

Vývoj softvéru pre analýzu stop v detektoroch pevnej fázy

Štefan Čerba , Vendula Filová, Matúš
Kornhauser, Jakub Lüley, Branislav Vrban,
Vladimír Nečas

stefan.cerba@stuba.sk



Obsah prezentácie

Motivácia

Charakterizácia detektorov CR39

Komerčný systém TASLImage

Vývoj softvéru ImageAnalyzer

Priebežné výsledky

Motivácia

- ÚJFI FEI STU od 2019 využíva detektory stôp v pevnej fáze
 - Plastové detektory typu CR-39
 - Pasívne, dlhodobo zachovávajú informáciu
 - Poskytujú informáciu o častici
 - Pomerne lacné a jednoduché
 - Jednoduchá meracia aparatúra
 - Malá leptacia vaňa
 - Jednoduchý mikroskop
 - Jednoduchý program na analýzu (DP, Ing. Uhlárik)
 - Obmedzenia
 - Limitácia na počet vzoriek
 - Náročné skenovanie
 - Program vyžadujúci ďalší vývoj

Motivácia

- ÚJFI FEI STU od 2019 využíva detektory stôp v pevnej fáze
 - Jednoduchá vyhodnocovacia aparatúra



a; Leptacia vaňa



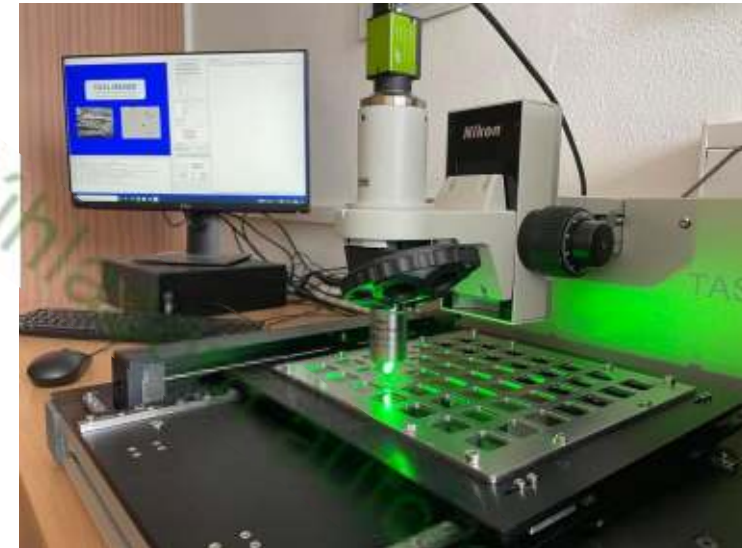
b; Sušička



c; Mikroskop

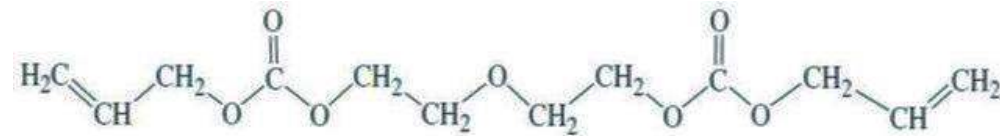
Motivácia

- V roku 2021 bol zakúpený systém TASLImage
 - Komerčný nástroj
 - Využitie detektorov CR-39
- Aplikácie:
 - Osobná dozimetria
 - Neutrónová radiografia
 - Merania Radónu
- Nevýhoda
 - Uzavretý softvér
 - Neumožňuje úpravy
 - Potreba AI



Detektory stôp v pevnej fáze

- PADC - Poly Allyl Diglycol Carbonate



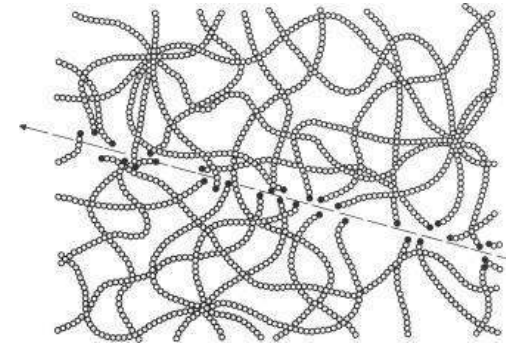
(Awad, E. et al., 2020).

- CR-39 (Columbia Resin #39)
- Je to polymér
- Lineárna štruktúra
- Ľahký a transparentný plast
- Citlivý hlavne na alfa častice, protóny a neutróny
- Je potrebné uskladniť v chladničke aby sa zabránilo starnutiu materiálu

