

# Farklı Hikayelerden Kaynaklı Oluşan Duyguların EEG İşareti Üzerine Yansıması

## Reflection of Emotions Based on Different Stories onto EEG Signal

Hasan POLAT  
Muş Alparslan Üniversitesi  
h2.polat@alparslan.edu.tr

Mehmet Sıraç ÖZERDEM  
Dicle Üniversitesi  
sozerdem@dicle.edu.tr

### Öz

Bu çalışmada; farklı hikayelerden kaynaklı oluşan duyguların Elektroensefalogram (EEG) işareti üzerine yansımasının incelenmesi amaçlanmıştır. Bu yansımada, EEG işaretinin güç spektral yoğunluğu (GSY) dikkate alınmıştır. EEG işareti beyin sinir hücrelerinin elektriksel aktivitelerinin yansıması olup, beyin fonksiyonları için önemli bilgiler içermektedir. Kişiler farklı yaklaşımlarla uyarıldıklarında, EEG işaretleri farklı özellikler gösterir. Duyguların EEG üzerine olan etkisinin incelenmesinde, EEG'nin önemli alt bantlarını kapsayan 0-32Hz frekans aralığı kullanılmıştır.

EEG işaretinin ilgilenilen frekans aralığında filtrelenebilmesi için ayrık dalgacık dönüşümü kullanılmıştır. Ayrık dalgacık dönüşümü geçici özellikler barındıran işaretlerin zaman – frekans analizinde etkili bir yöntemdir. İlgili frekans aralığında filtrelenen EEG işaretlerinin güç spektral kestirimleri, Burg yöntemi ile elde edilmiştir. Sonuçta, hikayelerden kaynaklı oluşan farklı duyguların, EEG işaretinde farklı GSY değerlerinin oluşumuna neden olduğu görülmüştür. Bu yansımaya benzer çalışmalar literatürde yer almaktadır ve elde edilen sonuçlar çalışılan benzer çalışmalarını desteklemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Duygu, EEG, Güç Spektral Yoğunluk, Dalgacık Dönüşümü

### Abstract

*The aim of this study was to investigate the reflection of emotions based on different stories onto Electroencephalogram (EEG). Power spectral density (PSD) of EEG signal was considered as reflection. EEG is reflection of brain nerve cells' electrical activity. EEG signal contain important information about the function of the brain. When subjects are stimulated by different modalities, their EEG shows different features. Frequency range of 0-32Hz containing important sub-bands of EEG was used in the investigation of emotions' effects onto EEG. Discrete wavelet transform was used as a filter to get the interested frequency range of EEG signal. Discrete wavelet transform is effective time – frequency analysis method for analyzing signals that contain transient features. Power spectrum estimation of filtered EEG signal was obtained by using Burg method. As a conclusion, it was observed that different emotions based on stories cause different values of PSD over EEG signal. This reflection can be seen in different studies in literature and the results obtained in this study support the similar studies.*

**Keywords:** Emotion, EEG, Power Spectral Density, Wavelet Transform

### Giriş

Duygular insanların birbirleriyle haberleşmesinde oldukça önemli rol oynarlar. Duygular, kişilerin kelimelerine, ses tonlarına, yüz ifadelerine veya

Gönderim ve kabul tarihi : 29.09.2015 - 19.03.2016

beden diline yansıdığı görülebilmektedir. Ancak, insan bilgisayar etkileşim sistemleri ise kişilerin içinde buldukları duygu durumlarını anlamada yetersizdirler. Bu sistemlerce insanların duygu durumlarının anlaşılması için EEG işareti oldukça önemli bir kaynaktır.

