

**BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EEG BİYOSENSÖR KULLANILARAK DİKKAT ve MEDİTASYON  
ORANLARININ ÖĞRENMEYLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Büşra ÜLKER**

**Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**AĞUSTOS 2017**



**BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ❖ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EEG BİYOSENSÖR KULLANILARAK DİKKAT ve MEDİTASYON  
ORANLARININ ÖĞRENMEYLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Büşra ÜLKER  
D140070008**

**Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Mehmet Barış TABAKCIOĞLU**

**AĞUSTOS 2017**

BTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün D140070008 numaralı Yüksek LisansÖğrencisi Büşra ÜLKER, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "EEG BİYOSENSÖR KULLANILARAK DİKKAT ve MEDİTASYON ORANLARININ ÖĞRENMEYLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** **Yrd. Doç. Dr. Mehmet Barış TABAKCIOĞLU**.....  
Bursa Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Yrd. Doç. Dr. Mehmet Barış TABAKCIOĞLU** .....  
Bursa Teknik Üniversitesi

**Yrd. Doç. Dr. Gökay BAYRAK** .....  
Bursa Teknik Üniversitesi

**Yrd. Doç. Dr.Selahattin KOŞUNALP** .....  
Bayburt Üniversitesi

**Savunma Tarihi :** 01 Ağustos 2017

**FBE Müdürü :** **Doç. Dr. Murat ERTAŞ** .....  
Bursa Teknik Üniversitesi ...../...../.....

## İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Büşra ÜLKER



## ÖNSÖZ

Bu tezde, Bursa Teknik Üniversitesi'nde yapmış olduğum EEG tabanlı öğrenme faaliyetleri sonucunda elde ettiğim bilgileri dikkatinize sunmaktayım. Bu çalışmayı hazırlarken geçirdiğim süreçte benden yardımlarını esirgemeyen Bursa Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği öğrencilerine, ayrıca manevi desteğini her an yanımda hissettiğim aileme ve arkadaşlarıma, bana bu tez konusunu vererek kendimi daha da geliştirmeme katkı sağlayan değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Mehmet Barış Tabakcıoğlu'na teşekkürü bir borç bilirim. Bu tez kapsamında kullanılan C# tabanlı program, Bursa Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenen 2016-01-021 nolu proje kapsamında geliştirilmiştir.

Ağustos 2017

Büşra ÜLKER

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER .....	v
KISALTMALAR .....	vii
SEMBOLLER .....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
ÖZET .....	xiii
SUMMARY .....	xiv
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Beyin Bilgisayar Arayüzü (BCI).....	2
1.1.1 Bağımlı BCI sistemi.....	3
1.1.2 Bağımsız BCI sistemi.....	3
1.1.3 BCI sisteminin süreci .....	5
1.1.4 Gaussian varsayımlar .....	7
1.1.5 Gelecekte beklenen BCI sistemleri .....	8
1.1.6 BCI sistemi ve bilimsel süreç.....	8
1.2 Nöroelektriksel Ölçüm Yöntemleri.....	9
1.2.1 Bilgisayarlı tomografi taraması (CT).....	9
1.2.2 Manyetik rezonans görüntüleme (MRI).....	10
1.3 Elektroensefalografi (EEG).....	11
1.3.1 Bipolar montaj.....	12
1.3.2 Referans montaj .....	13
1.3.3 Elektrik kaynakları .....	13
1.3.4 EEG kanalları ve voltajları.....	14
1.3.5 EEG işaret türleri.....	15
1.3.6 EEG verilerinin kaydı ve incelenmesi .....	16
1.3.7 Uyku ve Uyanma Çevrimleri .....	18
1.4 Beyin Dalgaları .....	19
1.4.1 Alfa dalgaları.....	19
1.4.2 Beta dalgaları .....	21
1.4.3 Teta dalgaları.....	21
1.4.4 Delta dalgaları .....	22
1.4.5 Gama dalgaları .....	22
1.5 Neurosky EEG Kulaklık Seti .....	23
1.5.1 Neurosky mindflex sensörün kullanım alanları .....	25
1.5.2 Neurosky mindflex sensörün eğitimdeki yeri .....	26
<b>2. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>28</b>
2.1 Fizik-1 Dersi Konuları .....	30
2.1.1 Tek boyutta hareket konusu .....	30
2.1.2 İki ve üç boyutta hareket.....	35

