

Volkanik Tüf Yüzeyi Gözeneklerinin Özelliklerinin Birikinti Geometrisi Kullanarak İncelenmesi

Mehmet BAYIRLI^{*1}, Abdülkerim PEKİN²

¹Balıkesir Üniversitesi, Fen Edebiyat ve Fakültesi, Fizik Bölümü, Çağış Kampusu, Balıkesir.

²Balıkesir Üniversitesi, BMYO Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü, Çağış Kampusu, Balıkesir.

Özet

Volkanik tüf yüzeylerinde oluşan birikintiler morfolojik açıdan benzersiz geometrik şekillere sahiptirler. Birikintilere ait yapısal özellikler, yüzeyde bulunan gözeneklerin geometrik yapısını ve sınırlarını belirler. Bu amaçla, doğal birikintileri bulunan volkanik tüf yüzeyi görüntüleri fotoğraf makinesi kullanılarak bilgisayar ortamına taşınmaktadır. Bu görüntüler farklı morfolojik yapılarına göre 8-bitli BMP resim formatına dönüştürülerek doğrusal olarak ölçeklendi. Gözenek yapılarının bazı morfolojik temel parametrelerini belirlemek için yüzey kaplama oranı, fraktal boyut değerleri ve çevre-alan ilişkisini belirleyen kritik üs değerleri hesaplanmaktadır. Bu çalışma klasik kayaç yüzeyi gözenekleri ve çatlakları belirlemede yararlı olabilir.

Anahtar kelimeler: Gözenekler, birikinti, ölçekleme, volkanik tüf, sayısal yöntemler.

A Study about Pores Properties on the Surface of the Volcanic Tuff using the Geometry of the Deposits

Abstract

Deposits forming on the volcanic tuff surfaces depict morphologically unique geometric shapes. Structural characteristic of such deposits determine the geometric structure and perimeters of the surface pores. In view of that, volcanic tuff surface images which contain natural deposits are transferred into a computer by means of photos taken with a camera. Having converted into an 8-bit BMP format with respect to their morphological structure, those images are then subjected to a linear scaling. In attempt to determine the basic morphological parameters; the surface coating proportion, fractal dimension values and the critical exponent value which determine the perimeter-area correlation are calculated. This study may be useful in determining the pores and cracks found on the surface of classic rocks.

Keywords: Pores, deposits, scaling, volcanically tuff, numerical methods.

* Mehmet BAYIRLI, mbayirli@balikesir.edu.tr, Tel: + 90 266 612 10 00.

1. Giriş

Doğal ve deneysel numune yüzeylerinde bulunan birikintilerin yapıları birbirleri ile karşılaştırıldığında çok farklı olabilir [1]. Bunlardan biri doğal volkanik tüf yüzeyinde gözlenen tüf birikinti (TB) leridir. Maden üreticileri tarafından değersiz bulunmasına rağmen volkanik tüf ve üzerindeki birikintilerin yapısal oluşum mekanizmalarını açıklamak için günümüzde birçok çalışma yapılmaktadır [2]. Bu birikintiler düzensiz, kahverengi veya siyah renkli görünüme sahiptir [1- 3].

Yanardağların püskürttüğü kül, kum ve lav parçacıklarından oluşan, çoğunlukla açık renkli, hafif gözenekli bir tür çökelti taşı özelliği gösteren, tabaklaşan ve bazı durumlarda tabakalaşma karakteri göstermeyen kayalar jeoloji biliminde volkanik tüf olarak tanımlanır. Bunlar yanar dağ lavlarının (küllerinin) yine volkanik diğer kalıntılarla birlikte katılması ya da yığılıp sıkışmasıyla oluşan yeğni, gözenekli kayaç özellikleri gösteren yapılarıdır [4]. Normal olarak aktif veya sönmüş volkanların yamaç ve eteklerinde genellikle tabakalar halinde bulunan, meydana geldiği kayaç özelliğine göre riolit tüfü, bazalt tüfü olarak adlandırılan volkanik küllerin kaynamış veya bağlanmış bir şeklidir. İçeriğine göre tüfler çok çeşitli şekilde isimlendirilirler. Aktif volkan püskürmesi ile büyük lav parçalarının kraterden fırladıktan sonra havada farklı eksenleri etrafında dönerek katılması ile oluşan kayalardır [5].