Elektroensefalogram (EEG) işareti, beyin dalgaları aktivitesinin elektriksel işaretlerle izlenmesini ölçen yöntemdir. Aktivitelerin EEG işaretine olan yansımaları görülebilmekte olup, bu değişimler hastalıkların teşhisinde kullanılabilir [1-2]. İşaretin özellikle frekans bileşenleri, beyin dinamiklerinin işleyişi konusunda bilgi içerdiği, çalışmalarda görülmektedir [3-4]. İşaretin frekans değişiminin saptanması için spektral analiz yöntemleri uygulanır. EEG kapsamındaki spektral değişim, farklı frekans bantlarına göre değerlendirilir. Bu bantlar: delta ( $\delta$ , 0.5-4Hz), teta ( $\theta$ , 4-8Hz), alfa ( $\alpha$ , 8-13), beta ( $\beta$ , 15-30Hz) ve gama ( $\gamma$ , 30-100Hz) bantlarıdır [1]. Bu çalışmada EEG işaretinin temel alt bantları olan delta, teta, alfa ve beta bantları bir bütün olarak değerlendirilmeye alınmıştır.

Bir EEG kaydının söz konusu bantlarda güç spektral yoğunluğunun belirlenmesi, anlık olarak yapılan aktivitenin EEG'ye yansımaları olarak kabul edilebilir. Literatürde, çeşitli paradigmalarda EEG işaretine yansımalarını inceleyen çalışmalar görülmektedir. Bazı çalışmalarda duygusal olmayan paradigmalarda (oddball - ışık/ses uyarımlı uygulamalar) kullanılırken [5, 6], bazı çalışmalarda ise duygusal paradigmalarda (pozitif, negatif ve nötr fotoğrafların gösterimine dayalı uygulamalar) kullanılabilir [7, 8].

Bu çalışmada, hikayelerden kaynaklı duyguların EEG işaretine olan yansımaları değerlendirilmeye alınmıştır. Literatürde, duygusallığın EEG'ye yansımaları konusunda çeşitli çalışmalar olduğu görülmektedir. Bu çalışmalardan bazıları; EEG alfa bandı temel alınarak zaman frekans alanında insan duygularının değerlendirilmesi [9], EEG tabanlı gerçek zamanda duygunun tanımlanması ve uygulamaları [10], EEG işaretinden duygu tanıma [11], Müzik dinlerken EEG tabanlı duygu kestirimi [12], Makina öğrenimi yaklaşımı ile EEG

işaretlerinden duygusal durumun sınıflandırılması [13], örnek olarak gösterilebilir.

EEG işaretlerinde elde edilmek istenen frekans aralığı için sıklıkla Dalgacık dönüşümü (DD) yönteminin filtreleme amacıyla kullanıldığı görülebilmektedir [14]. Bu çalışmada da DD yöntemi bant geçiren bir filtre olarak kullanılmış ve işaretin önemli alt bantlarını kapsayan 0-32Hz frekans aralığı filtrelenmiştir.

EEG işaretindeki gücün frekansa göre dağılımının belirlenmesi, spektral analiz ile gerçekleştirilir. Doğrudan işaretin kendisinden kestirilen güç spektral yoğunluk (GSY) yöntemler, parametrik olmayan (nonparametrik) yöntemler olarak adlandırılır. İşaret modelleme sürecini kullanan yöntemler ise parametrik yöntemler olarak adlandırılır. Bu çalışmada parametrik yöntemlerden Burg yöntemi kullanılarak, EEG kayıtlarının GSY değişimi belirlenmiştir.

Bu çalışmada, sağlıklı bir kişiye uygulanan işitsel tabanlı bir paradigma çerçevesinde elde edilen EEG kayıtları incelemeye alınmıştır. Kişilerden gözler kapalı olarak EEG kaydı alınmıştır. Paradigma, öncelikle 2 dakika dinlenme sürecini, ardından 5 dakika katılımcının sakinliğini pekiştirecek (önceden kayıtlı) ses dinletisini ve son olarak sırasıyla 15 farklı duygu içeren 15 farklı hikaye anlatımını içermektedir. Kayıtlar, paradigmadaki akışa göre segmentlere bölünmüştür. Her segment filtrelenmiş ve GSY değerleri hesaplanmıştır. İçeriği farklı hikayeye göre oluşan duyguların EEG işareti üzerindeki yansımaları, bu çalışmada 3 kanal üzerinde değerlendirilmiştir.