2.1.3	Kuvvet ve hareket .....	41
2.2	Fizik-2 Dersi Konuları .....	47
2.2.1	Elektrik alan konusu.....	47
2.2.2	Manyetik alan ve amper yasası konusu.....	51
2.2.3	Manyetik alan video anlatımı.....	57
2.3	Elektromanyetik Alanlar Ortogonal Koordinat Sistemleri Konusu .....	59
<b>3.</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>61</b>
	<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>66</b>
	<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>67</b>





## KISALTMALAR

<b>ADD</b>	: Ayrık Dalgacık Dönüşümü
<b>ASIMO</b>	: Advanced Step In Mobility
<b>ATR</b>	: Advanced Telecommunications Research Institute International
<b>BCI</b>	: Brain Computer Interface
<b>CT</b>	: Computed Tomography
<b>CCBN</b>	: China Content Broadcasting
<b>DD</b>	: Dalgacık Dönüşümü
<b>EEG</b>	: Elektroensefalogram
<b>ENOBIO</b>	: Electrophysiology Neuroelectric Biosensor
<b>EOG</b>	: Elektrokülografi
<b>FD</b>	: Fourier Dönüşümü
<b>ICA</b>	: Internal Carotis Arter
<b>k-NN</b>	: k-Nearest Neighbor
<b>LED</b>	: Light Emitting Diode
<b>LYS</b>	: Lisans Yerleştirme Sınavı
<b>MEM</b>	: Maximum Entropy Method
<b>MRI</b>	: Magnetic Rezonance Imaging
<b>NIRS</b>	: Near Infrared Spectroscopy
<b>NREM</b>	: Non Rapid Eye Movement
<b>ÖSYM</b>	: Öğrenci Seçme ve Yerleştirme Merkezi
<b>PWM</b>	: Pulse Width Modulation
<b>REM</b>	: Rapid Eye Movement
<b>SSEP</b>	: Steady State Evoked Potential
<b>SQL</b>	: Structured Query Language
<b>VEP</b>	: Visual Evoked Potential

## SEMBOLLER

$a$	: Ölçek kaydırma parametresi
$Ag$	: Gümüş
$AgCl$	: Gümüşklorür
$b$	: Zamanda kaydırma parametresi
$Hz$	: Hertz
$k\Omega$	: Kiloohm
$t$	: Zaman
$W(a,b)$	: Sürekli dalgacık dönüşümü
$\Psi$	: Dalgacık fonksiyonunun ölçekli ve değişken bileşenlerinin çarpımının toplamı

## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 2.1 : Tek boyutta hareket konusu için öğrencinin verileri.....	30
Çizelge 2.2 : Tek boyutta hareket konusu için öğrencinin ham beyin dalgası verileri .....	31
Çizelge 2.3 : Tek boyutta hareket konusu için LYS sıralaması birbirine yakın olan öğrencilerin bilgileri.....	31
Çizelge 2.4 : Tek boyutta hareket konusu için öğrencilerin dikkat ortalamaları ve beta değerlerinin ilişkilendirilmesi.....	32
Çizelge 2.5 : Tek boyutta hareket konusunu aynı zamanda gören öğrencilerin dikkat ortalamaları ve sınav başarıları. ....	33
Çizelge 2.6 : Tek boyutta hareket konusunu çalışan öğrencilerin meditasyon ortalamaları ve alfa değerleri.....	33
Çizelge 2.7 : Tek boyutta hareket konusunu çalışan öğrencilerin meditasyon ortalamaları ile başarı sıralamaları. ....	34
Çizelge 2.8 : Tek boyutta hareket konusunu çalışan LYS sıralamaları yüksek olan öğrencilerin kayıtları. ....	34
Çizelge 2.9 : Tek boyutta hareket konusunu çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamalarının sınav başarıları ile ilişkilendirilmesi. ....	35
Çizelge 2.10 : İki ve üç boyutta hareket konusu için öğrencinin verileri. ....	36
Çizelge 2.11 : İki ve üç boyutta hareket konusu için öğrencinin ham beyin dalgası verileri. ....	36
Çizelge 2.12 : İki ve üç boyutta hareket konusu için LYS sıralaması birbirine yakın olan öğrencilerin bilgileri. ....	37
Çizelge 2.13 : İki ve üç boyutta hareket konusu için beta dalgaları ve dikkat ortalaması. ....	38
Çizelge 2.14 : İki ve üç boyutta hareket konusunu aynı zamanda gören öğrencilerin sınav başarıları.....	38
Çizelge 2.15 : İki ve üç boyutta hareket konusu için meditasyon ortalamaları ve alfa değerleri.....	39
Çizelge 2.16 : İki ve üç boyutta hareket konusunu çalışan sıralaması birbirine yakın olan öğrencilerin meditasyon ortalamalarının ve sınav başarıları.....	40
Çizelge 2.17 : İki ve üç boyutta hareket konusunu çalışan LYS sıralamaları yakın olan öğrencilerin kayıtları. ....	40