Volkanik tüfler ve yüzeyleri gözenekli yapıya sahiptir. Soğuma esnasında tüf kütlesi içinde bulunan gazların atmosfere karışırken iç bölgede ya da yüzeyinde gözeneklerin oluştuğu tahmin edilmektedir. Benzer koşullarda hidrotermal bir aktivite sonucu olarak kayacın yüzeyi veya ara yüzeylerini saran sediment sıvı içinde bulunan mangan ve demir iyonları indirgenme, çökeltme ve birikme yolu ile kahverengi ve siyah renkli lekeler oluşmaktadır. Lekeler veya birikintilerin geometrik yapısı, tüf yüzeyindeki gözeneklerin özelliklerini belirlemede yardımcı bir öge olarak gösterebilir. Geometrik yapıları Öklid geometri ile belirleme mümkün değildir. Bu amaç ile Fraktal geometri ve ölçekleme teorisi kullanılabilir.

Volkanik tüflerin yapısal özelliklerini belirlenmesi ile ilgili birçok çalışma yapılmaktadır. Yılgin ve Akkoca bir çalışmalarında, Bigadiç kilinoptilolitik tüfün kimyasını, yüzey alanı ve gözeneklerine farklı asitlerin etkilerini araştırmışlardır. Bu işlemler için en etkin asidin hidroklorik asit (HCl) olduğunu göstermişlerdir [3]. Helvacı ve Alaca Bigadiç bölgesi borat yatakları ve çevresini jeolojisi ve minorolojisi içinde volkanik tüf kayalarının özelliklerini belirlemişleridir [4]. Kuşcu ve Yıldız Ayazini (Afyon) bölgesinde bulunan tüflerin yapı taşı olarak ancak dış kaplamada sınırlı kullanılabileceğini vurgulamışlardır [5].

Schlueter ve arkadaşları berea, boise, massilon, Saint-gilles kayaları ve indiane kireç taşı üzerinde oluşan gözeneklerin geometrik özelliklerini elektron tarama mikroskobu kullanarak incelemişler ve gözeneklerin özelliklerinin belirlenmesi ile kayaların geçirgenliğinin belirlenebileceğini sonucuna ulaşmışlardır [6].

Diğer bir çalışmada, manyezit cevheri yüzeyinde oluşan mangan birikintilerinin şekil parametreleri hesaplanmıştır. Bu birikintilerin oluşum mekanizması ile ilgili rastgele seçimli jeolojik, fiziksel ve kimyasal aktiviteler oluşabileceği belirtilmektedir [7].

Bu çalışmada, volkanik tuf yüzeyinde oluşan birikintilerin şekil parametreleri ölçekleme teorisi kullanılarak hesaplanmıştır. Bu amaç ile doğal tuf resimleri çekilerek bilgisayar ortamına taşınmaktadır. Ölçeklenerek Fraktal boyut değerleri iki farklı yöntem kullanılarak hesaplanmakta ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu çalışma, volkanik tuf üzerinde çalışan bilim insanlarına özellikle yüzeylerindeki gözenekleri belirlemede yardımcı olabilir.

2. Yöntem

Volkanik tuf numuneleri, Balıkesir ili, merkez Çağış beldesinin yaklaşık 1 km güneyinde bulunan Bentonit üretim ocağından alınmıştır. Bentonit ocağının koordinatı K 39° 30' 07" ve D 28° 00' 28" olarak nevigasyon cihazı (TOMTOM XXLCE N14644) ile belirlenmiştir. Tuf yüzeyi birikintilerinin rastgele dağılımına göre görüntü resimleri fotoğraf makinesi (CANON EOS 1100D) kullanılarak elde edildi ve bunlardan seçilen tipik bir görüntü Şekil 1 de gösterilmektedir. Farklı görünüme sahip birikinti desenleri volkanik tuf yüzeyi veya ara yüzeylerde birikerek ve/veya çökerek birbirlerine göre farklı görünümlü morfolojik yapılar oluşturdukları gözlenmektedir. Çözünürlüğü yüksek görüntülerde birikinti yapıları volkanik beyaz tuf yüzeyin üzerindeki gözenek ve çatlaklarda yalnız bir şekilde fark edilmektedir. Morfolojik görünümü ve volkanik tuf yüzeyindeki gözeneklerdeki birikinti dağılımına göre üç farklı bölge seçilerek her biri TB1-A, TB1-B, TB1-C ve TB2-A, TB2-B ve TB2-C olarak isimlendirilmiştir. Birikintilerin morfolojik şekil parametrelerini hesaplamak için bunlar şekli 2 de gösterildiği gibi bilgisayar ortamına taşınmıştır. Görüntü netliğini sağlamak ve belirgiliği arttırmak için resimler Gaussian blur $\sigma=2$ değeri ile filtrelenmekte ve 8-bit değerli BMP resim formatına dönüştürülmektedir. Numune görüntülerin yanal kenarı uzunluğu L ve M pixel boyutlu dikdörtgen örgü içerisine taşınıp bilgisayarda imageJ programı kullanılarak doğrusal olarak ölçeklenmektedir [8, 9].