## 2 Materyal ve Yöntem

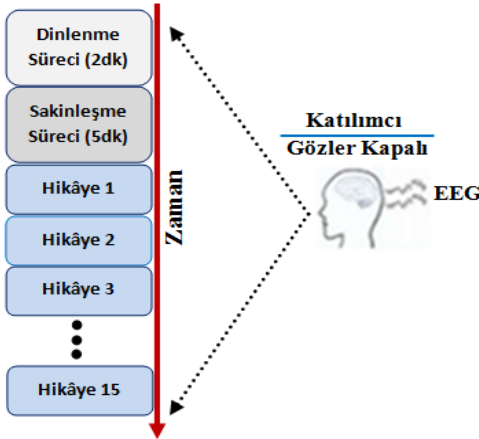
### Veri Seti

Bu çalışmada kullanılan EEG veri seti California San Diego Üniversitesi Sayısal Nörobilim Merkezi veri tabanından alınmıştır. Katılımcılara uygulanan paradigma sırasıyla, dinlenme sürecini (2 dakika), katılımcıların sakinliğini pekiştirecek (önceden kayıtlı) ses dinletisini (5 dakika) ve son olarak kişilerde farklı duyguları oluşturacak 15 farklı

hikaye dinletilerini kapsar. Gözler kapalı olarak alınan kayıt sürecinde, elektromanyetik alandan etkilenmeleri en aza indirmek için dinletilerde hava tüplü kulaklık kullanılmıştır. EEG işaretlerinin kayıt edilmesinde izlenen paradigma Şekil 1’de gösterilmiştir.

Hikayeler, pozitif ve negatif olacak şekilde iki gruba ayrılmıştır. Pozitif grubunda aşk, mutluluk, ferahlama, sevinç, merhamet, heyecan, memnuniyet ve saygı gibi duygular içeren hikayeler yer almaktadır. Negatif grubunda ise kırgınlık, kıskançlık, hayal kırıklığı, üzgünlük, keder, nefret ve korku gibi duygular içeren hikayeler yer almaktadır. Hikaye dinletileri pozitif, negatif, pozitif, negatif, ... olacak şekilde sıralanmış ancak hangi hikayenin hangi sırada anlatıldığı bilgisi veri tabanında belirtilmemiştir.

Katılımcılardan kayıt edilen 256 kanallı EEG verileri örnekleme frekansı 256Hz olan 24 bit analog sayısal dönüştürücü ile sayısallaştırılmıştır. Veri tabanına ilişkin diğer detaylar [15] nolu kaynağa yer almaktadır. Bu çalışmada, duyguların EEG üzerine yansımalarının incelenmesi için sadece bir erkek gönüllüye ait EEG verisi kullanılmıştır.



Şekil-1: EEG işaretinin Kayıt Edilmesinde İzlenen Paradigma

## Filtreleme ve Spektral Analiz

Bu çalışmada, EEG kayıtlarının frekans bantlarına ayrışımı için DD yöntemi kullanılmış ve spektral

analiz için parametrik yöntemlerden Burg yöntemi kullanılmıştır. Bu bölümde, söz konusu yöntemler kısaca açıklanmıştır.

## Filtreleme için Dalgacık Dönüşümü

Durağan olmayan işaretlerin spektral analizi için dalgacık dönüşümünün diğer spektral analiz yöntemlerine göre avantajlarının olduğu literatürden görülmektedir [14, 16-17]. Dalgacık dönüşümün en belirgin üstünlüğü alçak frekans bölgesinde geniş pencereler, yüksek frekans bölgesinde ise dar pencereler olabilecek şekilde değişebilen pencereler kullanmasıdır. [1, 18-19].

