

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE**

**TECHNICKÁ FAKULTA**

1130420

**HODNOTENIE KERAMICKÝCH ZDRAVOTNÍCKYCH  
MATERIÁLOV**

**2011**

**Kamil Pivník**

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE**

**TECHNICKÁ FAKULTA**

**HODNOTENIE KERAMICKÝCH ZDRAVOTNÍCKYCH  
MATERIÁLOV**

**Bakalárska práca**

Štúdijný program:	Manažerstvo kvality produkcie
Štúdijný odbor:	2386700 Kvalita produkcie
Školiace pracovisko:	Katedra fyziky
Školiteľ:	RNDr. Ľubomír Kubík, PhD.

**Nitra 2011**

**Kamil Pivník**

## **Čestné vyhlásenie**

Podpísaný Kamil Pivník vyhlasujem, že som bakalársku prácu na tému „Hodnotenie keramických zdravotnických materiálov“ vypracoval samostatne na základe vlastných teoretických a praktických znalostí a s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé

V Nitre, 15.marca 2011

**Kamil Pivník**

## **Pod'akovanie**

Ďakujem svojmu vedúcemu bakalárskej práce RNDr. Lubomírovi Kubíkovi, PhD. za ochotu, cenné rady a usmernenie. Taktiež by som rád poďakoval kolektívu v školiacom centre Keramických závodov a. s., Znojmo pod vedením Ing. Petra Čecha za teoretické informácie, Pavelovi Zikovi technikovi testovacieho laboratória skúšobného centra za praktické ukážky, informácie a rady z praxe.

## **Abstrakt**

Témou bakalárskej práce bolo opísať kvalitatívnu stránku sanitárnej keramiky z diturvitu, aké výhody nám prináša, prečo a za akých podmienok vznikajú poškodenia sanitárnej keramiky. Analýzou trhlín na keramike môžeme objektívne posúdiť kvalitu výrobku. Hlavným cieľom tejto práce bolo hodnotiť defektov keramických materiálov pomocou analýzy obrazu. Analýza obrazu je široko používaná metóda v technickej oblasti. Prednosťou tejto metódy je jednoduchosť, univerzálnosť a presnosť.

Kľúčové slová: diturvit, obraz, trhlina, analýza obrazu

## **Abstract**

The theme of bachelor thesis was to describe the qualitative aspects of sanitary ware from diturvit, what gives us the benefit and analyze damage to ceramics, why is there, under what circumstances arise. Analysis of ceramic cracks we can objectively assess the quality of the product. The main objective of this work was the assessment of cracks using a computerized image processing, performance evaluation and verification measurements. Image analysis is widely used in technical fields. The advantage of this method is simplicity, versatility and accuracy.

Keywords: diturvit, picture, crack, image analysis

# Obsah

<b>Obsah.....</b>	<b>7</b>
<b>Zoznam použitých veličín.....</b>	<b>9</b>
<b>Úvod.....</b>	<b>10</b>
<b>1 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky.....</b>	<b>12</b>
1.1 Sanitárna keramika.....	12
1.1.1 História výroby sanitárnej keramiky.....	13
1.1.2 Keramické materiály – poznatky z literatúry.....	13
1.1.3 O keramických materiáloch.....	14
1.2 Využitie sanitárnych keramických materiálov v oblasti zdravotníctva .....	15
1.3 Mechanické vlastnosti keramických materiálov.....	16
1.3.1 Mechanická pevnosť.....	16
1.3.2 Ďalšie vlastnosti keramických materiálov.....	18
<b>2 Cieľ práce – hodnotenie defektov keramických materiálov.....</b>	<b>19</b>
Čiastkové ciele.....	19
Výber keramických materiálov a stanovenie defektov.....	19
Hodnotenie geometrických vlastností defektu spracovaním obrazu.....	19
<b>3 Metodika práce.....</b>	<b>20</b>
3.1 Spracovanie obrazu.....	21
3.1.1 Predspracovanie obrazu.....	21
3.1.2 Segmentácia obrazu.....	22
3.1.3 Analýza obrazu.....	22
3.2 Charakteristika meraného materiálu.....	23
3.2.1 Vlastnosti materiálu.....	23
3.2.2 Problematika výrobného procesu.....	23
3.2.3 Charakteristika defektov materiálu.....	28
3.3 Zistenie geometrických vlastností defektov.....	28
3.3.1 Snímanie defektov.....	28
3.3.2 Analýza defektu.....	30
3.3.2.1 Softvér ImageJ.....	30
3.3.2.2 Meranie obsahu a plochy defektu.....	32

<b>4</b>	<b>Výsledky práce.....</b>	<b>32</b>
4.1	Merané defekty.....	32
4.1.1	spracovanie obrazu.....	32
4.1.2	analýza obsahu defektu .....	38
	<b>Diskusia.....</b>	<b>40</b>
	<b>Návrh na využitie výsledkov.....</b>	<b>41</b>
	<b>Záver.....</b>	<b>42</b>
	<b>Použitá literatúra.....</b>	<b>43</b>



## Zoznam použitých veličín

<b>Fyzikálna veličina:</b>	<b>Označenie</b>
pôvodný obraz	f
ekvalizovaný histogram	G
ekvalizovaný histogram	G(q)
prahovaný obraz	g
histogram pôvodného obrazu	H(p)
pôvodná jasová stupnica	p
prahová hodnota	T
ekvalizovaná jasová stupnica	q

## Úvod

Keramika je čistý prírodný produkt. Kaolín, hlina, živica a kremičitý piesok sú tie suroviny, ktoré sú dôležité pre výrobu dokonale pevnej keramiky. Tradičné materiály využívané na výrobu sanitárnej keramiky ako tvrdá pórovina bola nahradená vo všetkých parametroch kvalitnejším materiálom a to porcelánová kamenina- diturvit. Vďaka svojim výnimočným vlastnostiam je to momentálne najpoužívanejší materiál v sanitárnej oblasti. Keramika sa spracováva mletím a miešaním s vodou tak, aby sa vytvarovala tekutá masa, ktorá sa následne leje do umelohmotných kadí a neskôr ďalej manuálne spracováva ako osobitný diel. Ak materiál spevnie, kusy keramiky sa sušia, glazujú a pália v peci pri teplote 1210 stupňov celzia a následne prechádza materiál celkovou kontrolou kvality. Vývoj sanitárnej keramiky ide ruka v ruku s požiadavkami na bezpečnosť a hygienu s čím súvisí aj vývoj antibakteriálnych povrchových úprav pre sanitárnu keramiku. V neposlednom rade sa na sanitu kladie aj dôraz estetický, ktorý sa stáva stále frekventovanejším požadovaným atribútom. Stále však je tu proces ktorý sa nedá ovplyvniť a to proces vypalovania pri ktorom sa vyrobená keramika vypaluje, zmršťuje pričom mení aj svoje rozmery. Pri tomto procese najčastejšie vznikajú rôzne poškodenia keramiky ako napr. deformácie, pokrivenia, lysiny, pľuzgiere, trhliny, praskliny, jamky, diery, prílepy, vyrážky... všetky názvy obsahuje norma ČSN 72 4805 vady výrobkov jemné keramiky názvy a definície (ČSN 72 4805). Jednu z nich a to prasklinu budem rozoberať a skúmať analýzou obrazu, čo je aj hlavný cieľ práce. Analýza obrazu nachádza v súčasnosti rozsiahle použitie v rade oborov, kde je potrebné vytvárať, spracovávať a ukladať dáta. Pomocou počítačových programov, ktorých významnými vlastnosťami sú vysoká presnosť, dokonalá reprodukovateľnosť dosiahnutých výsledkov môžeme skúmať obrázky alebo postunost' obrázkov kvantitatívnu a kvalitatívnu analýzou. Pritom je možné využiť mnoho štandardných a aj pokročilých techník, identifikovať nižšiu a vyššiu úroveň počítačového videnia. Počítačové spracovanie obrazu je zaujímavé a užitočné aj z pohľadu manažérstva kvality produkcie, nakoľko svojimi metódami zvyšuje produktivitu, spoľahlivosť, flexibilitu a znižuje nám náklady.

Prvá kapitola je venovaná súčasnému stavu riešenej problematiky. Ďalej sa tu popisujú možnosti snímania obrazu, metódy snímania obrazu, predspracovania obrazu rôznymi filtrami, histogramami, prahovaním, kvantifikovaním upravených obrazov.

Kapitola je venovaná metodike práce vytvorením hodnotiacich kritérií pre výber vhodnej metódy spracovania digitálneho obrazu a zhodnotenie kvality povrchu.

Posledná kapitola je venovaná samotnej práci, príprava vzorky, výber konkrétnych metód snímania, predspracovania a analýzy praskliny keramiky a následné kvantifikovanie čiže spočítanie a konkrétne určenie veľkostí praskliny na obraze s distribúciou početnosti podľa veľkosti plochy.