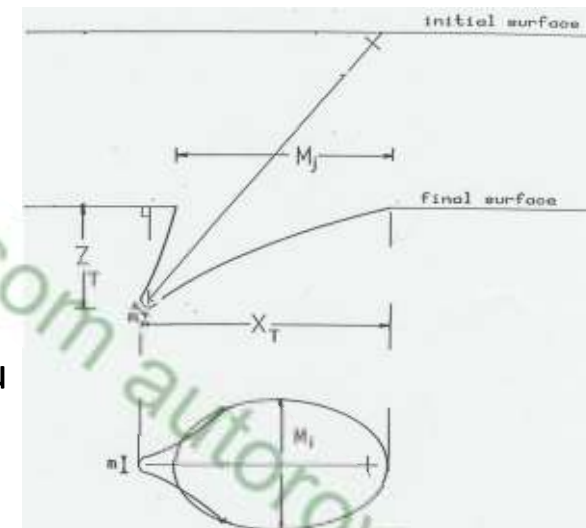


Tvorba latentných stôp

- Fyzický a chemický proces
 - Dopadajúca častica odovzdáva energiu pozdĺž svojej dráhy
 - Nastáva vzбудenie a ionizácia okolia
 - Tvorba voľných radikálov
 - Tvorba nových zlúčenín
- Stopy je potrebné zviditeľniť
 - Chemické leptanie detektorov
 - V roztoku NaOH
 - Funkcia teploty, koncentrácie a času
 - Eliptické tvarov (desatiny μm)

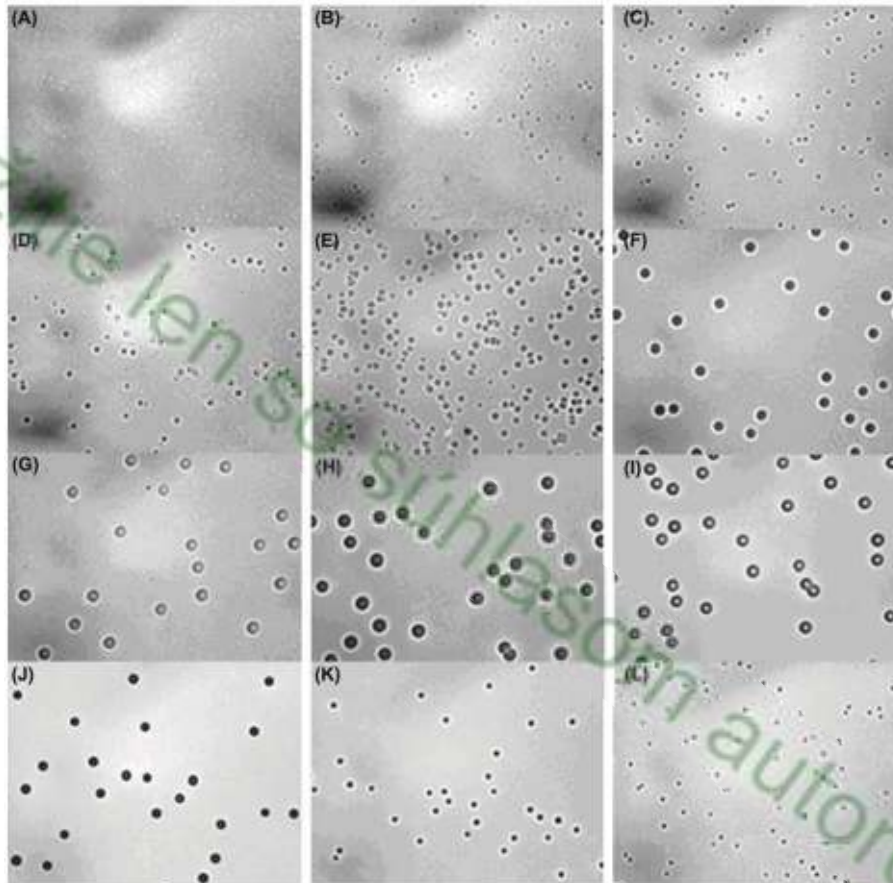


(Shi-Lun, G. et al., 2020).



(TASL, 2021).

Výsledné stopy



(A) 20 keV (B) 40 keV (C) 60 keV (D) 80 keV (E) 100 keV (F) 220 keV
(G) 320 keV (H) 420 keV (I) 520 keV (J) 620 keV (K) 820 keV (L) 1200 keV