Dalgacık dönüşümü sürekli ve ayrık dalgacık dönüşümü olmak üzere ikiye ayrılır. Sürekli dalgacık dönüşümünün matematiksel ifadesi denklem 1’de verilmiştir [1].

$$W_{a,b} = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (1)$$

Denklem 1’de  $b$  öteleme parametresini,  $a$  ölçekleme parametresini ve  $\psi(t)$  ise ana dalgacık fonksiyonunu ifade etmektedir. Sürekli dalgacık dönüşümünde ölçeğin her değeri için dalgacık katsayılarının hesaplanmasından dolayı büyük veri yığınları oluşacaktır [20]. Ayrıca, yapılan bu işlemler zamansal açıdan maliyetlidir. Buna benzer dezavantajlardan dolayı ölçekleme ve öteleme parametrelerini belli bir basamağa göre seçmek daha verimli sonuçlar doğuracaktır. Ayrık Dalgacık Dönüşümü ile bu şekilde analizlerin yapılabilmesi mümkündür.

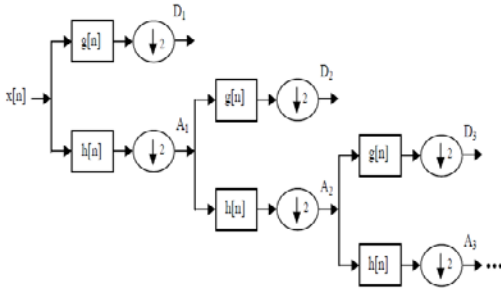
$$A_1 = x[n] * h[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k].h[2n - k] \quad (2)$$

$$D_1 = x[n] * g[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k].g[2n - k] \quad (3)$$

Denklem 2 ve 3’te gösterildiği gibi ayrık dalgacık dönüşümü işareti zaman alanında ardışık olarak yüksek geçiren  $g[n]$  ve alçak geçiren  $h[n]$  süzgeçlerle filtreleyerek alt bantlara ayırır [14]. Böylelikle sinyalin  $D_1$  detay ve  $A_1$  yaklaşım alt bantları oluşur. İstenilen bant aralığına ulaşabilmek için  $A_1$  yaklaşım bandı tekrar ayrıştırılır ve işlemler

istenilen frekans aralığına ulaşıncaya dek, ardışık olarak devam ettirilir (Şekil 2).

Duyguların EEG üzerine olan etkisinin incelenmesinde, EEG'nin önemli alt bantlarını kapsayan 0-32Hz frekans aralığı kullanılmıştır. EEG işaretinin ilgilenilen frekans aralığında filtrelenebilmesi için ayrık dalgacık dönüşümü kullanılmıştır.



**Şekil-2:** Ayrık Dalgacık Dönüşümü ile İşaretin Alt Bantlara Ayrıştırılması

## Güç Spektral Yoğunluğu için Burg Yöntemi

Güç spektral analiz yöntemlerinde iki temel yaklaşım vardır. Bunlar parametrik ve parametrik olmayan yöntemler olarak bilinir [21]. Bu çalışmada, farklı duygu durumlarına ilişkin EEG bölümlerinin güç spektral yoğunlukları, Burg yöntemi uygulanarak belirlenmiştir. Bu yöntem, AR metodunda meydana gelen ileri ve geri yöndeki tahmin hatalarının minimize edilmesi mantığına dayanır [22]. Denklem 4'te Burg güç spektrum kestiriminin matematiksel ifadesi gösterilmiştir [23].

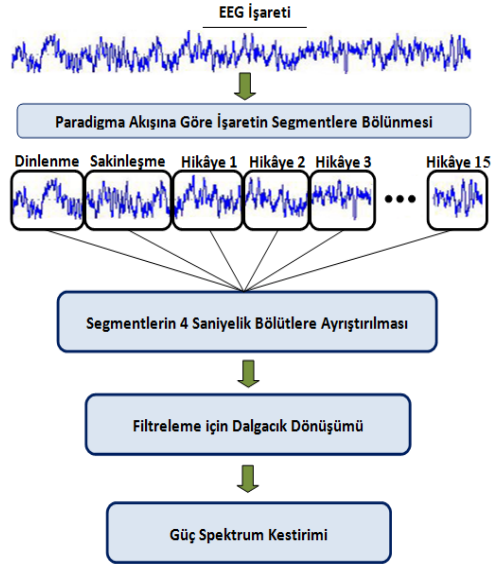
$$\hat{P}_B(f) = \frac{\hat{\epsilon}_p}{|1 + \sum_{k=1}^p \hat{a}_p(k)e^{-j2\pi f k}|^2} \quad (4)$$

Denklem 4'te  $\hat{a}_p(k)$  öz bağlanım modeli katsayılarını,  $p$  modelleme derecesini ve  $\hat{\epsilon}_p$  ise toplam en düşük kareler hatasını ifade etmektedir.