<b>Çizelge 2.18</b> : Kuvvet ve hareket konusu için öğrencinin verileri. ....	<b>41</b>
<b>Çizelge 2.19</b> : Kuvvet ve hareket konusu için öğrencinin dikkat ve meditasyon ortalamaları ve beyin dalga verileri.....	<b>42</b>
<b>Çizelge 2.20</b> : Kuvvet ve hareket konusu çalışan sıralaması birbirine yakın olan öğrencilerin kayıtları. ....	<b>42</b>
<b>Çizelge 2.21</b> : “Kuvvet ve hareket” konusunu çalışan öğrencilerindikkat ortalamaları ve beta değerleri. ....	<b>43</b>
<b>Çizelge 2.22</b> : Konuyu aynı zamanda gören öğrencilerin başarı sıralaması.....	<b>43</b>
<b>Çizelge 2.23</b> : “Kuvvet ve hareket” konusunu çalışan öğrencilerinmeditasyon ortalamaları ve alfa değerleri.....	<b>44</b>
<b>Çizelge 2.24</b> : “Kuvvet ve hareket” konusunu çalışan sıralaması birbirine yakın öğrencilerin meditasyon oranları ve başarı durumları.....	<b>45</b>
<b>Çizelge 2.25</b> : “Kuvvet ve hareket” konusunu çalışan sıralaması birbirine yakın öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları ile başarı durumları.....	<b>45</b>
<b>Çizelge 2.26</b> : Fizik1 konuları içindikkat ve meditasyon ortalamaları.....	<b>46</b>
<b>Çizelge 2.27</b> : Fizik1 dersinin tüm konularına çalışan öğrencinin verileri.....	<b>46</b>
<b>Çizelge 2.28</b> : Elektrik alan konusu çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları.....	<b>47</b>
<b>Çizelge 2.29</b> : Elektrik alan konusu çalışan ve sıralaması birbirine yakın öğrencilerin kayıtları.....	<b>48</b>
<b>Çizelge 2.30</b> : Elektrik alan konusu çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları ve beyin dalgası değerleri. ....	<b>48</b>
<b>Çizelge 2.31</b> : Elektrik alan konusu çalışan öğrencilerin dikkat ortalamaları ve beta değerleri.....	<b>49</b>
<b>Çizelge 2.32</b> : Elektrik alan konusunu eş zamanlı gören öğrencilerin dikkat ve başarı karşılaştırması.....	<b>49</b>
<b>Çizelge 2.33</b> : Elektrik alan konusu çalışan öğrencilerin meditasyon ortalamaları ve alfa değerleri.....	<b>50</b>
<b>Çizelge 2.34</b> : Elektrik alan konusu çalışan sıralaması birbirine yakın olan öğrencilerin meditasyon ortalamaları.....	<b>50</b>
<b>Çizelge 2.35</b> : Elektrik alan konusu çalışan ve sıralaması birbirine en yakın olan öğrencilerin başarı karşılaştırması.....	<b>51</b>
<b>Çizelge 2.36</b> : Manyetik alan ve amper yasası konusu çalışan öğrencilerin bazı verileri. ....	<b>52</b>
<b>Çizelge 2.37</b> : Manyetik alan ve amper yasası konusu çalışan ve sıralaması birbirine yakın olan öğrencilerin kayıtları. ....	<b>52</b>
<b>Çizelge 2.38</b> : Manyetik alan ve amper yasası konusu çalışan öğrencilerin beyin dalgaları ve dikkat ve meditasyon ortalamaları.....	<b>53</b>
<b>Çizelge 2.39</b> : Manyetik alan ve amper yasası konusu çalışan öğrencilerin dikkat ortalaması ve beta verileri. ....	<b>54</b>

