

# Fraktální analýza tiskových struktur

O. Zmeškal, M. Nežádal, M. Buchníček, J. Fedák\*

Ústav fyzikální a spotřební chemie, FCH VUT Brno, Purkyňova 118, 612 00 Brno

\*Katedra polygrafie a aplikované fotochemie, CHTF STU, Radlinského 9, 812 37 Bratislava

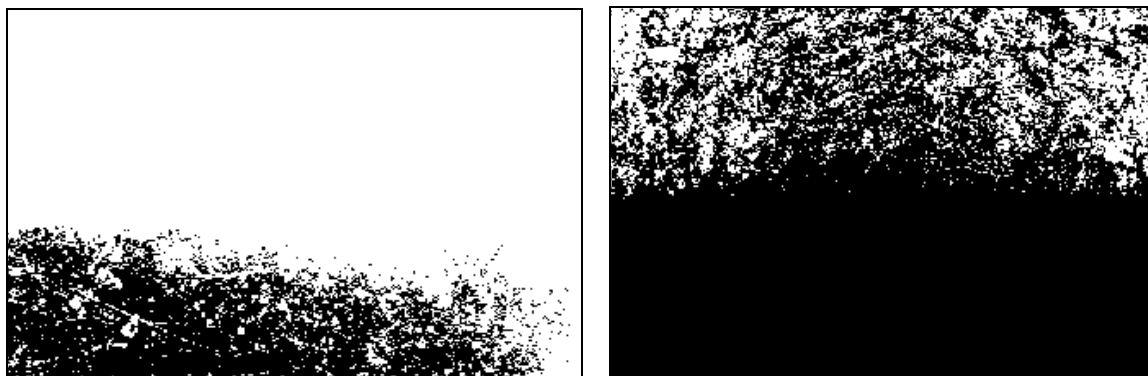
V příspěvku [1] tohoto sborníku byla hodnocena kvalita tiskového zobrazení z hlediska optického nárůstu tiskového bodu vlivem absorbce světla (rozptýleného v papíru) rubovou stranou barvy. V této části bude věnována pozornost hodnocení kvality papíru a s tím souvisejícím rovnoměrném pokrytí papíru barvou.

Papír je vláknitý, značně porézní materiál. Po nanesení barvy na jeho povrch dochází (v závislosti na jeho reologických vlastnostech) k difúznímu procesu během něhož barva (respektive její těkavější složky) proniká do vnitřní struktury papíru. To se navenek projeví rozpíjením a snížením barevné ostrosti. Dochází k porušení obvodové kontury tiskového bodu. Tento jev se označuje jako geometrický nárůst tiskového bodu.

Oba nárůsty vnímáme současně. Hodnota nárůstu není stejná v celém tónovém rozsahu. Při 5% a 95% rastru má zanedbatelnou hodnotu. V maximu, které je mezi 50% a 75% dosahuje hodnot 10 – 28% v závislosti na druhu papíru a použité technologii tisku.

## 1. Podstata metody

Podkladem pro fraktální analýzu mohou být obrazové struktury získané pomocí měřicí aparatury popsané v [1] a korigované na časově závislý teplotní šum a nerovnoměrné osvětlení vzorku.

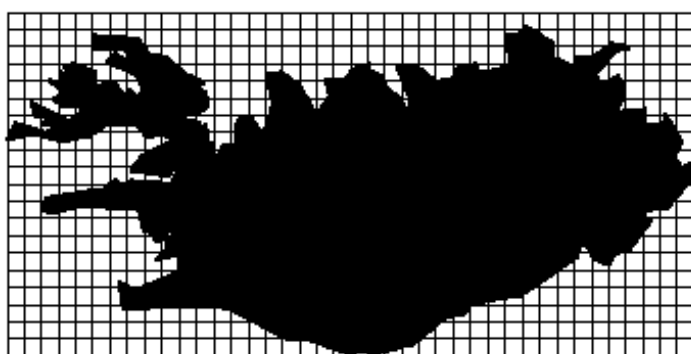


Obr. 1. Fraktální struktury maskovaného obrazu tiskové hrany pro oblast papíru ( $G_L \leq 48$ ) a pro oblast tisku ( $G_L \leq 186$ )