## İşlem Akışı

Bu çalışmada, EEG kaydı için yapılan işlemler Şekil 3'de gösterilmiş olup, aşağıda detayları açıklanmıştır.

- Tüm kayıt üç bölüme ayrılmıştır. i) dinlenme süreci (2 dakika), ii) ses dinletili



**Şekil-3:** İşlem Akış Diyagramı

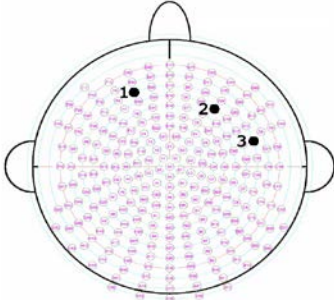
sağınlaşma süreci (5 dakika), iii) hikaye dinletileri.

- Bölümler işlev ve sürelerine göre segmentlere ayrılır. Dinlenme ve sağınlaşma süreçleri birer segment. 15 farklı hikayeyi kapsayan kayıt, eşit sürelerde 15 segmente bölünür. Her segmentin farklı bir hikayeye ilişkin olduğu varsayılmıştır.
- Her segment 4 saniyelik bölütlere bölünmüştür. Kaydın tek bir segment olarak değerlendirmesinde, istenmeyen bileşenler görülebilmektedir. Bundan dolayı, segment 4 saniyelik bölütlere bölünür ve her bölüt için işlemler ayrı ayrı gerçekleştirilir. Bölütlere ilişkin sonuçların ortalaması alınır. Böylelikle istenmeyen bileşenler görülmez.
- Her bölüt için ayrı DD yöntemi uygulanarak işaretler filtrelendirilir.
- Elde edilen dalgacık yaklaşım katsayıları için Burg yöntemi kullanılarak her bölüt için GSY analizi yapılır. Bölütlerin ortalaması

alınarak her segmente ilişkin GSY dağılımı elde edilir.

### 3 Bulgular

İşlem akışı bölümünde yer alan hesaplamalar E31, D27 ve D7 kanalları üzerine uygulanmıştır. Duygusalılık sıklıkla etkin görüldüğü frontal bölge kanallarından iki tanesi (E31 ve D27) dikkate alınmıştır. Ayrıca duygunun, sağ hemisfer bölgesinde EEG işaretine ne ölçüde yansıdığı da incelenmiştir. Sağ hemisfer bölgede dikkate alınan kanal D7 olup, kanalların şekilsel olarak buldukları konum Şekil 4'de gösterilmiştir.



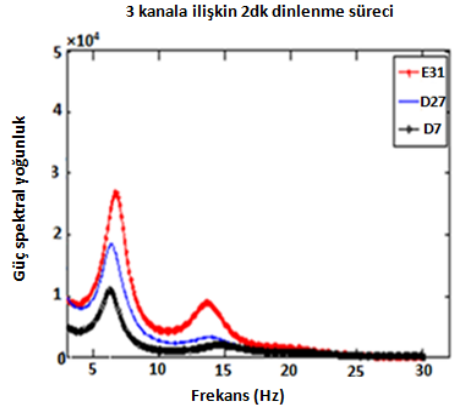
Şekil-4: Kullanılan kanallar 1: E31, 2: D27, 3: D7

E31, D27 ve D7 kanallarından elde edilen GSY dağılımları Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7'de sırasıyla gösterilmiştir. Şekillerden görüldüğü üzere, elde edilen bulgular aşağıda listelendiği şekilde yorumlanabilir.