<b>Çizelge 2.40</b> : Manyetik alan ve amper yasası konusunu yakın zamanda gören öğrencilerin başarı sıralaması.....	<b>54</b>
<b>Çizelge 2.41</b> : Meditasyon oranı ve alfa değerleri çizelgesi.....	<b>55</b>
<b>Çizelge 2.42</b> : Manyetik alan ve amper yasası konusu çalışan sıralaması birbirine yakın öğrencilerin meditasyon ve başarı karşılaştırması.....	<b>55</b>
<b>Çizelge 2.43</b> : Manyetik alan ve amper yasası konusu çalışan ve sıralaması birbirine en yakın olan öğrencilerin dikkat ve meditasyon bilgileri.....	<b>56</b>
<b>Çizelge 2.44</b> : Elektrik Alan ve Manyetik Alan ve Amper Yasası konuları için kaydedilen dikkat ve meditasyon ortalamaları.....	<b>56</b>
<b>Çizelge 2.45</b> : Manyetik alan video anlatımikonusu için öğrencilerindikkat ve meditasyon değerleri.....	<b>57</b>
<b>Çizelge 2.46</b> : Manyetik alan video anlatımı konusu çalışan öğrencilerindikkat ve meditasyon ortalamaları ve alfa beta değerleri.....	<b>58</b>
<b>Çizelge 2.47</b> : Manyetik alan video anlatımı konusu çalışan öğrencilerin dikkat ortalaması ve beta değerleri.....	<b>58</b>
<b>Çizelge 2.48</b> : Manyetik alan video anlatımı konusu çalışan öğrencilerin dikkat ortalamasının ve başarıyla ilişkilendirilmesi.....	<b>58</b>
<b>Çizelge 2.49</b> : Manyetik alan video anlatımı konusu çalışan öğrencilerin meditasyon ortalaması ve alfa değerleri.....	<b>59</b>
<b>Çizelge 2.50</b> : Manyetik alan video anlatımı konusu çalışan öğrencilerin meditasyon oranının başarıyla ilişkilendirilmesi.....	<b>59</b>
<b>Çizelge 2.51</b> : Ortogonal koordinat sistemleri konusu çalışan öğrencilerin bazı verileri.....	<b>60</b>
<b>Çizelge 2.52</b> : Ortogonal koordinat sistemleri konusunuçalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamalarının doğru sayıları ile ilişkilendirilmesi.....	<b>60</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1 : Nöron Haritası .....	2
Şekil 1.2 : BCI Sistem .....	5
Şekil 1.3 : LED Aydınlanması.....	7
Şekil 1.4 :CT Cihazı .....	10
Şekil 1.5 : 10-20 EEG Elektrot Konum Sistemi .....	12
Şekil 1.6 :Bipolar Montaj .....	12
Şekil 1.7 : C4 alanındaki pozitif ve negatif sinyal.....	13
Şekil 1.8 : A) Bipolar Montaj B) Referans Montaj .....	13
Şekil 1.9 : EEG Kafatası Yerleşimi .....	17
Şekil 1.10 : Genliğin yarı logaritmik gösterimi .....	17
Şekil 1.11 : Alfa Dalgası.....	20
Şekil 1.12 : Alfa Dalgası Frekans Diyagramı .....	20
Şekil 1.13 : Düzeltme Sonrası Veriler .....	20
Şekil 1.14 : Beta Dalgası .....	21
Şekil 1.15 : Teta Dalgaları .....	22
Şekil 1.16 : Delta Dalgaları .....	22
Şekil 1.17 : Gama Dalgaları.....	23
Şekil 1.18 : Sensör Arabirim Kurulumu .....	24
Şekil 1.19 : Neurosky MindFlex EEG Kulaklık Seti.....	25
Şekil 2.1 : Kayıt Penceresi.....	28
Şekil 2.2 : Program Menüsü .....	28
Şekil 2.3 : Ders ve Konu Seçim Menüsü.....	29
Şekil 2.4 : Dikkat ve Meditasyon Ortalaması.....	29
Şekil 2.5 : Ders Yükleme.....	29
Şekil 2.6 : Öğrencinin Sensör Takılıyken Çalışma Biçimi.....	29

## EEG BİYOSENSÖR KULLANILARAK DİKKAT ve MEDİTASYON ORANLARININ ÖĞRENMEYLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ

### ÖZET

Son yıllarda araştırmacılar ve bilim insanları beyin makine etkileşimleri hakkında detaylı çalışmalar yapmaktadırlar. Beyin dalgalarına dayanan bu çalışmalar günden güne sağlıktan eğitime, birçok alana uygulanmaktadır.

Açılan gözlerle kaybolan 8-12 Hz arasındaki alfa dalgaları Berger tarafından keşfedilmiştir. Alfa dalgaları kişinin rahat ve gözleri kapalı durumdayken oluşur. Beta dalgaları 12-30 Hz arasındaki elektriksel aktivitelerdir. Günlük olaylarda genellikle beta ritminin kontrolü altındayız. Sinir, endişe ve heyecanlanma gibi durumlarda beta ritminin frekansı artmaktadır.