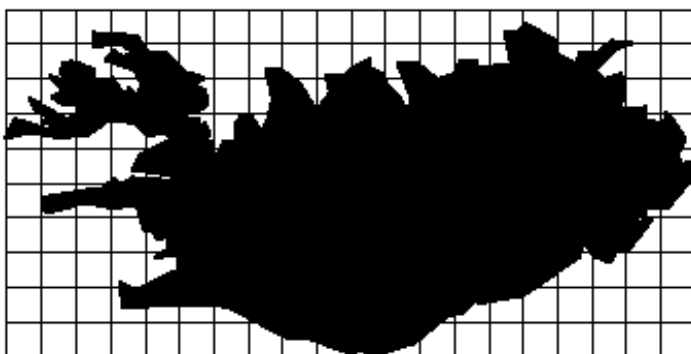
Pro další zpracování byla digitalizovaná data převedena na 256 odstínů šedé ( $I = 0,299 R + 0,587 G + 0,114 B$ ) a poté maskována. Pro zvolený odstín šedé ( $G_L$ ) byla tmavším barvám přiřazena hodnota 0 (černá) a světlejším barvám přiřazena hodnota 255 (bílá). Vznikla tak fraktální struktura, která byla dále vyhodnocována (obr. 1).

Byla zjišťována tzv. fraktální dimenze  $D$ , která charakterizuje zaplněnost bílé ( $D_W$ ), černé ( $D_B$ ) plochy (respektive velikost rozhraní  $D_{BW}$ ) maskovaného obrazu. Pro zcela černou (resp. bílou) plochu by se fraktální dimenze rovnala dimenzi topologické (euklidovské), tj. rozměru plochy  $D = E = 2$  [2].

Ke zjištění zaplněnosti plochy lze použít různé metody. Velmi často se používá Box Counting Method (metoda počítání čtverců), která umožňuje stanovení závislosti počtu čtverců pokrývajících objekt (černá plocha) na jejich velikosti (viz obr. 2).



a)  $\varepsilon = 2, N(\varepsilon) = 168$



b)  $\varepsilon = 4, N(\varepsilon) = 76$

Obr. 2. Určení fraktální dimenze  $D_B$  pomocí metody počítání čtverců [5],  $D_B = 1,27$