# 1 Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky

V 21. storočí v čase nezadržateľného rozvoja a vývoja nových technológií sa kladie veľký dôraz na bezpečnosť, hygienu, kvalitu takisto aj funkčnosť a úžitkovú hodnotu hlavne na tú najintímnejšiu oblasť a to oblasť sanitárnej keramiky každodenne využívanú v našich kúpeľniach. Tradičné materiály využívané na výrobu sanitárnej keramiky ako tvrdá pórovina bola nahradená vo všetkých parametroch kvalitnejším materiálom a to porcelánová kamenina – diturvit. Vďaka svojim výnimočným vlastnostiam je to momentálne najpoužívanejší materiál v sanitárnej oblasti. Vývoj sanitárnej keramiky ide ruka v ruku s požiadavkami na bezpečnosť a hygienu s čím súvisí aj vývoj antibakteriálnych povrchových úprav pre sanitárnu keramiku. V neposlednom rade sa na sanitu kladie aj dôraz estetický, ktorý sa stáva stále frekvencovanejším požadovaným atribútom. Jeho najmodernejšie tvary a formy vychádzajú zo svetoznámých dizajnerských štúdií po celom svete, ale aj z dielní domácich šikovných mladých dizajnérov. Stále však je tu proces ktorý sa nedá ovplyvniť a to proces vypalovania pri ktorom sa vyrobená keramika vypaluje, zmršťuje pričom mení aj svoje rozmery. Pri tomto procese najčastejšie vznikajú rôzne poškodenia keramiky ako napr. deformácie, pokrivenia, lysiny, pľuzgiere, trhliny, praskliny, jamky, diery, prílepy, vyrážky... všetky názvy obsahuje norma ČSN 72 4805 vady výrobkov jemné keramiky názvy a definície. Jednu z nich a to prasklinu budem rozoberať a skúmať analýzou obrazu, čo je aj hlavný cieľ práce.

## 1.1 Sanitárna keramika

Keramika je čistý prírodný produkt. Kaolín, hlina, živica a kremičitý piesok sú tie suroviny, ktoré sú dôležité pre výrobu dokonale pevnej keramiky. Tradičné materiály využívané na výrobu sanitárnej keramiky ako tvrdá pórovina bola nahradená vo všetkých parametroch kvalitnejším materiálom a to **porcelánová kamenina-diturvit**. Názov je vytvorený podľa mena bývalého majiteľa továrne na výrobu zdravotníckej keramiky. **Ditmar Urbach** s pripojenou koncovkou **vit**, ktorá vyznačuje

slnutosť črepu podľa anglického slova vitreous – slinutý. Je najmladšou výrobnou hmotou zdravotníckej keramiky. Charakteristickým znakom je slinutý jemnozrný črep. Názov porcelánová kamenina bol zvolený preto, že niektorými vlastnosťami je blízka kamenine a niektorými vlastnosťami porcelánu. Ako kamenina je tvrdá, pevná a odoláva pôsobeniu kyselín, s kameninou má tiež zhodnú vypalovaciu teplotu (1230 až 1280 stupňov celzia) a zhodný kamenný zvuk. Ako porcelán je jemnozrná a rovnorodá, vzhľad má tiež ako porcelán. Porcelánu je blízka belosť a slinutosť črepu, nasiakavosť má 1 až 2%, chýba jej však najvýznamnejšia vlastnosť porcelánu – priesvitnosť. (Zika, 2002)

### **1.1.1 História výroby sanitárnej keramiky**

Výroba keramiky bola zahájená už koncom 19. storočia. Dnes sa preto môžeme pochváliť najdlhšou tradíciou na celom európskom kontinente. Dobrú povesť domácich majstrov začali po svete šíriť najskôr figurálne a iné ozdobné keramické výrobky. Po roku 1920 sa v portfóliu závodu ako u prvého výrobcu v Európe objavili výrobky sanitárnej keramiky, konkrétne umyvadlá, vane a drezy zo žiarohliny. Všeobecne je možno povedať, že výrobný závod v Znojme patrí v rámci koncernu k tým menším, ale špecializuje sa na výrobu zložitejších kusov a menších sérií. Celková kapacita Znojmského závodu predstavuje približne 650 000 ks keramiky ročne. (Čech, 2007)

### **1.1.2 Keramické materiály**

Keramika sa triedi do skupín podľa rozličných hľadísk :

- podľa chemického zloženia, spôsobu formovania, vypaľovania, podľa povrchovej úpravy aj praktického použitia. Často sa keramika triedi na jemnú - predstavuje úžitkové predmety pre domácnosť, zdravotnícku keramiku, obkladačky a laboratórne náradie, na hrubú - používa sa pre stavebné a priemyselné účely.

- medzi základné keramické suroviny patria plastické zeminy (kaolín, hliny a íly) a ostrivá (kremeň, živec, piesok, vápenec). Plastické zeminy sa v prírode vyskytujú rôzne znečistené. Medzi najčistejšie a najcennejšie plastické zeminy patrí kaolín, ktorý si zachováva bielu farbu aj po vypálení.

Sortiment keramických materiálov sa v období rokov tesne pred a po II. svetovej vojne podstatne rozšíril z pôvodne ohraničeného počtu druhov klasickej keramiky (fajansa, porcelán) na mnohonásobný počet nových keramických hmôt (ktoré často vôbec neobsahujú zlúčeniny kremíka), najmä v súvislosti s rozvojom priemyselnej elektrotechniky a zvlášť potom elektroniky.

### 1.1.3 O keramických materiáloch

Keramické konštrukčné materiály sú elektricky nevodivé a majú aj tepelno-izolačnú schopnosť. Možno ich vytvarovať s veľkou presnosťou, čo je veľmi dôležité vzhľadom na to, že sa dajú opracovávať len diamantovými nástrojmi. Keramiku možno vyrábať v pestrej škále farieb, výrobky si uchovávajú svoj lesk i farbu prakticky nekonečne dlho. Keramika na báze nitridu a karbidu kremíka sú perspektívne materiály na súčiastky strojov pracujúcich pri vysokých teplotách (do 1500 °C) a už komerčne využívané materiály na rezné nástroje. Ak materiály na báze Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> porovnáваме so superzliatinami niklu a materiály na báze SiC so zliatinami vysoko tavitelných kovov je prednosťou keramických materiálov nižšia hustota (na úrovni Al-zliatin), vyššia žiaruvzdornosť i možnosť aplikácie pri ešte vyšších teplotách. Jedinou nevýhodou je krehkosť. Nitrid kremíka je anorganická zlúčenina, ktorá sa vyskytuje v dvoch štruktúrnych modifikáciách:  $\alpha$  – Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (ktorá má defektnú mriežku v tom, že jeden zo základných atómov dusíka nahrádza kyslík) a  $\beta$  – Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (zastúpenie atómov plne zodpovedá stechiometrickému vzorcu). Po spekaní pri teplote 1700 - 2000 °C je vhodné, aby štruktúra  $\beta$ -Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> mala vláknitý charakter (má väčšiu lomovú húževnatosť), pričom sú tieto kryštály obklopené spojitou sieťou sklovitých alebo kryštalických fáz, vznikajúcich z prísad a SiO<sub>2</sub>. Tieto fázy zhoršujú mechanické vlastnosti materiálu, preto sa veľká pozornosť venuje výskumu možností ich odstránenia. (Vadász, 2007)

## 1.2 Využitie sanitárnych keramických materiálov v oblasti zdravotníctva

Využitie sanitárnych keramických výrobkov v oblasti zdravotníctva je veľmi široké. Keramické výrobky sú pre túto oblasť vďaka svojim vlastnostiam priam predurčené. Jednou z nich je aj povrchová úprava keramických výrobkov. Povrchová molekulárna štruktúra keramického kusu je vooodpudivá, čo zabraňuje usadzovaniu vodného kameňa, solí a ďalších nežiadúcich nečistôt. S touto špeciálnou úpravou sa môžeme bez obáv zbaviť všetkých doteraz používaných čistiacich prostriedkov. Keramika zostáva hladká a dokonale čistá a sklo číre, iskrivé a nepodlieha korózii. Inšpiráciou vývojárov tejto povrchovej úpravy, ktorá je založená na odpudzovaní vody, našli v najkrajšej z kvetín a to v ruži. Rovnako ako z okvetných plátkov tejto kvetiny, tak aj z povrchu špeciálne upravenej keramiky či skla voda okamžite steká zbalená do guľôčok a retiazok vodných perál. A po nečistote a vodnom kameni, ktoré sú nabaľované spolu s vodou, nezostane ani stopa. Na údržbu nám stačí obyčajná vlhká handrička. Z tejto vlastnosti mám vychádzajú ďalšie výhody sanitárnej keramiky ako je antibakteriálnosť, hygienickosť, ľahká údržba a čistenie. Podobne ako sanitárna keramika je sú kvôli podobným vlastnostiam v zdravotníctve využívané aj keramické obklady a dlažby. Ktoré sa vyznačujú takisto antibakteriálnou povrchovou úpravou, nízkou nasiakavosťou, pevnosťou, odolnosťou proti zmenám teploty, odolnosťou proti vplyvu mrazu, odolnosťou proti vzniku vlasových trhlín, protišmykovosťou, odolnosťou proti hĺbkovému opotrebeniu, odolnosťou proti povrchovému opotrebeniu, odolnosťou proti chemikáliám používaných v domácnosti, odolnosťou proti kyselinám a liehom s nízkou a vysokou koncentráciou, odolnosťou proti tvorbe škvŕn, nízkym obsahom olova a kadmia.

## 1.3 Mechanické vlastnosti keramických materiálov

### 1.3.1 Mechanická pevnosť

Zdravotnícka keramika so slinutým črepom vytlačila zdravotnícku keramiku s pórovým črepom vďaka svojim lepším vlastnostiam čo je možné vidieť v tabuľke č. 1 – niekoľkonásobne lepšou mechanickou pevnosťou črepu, nepriepustnosť črepu pre kvapaliny a plyny, tekže glazúra netrhlinkuje ani po 10 rokoch, odolnosť voči kyselinám. Tieto vlastnosti veľmi prispievajú ku kvalite a dlhej trvanlivosti výrobkov zo slinutého črepu.

*Tabuľka č. 1 Tabuľka pevnostných vlastností materiálov*

Pevnosť kp/cm <sup>2</sup>	tvrdá pórovina	porcelánová kamenina
v tlaku	600 – 1000	4000 – 7000
v ťahu	50 – 100	300 – 350
za ohybu	200 – 300	500 – 800

Z diturvitu sa vyrábajú napríklad umývadlá, umývadielka, klozety, bidety, splachovacie nádrže, sprchové vaničky a pod.