EEG'nin keşfi ve kullanımı başlarda medikal alanlarda sınırlı kalıp, buna bağlı olarak hastaların tanılar için kullanılmıştır. İlerleyen zamanlarda EEG'deki elektrot sayısının fazla olması ve karmaşıklığı nedeniyle giyilebilir sensörlere ve mobil cihazlara yönelim gösterilmiştir. Bu sensörlerin kullanımında, ilk başta fiziksel yetisi eksik olan bireylerin sorumluluklarını artırmak hedeflenmiştir. Bu işlem kişilerin beyin-makine etkileşimi kurmaları esasına dayanır.

Yapılan çalışmalar yalnızca tıbbi açıyla sınırlandırılmayıp birçok alanda uygulamalar geliştirilmiştir. Bu teknolojinin genel ifadesi beyin bilgisayar arayüzüdür (BCI). Beyin Bilgisayar Arayüzü, harici cihazların kontrolünü ve çalışmasını; insan beyni ile dijital ortam arasındaki etkileşimi sağlayan kanallardan biridir. Sensörlerin ve mobil cihazların çalışması EEG prensipli arayüz teknolojisine dayanır. Algılanan beyin sinyalleri MATLAB ya da C# gibi ortamlarda ayıklanarak zihinsel etkinlikler yorumlanabilmektedir.

Bu çalışmada Neurosky MindFlex EEG Biyosensörünü kullanıldı. C# ortamında geliştirilen arayüz aracılığıyla sensör ile bilgisayar arasında bluetooth tabanlı kablosuz iletişim sağlandı. Öğrenci arayüze kullanıcı adı ve şifreyle giriş yapıp, önceden tanımlanan dersler arasından seçim yapmaktadır. Neurosky biyosensör kafasında takılıyken öğrenci ders çalışmaktadır. Bu esnada cihaz sürekli olarak beyin dalgalarını, göz kırpmalarını ve dikkat, meditasyon seviyelerini ölçüp bilgisayara göndermektedir. Akabinde öğrenciye konu ile alakalı sınav yapılıp, sınav başarısı değerlendirilmiştir.

Dikkat ve meditasyon seviyelerinin öğrencinin başarısı ile doğrudan bağlantısının olduğu gözlenmiştir. Böylece öğrencilerin eksik olduğu konular rahatlıkla tespit edilebilmektedir. Başarıyı artırmaya yönelik programlar yapılabilmektedir. Öğrencilerin her konuya gösterdikleri ilgi farklıdır. Bundan dolayı özellikle ilk kez gördükleri konular için farklı formatlarda çalışmalar yapılabilir.

## **CORRELATION OF ATTENTION AND MEDITATION RATES WITH LEARNING BY USING EEG BIOSENSOR**

### **SUMMARY**

Recently, researchers and scientists have made many detailed researches about brain machine interactions. The studies based on brainwaves applied to all area from health to education day by day.

Alpha waves, disappearing as opening eyes between 8-12 Hz, have found by Berger. Alpha waves are generated by the brain in the case people are comfortable and eyes are closed. Beta waves are electrical activities between 12-30 Hz. People are under control of beta waves in daily life. In angriness, anexity and excitement situations, frequency of beta waves increase.

At first, EEG is used only medical area in order to diagnose the illness. In later times, due to more electrodes and complexity, there is a tendency to wearable sensors and mobile devices. These sensors are used firstly in order to increase responsibility of people having less physical ability. This process is based on brain-machine interaction.

Brain-machine interaction is not only based on medical perspective, but also there are lots of applications in the other areas. This technology is called brain-computer interface (BCI). BCI is one of channels controlling and working external devices and providing interaction between digital medium and the brain. Working of sensors and mobile devices are based on interface technology with EEG principle. Detected brain signals are debugged in MATLAB or C# medium and mental activities are interpreted.

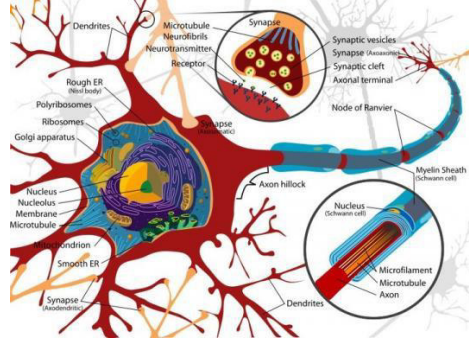
In this study, Neurosky MindFlex EEG biosensor is used. A wireless communication based on bluetooth is ensured between the biosensor and computer via a interface developed in C# medium. Students enter the interface by using their own user names and passwords and select the subject among the courses previously loaded by the instructor. The students are studying while wearing the biosensor. Meanwhile, sensor measures the brainwaves, number of twinkles, meditation and attention level continuously. Afterthat, an examination is made to the students and the success are evaluated.