Ukazuje se, že tuto závislost lze pro fraktální struktury vyjádřit vztahem

$$N_B(\varepsilon) = K_B \cdot \varepsilon^{-D_B}, \quad (1)$$

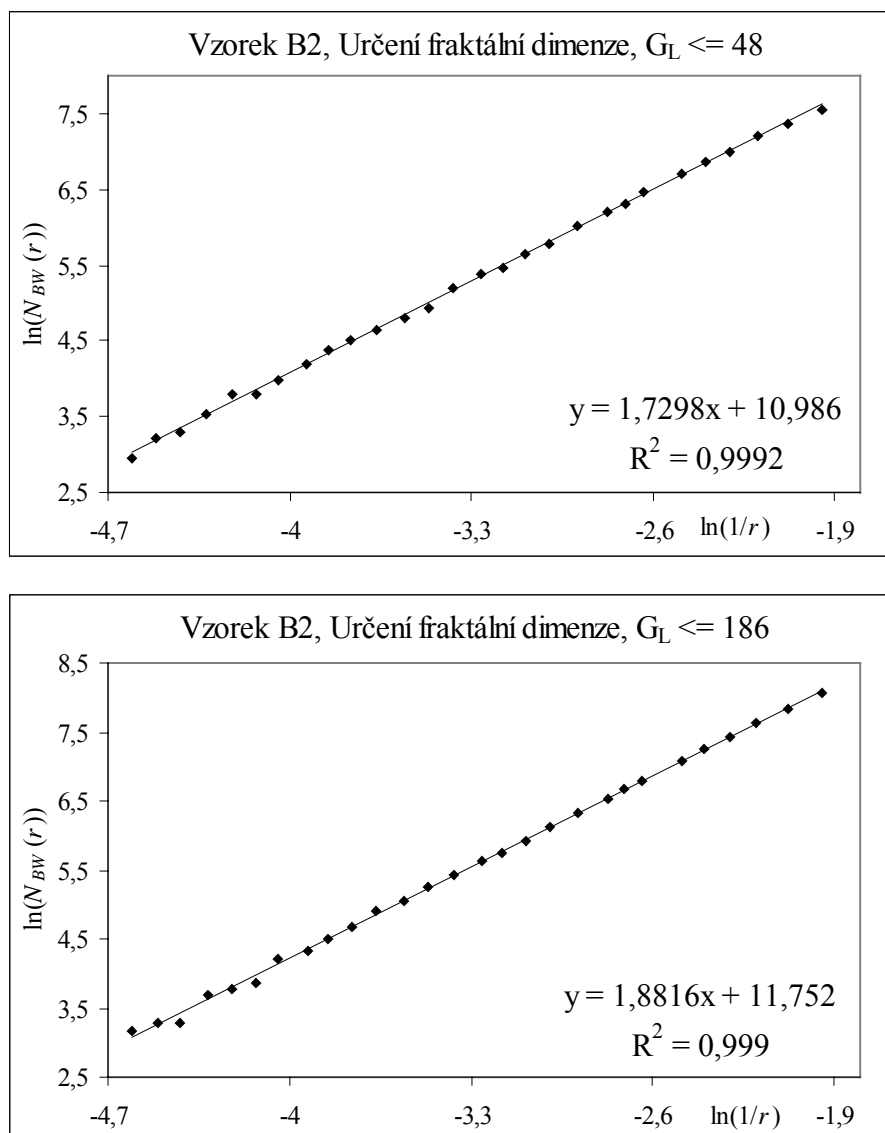
kde  $\varepsilon$  je velikost strany čtverce a  $K_B$  je tzv. fraktální míra [3], [4], [5].

Tato metoda byla v [2] rozšířena o počítání čtverců nepokrytých (bílá plocha) a částečně pokrytých (bez ohledu na procento pokrytí). Byly tak zjištěny tři fraktální dimenze, které charakterizují vlastnosti fraktální struktury maskované plochy. Největší význam má ta, která popisuje vlastnosti rozhraní

$$N_{BW}(\varepsilon) = K_{BW} \cdot \varepsilon^{-D_{BW}} \quad (2)$$

Pro struktury z obr. 1 jsou závislosti  $\ln(N_{BW}) = f(\varepsilon)$  uvedeny na obr. 3.

Z obr. 3 jsou zřejmé poměrně dobré lineární závislosti (regresní koeficienty  $R > 0,99$ ), proto i hodnoty fraktální dimenze  $D_{BW} = 1,73$  (resp.  $D_{BW} = 1,88$ ) jsou věrohodné.



Obr. 3. Určení fraktální dimenze fraktálních struktur z obr. 1 a)  $D_{BW} = 1,7298$ , b)  $D_{BW} = 1,8816$

## 2. Experimentální data

Pomocí popsané metody byly zkoumány vzorky potištěného papíru. Jednotlivé vzorky se lišily metodikou tisku a druhem papíru, na něž byl tisk proveden. Z každého vzorku byly připraveny tři obrazy (oblast nepotištěného, oblast úplně potištěného a oblast rozhraní potištěného a nepotištěného papíru). Po nasnímání každého vzorku byl zaznamenán šumový obraz a všechny připravené vzorky byly šumově opraveny. Dále byla provedena oprava z hlediska nehomogenity osvětlení [1]. V příspěvku jsou uvedeny výsledky následujících vzorků:

- B1, B2, B3 – digitální tisk, matně natíraný papír,
- C1, C2, C3 – digitální tisk, ofsetový papír,
- D1, D2, D3 – ofset, matně natíraný papír,
- E1, E2, E3 – ofset, natíraný lesklý papír,

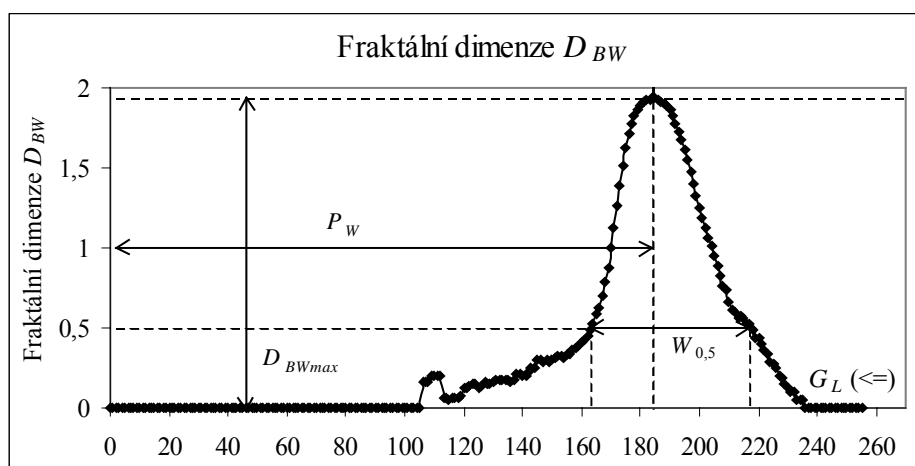
F1, F2, F3 – ofset, novinový papír,

G1, G2, G3 – ofset, ofsetový papír.

Pořadová čísla určují oblast tisku (1), oblast hrany (2) a oblast nepotištěného papíru (3).

### 3. Fraktální analýza nepotištěného papíru

Pro potřeby fraktální analýzy byly změřeny tři digitalizované obrazy pro různé druhy papíru (obrazová struktura samotného papíru, potištěné plochy a tiskové hrany). Pomocí metody popsané v *kap. 1* byla postupně měněna maska v intervalu 0 – 255 (odstíny šedé) a byly zjišťovány fraktální dimenze jednotlivých maskovaných obrazových struktur. Typický průběh fraktálního spektra nepotištěného papíru je uveden na *obr. 4*.



Obr. 4. Typické fraktální spektrum nepotištěného papíru

Pozice maxima píku  $P_W$  odpovídá celkové bělosti papíru, čím je  $P_W$  vyšší, tím je papír bělejší. Pro dokonale bílý papír bude fraktální spektrum tvořeno pouze nulovými hodnotami fraktální dimenze (pro žádný odstín šedé nebude vytvořena fraktální struktura). Šířka píku  $W_{0,5}$  je nepřímo úměrná vyhlazení povrchové struktury papíru. Čím je povrch papíru hladší, čím více je povrch papíru „homogenizován“, tím menší je počet odstínů šedé, pro něž objekt vykazuje určitou míru „fraktality“ ( $D_{BW} > 0$ ). Výsledky měření jsou sumarizovány v *tab. 1*.