Zloženie diturvitovej hmoty je dané tak, aby vypálený črep mal požadovanú nasiakavosť do 1%, aby výrobná hmota mala potrebnú vytvarovaciu schopnosť a aby sa vytvorené výrobky nezávadne sušili a vypalovali.



Diturvitová hmota, zostavená podľa svojho chemického zloženia a podľa chemického zloženia použitých surovín, obsahuje suroviny uvedené v tabuľke č.2.

**Tabuľka č. 2** *Obsah surovín výrobkov jemnej keramiky*

Suroviny	Obsah v %
Viazané íly	16 – 20
Plavený kaolín	25 – 27
Živicový pegmatit	45 – 50
Kremičitý piesok	2 – 3
lupek	1 - 2
mastenec	1 - 2
pálené diturvitové črepy	1 - 3

Tieto hodnoty sú len orientačné, prené hodnoty sú výrobcami utajované kvôli konkurencii – výrobné tajomstvo.

Skladba výrobnéj hmoty v uvedených medzných hodnotách sa mení a prispôsobuje podľa zloženia a vlastností použitých surovín tak, aby boli dodržané všetky požadované vlastnosti výrobku a súčasne i požadované vlastnosti hmoty pri výrobnéj technológii sú uvedené v tabuľke č. 3. (Zika P., 2002)

**Tabuľka č. 3** *Vlastnosti surovín vo výrobku*

Suroviny	Vlastnosti vo výrobku
Viazané íly	pojivosť a pevnosť za surova
Plavený kaolín	pojivo
Živicový pegmatit	mechanická pevnosť
Kremičitý piesok	zamedzuje deformáciám pri výpale
lupek	pevná kostra pri sušení a po výpale
mastenec	zabraňuje prasklinám a trhlinám v glazure
pálené diturvitové črepy	mechanická pevnosť – zúžitkovanie nepodarkov

### 1.3.2 Ďalšie vlastnosti keramických materiálov

Napriek zjavnému posunu vlastností keramiky k vyšším hodnotám pevnosti a lomovej húževnatosti, zvýšenej spoľahlivosti a reprodukovateľnosti, domnievam sa, že rozhodujúci vplyv na tieto parametre „má v rukách“ chemická väzba. Vieme, že v keramike je prevládajúcim typom väzby iónová alebo kovalentná. Ďalej je známe, že tvárnosť kryštalografických sústav je určená schopnosťou pohybu dislokácií pri pôsobení šmykových napätí. K tomu je potrebné, aby dislokácie mali dobrú pohyblivosť v sklzových rovinách (nízke Peierls-Nabarrove napätie – PNn) a aby týchto rovín, resp. sklzových systémov, bol dostatočný počet, inými slovami, aby dislokácie mali aj dobrú manévrovateľnosť. Platí tu tzv. von Misesovo kritérium, ktoré hovorí, že týchto navzájom nezávislých sklzových rovín musí byť 5, aby bol polykryštalický materiál tvárny. Obidve podmienky musia byť splnené pod prechodovou teplotou. Každý látke možno prisúdiť prechodovú teplotu, nad ktorou je možná plastická deformácia. Žiaľ, u keramických látok je táto teplota veľmi vysoká, blízka teplote topenia alebo rozkladu, teda v oblastiach prudkého poklesu pevnosti. A dostali sme sa pravdepodobne ku „koreňu“ problému. Sú látky vhodné pre keramiku, ako napr. MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ktoré majú síce relatívne nízke PNn, ale chýbajú sklzové systémy, na druhej strane je napr. SiC s 5-mi nezávislými sklzovými systémami ale s vysokou hodnotou PNn, takže pokiaľ je mi známe, nejestvuje žiadna polykryštalická keramika, ktorá by pod transformačnou teplotou splňovala obidve podmienky tvárnosti. Nepoznám odpoveď na otázku, či vôbec a ako možno získať dodatočné sklzové systémy alebo znížiť PNn (napr. delokalizáciou elektrónov) pri teplotách umožňujúcich dostatočnú pevnosť, čo však vôbec nemusí znamenať, že sa s tým nik nezaobrá. Ak by sa aj našlo riešenie, pravdepodobne by sme získali „iba“ materiály s vlastnosťami niekde medzi kovmi a súčasou keramikou (nie cermety). Vlastnosti, pre ktoré je keramika atraktívna by sa pravdepodobne znížili. Mám na mysli predovšetkým vysokú pevnosť pri vysokých teplotách a tvrdosť. Na druhej strane by mohol vzniknúť rad nových materiálov so zaujímavými vlastnosťami a to nielen mechanickými. (Pánek, 2007)

## **2 Ciel' práce**

### **Hodnotenie defektov keramických materiálov**

#### **Čiastkové ciele**

- 1. Výber keramických materiálov a stanovenie defektov**
- 2. Hodnotenie geometrických vlastností defektu spracovaním obrazu**

### 3 Metodika práce

Pre našu prácu sme zvolili defekt keramického materiálu – prasklina



**Obrázok č. 1** Prasklina na kombinačnej mise so spodným odpadom

#### **Hodnotenie geometrických vlastností defektov spracovaním obrazu**

Na začiatku práce spracovania obrazu je snímanie vzoriek a uloženie obrazu v digitálnej forme. Je to prechod od spojitej fyzikálnej funkcie k diskretnej funkcii elektrického signálu. Digitalizáciu tvoria dve od seba nezávislé časti, ktorými sú kvantovanie a vzorkovanie. Na predspracovanie obrazu môžeme použiť širokú škálu nástrojov a filtrov. Napríklad úprava histogramu, úpravy kontrastu a jasú, invertovanie farieb ale aj geometrické úpravy napríklad otočenie, priblíženie, oddialenie a ich vzájomná kombinácia.

Základná analýza obrazu spočíva v meraní počtov, dĺžok, vzdialeností, uhlov, plôch alebo tvarových parametrov ohraničených objektov v obraze. Kvantitatívna analýza je väčšinou vykonávaná na binárnych obrazoch, interaktívne možno vykonávať jednoduché merania aj na obraze farebnom (alebo šedotónovom). Okrem rozmerových a tvarových parametrov možno tiež merať napr saturáciu alebo typický odtieň objektov a polí farebného obrazu, zisťovať histogramy farieb v obraze, farebné profily jednotlivých farebných zložiek v definovaných smeroch, vykonávať merania densitometrické a fotometrické.

## 3.1 Spracovanie obrazu

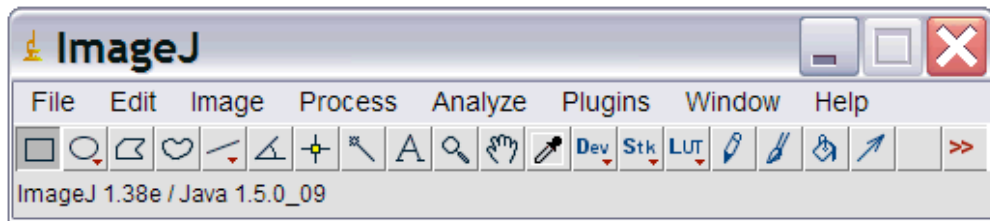
Na počítačovú analýzu obrazu si vyberieme softvér, ktorý spĺňa nasledovné kritériá:

- Jednoduchosť
- Schopnosť určiť geometrické vlastnosti materiálu
- Dostupnosť
- Schopnosť snímať plošné objekty
- Schopnosť určiť kvantitatívne parametre materiálu

### 3.1.1 Predspracovanie obrazu

Na predspracovanie a analýzu obrazu sme si vybrali voľne dostupný softvér ImageJ verzie 1.41o, ktorý pracuje v jazyku Java. (obrázok č. 2) Pracuje s operačnými systémami Windows, Mac OS, Mac OS X a Linux. ImageJ dokáže upraviť, zobrazíť, spracovať, analyzovať, ukladať a tlačiť 8, 16 a 32-bitové farebné aj čiernobiele obrázky. umožňuje čítať aj ukladať množstvo formátov ako JPEG, TIF, BMP, GIF a podobne. Presadzuje štandardné funkcie spracovania obrazu ako ostrenie, vyhladzovanie, úprava kontrastu, detekcia hrán a mediánové filtrovanie, softvér dokáže sčítat plochy, pixely, ekvalizovať histogram, merať vzdialenosti a uhly a má veľa iných dôležitých funkcií. Softvér umožňuje robiť geometrické transformácie ako rotácia, zmena mierky, prevrátenie obrazu. Takisto je možné využiť priestorovú kalibráciu, kalibráciu hustoty a úrovne šedej farby. Prednosťou programu ImageJ je jeho možnosť rozšírenia pomocou Java pluginov, ktoré si môžeme jednoducho nainštalovať a tak prispôbiť spracovanie a analýzu podľa svojich potrieb. Mnohé firmy priamo integrujú software na analýzu obrazu ako štandardné vybavenie do svojich zariadení (Wojnar, 1999).

Obraz sme upravovali pomocou formátu TIF.



*Obrázok č. 2 Základné menu programu ImageJ*

### 3.1.2 Segmentácia obrazu

Segmentácia je postup, ktorý rozdeľuje obraz na časti, ktoré majú silnú súvisť s objektami alebo oblasťami skutočného sveta zobrazenými v obraze. Výsledkom segmentácie je obraz, ktorý je možné využiť pri následnej analýze obrazu.

Metódy segmentácie delíme na:

- metódy založené na obrazových bodoch, sem patria techniky založené na hranách a prahovanie
- metódy založené na oblastiach. Ich námet je založený v hľadaní homogénnych oblastí v obraze

Jedným z prostriedkov segmentácie je prahovanie, na ktoré sa v mojej práci zameriam.