There is a directly proportional between attention and meditation levels of the students and success. In this way, the deficient subjects of the students are determined easily. Programs can be made in order to increase the success. Cares of the students are different to each subject. Therefore, studies in different format can be made especially for the subjects are firstly taught.



## 1. GİRİŞ

Son zamanlarda gündemde oldukça büyük yer edinen en yararlı çalışmalardan birisi beyin bilgisayar arayüz sisteminin geliştirilmesine yönelik çalışmalardır [1]. Beyni temel alan teknolojilerdeki popüler çalışmalarda, duygusal ve bilişsel durumların gelişmiş analizleri söz konusudur. İnsanların sahip oldukları temel etkileşimlerin takibinin yapılıp incelenmesi araştırmalarda önemli bir yer tutmaktadır. Gerçek zamanlı beyin aktivite değerlendirmesi, uyarlanabilir eğitim ve rehabilitasyon rejimlerine entegre edilerek bu teknolojileri insanlarla buluşturmak en temel prensiptir. Örneğin; kişinin zihinsel bulgularının incelenmesi ve sonuçlandırılması, sinirsel aktiviteyi değerlendirerek hayata müdahale etmeden önce bireyin sinirsel faaliyeti gözlenerek daha iyi iletişim kurmasına yardımcı olan teknolojiler büyük fayda sağlamaktadır [2]. Sinirsel hareketliliğin temelinde, beyindeki elektrik akımlarının oluşturduğu potansiyel alanlar vardır. Elektriksel potansiyel alanları yaratan milyonlarca nöron vardır. Korteksin kökünün altındaki beyin sapı, limbik sistem ve ana sinir düğümü; mastodonlar, dinazorlar, ilk karada ve suda yaşayan hayvanlar tarihine dayanmaktadır. İnsanlarda, beynin eski kısımları duyguyu yönetir ve anıların oluşmasına yardımcı olur. Korteks kalp atışını ve nefes almayı düzenler. Muazzam bir yapıya sahip olan korteks, zeka ve analitik düşünme olgusunu oluşturan merkezdir. Korteks realite denetleyicisidir. O, dış dünyayı insanlar için filtreden geçirir, düzenler. Sonrasında duyu organlarımızı kullanmaya izin verir. Gerçekleşmesi planlanan veya niyet edilen, herhangi bir fikri oluşturan her şey bu yapıdan doğar. Kortekste, sinir hücreleri sayısı oldukça fazladır. Nöronların yaklaşık üçte ikisi burada çalışmaktadır. Çok küçük korteks dokusunun bir parçası, bu hücrelerin 30.000'ini barındırabilir. Her bir nöronun diğer nöronlarla bağlantı kurmak için bir işi vardır. Beyin, bu hücreler arasında ağlar oluşturarak çalışır. Ağlar, interkanın nöral ormanını oluşturur. Şekil 1.1'de gösterilen nöronlar iletişim hatlarını elektriksel ve kimyasal sinyallerle birbirleriyle konuşmak için kullanırlar.



**Şekil 1.1** : Nöron haritası [3].

Daha yakından incelenecek olursa, snaps olarak adlandırılan küçük bir boşluğun varlığı söz konusudur. Burada mesaj kimyasal molekülleri başlatan küçük keselerden gelir. Bu keseler uyarıldığında, sinaptik boşluğa geçen molekülleri serbest bırakırlar. Bu esnada, alıcı nöron yeni gelen moleküller için özel “hoş geldin” yerlerine sahiptir. Bu reseptör yerleri moleküllerle bağlanırlar ve böylece özel geçitler açılır. Geçitler yüklü parçacıklar seli gibidir. Alıcı nöron yeni bir elektriksel sinyali başlatan sodyum ve potasyum iyonlarını içeri alır. Kimyasal değişimler tarafından takip edilen, bir elektriksel enerji tüm beyin aktivitesinin temelidir. Bu, nöronların birbirleriyle konuştuğunun ispatıdır. Öyleyse burası beyin karmaşıklığının anahtarıdır. Beyinde 100 milyar nöron vardır. Her bir nöron bilgisini işlemeye geçirir, daha sonra diğer nöronlarla mesajları göndermek ve almak için ilişki kurar. 100 milyar nöron çarpı 50.000 bağlantı vardır. Nöronlar tek başına çok parlak değildirler. Orkestranın doğaçlaması gibi, trilyonlarca nöral ağ; yeni fikirleri oluşturur, farklı düşüncelere değişken biçimlere bağlanır [3].