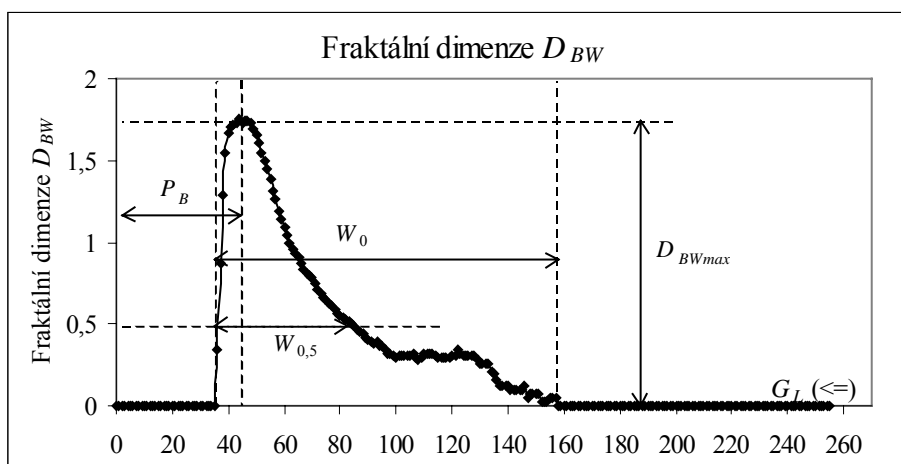
Tabulka 1

Označení	$P_W (G_L)$	$D_{BWmax}$	$W_0 (G_L)$	$W_{0,5} (G_L)$
B3	187	1,9345	116	55
C3	187	1,9183	133	54
D3	192	1,8620	136	34
E3	189	1,8671	80	37
F3	147	1,8664	155	88
G3	182	1,9064	165	58

Z výsledků plyne, že bělost testovaných papírů je vyrovnaná, nejbělejší je vzorek D3 (matně natíraný papír). Výrazně nejhorším vzorkem, co se bělosti týče je vzorek novin, který je o cca 40  $G_L$  tmavší než ostatní vzorky. Co se týče hladkosti povrchu, nejlepší jsou lesklé a matně natírané papíry, použité v ofsetovém tisku (E3 a D3). Ofsetový papír použitý pro ofsetový tisk (G3) se ve všech měřených parametrech nápadně podobá vzorku papíru C3 (ofsetový papír použitý pro digitální tisk). Lze tvrdit, že tyto papíry jsou shodné. Naproti tomu vzorky, které jsou označeny jako matně natíraný papír (B3 a D3) se příliš neshodují. Nejhorším papírem (z hlediska zahlazení povrchové struktury) byl vzorek novinového papíru (F3).

#### 4. Fraktální analýza potištěné plochy

Obdobným způsobem byly analyzovány všechny vzorky potištěného papíru. Opět bylo vyhodnocováno fraktální spektrum, které charakterizuje kvalitu pokrytí daného papíru barvou (obr. 5). Pro ideální tisk (dokonale černá plocha) by bylo toto spektrum opět tvořeno pouze nulovými hodnotami (na obraze nejsou žádné hrany).



Obr. 5. Typické fraktální spektrum potištěného papíru

V reálném případě se ve fraktálním spektru potištěného papíru objeví pík, jehož maximum má pozici  $P_B$ . Z měření plyne toto: pozice píku  $P_B$  je úměrná převažujícímu odstínu barvy. Čím více se pozice píku  $P_B$  blíží nule, tím je výsledný odstín tisku tmavší. Šířka píku je úměrná krycí schopnosti barvy a kvalitě potiskovaného papíru. Čím je pík užší, tím lépe barva zastírá povrchovou strukturu světlého papíru a tím menší je počet odstínů šedé  $G_L$ , které jsou v obraze zastoupeny (projeví se fraktální dimenzí  $D_{BW} > 0$ ). Malá šířka píku může též znamenat vyhlazenou povrchovou strukturu potiskovaného papíru.