3. Bulgular ve Tartışma

Volkanik tuf yüzeyinde bulunan gözenek çatlakların içerisindeki birikintilerin oluşturduğu geometrik yapıların alan ve çevresi referans alınarak kolayca hesaplanabilen pek çok sayıda şekil parametresi tanımlanmıştır. Bunların çoğu klasik kaya yüzeyinde bulunan gözenek ve çatlak ve bunların içerisine çökelen veya biriken parçacıkların oluşturduğu yapıları karakterize etmek için kullanılmaktadır. Birikintilerin jeomorfolojisi farklı ve yüzeylerde rastgele dağılım göstermesine rağmen nispeten basit veya kaotik geometrik şekilleri vardır. Böylece, yoğun ve saçaklı yapıların bazı özelliklerini belirlemek için kolay hesaplanabilir ve kullanılabilir şekil parametrelerinin bazıları aşağıda özetlenmektedir.

3.1. Kaplama oranı

Volkanik tuf numunesini saran ve yüzey üzerindeki gözenekleri doldurarak sediment ve hidro termal sıvı içindeki mangan ve demir iyonları indirgenme, çökeltme ve difüzyon yolu ile geometrik bir görüntü veya yapı oluştururlar. Bu yapılar numunedeki gözenek geometrisini belirler. Herhangi bir yapının örgü üzerindeki birim yüzeyde biriken kütle fiziksel olarak "tanecik kümesi" olarak tanımlanabilir. Toplam kütlelerin örgü yüzey alanına oranı "kaplama oranı" kavramı olarak tanımlanabilir. Kaplama oranı numune yüzeyindeki gözenek yoğunluğunun bir ölçüsüdür. Böylece kaplama oranı ϕ

$$\phi(N, L) = N(\delta)(L \times M)^{-1} \quad (1)$$

bağıntısı ile hesaplanabilir. Burada $N(\delta)$ gözeneğe biriken parçacık sayısı L ve M ise örgünün yanal kenar uzunluklarıdır. Genelde yüzeydeki kaplama oranı yüzde değer referans alınarak belirlenir. Eğer kaplama oranı $\phi \rightarrow 1$ ise yüzey tamamen gözenekler ile kaplı anlamına gelir. Yani kaplama oranı $0 < \phi < 1$ arasında değişmektedir.

3.2. Fraktal boyut

Herhangi bir numune yüzeyinde oluşmuş birikintiler, o yüzeyde pürüzlülük oluşturur. Fraktal boyut değeri D , yüzeydeki pürüzlülüğünün bir ölçüsüdür. Bu değeri hesaplamak için tanecik yoğunluğu referans alınmalıdır. Gözenekleri dolduran birimsel tanecik yoğunluklarının toplamı birikinti kütlelerini ya da yaklaşık birikintinin yüzey alanını belirler. Buna göre birimsel tanecik yoğunluğu $\rho(r)$

$$\rho(r) = \begin{cases} 1 & \text{dolu} \\ 0 & \text{boş} \end{cases} \quad (2)$$

olarak tanımlanır. Bu çalışmada, volkanik tuf yüzeyi birikintilerinin fraktal boyut, D , değerini tahmin etmek için yaygın olarak kullanılan kutu-sayma (box-counting) algoritması kullanılmaktadır. Böylece

$$N(\delta) \propto \delta^{-D} \quad (3)$$

bağıntısındaki D değeri ilişkiyi karakterize eden bir kritik üs olarak fraktal boyut D değeridir. D değeri