## 1.1 Beyin Bilgisayar Arayüzü (BCI)

Nöronların birbirleriyle olan etkileşimlerinden kaynaklı birçok basit sinyal üst üste binip, algılanabilip, ölçüm yapılabilir [1]. EEG tabanlı teknolojinin prensibi budur. İnsanın bilişsel aktivitelerinin incelenmesine yol açmaktadır.

İnsan-makine etkileşiminin verileri, örneğin; kişilerin çevreleri ve hatta diğer insanlarla olan insan etkileşimlerini etkilemek için çevrimiçi beyin sinyali işleme yöntemi kullanılmaktadır. Bu alan son zamanlarda giyilebilir, mobil biyolojik sensörler ve veri topluluğundaki son gelişmeler sayesinde mümkün olan birçok araştırmaya sebep olmuştur. Başlangıçta klinik popülasyonlara yönelik uyarlanan arayüz sistemleri bu alanda sınırlı kalmıştır [4]. Ancak zamanla geliştirilen sinir

bilimi üzerindeki araştırmalar; analitik yaklaşımlar, mobil beyin görüntüleme için yapılan hesaplamalar BCI uygulamalarını gerekli kılmaktadır [5]. Ayrıca, bu teknolojiler, yaygın bilgisayar kullanımı gibi diğer alanlardaki ilerlemelerle birleştirildiğinde, insan bilgisayar arayüzlerinin ötesine taşıyacak ve insanların bilgisayarlar ve çevreleri ile nasıl etkileşim kurduğu doğasını tanımlayacaktır [2]. Buna yönelik çalışmalara, 2018’de tamamlanması planlanan “Blue Brain” projesi örnek verilebilir. Bu proje gerçekleşirse bilim insanları tarafından geliştirilen bu yapay beyin, çevreyle etkileşime girebilecek, bir takım duygu ve hislere sahip olabilecektir [6].

### **1.1.1 Bağımlı BCI sistemi**

Bağımlı BCI sistemi, göz hareketlerine sebep olan kas hareketlerinden kaynaklanır. Bu hareketlerden elde edilen sinyaller Bağımlı BCI’lardır. BCI’da ilk kısıtlama kullanıcıların belirli bir göreve odaklanmalarını sağlamaktır.

BCI’daki bir diğer kısıtlama ise bir bilgiyi aktarma becerisi çok düşük olan klinik vakalardır. Bunun yanı sıra, bu uygulamaların performansı, tipik alternatifleri (imleç kontrolü için fare, iletişim için konuşma) kullanan sağlıklı popülasyonlarda çarpıcı bir şekilde daha iyi performans göstermiştir [2]. Kısmen de olsa bunun nedeni; sağlıklı insanların normalde potansiyeli yüksek hareketleri gerçekleştirmek için kullandıkları beyin ve kaslar arasındaki güçlü sistemdir [7]. Araştırmacılar klinik popülasyonlar için doğal sinirsel işleme ile daha tutarlı şekilde sinirsel sinyaller kullanan uygulamaların gelişiminin faydasını fark etmektedirler [8]. BCI teknolojilerinin sağlıklı nüfusa genişletilmesi, klinik olmayan popülasyon için kolaylık ve fayda sağlamaktadır. Sistemde, duyguları video oyunlarına, oyunculara, reklamcılık ve müziğe entegre etme girişimleri de dahil olmak üzere pek çok umut verici yeni uygulama türü geliştirilmektedir [9].

### **1.1.2 Bağımsız BCI sistemi**

Bağımsız bir BCI sistemi sağlam bir çevresel sinir sistemi gerektirmez. Böyle bir BCI sadece kullanıcının eğilimlerine dayanır. Yukarıdaki harf seçme örneğine dönülecek olursa, eğer bağımsız BCI kullanılırsa kullanıcının tek yapması gereken istediği harfi düşünmektir. Bu mekanizmada gözün hareketi ya da kontrol durumu ile alakalı hiçbir şey söz konusu değildir. Bundan dolayı, EEG tarafından algılanan sinyal P300 potansiyelidir. Örneğin, yazım için yapılan tipik bir uygulamada,

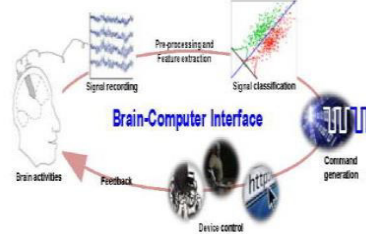
bilgisayar tarafından sunulan harf akışlarını izlerken kullanıcıların tek bir harfe odaklanmasını sağlanmaktadır. Kullanıcıya belli bir düzende yanıp sönen ve bir harf matrisi sunulursa, kullanıcı odaklanarak bir harf seçtiğinde Görsel Uyarılmış Potansiyel (VEP) üretmiştir. Bu harf diğer harflerden çok daha büyük gözükmetedir. Bu tip uygulamalarda, elektroensefalografik (EEG) sinyallerden algılanabilen ve kullanıcının hangi harfe odaklanıldığını gösteren P300 gibi durumla ilgili potansiyelleri uyandırır.