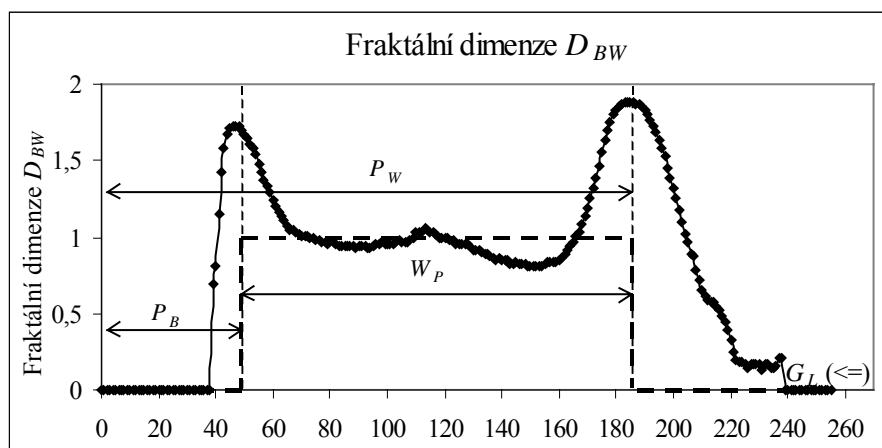
Výsledky měření pro všechny analyzované vzorky jsou sumarizovány v *tab. 2*.

*Tabulka 2*

Označení	$P_B (G_L)$	$D_{BWmax}$	$W_0 (G_L)$	$W_{0,5} (G_L)$
B1	47	1,7429	125	50
C1	62	1,8917	121	81
D1	59	1,9098	90	39
E1	57	1,7942	92	31
F1	66	1,9108	101	60
G1	67	1,9225	121	84

## 5. Fraktální analýza tiskové hrany

Při fraktální analýze tiskové hrany bychom logicky měli dostat spektrum, které bude dáno superpozicí spektra nepotištěného papíru (*obr. 4*) a potištěné plochy (*obr. 5*). Ve skutečnosti dostaneme spektrum, které je uvedeno na *obr. 6*. Z obrázku je zřejmé, že v oblasti píků je tento předpoklad splněn, v oblasti rozhraní (interval  $W_P$ ) je odchylka poněkud větší.