### 3.1.3 Analýza obrazu

Po segmentácii vzorky môžeme vybranú plochu spočítať, zmerať vzdialenosti, plochu, priemer alebo aj obvod. Analýzou sa ďalej zisťujú odtiene farieb objektov, porovnávajú histogrami a iné veličiny. Cieľom našej práce je meranie veľkosti plochy a obvodu defektu.

## **3.2 Charakteristika meraného materiálu**

### **3.2.1 Vlastnosti materiálu**

Vlastnosti keramických materiálov presne popisuje a charakterizuje norma ČSN 72 0000 Keramické názvoslovie, ktorej súčasťou sú aj vlastnosti keramických surovín a výrobkov. Presne sa tu opisuje každá jedna vlastnosť ktorú keramické výrobky majú. Je prekvapivé, že keramika má cez 75 vlastností. Každá z nich je očíslovaná, presne pomenovaná a opísaná čím sa daná vlastnosť vyznačuje. Medzi základné vlastnosti patrí: abrazívnosť, belosť, pevnosť v ohybe, náraze, ťahu, tlaku a torzii, oteruvzdornosť, uzavretá pórovitosť a žiaruvzdornosť (ČSN 72 0000).

### **3.2.2 Problematika výrobného procesu**

Výrobný proces sanitárnej keramiky je zložitý proces skladajúci sa z mnohých častí ako napr.: príprava hmôt, prekládka materiálu, váženie ílu, rozplavovanie, presun hmôt, napustenie foriem výrobnou šlikou, vypustenie prebytočnej šliky, vháňanie vzduchu do foriem, odlievanie keramiky, sušenie, glazovanie, vypalovanie, triedenie, balenie. Špeciálny typ výroby keramiky je vysokotlakovým liatím. Zloženie výrobnéj hmoty je dané tak, aby vypálený črep mal požadovanú nasiakavosť do 1%, aby výrobná hmota mala potrebnú vytvarovaciú schopnosť a aby sa vytvorené výrobky nezávadne sušili a vypalovali. Skladba výrobnéj hmoty v uvedených medzných hodnotách sa mení a prispôsobuje podľa zloženia a vlastností použitých surovín tak, aby boli dodržané všetky požadované vlastnosti výrobku a súčasne i požadované vlastnosti hmoty pri výrobnéj technológii.

Príprava hmôt – výrobná hmota pre sanitárnu keramiku sa skladá predovšetkým z presne stanovených zmesí rôznych druhov ílu a kaolínu, a zo zmesí živice, piesku a prísady mletých keramických črepov, ktoré sa do zmesi pridáva ako ostrivo kvôli zvýšeniu pevnosti črepu v surovom stave. Táto zmes sa sem dováža v cisternách cca 25 ton a pneumatically sa transportuje do zásobného sila o objeme 100 ton. Kaolíny

odtiaľto ďalej putujú dopravníkom cez elevátor do zásobných síl, odkiaľ sa potom primiešavajú do výrobných zmesí. Už v tejto fáze prebieha kontrola kvality. Odobrané vzorky prejdú niekoľkými skúškami v laboratóriu, kde sa zistí či zloženie dodávky zodpovedá atestom. Pokiaľ vzorka nezodpovedá atestom dodávka sa reklamuje, neprevezme a vracia sa naspäť.

Váženie ílu – do skriňového podávača (automatická váha) sa navezú jednotlivé druhy ílov podľa predpísanej receptúry. Keď je podávač naplnený, automaticky spustí prepravník, ktorý preveze celú dávku do dvoch turbo rozplavovačov, ktoré zmes ďalej upravujú. Pri tomto procese je dôležité udržiavať predpísanú teplotu prostredia. Tento proces je aj veľmi hlučný.

Rozplavovanie – dvomi rozplavovačmi sa dopravovaná zmes ílov mieša s vodou a počas piatich hodín sa v nich rozomelú všetky zložky na drobné časti, čím vzniká homogénna ílová suspenzia o objemovej hmotnosti okolo 1500kg/m<sup>3</sup>. Tvrdé komponenty a nežiadúce prvky, ktoré sa nerozplavia, sa pri preprave do zásobníkov ílovej suspenzie zachytia na sítach a oddeľujú sa od zmesi. Odtiaľ sa cez automatický merací systém dávkuje suspenzia do miešacích nádrží. V miešacej nádrži pri rozmiešavacej rýchlosti sa prisype zhora zo síl predpísané množstvo kaolínu a zmes živice s jemným pieskom a nadrobno namletými keramickými čepmi. Po rozmiešaní pri vyššej rýchlosti sa hmota ďalej udržiava v pohybe za znížených otáčok miešača. Tým vzniká tzv. Čerstvá hmota objemovej hmotnosti približne 1800kg/m<sup>3</sup>, ktorá je už veľmi podobná výrobných šlik z ktorej sa odlieva keramika. Tá sa ďalej prečerpáva cez kaskádu sietí a magnetov do zásobníkových nádrží, kde sa mieša približne v pomere 1:1 s vratnou šlikou a s rozplevenými odpadmi z výroby. Po otestovaní v laboratóriu sa pripravená liaca hmota upraví na potrebné parametre a prečerpá sa do homogenizačných zásobníkov o objeme 80m<sup>3</sup>. Tieto zásobníky sú tri a šlika nimi prejde za tri dni. Do prvého sa čerpá zmes, v druhom sa hmota dotvára a homogenizuje miešanie a z nej sa odoberajú vzorky na testovanie. Z poslednej nádrže sa plnia už výrobné nádrže v prevádzke.

Vznik črepu – princíp výroby črepu je založený na schopnosti sádrovej formy odsáť vodu z keramického lejúceho kalu. Tým dochádza k usadzovaniu častíc hmoty na povrchu formy. Po uzavretí foriem teda prichádza k ich napusteniu výrobnou šlikou. Vysušená sádrová forma začne z hmoty okamžite odsávať vodu a na jej povrchu sa rovnomerne usadzujú častice šliky. Približne po 45 minútach dosahuje hrúbka črepu 9 až 9,5 mm a jeho tvorba sa umelo zastaví vypustením prebytočnej šliky, ktorá sa vracia



naspäť do prípravovne hmôt, kde sa mieša s čerstvou hmotou. Po vypustení zostane vo forme hrubý polotovár výsledného keramického prvku, ktorý sa musí nechať vo forme čiastočne ztuhnúť, aby sa výrobok mohol bez deformácií vybrať z formy. Preto sa do foriem začne ihneď vháňať vzduch, ktorý čiastočne urýchli tuhnutie črepu. Približne 35 minút po odpustení sa forma otvorí a keramiku je možné vybrať. Črep sa ešte stále nachádza v surovom stave, z ktorého postupne prechádza do stavu zeleného (tmavý črep), koženého (tmavo béžový črep) tu sa prevádza najväčší objem všetkých retušov, začistenie špár a drobných úprav, až do stavu bieleho (béžový črep). Keramika putuje z odlievacej linky rovno do sušiarne, kde postupne vyschne, zatiaľ čo odlievacie formy je nutné pri teplotách až 40 stupňov Celzia do druhého dňa dokonale vysušiť. V tejto fáze výroby prebiehajú ďalšie kvalitatívne skúšky kvality. Je tu malé laboratórium, v ktorom prebiehajú každý deň skúšky kvality šliky odobrané zo zásobovacích nádrží. Odlievateľ prevádza vizuálnu kontrolu každého črepu a jeho drobné opracovanie. Pri niektorých výrobkoch navyše odrezáva pomocné diely a plochy. Každý výrobok potom označí svojou značkou, rovnako ako aj všetci ostatní zamestanci, ktorým prejde výrobok pod rukami.

Sušenie – z foriem sa keramické črepy prevádzajú priamo do sušiarne a v jednej zo 4 sušiacich komôr dôjde počas 11 hodinového cyklu s presne nastavenou teplotnou krivkou k ich vysušeniu. Každá sušiareň má kapacitu 24 vozov s tovarom a sušiareň ide v dvojsmennej prevádzke. Po vysušení sa výrobok dostáva do bieleho stavu a prebieha takzvaná biela kontrola každého kusu. Pre odhalenie rôznych mikrotrhliniek sa keramika pretiera petrolejom, ktorý v mieste trhliny vytvorí viditeľnú čiaru.

Glazovanie – z bielej kontroly ide každý výrobok rovno ku glazovaniu. Glazúra s ručným striekaním sa nanáša v kabínach v rovnomernej hrúbke minimálne 0,6 – 0,7 mm, pretože jej hrúbka po vypálení by sa mala pohybovať medzi 0,4 – 0,5 mm. Glazúra zložená z kaolínu, fritov (rozbité sklo) a z jemného piesku je obdobou výrobného hmoty pre keramiku s vlastnosťami bližším sklu a po vypálení vytvorí na črepe potrebný sklovitý povrch. Glazúra sa z dôvodu ľahšieho nanášania a lepšej kontroly hrúbky násterku zafarbuje podľa typu rôznymi organickými farbivami. Táto farba sa v peci celkom vypáli a v glazúre nezanechá žiadne stopy. Zelená glazúra sa používa pre najbežnejšiu bielu farbu glazúry. V Znojme sa glazuje ručne v glazovacích kabínach ale v Bechyni je možné vidieť aj glazovacie automaty. Pri glazovacích kabínach sa nachádzajú aj vylievacie vaničky, ktoré sa používajú pre glazovanie vnútorných kruhov alebo sifónov, ku ktorým nemá glazovač prístup pomocou

strikacej pištole. Tieto časti sa teda vylievajú glazúrou nižšej hustoty vo vylievacej vaničke. Po zaschnutí glazúry sa na výrobky nalepí logo, ktoré sa v priebehu výpalu zataví do glazúry. Výrobky vybavené glazúrou sa ukladajú priamo na pecné vozy. Ďalšiu kontrolu každého výrobku prevádza glazovač pri jeho nástreku.