$$D = \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{\log N(\delta)}{-\log(\frac{1}{\delta})} \quad (4)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Burada $N(\delta)$, δ birim yanal kenar uzunluklu dolu kare gözlerin sayısıdır. Fraktal boyut D değeri adım adım dolu kare gözle sayılarak tahmin edilir. Her adımda sonra δ değeri artırılır ve bu değere karşılık gelen $N(\delta)$ değeri hesaplanır. Bu çalışmada kullanılan kutu boyutu değeri için 2 nin üs değeri $\delta = 2^n$ ve $n=1, 2, 3, 4, \dots$ tamsayı olacak şekilde alınmaktadır. $1/\delta$ yatay, $N(\delta)$ düşey eksenini logaritmik değerlerinin eğimi alınarak fraktal boyut D değeri hesaplanır.

Genel olarak, eğer birikintiyi oluşturan parçacıklar bütün alt tabaka alanı dolduruyorsa, birikinti yapısı geometrik olarak iki boyutlu olup $D=2$ değerli kare, eğer bir boyutlu doğrusal bir yapıda ise $D=1$ değerindedir. Böylece fraktal boyut değeri $1 \leq D \leq 2$ arasında değerler alabilir. Fraktal boyut değeri volkanik tuf yüzeyinin yerel kompleksliğini ve pürüzlülüğünü belirleyen bir değer olarak tanımlanabilir.

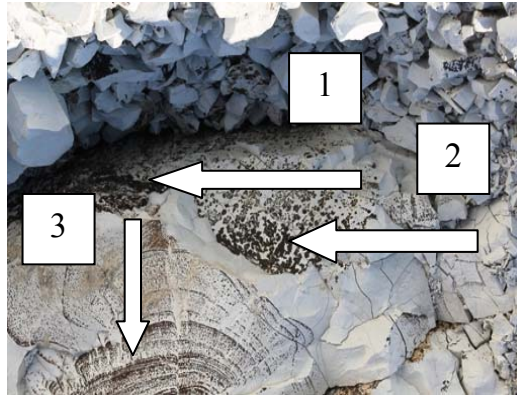
3. 3. Çevre-alan İlişkisi

Volkanik tuf yüzeyindeki birikintiler için alan (A)-çevre (P) arasındaki analiz ölçekleme teorisine göre üs-yasa ilişkisi ile belirlenir. Bu ilişki

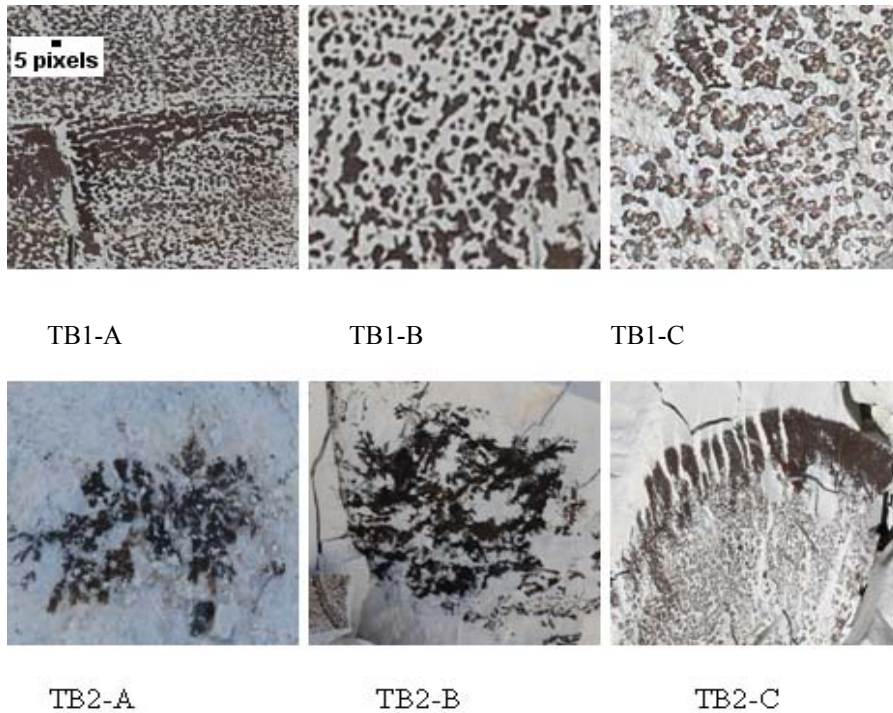
$$A(\delta) = CP(\delta)^{-\gamma} \quad (5)$$