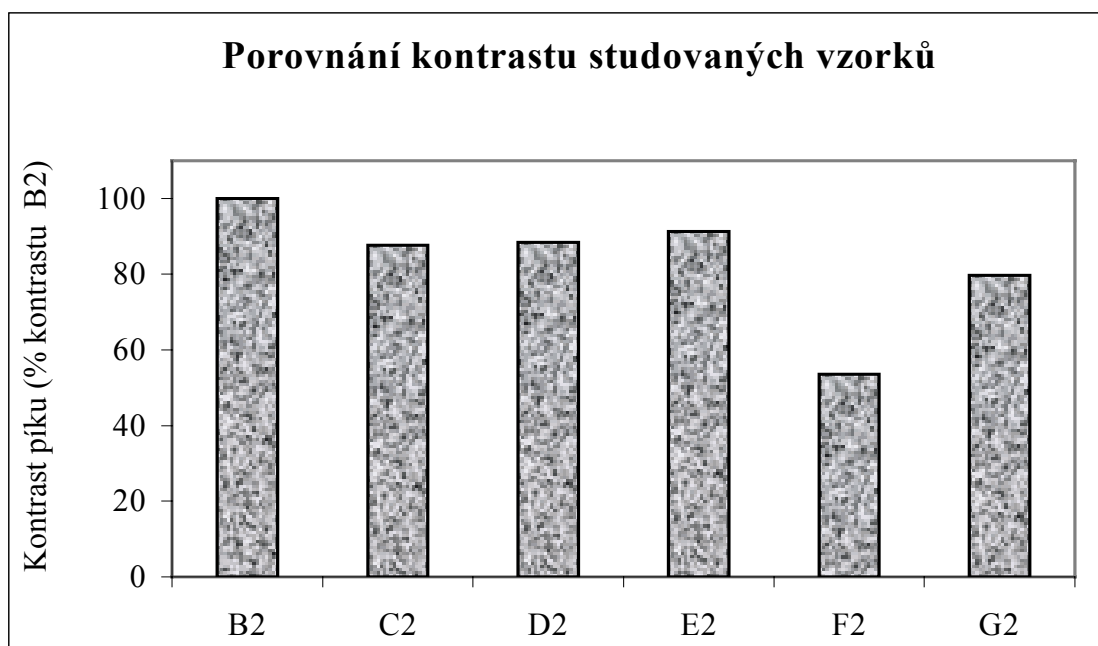


*Obr. 6.* Typické fraktální spektrum tiskové hrany

Pro ideální hranu by měla být fraktální dimenze rovna topologické (euklidovské) dimezi přímky ( $D = E = 1$ ). Hodnoty menší jak 1 ukazují na nespojitou strukturu rozhraní. Pro srovnání je na obrázku čárkovně znázorněno fraktální spektrum dokonalé hrany se stejnou barvou papíru a potištěné plochy odpovídající maximu spektra ( $G_L = 186$ ,  $G_L = 48$ ). Píky ve spektru odpovídají postupnému vyplňování plochy (potištěný nebo nepotištěný papír) maskovanými body. Vzdálenost píků  $W_P = P_W - P_B$ , kde  $P_W$  a  $P_B$  jsou pozice maxim „černého“ a „bílého“ píku odpovídá kontrastu potištěné a nepotištěné plochy. Výsledky měření jsou sumarizovány v *tab.3* a sloupcovém grafu na *obr. 7*.

Tabulka 3

Označení vzorku	$P_B$	$P_W$	$W_P$
A2	38	180	142
B2	48	186	138
C2	61	182	121
D2	66	188	122
E2	57	183	126
F2	72	146	74
G2	73	183	110



Obr. 7. Porovnání kontrastu studovaných vzorků

Pokud přiřadíme vzorku s nejlepším kontrastem (B2, ofset, natíraný lesklý papír) referenční hodnotu 100%, pak zjistíme, že ostatní vzorky jsou vzájemně vyrovnané (C2 87,7%; D2 88,4%; E2 91,3%; G2 79,7%). Výrazně horší je pouze vzorek novinového papíru (F2 53,6%).

## 6. Závěr

Podářilo se prokázat, že fraktální analýzou lze získat údaje, které dobře koreluji s konvenčně vyhodnocovanými kritérii kvality tisku. Metoda je natolik přesná, že ji lze použít jako analytický nástroj při identifikaci metodiky tisku a použitého papíru. Fraktální analýzou se také velmi citlivě odhalí vlastnosti optické soustavy použité při přípravě vzorků. Ačkoliv

jsme vyhodnocovali pouze některé vybrané body fraktální charakteristiky, její celkový průběh poskytuje velmi ucelenou informaci o studovaném obrazu. Další informace o využití fraktální analýzy je možné získat na www stránkách FCH VUT [6].

## 7. Literatura

- [1] Nežádal M., Zmeškal O., Buchníček M., Dvonka V.: *Harmonická analýza tiskových struktur*, sborník semináře Polygrafia Academica, Bratislava 2000
- [2] Nežádal M.: *Harmonická a fraktální analýza obrazových struktur*, Diplomová práce, Fakulta chemická VUT, Brno 2000
- [3] Jelinek H.: *Determination of Fractal Dimension*,  
[www.life.csu.edu.au/fractop/doc/notes/first.htm](http://www.life.csu.edu.au/fractop/doc/notes/first.htm), (1999).
- [4] Fooley J. D., van Dam A., Feiner S. K., Hughes J. F., Phillips R. L.: *Introduction to Computer Graphics*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, USA, (1997).
- [5] Bourke P.: *Fractal Dimension Calculator – Box Counting*,  
[www.swin.edu.au/astronomy/pbourke/fractals/fracdim/index.htm](http://www.swin.edu.au/astronomy/pbourke/fractals/fracdim/index.htm), (1999).
- [6] Buchníček M., Nežádal M., Zmeškal O.: *Image Science Lectures*,  
[www.fch.vutbr.cz/lectures/imagesci](http://www.fch.vutbr.cz/lectures/imagesci)