Vypalovanie – sanitárna keramika v podobe, v ktorej sa s ňou stretávame vzniká po vypálení v peci. Je to kontinuálna pec nemeckého výrobcu Riedhammer, ktorá patrí vo svojom obore k absolútnej špičke. Na pecné vozy sa opatrne ukaladá približne 18 kusov keramiky a vozy vchádzajú do pece v intervaloch 13 – 16 minút podľa potreby výroby. Prejazd pecou trvá pecnému vozcu celkom 14 – 18 hodín. Pri vypálení dochádza k zmršteniu keramiky o 10 %. Výrobky sa po glazovaní umiestňujú na 3 – 4 milimetrové polystyrénové podložky, ktoré zabraňujú poškodeniu surového výrobku pri nakladaní a počas transportu do pece. Polystyrén v peci celkom zhorí a na vozoch zostane len vypálená keramika. Niektoré tvarovo komplikované prvky vyžadujú dokonca osadenie na vypalovacie podložky. Tie sa pripravujú ručným liatím a na pecné vozy sa osadzujú v rovnakom stave, takže sa pri vypalovaní zmršťujú rovnako a spolu. Z rovnakého dôvodu sa napríklad nádrže od kombinovaných klozetov vypaľujú spoločne s osadenými vekami a do konštrukcie vario klozetov sa vkladajú vložky pre výpal v súčasnosti nahradzované podpernými stĺpkami pre opetovné použitie. Vozíky vchádzajú najprv do sušiarne, ktorá je integrovanou súčasťou pece. Tam príde k vysušeniu prebytočnej vlhkosti, ktorá by pri nábehu vysokých teplôt v peci spôsobila explóziu výrobku. Potom vozy prechádzajú postupne pecou s presne nastavenou teplotnou krivkou. Nastavenie pece a priebeh výpalu patrí medzi hlavné parametre výroby a dominantne ovplyvňuje konočné vlastnosti produkcie. Oxidačné plamene vyhrievajú keramiku zospodu. Po prejazdde žiarovým pásmom, kde teplota dosahuje až 1250 stupňov celzia, dochádza najprv k rýchlemu a potom postupnému chladeniu keramiky. Teplotná krivka je nastavená tak, aby v keramike nedochádzalo k vzniku dodatočných trhlin a degradačným procesom z titulu rýchlych objemových zmien. Priamo v peci dochádza tiež ku kvalitatívnym kontrolám a rôznym testom. Každý deň prechádza pecou skúšobná vzorka glazúry, ich vzhľad je hodnotený ako jeden z najlepších ako v rámci koncernu, tak aj v porovnaní s konkurenciou. Jedenkrát týždenne navyše prechádza pecou skúšobný voz s várkou vzoriek bez glazúry aj s glazúrou, ktoré sú určené pre rôzne mechanicko fyzikálne testy a skúšky (priehyb, pevnosť, deformácia, nasiakavosť a podobne).

Triedenie – po vypálení v peci prichádza k hlavnej výstupnej kontrole a triedeniu produkcie. Prebieha tu vizuálna kontrola, premeriavanie výrobkov vrátane merania pripojovacích roztečí, alebo tlakové skúšky tesnosti keramického črepu. Výrobky, ktoré vyhovujú náročným kritériám na kvalitu povrchovej úpravy, tvarovú a rozmerovú presnosť, putujú ďalej do priestoru balenia. Výrobky, ktoré kritériá nespĺňajú, sa delia na opraviteľné a neopraviteľné. Opraviteľné sa opravujú teplou alebo studenou opravou. A neopraviteľné sa z výroby vyradia a likvidujú sa. To znamená, že z výroby odchádzajú iba výrobky prvej triedy kvality, výrobu iných kvalitatívnych tried spoločnosť nepripúšťa.

Balenie – posledným miestom, ktoré keramika prechádza pred svojou expedíciou, je baliareň. Výrobky sa balia do fólie alebo do kartónu, pričom stále viac sa balí do kartónu. Predovšetkým výroba na export a drahšie sady sa balia do kartónu. Na výrobky sa tu lepí niekoľko nálepiek pre ľahšiu obchodnú orientáciu, keramika sa navzájom skladá, balí a zatavuje. V tejto oblasti je stále čo vylepšovať a inovovať. Vymýšľajú sa nové skladania výrobkov, ich ukladanie a prekladanie rôznymi podložkami, doskami a sieťkami tak, aby pri transporte nedošlo k ich poškodeniu. Je to síce často na úkor produktivity práce, ale je to podstatná služba voči zákazníkovi. Ďalšou službou pre zákazníkov je vypalovanie loga na prianie laserom. Je to obdoba umiestnenie loga. Táto operácia sa prevádza v oboch závodoch a ide o ponuku vlastnej identity pre produkty, ktoré si zákazník kúpi. Tu na koci výrobného procesu kontrolami kvality eliminujeme množstvo vyradených výrobkov na minimum a pri každom výrobku môžeme podľa systému značiek jednotlivých pracovníkov dohľadať, cez koho prešiel vadný kus, alebo kto chybu spôsobil. Na keramike najdeme značky nalievača, prehliadača, glazovača a triediča. Priamo na palete je aj značka baliča. Toto napomáha pozitívne motivovať zamestnancov prémievými zložkami za kvalitu a v konečnom dôsledku to vedie k jej vysokej kvalite.

Vysokotlakové liatie – je to patentovaný spôsob výroby z roku 1985 firmy LAUFEN. Ide o liatie rovnakej šličky (akurát teplota je vyššia – 40 stupňov celzia) do foriem z porézneho plastu, ktoré sa skladajú z 2 – 4 dielov. Nové formy sa skladajú z 5 dielov a sú to formy na liatie klozetových mís. Čo bolo dlhú dobu nemožné, existoval len spôsob liatia jednoduchých tvarov – nádrže, stĺpy a podobne. K vytvoreniu črepu vnútri vo forme prichádza za vyvinutia vysokého tlaku 10 – 12 barov. Po vybratí výrobku z formy prichádza k tým istým operáciám ako u konvenčného, sádrového

liatia. Výhodou vysokotlakového liatia je rýchlosť. Jeden cyklus trvá cca 20 minút, životnosť foriem je 35 – 40 tisíc naliatí. (Čech, 2005)

### **3.2.3 Charakteristika defektov materiálu**

Vady keramických materiálov presne popisuje a charakterizuje norma ČSN 72 0000 Keramické názvoslovie. Táto norma stanovuje české a slovenské názvy a definície základných pojmov vyskytujúcich sa vo všetkých keramických odboroch t. j. pri keramických surovinách, stavebnej, úžitkovej, technickej a žiarovzdornej keramike. Uvedené názvy sa používajú v technických podkladoch, odbornej literatúre, učebniciach, príručkách a v hospodárskom styku. Všetky názvy v tejto norme je potrebné chápať v súlade s názvom normy ako názov v keramike. Viacslovné názvy je možné v texte, pokiaľ to neohrozí jeho zrozumiteľnosť, primerane zjednodušiť. Vady výrobkov jemnej keramiky ďalej presne určuje norma ČSN 72 4805 Vady výrobkov jemnej keramiky – Názvy a definície. Vadou výrobku jemnej keramiky sa rozumie nežiadúca odchýlka od predpísaného tvaru a vzhľadu, dovolené medze tejto odchýlky stanovujú príslušné technické normy a ostatné technické dokumentácie (technologické postupy, výkresy, referenčné vzorky a pod.). Norma je rozdelená do dvoch kapitol. Prvá z nich zahŕňa vady črepu a druhá vady dekorácie. (ČSN 72 4805)

## **3.3 Zistenie geometrických vlastností defektov**

### **3.3.1 Snímanie defektov**

Na snímanie obrazu sme vybrali digitálnu zrkadlovku fotoaparát Olympus E-520 zobrazený na obrázku č. 3. Pri snímaní sme si scénu skomponovali prostredníctvom LCD displeja, ktorý má uhlopriečku 2,5 palca. Počet jeho zobrazovacích bodov korešponduje pre jednoduchosť obsluhy AF hľadáča, farebnosť a kontrast sú na výbornej úrovni. Okrem reálneho histogramu umožňuje využívať

mnoho rôznych režimov zobrazení. Snímanie zaist'uje 10 megapixelový CCD senzor s uhlopriečkou 1/2,7", ktorý má rozlíšenie 3648 x 2736. O spracovanie grafických dát sa stará objektív ZUIKO DIGITAL, štandardný zoom, 14 – 42mm 1:3,5-5,6. Digitalizovaný signál sa posiela do počítača na ďalšie spracovanie alebo uloženie. (Russ 2006) Obraz sme nasnímali rozlíšením 3648 x 2736 s funkciou makro, ktorá nám zabezpečila lepšie zaostrenie pri malej vzdialenosti od vzorky.



**Obrázok č. 3** Olympus E-520 použitý na zosnímanie obrazu

Russ (2004) uvádza, že CMOS kamery majú v súčasnosti vyššiu hladinu šumu v porovnaní s CCD kamerami. Existujú dva základné typy čipov, ktoré sa líšia ako technológiou výroby, tak aj v niektorých detailoch svojej činnosti a ich názov je CCD a CMOS (Kúš, 2008). CCD má však svoje kvality, ktoré CMOS ešte stále v niektorých oblastiach nedokáže plnohodnotne nahradiť (Kúš, 2008).