- Motivácia

- Detektory CR39

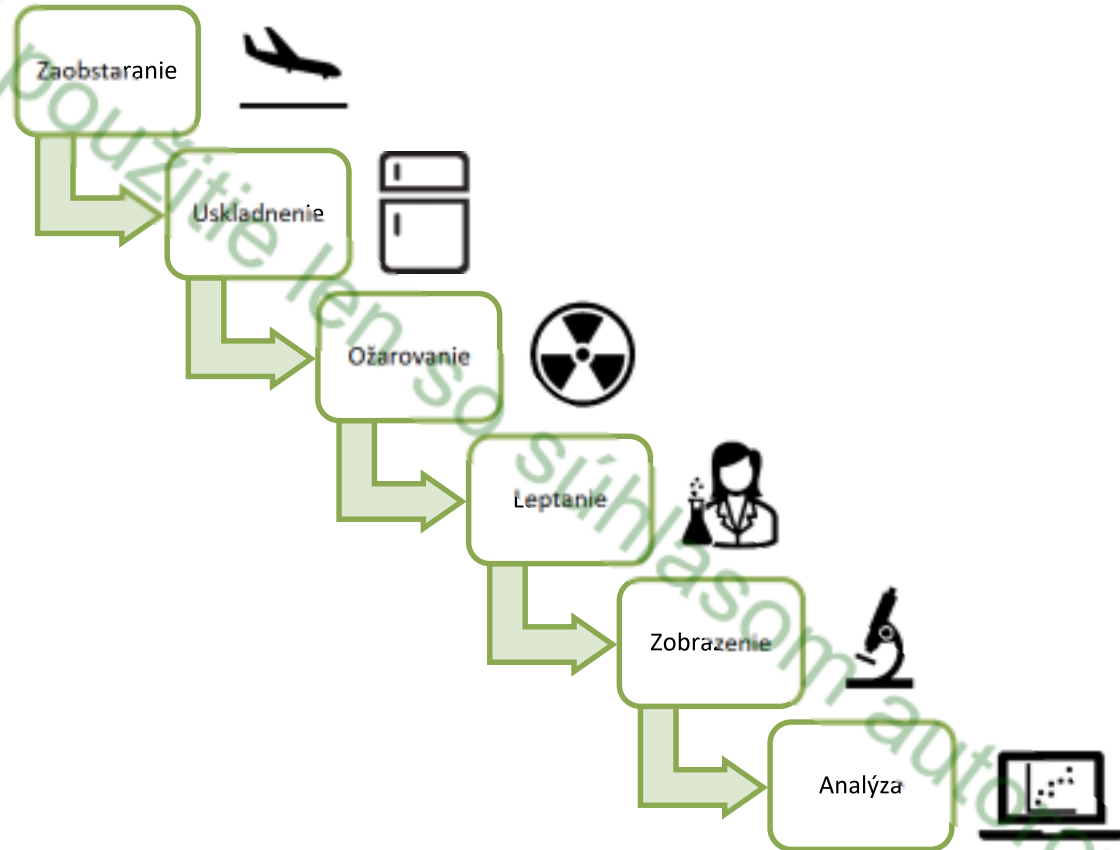
- Pracovný postup

- ImageAnalyzer

- Výsledky

- Záver

Pracovný postup na ÚJFI



• Motivácia

• Detektory CR39

• Pracovný postup

• ImageAnalyzer

• Výsledky

• Záver

Ožarovanie neutrónmi

1. Experiment Mini Labyrinth

- PuBe – 1E7 n/s

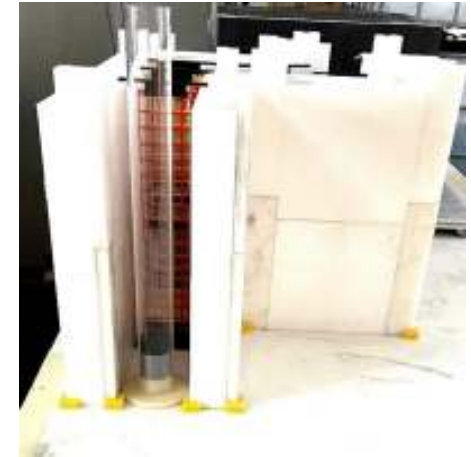
2. Experiment na SMÚ

- PuBe – 2E7 n/s

3. Experiment na FÚ SAV

- DD reakcia (Tandetron)

1



3



2



• Motivácia

• Detektory CR39

• Pracovný postup

• ImageAnalyzer

• Výsledky

• Záver

Ožarovanie alfa časticami

1. Experiment so žiaričom ^{241}Am

- 99 kBq
- Závislosť od času a teploty

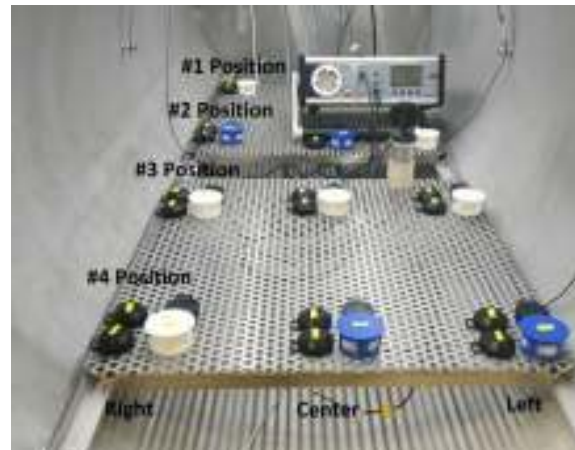
2. Experiment v radónovej komore

- 1 kBq/m³
- Porovnanie s AlphaGuard

1



2



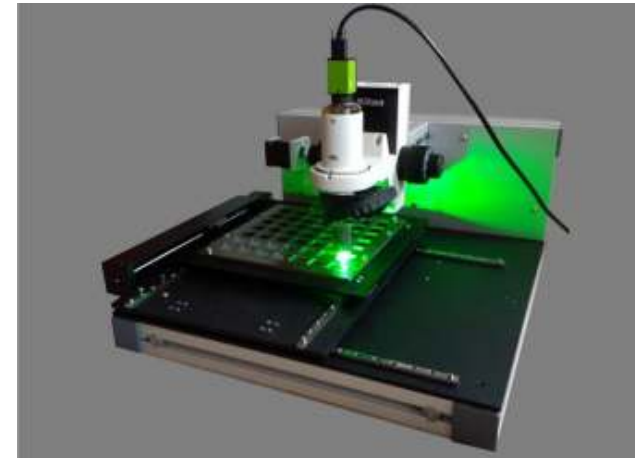
Leptanie

- 25 l vaňa s miešaním a reguláciou teploty
- detektory v oceľovom držiaku
- 6,25 M roztok NaOH
- leptanie trvá 1 h pri 98 °C (na meranie radónu)
- vyleptané detektory sa neutralizujú 2 % roztokom kyseliny octovej ľadovej
- sušenie trvá 1 hodinu pri 40 °C