bağıntısı ile hesaplanabilir. Burada C , A -ekseni üzerindeki kesim değeri, δ görüntü çözünürlüğünün değerine göre ayar parametresi ve γ , çizilen log A-log P in bir kritik üs olarak eğimidir. Sabit değer olan C ve γ , A-P verilerinin tümü üzerinden lineer nümerik regresyon yöntemi ile hesaplanır.

Doğal volkanik tüf görüntüleri ve TB1-A, TB1-B, TB1-C, TB2-A, TB2-B ve TB2-C olarak isimlendirilen numune yüzeylerinin birikintilere ait kaplama oranı ϕ , fraktal boyut değeri D ve çevre-alan ilişkisini belirleyen kritik üs γ değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 1 de özetlenerek sunulmaktadır. Ayrıca, örneklerden TB1-A nın çevre-alan ilişkisine ait kritik üs değeri hesaplanmakta ve diyagram Şekil 3 de gösterilmektedir.



Şekil 1. Tipik tüfün genel görünümü. Siyah ve kahverengi renkli birikintiler yüzeydeki gözeneklerde oluştuğu görülmektedir.

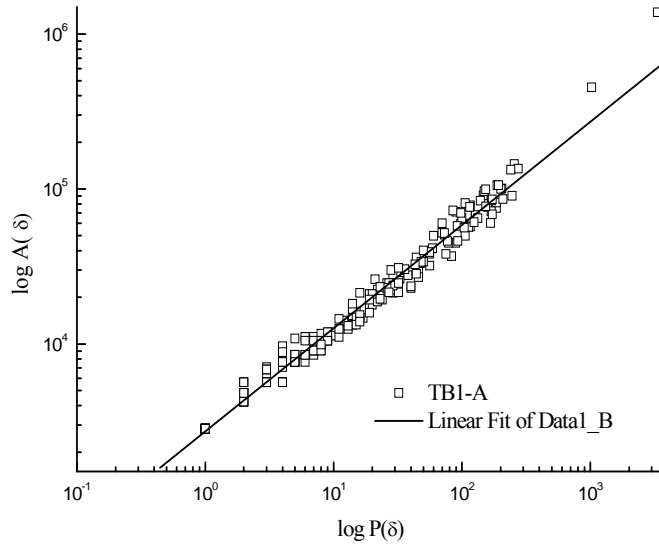


Şekil 2. Volkanik tüf yüzeyi gözenekleri birikinti dağılımına göre seçilen örnekler.

Şekil 1 de doğal gösel volkanik tuf yüzeyinde oluşmuş üç farklı birikinti bölgesi gözlenmektedir. Birinci bölgedeki düzlemde oluşmuş bütün bir yapı görünümündedir. İkinci bölgedeki ise yaklaşık 30^0 eğimli düzlemde birbirinden nerede ise bağımsız birikintilerdir. Üçüncü bölgedeki birikintiler ise yaklaşık 90^0 eğimli dik yüzeyde sistematik gözeneklerde sıralı olarak oluşmuş yapısal özellikler gösterir.

Şekil 2 de altı farklı bölgede birikintiler gösterilmektedir. TB1-A da yüzey üzerindeki bir çatlak etrafında çatlak ve etrafındaki gözeneklerde oluşmuş birikintiler gözlenmektedir. Çatlaktaki birikinti yoğunluğunun belirgin olması çatlak çevresindeki gözeneklere göre daha derin olduğunu göstermektedir. TB1-B de ise birikintiler rasgele yüzeye dağılmış ve geometrik olarak birbirine benzememektedir. TB1-C de ise sığ gözenekli bir yapı vardır. Birikintilerin renk dağılımı TB1-A ve TB1-B ye göre daha düzensiz ve açık renktedir.

TB2-A, TB2-B ve TB2-C de ise birbiri ile eklemli yüzeydeki gözenekleri dolduran birikintiler gözlenmektedir. Ancak TB2-C deki örnekte yüzeyin eğiminden dolayı birikintilerin uç bölgelerinde saçaklanma gözlenmektedir.