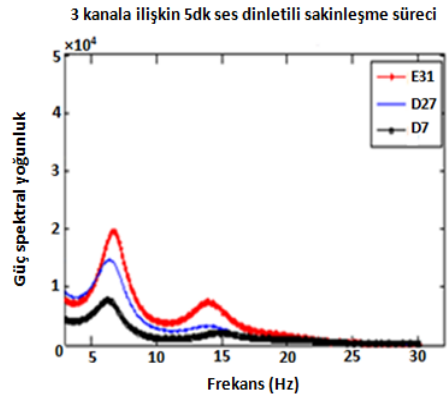
- 1) EEG işareti üzerine olan duygusal yansımanın büyük ölçüde teta ( $\theta$ , 4-8Hz) bandında olduğu gözlenmiştir.
- 2) Frontal bölgede ölçülen yansımanın sağ hemisfer bölgesine göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir.
- 3) Veri tabanında belirtilmeyen ancak farklı duygular içeren hikayelerin EEG üzerinde yansımalarına bakıldığında, farklı seviyelerde yansımaların elde edildiği gözlemlenmiştir.

Ayrıca 2 dakika dinlenme ve ardından 5 dakika ses dinletili sakinleşme sürecini içeren segmentler için de aynı işlem akışı uygulanmış olup, her 3 kanal için elde edilen GSY dağılımı sırasıyla Şekil 8 ve Şekil 9'da gösterilmiştir. Şekillerden görüldüğü üzere, elde edilen bulgular aşağıda listelendiği şekilde yorumlanabilir.

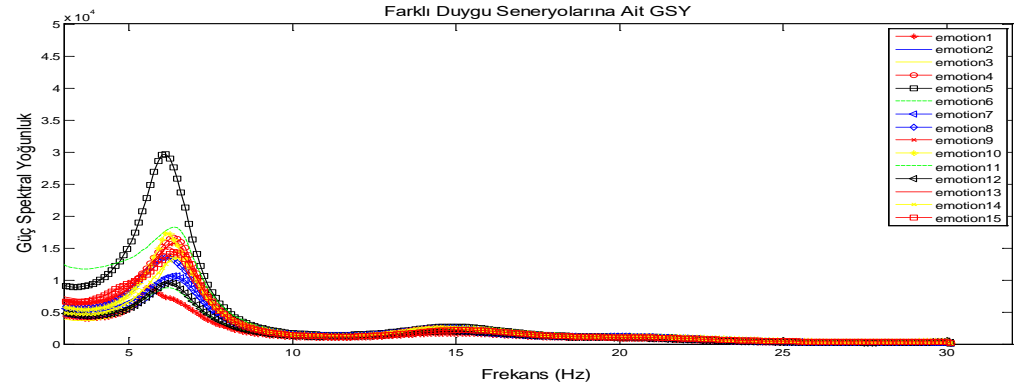
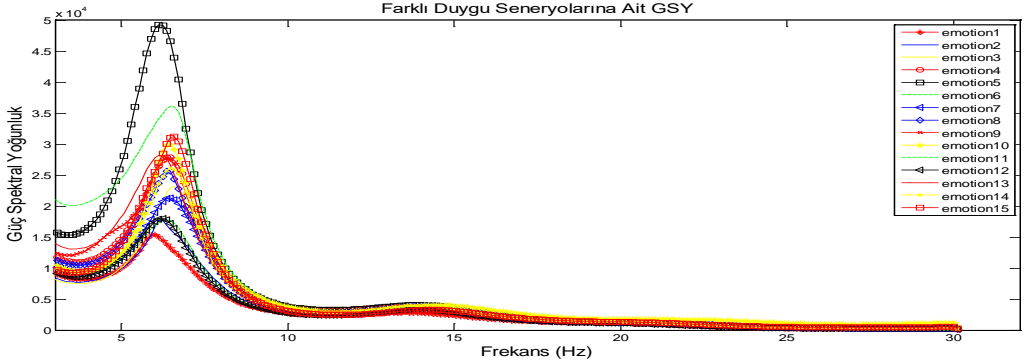
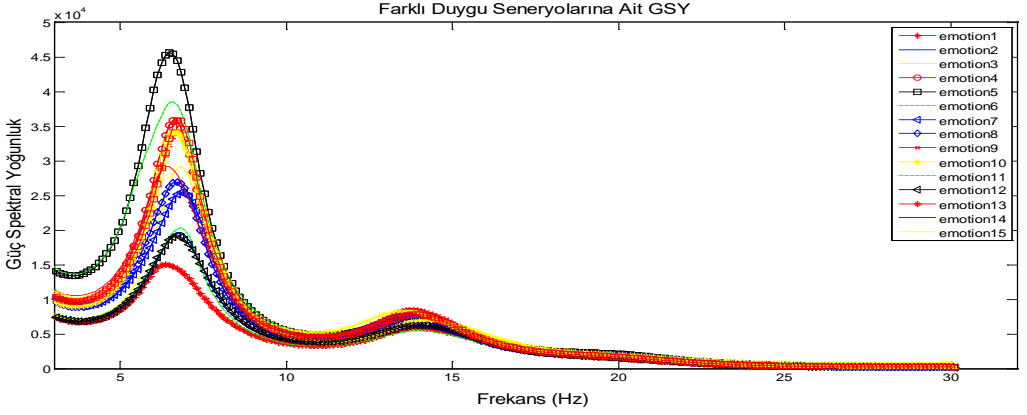
- 1) Dinlenme ve sakinleşme süreçlerinde, EEG aktivitelerinin teta (4-8Hz) ve alfa (8-13Hz) bantlarında olduğu gözlenmiştir.
- 2) Dinlenme sürecindeki EEG etkinliği, ses dinletili sakinleşme sürecindeki EEG etkinliğine göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir.