Systém TASLImage

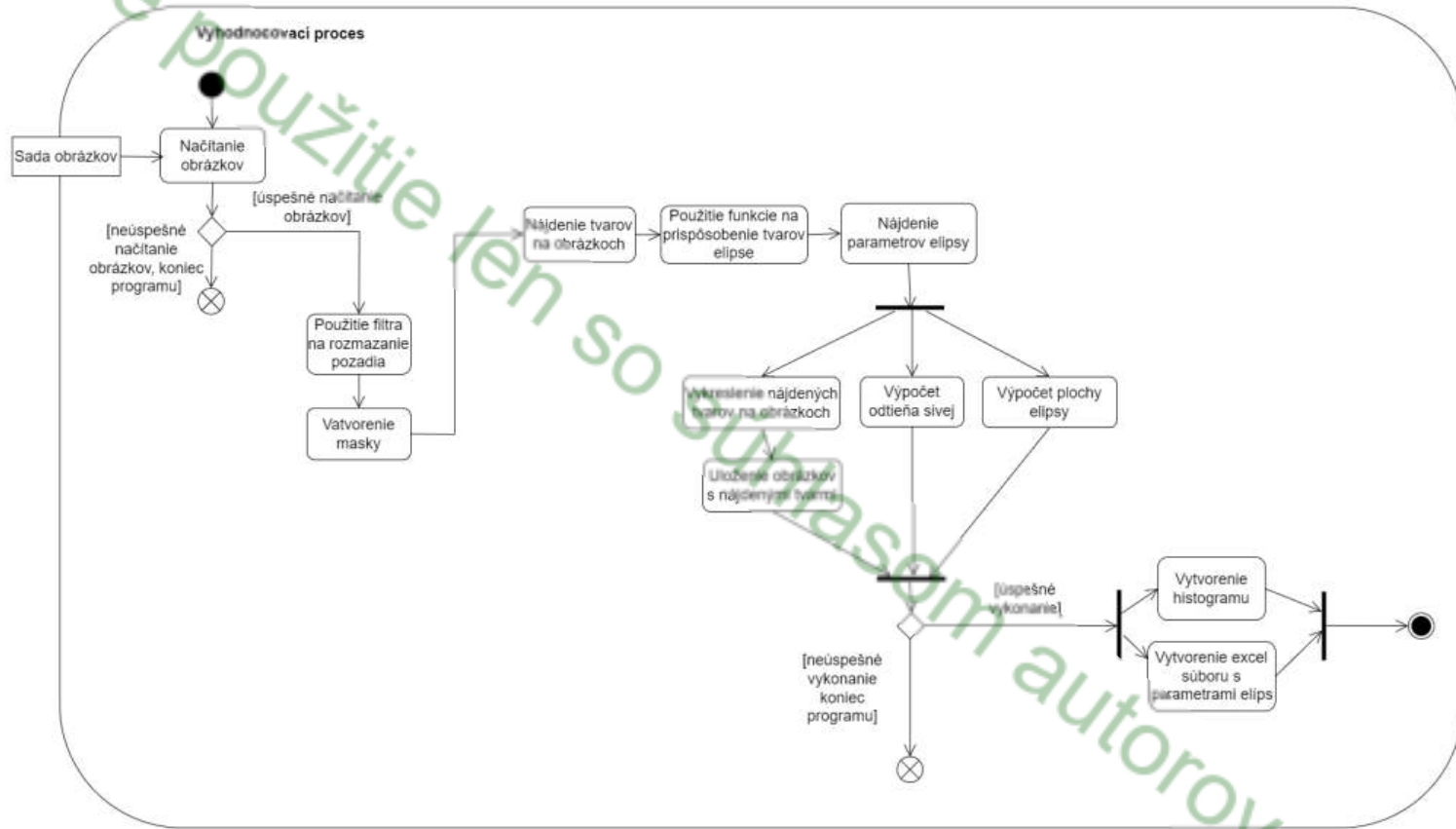
- Optický mikroskop
 - Skenovanie 80 snímok z 1 cm²
 - Identifikácia počtu stôp
 - Počet stôp proporcionálny dávke
 - Identifikácia parametrov stopy
 - Súradnice stopy
 - Hlavná a vedľajšia os
 - Úroveň šedej
 - Symetria a konvexnosť stopy
 - Ostrosť hrany
 - Zameranie stopy
 - Plocha stopy
- Softvér na analýzu stop
 - Komerčný nástroj
 - Uzavretý softvér



Vývoj vlastného programu – ImageAnalyzer

- Vývoj v programovom jazyku Python
- Použitie voľne dostupných knižníc „OpenCV“
- Založený na spracovaní digitálnych snímok naskenovaných pomocou TASLimage
- Cieľom je implementovať algoritmus, ktorý aplikuje podobné metódy ako TASLimage
- V budúcnosti:
 - Rozšírenie funkcionalít mimo schopnosti TASLimage systému
 - Použitie umelej inteligencie