Şekil 3. Tipik gösel volkanik yüzeylerinden TB1-A ya ait $\log A(\delta)$ - $\log P(\delta)$ verilerinin grafiği. Bu örnek için kritik üs olarak eğim değeri yaklaşık 0.666 değerindedir.

Tablo 1. Volkanik tuf yüzeyi gözenekleri birikintilerine ait geometrik parametre değerleri.

Örnekler	Örgü boyutu (LxM)	Kaplama oranı (ϕ %)	Fraktal Boyut (D)	Kritik üs (γ)
TB1-A	457x508	16.206	1.857	0.666±0.005
TB1-B	355x327	28.015	1.759	0.662±0.003
TB1-C	414x431	29.215	1.751	0.638±0.005
TB2-A	543x342	35.670	1.640	0.626±0.006
TB2-B	412x500	24.615	1.741	0.604±0.003
TB2-C	412x516	12.102	1.754	0.657±0.001

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, görsel volkanik tüf yüzeyinde bulunan gözenek ve çatlakları belirlemek için bunların içersindeki gözlenen birikintilerin geometrik şekil parametreleri kullanılmaktadır. Bu amaç ile örnek tüf yüzeyi birikinti görüntüleri bilgisayar ile ölçeklenip bunlara ait kaplama oranı, fraktal boyut değerleri, birikintilerin çevre-alan ilişkisine ait kritik üs değerleri hesaplanmıştır. Örnekler iki ana gruba ayrılarak incelenmektedir. TB1-A, TB1-B, TB1-C isimlendirilen birinci grup için birbirinden bağımsız görüntü yoğunluğu göre derin gözenekli yapıdan sığ yapıya göre değiştiği tahmin edilmektedir. Bu özellikle kaplama oranlarını karşılaştırılması ile belirlenebilir. Ancak, TB2-A, TB2-B ve TB2-C ise birbirinden bağımsız birikintilerden oluşmaktadır. Bunların kaplama oranı azalmakta, fakat fraktal boyut değeri artmaktadır. Ancak tüm örneklerin çevre-alan ilişkisine ait kritik üs değeri ilginç bir şekilde 0.6 civarında dalgalanmaktadır. Ref. 6 daki kayaçların çevre-alan ilişkisine ait kritik üs değeri ise 0.4 civarında dalgalanmaktadır. Bu çalışmaya ek olarak tüf yüzeyindeki birikinti dağılım fonksiyonu belirlenebilir.

Kaynaklar

- [1] Barbarasi, A. L., Stanley, H. E., "Fractal Concepts in Surface Growth", **Cambridge, University Press**, Cambridge, (1995).
- [2] Vicsek T., "Fractal Growth Phenomena", **Word scientific**, Singapore, (1992).
- [3] Yılgin M., Akkoca D. B., Bigadiç klinoptilolitik tüfün kimyası, yüzey alanı ve gözeneklilik özelliklerine farklı asitlerin etkilerinin incelenmesi, **Fırat Üniv., Fen ve Müh. Bil. Dergisi**, 20(1), 175-184, (2008).
- [4] Helvacı C., Alaca O., Bigadiç borat yatakları ve çevresinin jeolojisi ve mineralojisi, **MTA Dergisi**, 113, 61-92, 1991.
- [5] Kuşcu M., Yıldız A., Ayazini (Afyon) tüflerinin yapıtaşı olarak kullanılabilirliğinin araştırılması, Türkiye Mermer Sempozyumu (MERSEM 2001) Bildiriler Kitabı, Afyon, (2001).
- [6] Schluerter E.M., Zimmerman R.W., Witherspoon P.A., Cook N.G.W., The fractal dimension of pores in sedimentary rocks and its influence on permeability, **Engineering Geology**, 48, 199-215, (1997).
- [7] Bayirli M. and Ozbey T., Numerical approaches about the morphological description parameters for the manganese deposits on the magnesite ore surface, **Z. Naturforsch.** 68a, 405-411 (2013).
- [8] ImageJ – RSB Home Page, <http://rsb.info.nih.gov/ij/> (30.10.2013).
- [9] Schneider, C.A., Rasband, W.S., Eliceiri, K. W. "NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis". **Nature Methods** 9: 671-675 (2012).