Şekil-8: Dinlenme sürecinde gözlenen EEG aktivitesi



Şekil-9: Ses dinletili sakinleşme sürecinde gözlenen EEG aktivitesi



## 4 Sonuçlar

Dikkate alınan kanallar (E31, D27 ve D7) için elde edilen sonuçlara bakıldığında, farklı hikayelerden kaynaklı olan duyu durumlarının EEG işaretine yansıma oranlarının farklı düzeylerde olduğu gözlenmiştir. Duygu yansımaları özellikle teta bandında gözlendiği ve yansımanın sağ hemisfer bölgeye göre frontal bölgede daha yüksek oranda olduğu görülmüştür.

Elde edilen bulgularda, farklı duyguları içeren hikayelerin EEG üzerinde farklı yansımaların oluşuma neden olduğu görülmüştür. Buna göre konuyla ilişkili düşünölen hipotez; sağlıklı bay ve bayanlarda genel olarak benzer yansımaların olabileceği, hasta (Alzheimer, bipolar, vb) kişilerde ise bu yansımaların farklı seviyelerde olabileceğidir. Bu hipotezin gerçekleşmesi, sağlıklı ve hasta olan bireyleri birbirinden ayıran biyolojik işaret(ler)in belirlenmesine olanak sağlar. Bu makalede yapılan çalışma, bu amaca yönelik temel bir çalışma olarak değerlendirilebilir.

## KAYNAKÇA

- [1] Adeli, H., Zhou, Z. and Dadmehr N., *Analysis of EEG records in an epileptic patient using wavelet transform*, Journal of Neuroscience Methods, Vol 123, Iss 1, 2003, pp. 68-87.
- [2] Sharma,R., Pachori, R. B., *Classification of epileptic seizures in EEG signals based on phase space representation of intrinsic mode functions*, Expert Systems with Applications 42, 2015, pp. 1106–1117.
- [3] Crespel,A. Géllisse,P., Bureau M. and Genton,P., *Atlas of Electroencephalography*, Third ed., J Libbey Eurotext, Paris, 2006.
- [4] Bařar, E., Eroglu C.,Karaka,S., Schurmann, M., *Brain oscillations in perception and memory*, International Journal of Psychophysiology, 2000, 35, pp. 95-124.
- [5] Güntekin, B., Saati, E., Yener G., *Decrease of evoked delta, theta and alpha coherences in*

*Alzheimer patients during a visual oddball paradigm*, Brain Research, Volume 1235, 2008, pp. 109-116.