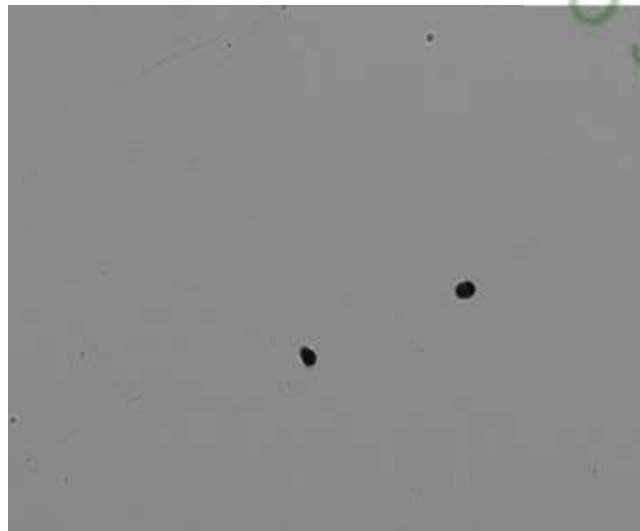
Vývojový diagram



Rozmazávanie snímky

- Načítanie sady snímok podľa dátumu
- Každá snímka je načítaná v režime odtiene sivej
- Rozmazanie snímky pomocou „cv.bilateralFilter()“
- Napomáha identifikácii útvorov

Pred



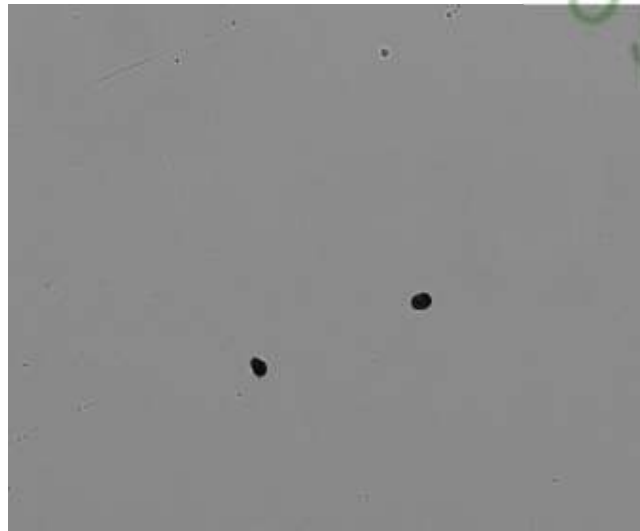
Po



Transformácia snímky na čierno-bielu

- Ďalším krokom pri spracovaní je transformácia na čierno-bielu
- Aplikácia „cv.THRESH_BINARY_INV“
- Každý pixel s farbou nad prahovou hodnotou sa zmení na čierny
- Ostatné pixele sa vykreslia ako biele

Pred



Po



Identifikácia kontúr tvarov na snímkach

- Identifikácia kontúr tvarov pomocou „cv.findContours“
- Nasleduje aproximácia obrysu hodnotami X,Y
 - Kompletná - Uloženie všetkých hraničných bodov - NONE
 - Zjednodušená - Komprimácia segmentov na koncové body

Kompletná



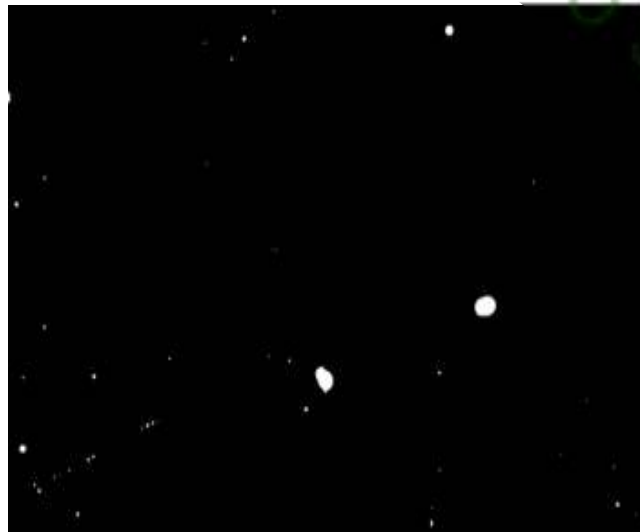
Zjednodušená



Prispôsobenie nájdených tvarov na elipsy

- Aplikácia eliptického fitu na sadu X,Y hodnôt reprezentujúcich kontúry pomocou „cv.fitEllipse“
- Použitie metódy najmenších štvorcov
- Po úspešnom fite je možné získať parametre elíps