### 3.3.2 Analýza defektu

#### 3.3.2.1 Softvér ImageJ

ImageJ je napísaný v Jave, ktorá umožňuje prevádzkovať na Linuxe, Mac OS X a Windows, v oboch 32-bit a 64-bit režimu. ImageJ a jeho zdrojový kód Javy sú voľne k dispozícii a vo verejnej doméne . Žiadna licencia nie je potrebná. ImageJ má veľké a dobré po celom svete užívateľské komunity. Viac ako 1700 užívateľov a vývojárov. Automatizácia úloh a vytváranie vlastných nástrojov, pomocou makier . Generovať kód makra pomocou príkazu rekordéra a ladenie pomocou makra debugger . Viac ako 300 makrá sú k dispozícii na webovej stránke ImageJ. Rozšíriť ImageJ rozvojových pluginov pomocou ImageJ je postavený v textovom editore a Javy. Viac ako 500 pluginov je k dispozícii . Použite ImageJ ako spracovanie obrazu toolkit (knihnica triedy) vyvinúť applety, servlety alebo aplikácie.

#### **Rýchlosť:**

ImageJ je svetovo najrýchlejší čisto Java program pre spracovanie obrazu. Je možné filtrovať 2048x2048 obraz v 0,1 sekundy (\*). Ktorý je o 40 miliónov pixelov za sekundu!

#### **Dátové typy:**

8-bit v odtieňoch sivej alebo indexované farby, 16-bit celé číslo bez znamienka, 32-bit floating-point a RGB.

#### **Formáty súborov:**

Otvoriť a uložiť všetky podporované dátové typy ako TIFF (nekomprimovaný), alebo ako nespracované dáta. Otvoriť a uložiť vo formáte GIF, JPEG, BMP, PNG, PGM, záchvaty a ASCII. Open DICOM. Otvoriť TIFF, GIF, JPEG, DICOMs a surových dát pomocou URL. Otvoriť a uložiť mnoho ďalších formátov pomocou pluginov .

#### **Zobrazovanie obrázkov:**

Nástroje sú pre zoomovanie (1:32 až 32:1) a posúvanie obrazu. Všetky analýzy a spracovania funkcie pracujú pri akomkoľvek zväčšení faktor.

**Výbery:**

Vytvorenie obdĺžnikové, eliptické alebo nepravidelné plochy výberov. Vytvorte líniové a bodové výbery. Úpravy selections a automaticky vytvorí ich pomocou prútika. Kresliť, vyplňte, jasné, filtrovať alebo opatrenia výbery. Uložiť výber a Transer na iné obrázky.

**Vylepšenie obrazu:**

Podporuje vyhladzovania, ostrenie, detekcia hrán, stredné filtrovanie a prahovanie ako 8-bit v odtieňoch sivej a RGB farebné obrázky. Interaktívne upraviť jas a kontrast 8, 16 a 32-bitové obrázky.

**Geometrické operácie:**

Plodín, mierka, veľkosť a otočenie. Prevrátiť vodorovne alebo zvisle.

**Analýza:**

Meranie plochy, priemer, smerodajnú odchýlku, minimálny a maximálny výber alebo celého obrazu. Meranie dĺžok a uhlov. Využitie reálneho sveta jednotiek merania, ako je milimetrov. Kalibráciu za použitia noriem hustoty. Generovať histogramy a profil pozemkov.

**Editácia:**

Vystrihnúť, kopírovať alebo vkladať obrázky či výbery. Vložiť pomocou AND, OR, XOR, alebo "Blend" režimy. Pridajte text, šípky, obdĺžniky, elipsy alebo polygónov na obrázky.

**Spracovanie farieb:**

Split 32-bitový farebný obrázok do RGB alebo HSV komponenty. Zlúčiť 8-bitové komponenty do farby obrazu. Prevod obrazu RGB do indexovaných 8-bitové farby. Použiť pseudo-palety farieb na obrázky v odtieňoch sivej.

**Zásobníky:**

Displeji "hromada" súvisiacich obrazov v jednom okne. Proces celého stohu pomocou jediného príkazu. Otvorte priečinok obrazov ako zásobník. Uložiť komíny ako súbory s viac-image TIFF.

### 3.3.2.2 Meranie obsahu a plochy defektu

Pre analýzu meraných údajov sme použili matematické výpočty. Vypočítame obsah plochy, obvod a dĺžku. Po identifikácii objektov algoritmus jednoducho spočíta samostatne stojace vyplnené plochy, pričom môže určiť, akú plochu zaberajú a podľa zvolených kritérií ich rozdeliť do kategórií, či urobiť štatistiku rozdelenia podľa veľkosti. (Rasband, 2008).

## 4 Výsledky práce

### 4.1 Merané defekty

#### 4.1.1 Spracovanie obrazu

Obraz možno snímať, previesť do digitálnej podoby a ďalej počítačovo spracovávať pomocou metód spracovania a analýzy obrazu. Tieto postupy sú využívané predovšetkým pre kvalitatívnu akvantitatívnu analýzu horninových štruktúr, textúr a objektov (zrná, častice, póry, dutiny, inklúzia, trhliny, apod). Celý proces spracovania obrazu sa obvykle skladá z nasledujúcich krokov:

- snímanie a digitalizácia obrazu,
- predspracovanie obrazu,
- segmentácia obrazu,
- spracovanie segmentovaného (binárneho) obrazu,
- analýza obrazu.

Je zrejmé, že čím viac štatistických metód poznáme, tým väčšie sú možnosti analýzy a tým vyššia pravdepodobnosť úspešného riešenia možného problému (Hrubec, 2000). Proces zavádzania metód štatistického riadenia kvality v organizáciách sa začína



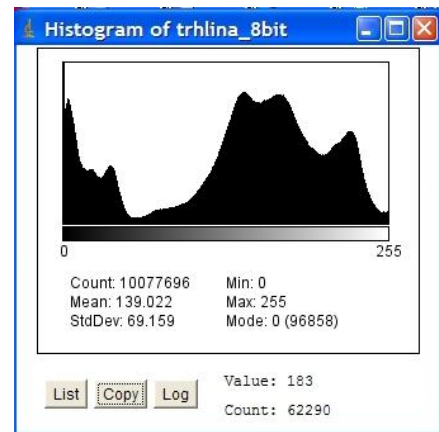
obyčajne uplatnením štatistickej prebiecky, čiže na výberovej kontrole sa urobí rozhodnutie, či prijať alebo neprijať dávku na základe výsledkov z výberu, pokračuje zavedením štatistickej regulácie procesu a potom sa často začínajú uplatňovať aj metódy navrhovania experimentov (Terek, 2004).

#### *Zväčšenie:*

Pre zväčšenie defektu vzorky a presnejšiu analýzu sme obrázky zväčšili 1,4 krát, čo sa rovná veľkosti obrazu 60 x 50 mm, čomu pri zväčšení na rozlíšenie 800 x 600 patrí 16 pixelov na mm.



a)



b)

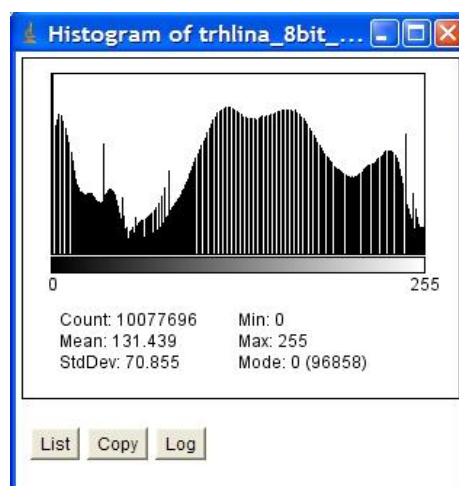
**Obrázok č. 4** a) originál vzorky b) histogram vzorky

#### *Ekvalizácia histogramu:*

Pre väčší kontrast v obraze sme použili ekvalizáciu histogramu. Ekvalizáciou (vyrovnávaním) sme mali v záujme dosiahnuť ideálny histogram, ktorý má rovnaký počet z každej zastúpenej jasovej hodnoty. Pridaním hodnoty o 0,5% sme dostali výsledný obraz.



a)



b)

**Obrázok č. 5** a) Ekvalizácia vzorky b) Ekvalizovaný histogram

*Prevedenie obrazu:*

Nakoľko prahovanie si vyžaduje úpravu na čiernobiely obraz, transformovali sme obraz na čiernobiely t. j. 8 bitový obraz.



**Obrázok č. 6** Čiernobiely obraz - 8 bitový formát

*Vyhladzovanie:*

Medzi nelineárne metódy vyhladzovania patrí funkcia mediánový filter, ktorú sme pri vyhladzovaní použili. Cieľom vyhladzovania bolo odstrániť veľké jasové rozdiely v okolí bodu.



