyen mélységben van egy bizonyos anyagban (egyszerűség kedvéért SiO_2 kristályban), ahol egy bizonyos táv után elnyelődik. Ha kijut az anyagból, vákuumban halad tovább egészen a detektorig, ami egy síklap párhuzamosan az anyag határfelületével és h távolságra vannak. A bomlási sorokból a legnagyobb energiájú α részecskék nézve, táblázatokból meghatároztuk, hogy $26\text{ }\mu\text{m}$ -t tud haladni. A csiszolat és a detektor távolságát $10\text{ }\mu\text{m}$ -re becsültük. Ezek alapján ábrázolva a valószínűségi eloszlást a mélység függvényében az alábbi ábrákat kapom:



Értelemszerűen a levágás a mélység növekedésével egyre bentebb jön, míg el nem éri a $26\text{ }\mu\text{m}$ -t és teljesen eltűnik az eloszlás. Érdekes még, hogy középen minimuma van. Ez azért van, mert térszögre egyenletes a valószínűség. Emiatt a függvénynek van egy maximuma és ha ezt megvizsgálom látszik, hogy ez sose haladja meg sokkal a $20\text{ }\mu\text{m}$ -t, ami a csiszolat polarizációs mikroszkópos képén kevesebb mint 4 Px , tehát teljesen elhanyagolható a szögben érkezés miatti eltávolodásból adódó hiba a módszer többi hibaforrása mellett.

7. Diszkusszió

Ahogy a mindennapi életben, a tudományos életben is törekedni kell a gyorsaságra, hatékonyságra és a gazdaságosságra. Ezekkel mind rendelkezik a nyomdetektoros módszer. TDK-m célja az volt, hogy megbizonyosodjak róla, hogy ez tényleg működik és találjak egy módot az adatok azonnali feldolgozására. A paraméterek illesztése elég pontos volt, hogy a beütések logikus mintázatokat kövessenek. A bináris képfeldolgozás rendkívül gyors lefutású lett és a tesztek alapján a beütések szűrése se adott rossz adatsort. A homogenitás vizsgálat visszaadta azt az eredményt, amit lehetett várni, hogy a D529-en túl nagy volt a hiba és a háttér a beütésszámhoz képest. A T465 kódú, üveglapra helyezett detektor közel se mutatott akkora aktivitást és inhomogenitást. A végén sikerült egy SEM képet megfeleltetni az eredményeimmel és be lehet látni, hogy a kapott nagy nyomsűrűségű tartományt megfeleltetve a tényleges csiszolatnak elektronmikroszkópos képének, egy tényleg komolyabb aktivitású helyet találhatunk. Az aktivitástérképnek a megfelelő mintázatkövetése a D100M6CS1 mintán tűnt ki leginkább. Talán a legjobb eredményt a beütés hisztogramok és a homogenitás vizsgálat mutatta. A hisztogramok egyértelműen felfedték a nagy aktivitású területeket és a homogenitás vizsgálat számszerűen megmutatta a különbséget a háttér és az értékes felületre rakott detektorok között.

Sajnos a rendszer még nem elég kifejlett, hogy esetleg aktivitást is lehessen számolni a beütésszám és a háttér pontos ismeretében. Ehhez a későbbiekben ki kell fejleszteni egy olyan szűrőprogramot, ami az összeérő foltokat is közel 100%-os pontossággal fel tudja ismerni. Ha egy kutatás során nagyvonalakban akarják meghatározni (esetleg nagyobb mérés előkészítéséhez) az aktivitástérképét egy csiszolatnak, véleményem szerint a nyomdetektor egy megfelelő eszköz a feladat elvégzésére.

8. Köszönetnyilvánítás

Mindenekelőtt megköszönném témavezetőmnek, Horváth Ákosnak, hogy ilyen hosszú időn át egyengette az utamat és megmutatta miben rejlik egy TDK.

Köszönöm Freiler Ágnesnek a csiszolat és a SEM képek elkészítését.