Pred

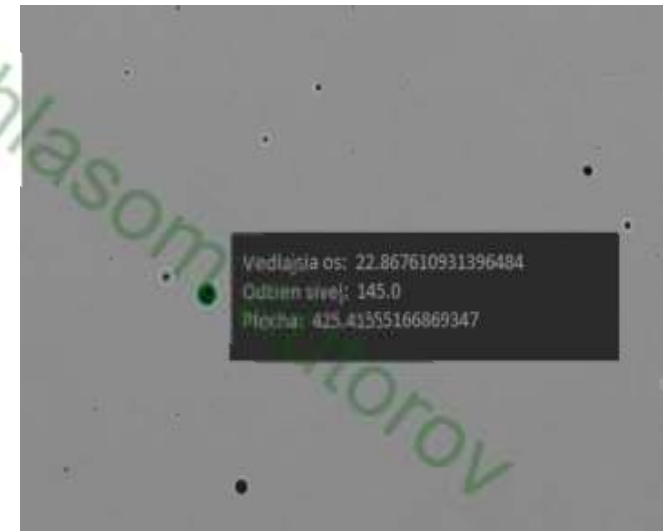


Po



Výsledný obrázok s identifikovanými stopami

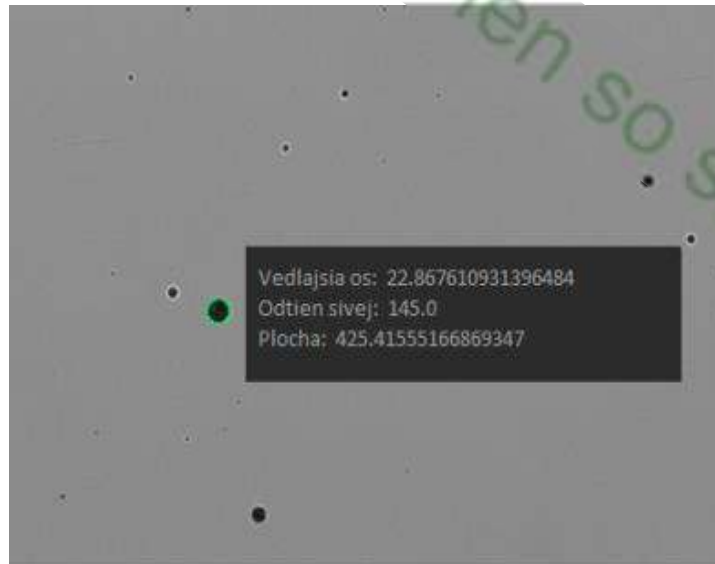
- Výpočet parametrov elips
 - Súradnice a plocha tvaru
 - Odtieň sivej
 - Hlavná a vedľajšia os a ich uhol
- Výstupy z programu
 - Histogram zo sady snímok
 - Snímky s identifikovanými tvarmi
 - Súbor typu CSV s výslednými parametrami