**Obrázok č. 7** *Vyhľadzovanie obrazu pomocou funkcie mediánový filter*



**Obrázok č. 8** *Prevod obrazu na čiernobiely pomocou funkcie make binary*



**Obrázok č. 9** *Ručné gumovanie pomocou programu Windows skicár*

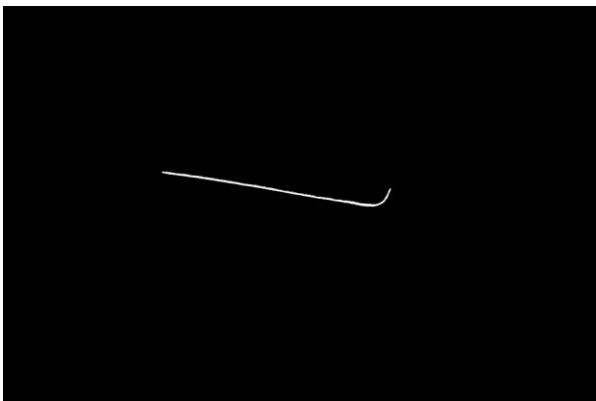
### *Prahovanie:*

Ak histogram obrazovej funkcie je bimodálny, to znamená, že predmety v obraze majú výrazne odlišnú hodnotu jasu od pozadia. Lokálne minimum medzi dvoma špičkami histogramu je vhodné použiť ako prahovú hodnotu. (Blászovits, 2006). Prahovaním sme chceli oddeliť kraje tmavých a svetlých bodov ako môžeme vidieť na obrázku č. 10. Automatické prahovanie prostredníctvom programu ImageJ funkciou *threshold* sme kvôli nedokonaleému a nepresnému spracovaniu obrazu použili manuálne spracovanie defektu v programe na úpravu obrázkov Windows skicár vygumovaním ostatných rušivých elementov. Obraz po funkcii *make binary* je na obrázku č. 11. Výsledný obraz po funkcii *thresholding* je na obrázku č. 12. Obraz vytvorený funkciou hľadanie okrajov *find edges* je vyobrazený na obrázku č. 13. A na obrázku č. 14 je vidno výsledok zistenia veľkostí pomocou programu Irfan view.



a)

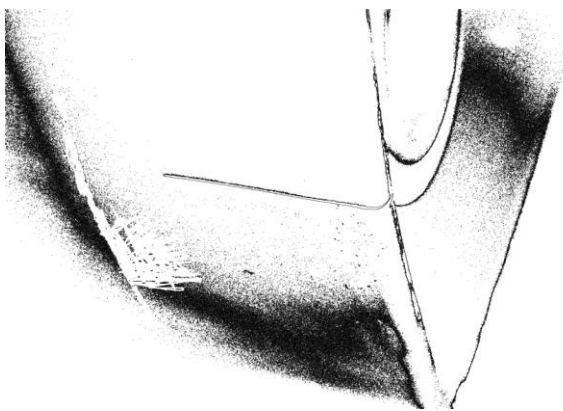
**Obrázok č. 10** a) Úprava obrazu gumovaním



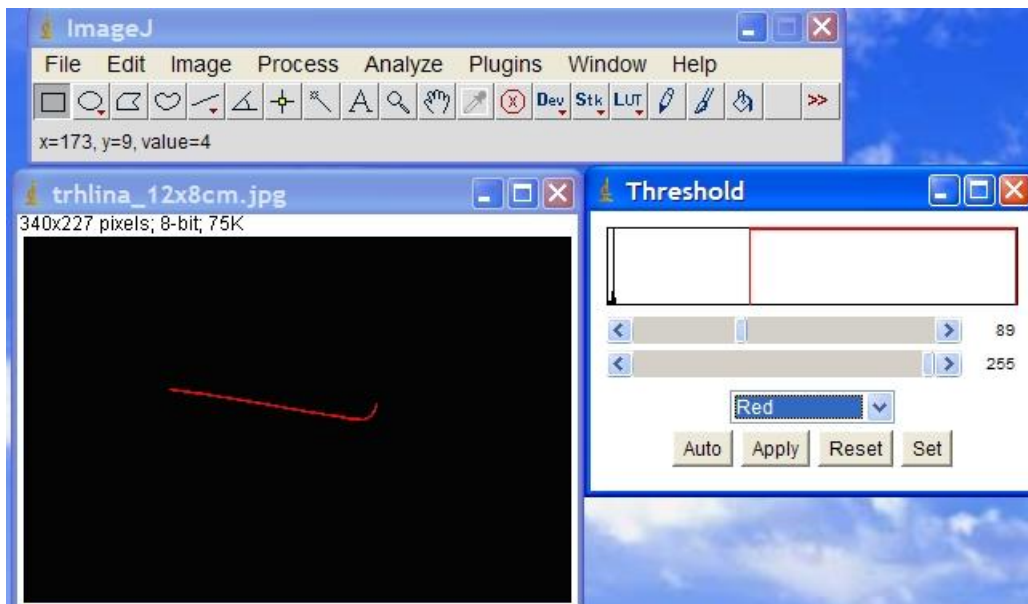
**Obrázok č. 11** Vytvorený binárny obraz



**Obrázok č. 12** *Obraz vytvorený prahovaním*



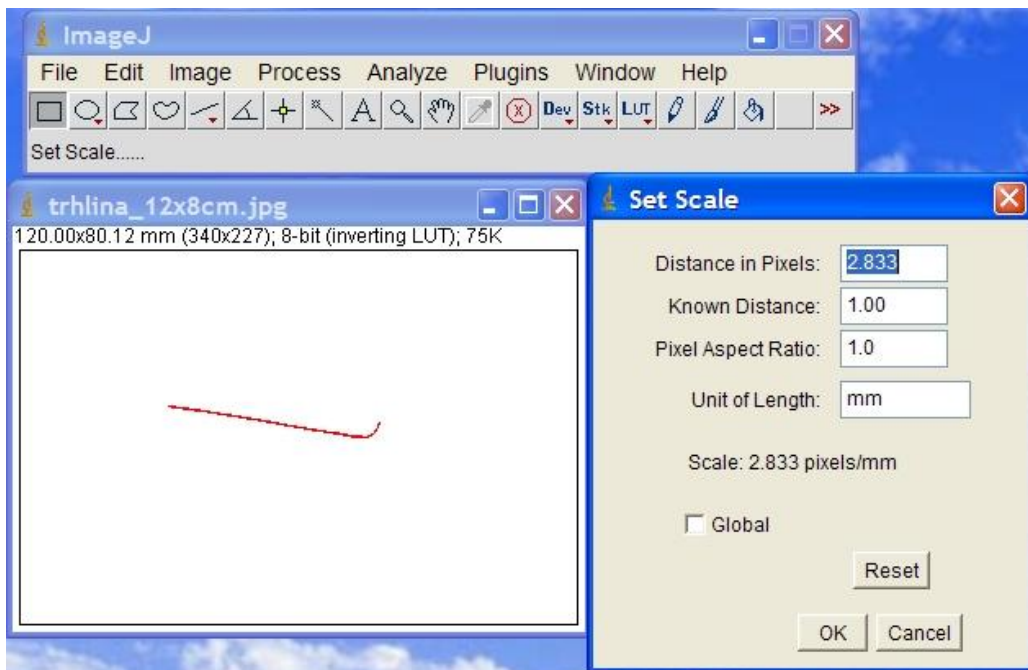
**Obrázok č. 13** *Obraz vytvorený funkciou hľadania krajov*



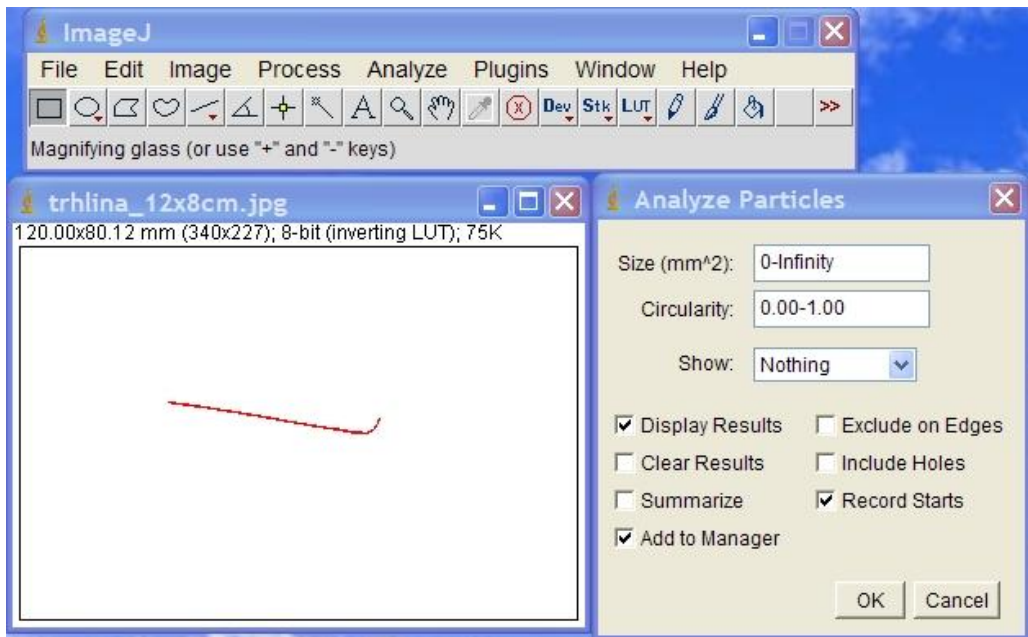
**Obrázok č. 14** *Pohľad na trhlinu po prahovaní a prevode na 8bitový obraz*