- [6] Atađün, M.I., Güntekin, B., Ozerdem, A., Tölay, E., Basar, E., online first article. *Decrease of theta response in euthymic bipolar patients during an oddball paradigm*, Cognitive Neurodynamics, Volume 7, Issue 3, 2013, pp. 213-223.
- [7] Güntekin, B., Bařar, E., *A review of brain oscillations in perception of faces and emotional pictures*, Neuropsychologia 58, 2014, pp. 33-51.
- [8] Güntekin, B., Basar, E., *Event-related beta oscillations are affected by emotional eliciting stimuli*, Neuroscience Letters, 483, 2010, pp. 173–178.
- [9] Liu, Y, Sourina, O, & Nguyen, M. K. *Real-time EEG-based emotion recognition and its applications*. In Transactions on computational science XII, Berlin, Heidelberg,. Marina L. Gavrilova and C. J. Kenneth Tan (Eds.). Springer-Verlag., 2011, pp. 256-277.
- [10] Murugappan, M, Nagarajan, R, & Yaacob, S. *Appraising human emotions using time frequency analysis based EEG alpha band features*. In Innovative Technologies in Intelligent Systems and Industrial Applications, CITISIA 2009, pp. 70-75.
- [11] Schaaff, K., Schultz, T., *Toward Emotion Recognition from Electroencephalographic Signals*, 3th International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction and Workshop, Netherlands, 2009, pp. 1-6.
- [12] Lin, Y. P., Wang, C. H., Jung, T. P., Wu, T. L., Jeng, S. K., Duann, J. R., Chen, J. H., *EEG-Based Emotion Recognition in Music Listening*, IEEE Transaction on Biomedical Engineering, 57 (7), 2010, pp. 1798-1806
- [13] Wang, X. W., Nie, D., Lu, B. L., *Emotional state classification from EEG data using machine learning approach*, Neurocomputing, 129, 2014, 94-106.

- [14] Subasi, A., *Signal Classification Using Wavelet Feature Extraction and a Mixture of Expert Model*", Expert Systems with Applications, 2007, pp. 1084–1093.
- [15] Onton, J., Makeig, S., *High- frequency broadband modulations of electrophalographic spectra*, Frontiers in Neuroscience 159, 2009, pp. 99-120.
- [16] Subaşı, A., Erçelebi, E., *Classification of EEG signals using neural network and logistic regression*, Computer Methods and Programs in Biomedicine, 2005, 78, pp. 87-99.
- [17] Ocak, H., *Optimal classification of epileptic seizures in EEG using wavelet analysis and genetic algorithm*, Signal Processing, 88, 2008, pp. 1858-1867.
- [18] Daubechies I., *The wavelet transform, time-frequency localization and signal analysis*, IEEE Transaction on Information Theory, 36., 1990, pp. 961-1005.
- [19] Übeyli, E. D., Güler, İ., *Dalgacık Dönüşümü ile EEG İşaretlerinden Çıkarılan Öznitelik Vektörleri Üzerine İstatistiksel İşlemlerin Gerçekleştirilmesi*, Elektrik Elektronik-Bilgisayar Sempozyumu, Bursa, 2004, pp. 230-234.
- [20] Falamarzi Y., Palizdan N., Huangb Y. F. & Lee, T.S. , *Estimating evapotranspiration from temperature and wind speeddata using artificial and wavelet neural networks (WNNs)*, Agricultural Water Management, 140, 2014, pp. 26–36.
- [21] Zahran,O., Kasban,H., Abd El-Saimie,F.E.,El-Kordy,M., *Power density spectrum for the identification of residence time distribution signals*, Applied Radiation and Isotopes.Vol 70, Iss 11, 2012, pp. 2638-2645
- [22] Hayes, M.H., *Statistical Digital Signal Processing and Modelling*, New York: John Wiley and Sons, 1996.
- [23] Yılmaz, A. S., Alkan, A., *Investigation Power System Transient Disturbances in Frequency and Time – Frequency Domains*, Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 32, 2014, pp. 154-162.