9. Hivatkozások

[1]: Freiler Ágnes: A soproni Csalóka-forrás magas radontartalma eredetének vizsgálata, 2008 TDK dolgozat

[2]: Aros Gabriella: A természetes radioaktivitás vizsgálata a Soproni-hegységben, 2003 Szakdolgozat

[3]: Hámosi Krisztián: Nukleáris mérés technika radioaktív gázok vizsgálatára, 2006 Doktori (PhD) értekezés

[4]: Guillaume Devès , Anne-Sophie Perroux , Thomas Bacquart , Cyril Plaisir , Jérôme Rose Stéphane Jaillet , Bassam Ghaleb , Richard Ortega , Richard Maire: Chemical element imaging for speleothem geochemistry: Application to uranium-bearing corallite with aragonite diagenesis to opal

[5] és a 32. ábra: K. Freyer, K. Dietze, S. Weisse, G. Kummer: Autoradiographic measurement of low concentrations of alpha-active nuclides using CR-39 track detectors

[6]: <http://hu.wikipedia.org/wiki/BMP>

[7]: <http://www.danielsoper.com/statcalc3/calc.aspx?id=11>

1. ábra: <http://atomfizika.elte.hu/akos/orak/kmod/ml/tau.htm>

3. ábra: http://dragon.unideb.hu/~kolloid/kolloid/orak/kemmsc/318_gyakorlat.pdf

1. függelék

A Tudományos Diákköri munkámat közetcsiszolatok aktivitástérképének nyomdetektoros vizsgálásából írtam. Témavezetőm, Horváth Ákos érdeklődését keltette fel a nyomdetektorok alkalmazása és ezért ajánlotta fel témaként ennek az ilyen célra való használatának a megvizsgálását.

A közetcsiszolatnak radiológiai vizsgálatára sokféle módszer létezik (SEM, PIXE stb). Ezen módszerekre általában jellemző, hogy kis területet lehet vizsgálni, nagy költségekkel. A nyomdetektoros vizsgálattal az a célunk, hogy létrehozzunk egy olyan metódust, amely kis költségekkel, sokkal kiterjedtebb konklúziókat lehet levonni ezen igen erőteljes környezetfizikai tényezőkről. A téma, amit kaptam témavezetőmtől, hogy mi lenne, ha nyomdetektorokat raknánk egy csiszolatra és erre egy programozott feldolgozó eljárást készítenénk, tehát az alapötlettel már várt engem.

A minták, amikkel dolgoztam a Soproni hegységből származnak. A minták begyűjtését, vágását, csiszolását Freiler Ágnes, az ELTE Atomfizika tanszékének doktorandusza végezte. Én az általa készített csiszolatokkal dolgoztam. A későbbiekben ő végezte a csiszolatok polarizációs mikroszkópos képének készítését és SEM vizsgálatát is. A nyomdetektoros mérés összeállítását és később a szétszedését Horváth Ákos közreműködésével végeztem el. A detektorok ezután a Pannon Egyetem Radiokémiai és Radioökológiai Intézetébe lettek küldve, ahol Kovács Tibor és Csordás Anita végezték el a detektorok maratását és bedigitalizálását.

A feldolgozási folyamatban az én munkám a már birtokomban lévő képekből az adatok kinyerése és elemzése. Ehhez a Visual Basic nyelvben írtam meg egy feldolgozó szoftvert. Az alapprogram feladata a transzformációs paraméterek kiszámítása után és a képek bináris feldolgozása után kiszűri a foltok közül a beütéseket és ráilleszti azokat a csiszolat polarizációs mikroszkópos képére. A fő program mellett olyan adattömböket ír ki fájlba közben, amikkel hasznos információkat lehet megtudni az eljárásról. A beütések sugarának eloszlása és a folt területének ábrázolása az átlagos sugár függvényében a szűrést kíván hitelesíteni. Ezen felül a konkrét aktivitás eloszlás vizsgálására is készítettem ábrákat, melyeknek homogenitását is megvizsgáltam, amihez ötletet régi publikációból is nyertem. A fő program egy mellékprogramjaként működik egy illesztőprogram, ami a sok lefuttatás után mindegyikre képes azonnal ráilleszteni a kiszűrt pontokat a polarizációs mikroszkópos képre az adott paraméterekkel. A programot teljes mértékben én írtam és a kapott adattömböket én ábrázoltam, miután témavezetőmmel beszéltük át a kapott eredményeket. A vizsgálandó dolgokhoz tippeket kaptam.

A hibaszámításnál a felbontásokból adódó és a transzformációs paraméterekből kapott hibát kiszámoltam. A valószínűségi eloszlást a detektorlapra nézve megadtam és ábrázoltam és annak maximumából megbecsültem a bizonytalanságát.

A TDK-m alapvető célja egyéni és témavezetőm segítségével egyedül készült. Más emberek munkája a csiszolat készítésében és az egyes képalkotásokban van, amikkel dolgozhattam.