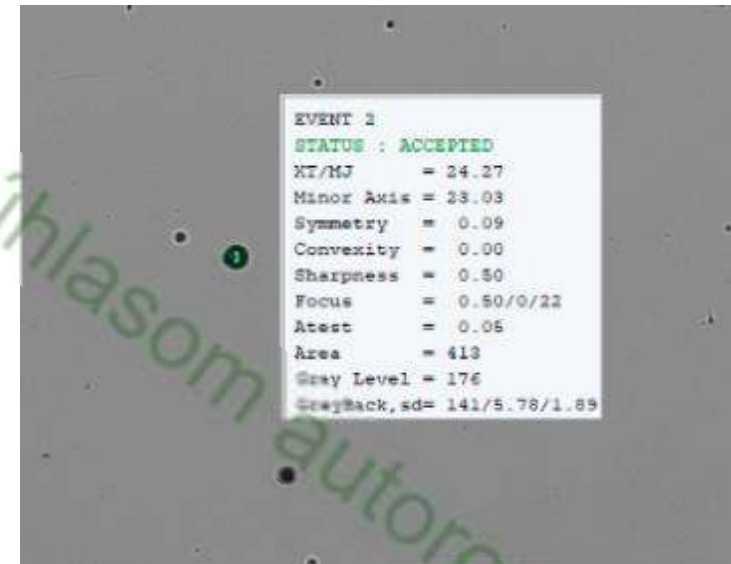
Porovnanie výsledkov pre neutróny

- Parametre stop
 - Viac parametrov stop k dispozícii v TASLImage

ImageAnalzyer



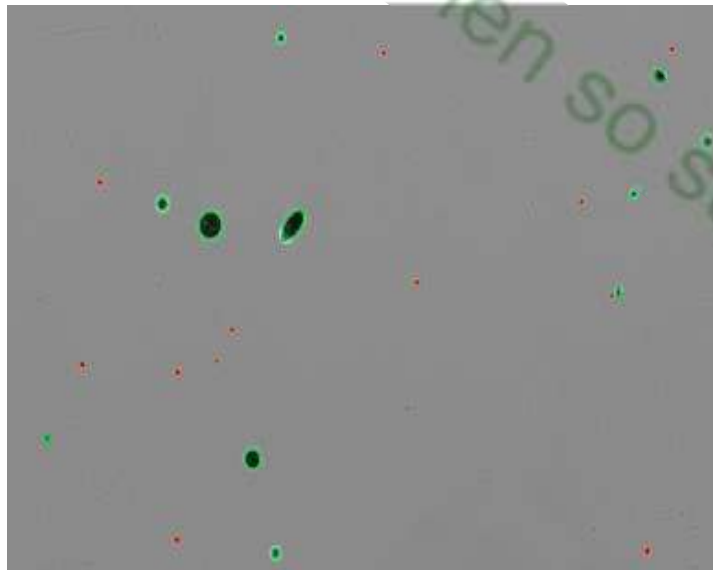
TASLImage



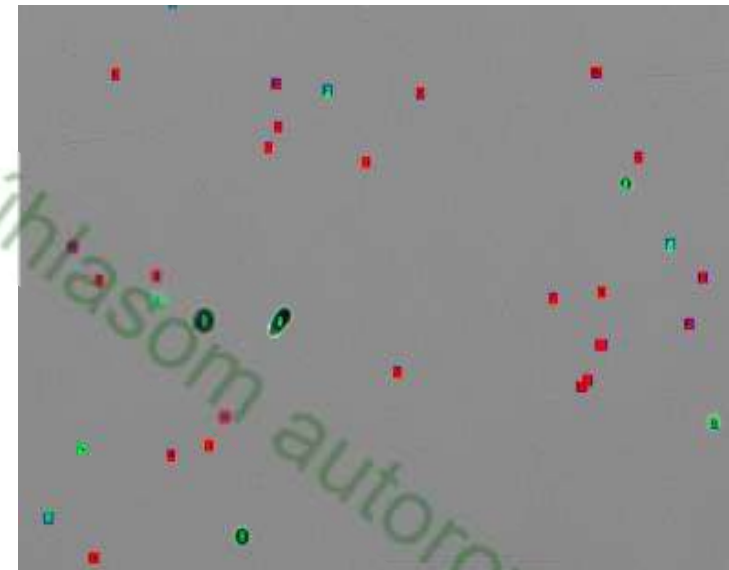
Porovnanie výsledkov pre neutróny

- Počet priatych stôp
 - TASLImage používa viac parametrov na zamietanie stôp

ImageAnalyzer



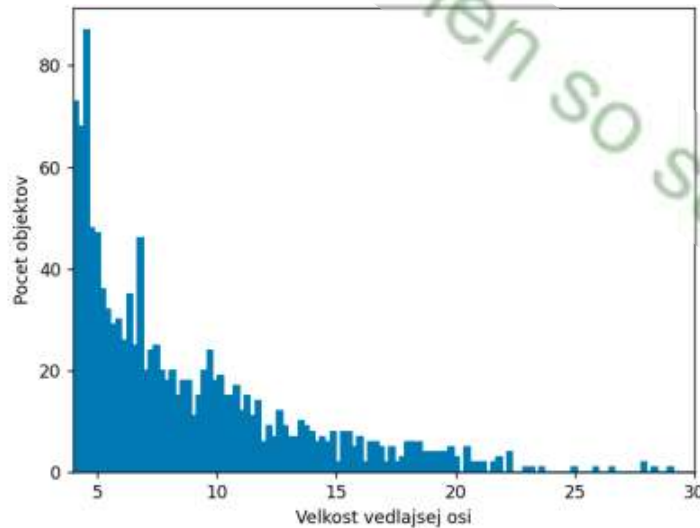
TASLImage



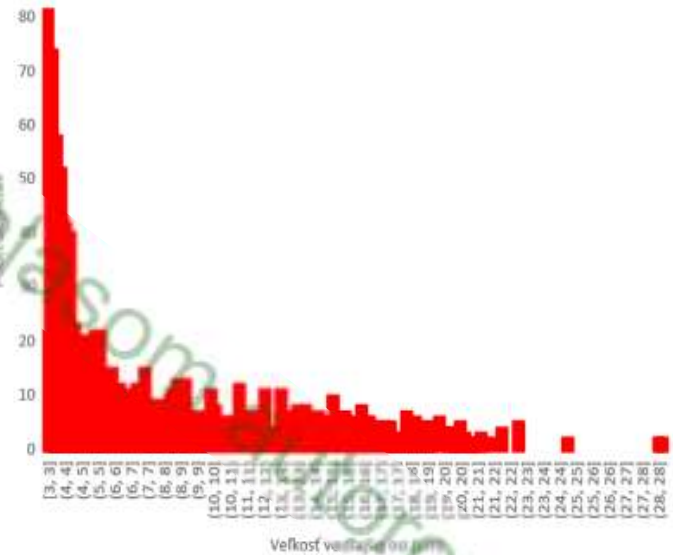
Porovnanie výsledkov pre neutróny

- Histogram distribúcie stôp
 - Odlišnosti v dôsledku nepresnostiam stanovenia vedľajšej osi