#### 4.1.2 Analýza obrazu defektu

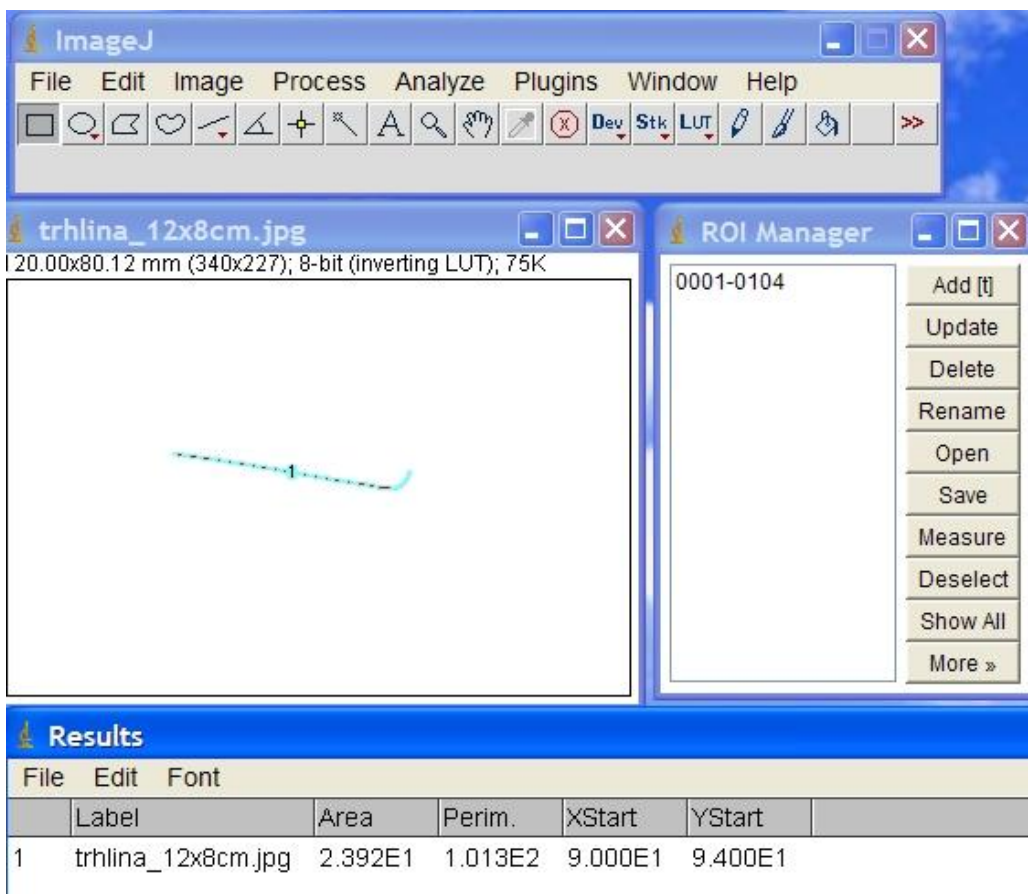
Nakoniec po spracovaní obrazu nám ostal posledný krok, analýza obrazu. Spracovali sme ju pomocou funkcie *Analyze particles*, ktorá nám podľa našich zadaných kritérií kvantifikovala výsledný obraz konkrétnymi číslami a dátami. Najprv sme si však zadali škálu obrázok č. 15. Potom sme pokračovali funkciou analýzy *analyze particles*, čo znázorňuje obrázok č. 16 a na koniec sme urobili výsledný obraz v ktorom máme už aj zobrazené číselné výsledky skúmaného defektu čo je vidieť na obrázku č. 17. Zaujímala nás hlavne plocha defektu  $S$  v  $\text{mm}^2$  a obvod defektu. Analýzou obrazu sme zistili, že defekt na keramike má plochu veľkú  $23,92 \text{ mm}^2$  a jeho obvod je  $101,3 \text{ mm}$ .



Obrázok č. 15 Pohľad na nastavenie škály.



*Obrázok č. 16* Obraz po analýze particles



*Obrázok č. 17* Výsledný obraz s výsledkami našej práce

## Diskusia

Pri našej práci sme zistili, že na obrazovú analýzu nebolo možné využiť automatizáciu úprav obrazov, ktoré nám umožňoval softvér ImageJ, ale boli sme nútení dopracovávať prahovanie ručne v programe windows skicár. Predpokladanou príčinou bolo zlé osvetlenie vzorky počas expozície, čím nám vznikli oblasti málo kontrastné so svetlejšími a tmavšími plochami po stranách, ktoré nám použitý program nedokázal rozlíšiť a tým dostatočne oddeliť. Na ten istý problém upozorňuje aj Russ (Russ, 2004) ktorý uvádza, že pri spracovaní obrazu sa nevyhneme ľudskej interakcii pri snahe získať čo najdokonalejší obraz pre analýzu. Automatické metódy sa zvyčajne snažia tieto elementy minimalizovať, pretože nám môže vystaviť rôzne nežiadúce premenné. Dokonca aj s automatickými technikami výber vhodného algoritmu závisí na našich vedomostiach o obraze. Niektoré techniky prahovania zas môžu byť celkom komplexné a môžu nedokonalosti v procedúrach obmedzovať. Avšak sú ale situácie, v ktorých triviálnym ľudským výberom funkcií a rozmerov ktoré majú byť merané, je tá najrýchlejšia a najlepšia metóda hlavne pri menšom počte obrazov.

Niekedy pri analýze obrazu sa automatická metóda počítania objektov ukázala ako presné riešenie. Tak to uvádza aj Russ (Russ, 2004), ľudia nie sú veľmi vhodný na manuálne meranie alebo počítanie. To že robia pri počítaní chyby bolo doložené mnohokrát. Tam je vynikajúca prednosť nechať robiť počítač to čo vie najlepšie, a to je meranie, počítanie a zaznamenávanie výsledkov popri zachovanej ľudskej schopnosti rozlišovania drobných detailov.



## **Návrh na využitie výsledkov**

Z našej práce vyplýva, že počítačové spracovanie obrazu je bezkontaktná metóda, ktorá nám dovoľuje merať mikroštruktúry aj makroštruktúry povrchov rozličných materiálov. Dáva nám možnosť kvantitatívne ale aj kvalitatívne zhodnotenie podľa veľkosti plochy, obvodu, tvaru ale aj veľkosti uhlov, vzdialeností medzi objektmi a iných geometrických funkcií vrátane hodnotenia podľa farieb. V praxi môže byť tento spôsob využitý v technických odboroch pri hodnotení kvality štruktúry kovových materiálov, deformácií, abrazívnych opotrebení a ďalších kritérií. Z výsledkov našej práce vyplýva aj to, že použitý spôsob je možné implementovať do výrobného procesu výroby sanitárnej keramiky a tak sledovať jej kvalitu, čím je tiež možné určiť jej výslednú kvalitu a akosť.

## Záver

Naša práca sa zaoberala počítačovou analýzou štruktúry defektu sanitárnej keramiky. Ako vzorka bol použitý stojací klozet so spodným odpadom s trhlinou o veľkosti približne 10cm. Obraz sme zosnímali digitálnou zrkadlovkou fotoaparátom Olympus, ktorý spĺňa podmienky, ktoré sme na detailné zobrazenie obrazu potrebovali. Zvolili sme si metódu počítačového spracovania obrazu, ktorá sa zakladala na zmenšení obrazu, ekvalizovaní histogramu, vyhladení mediánovým filtrom, prevedení na čiernobiely obraz, prahovaní a následnou analýzou obrazu. Analýza sa zaoberala hlavne veľkosťou plochy, obvodu a dĺžky defektu. Tieto úpravy je možné urobiť voľne dostupným softvérom ImageJ verzia 1.44o, ktorý sme takmer na všetky operácie využili. Pri spracovaní obrazu sme prišli na problém pri prahovaní, kedy sa nám škála šedej farby medzi sebou miešala a bolo ťažké od seba kraje trhliny oddeliť automaticky, tak sme vykresľovanie rysov dopracovávali manuálne. Pravdepodobnou príčinou vzniku problému bolo nerovnomerné rozloženie svetla pri snímaní vzorky. Zistili sme že veľkosť plochy defektu vzorky je 23,92 mm<sup>2</sup> a jeho obvod je 101,3 mm.

## Použitá literatúra

1. BLÁSZOVITS, G. 2006. *Interaktívna učebnica spracovania obrazu*. [online]. Bratislava: Knižničné a edičné centrum FMFI UK, 2006, [cit. 2009-3-4], Dostupné na internete: <<http://dip.sccg.sk/>> . ISBN 80-89186-08-4.
2. ČECH, P. 2005. *Prohlídka výrobního závodu*. Znojmo LAUFEN CZ 2005
3. ČECH, P. 2007, keramické závody JIKA, Znojmo 2007, *interná príručka školiaceho centra*.
4. ČSN 72 0000. 1987 *Keramické názvoslovie*
5. ČSN 72 4805. 1991. *Vady výrobkov jemnej keramiky, Názvy a definície*
6. HRUBEC, Jozef. 2000. *Riadenie kvality*. Nitra : SPU, 2001. 203 s. ISBN 80-7137-849-6.
7. KÚŠ, P. – DRŽÍK, M. – PLECENIK, A. a i. 2008. *Moderná mikroskopia a digitálne spracovanie obrazu*. Bratislava : UK, 2008. 125 s. ISBN 978-80-89186-37-2.
8. PÁNEK, Z. 2007 *Sen o keramike*. Bratislava SAV Silikátnik 2007
9. RASBAND, W.S., *ImageJ*, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, .[online]. 2008, [cit. 2009-04-10] Dostupné na internete: <<http://rsb.info.nih.gov/ij/>, 1997-2008>
10. RUSS, John C. – RUSS, Ch. 2007. *Introduction to image processing and analysis*. USA : CRC Press LLC, 2007. 355 s. ISBN 0-8493-7073-6.
11. RUSS, John C. 2004. *Image analysis of food microstructure*. USA: CRC Press LLC, 2004. 369 s. ISBN 0-8493-2241-3.
12. RUSS, John C. 2006. *The image processing handbook*. 5<sup>th</sup> ed. USA: CRC Press LLC, 2006. 817 s. ISBN 0-8493-7254-2.
13. TEREK, M. – HRNČIAROVÁ, Ľ. 2004. *Štatistické riadenie kvality*. Bratislava: Iura Edition, 2004. 231 s. ISBN 80-89047-97-1.
14. VADÁSZ, P. 2007. *Recyklácia žiaruvzdornej keramiky*. Košice: TU, HF. 2007
15. WOJNAR, L. 1999. *Image analysis applications in materials engineering*. USA: CRC Press LLC, 1999. 245 s. ISBN 0-8493-8226-2.
16. ZIKA P. 2002. *Mechanické vlastnosti keramických materiálov 2002*. Ústna informácia, citované zo dňa, 22.11.2010, Znojmo

17. ZIKA P. 2002. *Hodnotenie nasiakavosti keramických materiálov 2002*. Ústna informácia, citované zo dňa, 22.11.2010, Znojmo