ImageAnalyzer



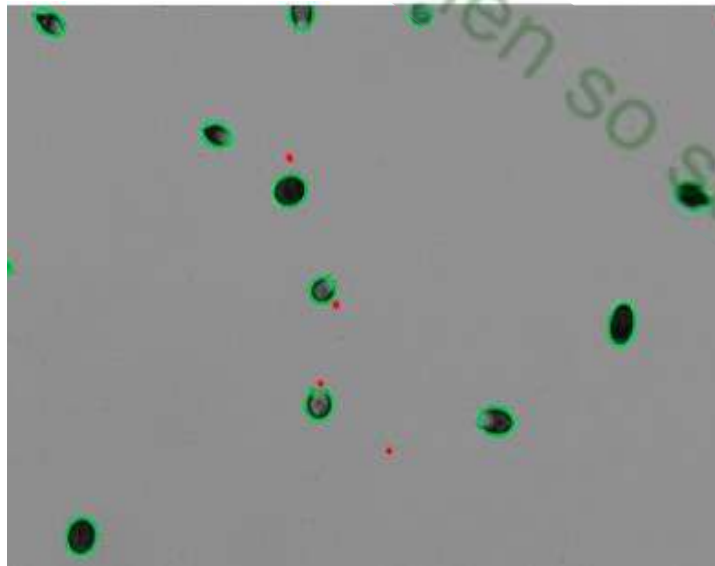
TASLImage



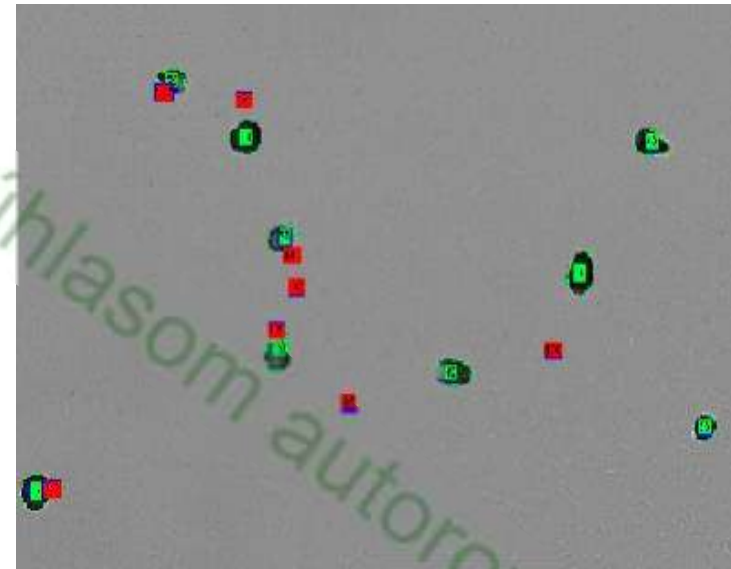
Porovnanie výsledkov pre alfa častice (radón)

- Počet nájdených stop
 - Zamietacie kritérium: 3-30 mikrometrov

ImageAnalzyer



TASLImage



• Motivácia

• Detektory CR39

• Pracovný postup

• ImageAnalzyer

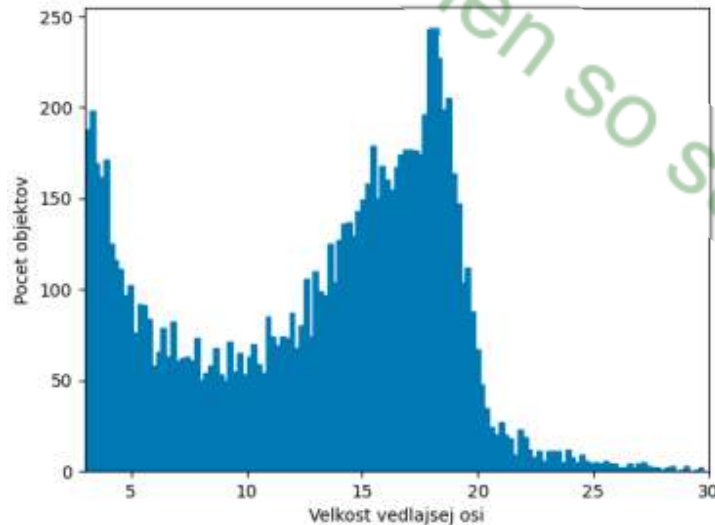
• Výsledky

• Záver

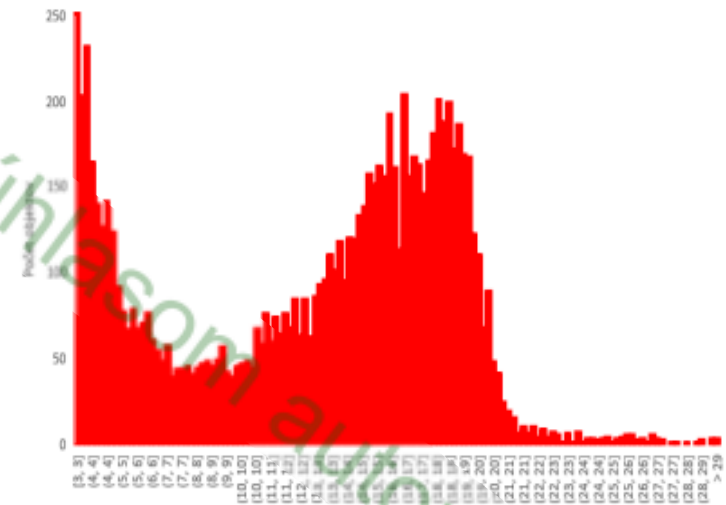
Porovnanie výsledkov pre alfa častice (radón)

- Histogram distribúcie stôp
 - Odlišnosti v oblasti do 5 μm a medzi 17 - 20 μm

ImageAnalyzer



TASLImage



Zhodnotenie a záver

- Program *ImageAnalyzer* je stále vo vývoji
- Dosahuje relatívne dobrú zhodu s *TASLImage*
- Výhody
 - Otvorený program
 - Možnosť použitia AI
 - Lepšia identifikácia prekrytých stôp ako *TASLImage*
- Výzvy
 - Obmedzenia OpenCV
 - Správna identifikácia osí a ich priemetov do X a ZY pomocou vlastnej vyvinutej metódy
 - Získanie ďalších parametrov stôp

Ďakujem za pozornosť

Otázky?



Táto aktivita bola vykonaná ako časť projektu v rámci
excelentných tímov FEI STU s názvom NERAKO