Diğer bir benzer çalışma akıllı ev sistemleri düşünülerek yapılmıştır. Kullanıcıya matris biçiminde cihazlar sunulmaktadır. Her cihaz belirli bir süre yanıp söner, kullanıcı hangi cihazın çalışmasını istiyorsa P300 sinyali oluşturmalıdır. P300 sinyal örüntüsü, herhangi bir şey aniden fark edildiğinde beynin bazı bölgelerinde daha net gözlenebilen bir sinyal ortaya çıkmaktadır. Bu sinyal algılandığı takdirde odaklanılan her ne ise (karakter, şekil vb.) diğer kişilere gösterilebilir, aktarılabilir [10].

Kullanıcının ilgi veya ilgisizlik seviyesine yanıt veren duyarlı bir web tarayıcısına sahip olması, web sayfasında göz gezdirirken kullanıcı memnuniyetini artırır. Ayrıca web sayfası geliştiricisine, görüntülenmesi hedeflenen reklamlarda kullanıcının ilgisine göre geri bildirim sunabilir. Böylece daha iyi web sayfaları tasarlanabilir. Web tarayıcısı, o andaki web sayfasını sık kullanılanlara ekleyerek dikkat seviyesine uygun hale getirebilir [11].

Kullanıcı ile bilgisayar etkileşiminden hemen sonra elde edilen sinyal işlenmektedir. Sinyal toplama bileşeni, filtreleme, yükseltme ve sayısallaştırma işlevleri Şekil 1.2'de gösterilen BCI sistemi tarafından gerçekleştirilir.

Kaydedilen sinyaller zayıf olduğu için elde edilen verilere gürültü gidermek amacıyla filtreleme devresi uygulanır. Bazı çalışmalarda AVR mikrobilgisayarına sahip BCI sistemi denenmiştir. Beynin elektriksel aktivitesini (mikrovolt türünden) kaydetmek için gelişmiş mikrodenetleyicilere ihtiyaç duyulmuştur. Mikrodenetleyiciler sinyalleri dijitalleştirmek için kullanılmaktadır [12].



**Şekil 1.2** : BCI sistem[12].

### 1.1.3 BCI sisteminin süreci

Günümüze gelene kadar geliştirilmiş çeşitli BCI sistemleri bulunmaktadır. 2013 yılında Kyeong-Yeon Lee “Beyin Bilgisayar Arayüzünün Ardındaki Etik ve Toplumsal Konular” adlı yayınında, BCI sisteminin temel yapısına ve nasıl çalıştığına değinmiştir. Kullanıcı ile bilgisayar etkileşimini, kontrol komutları üzerinde durarak yorumlamıştır [12].

2012 yılında Dongwei Chen, BCI prensibinde, yeni bir yöntem olan motor görüntü sınıflandırmasını önermiştir. Daha sonrasında CCBN yaklaşık %90 oranında sınıflandırma veren grafik teorisi kullanarak kurulmuştur. Duygusal bozukluklar, biyolojik geri bildirim teknolojisi vb. CCBN’nin tanınmış uygulamalarıdır [12].

2008’de Robert Harlings, beyin aktivitesi kullanarak duyguyu tanıma ve duyguların insan beyni tarafından nasıl algılandığını bulmak için sistem oluşturmuştur. EEG verileri duyguyu kolayca anlayabilen bilgiye sahiptir. Beyin aktivitesi ve duygu arasındaki ilişkiyi araştırmıştır [12].

2011’de Eduardo Ianez elektrokülografi EOG arayüzüne dayanan insan-makine arayüzü geliştirmiştir. EOG, retina içinde yer alan pigment epiteli katmanındaki elektriksel potansiyelin ölçülmesidir. Gözün ön kutbu ile arkası arasında sürekli var olan bir potansiyel elektrik farkı vardır. Retina pigment epitel tabakasından doğan bu potansiyel, göz hareketleri ile değişir. Gözün iç ve dış köşelerine yerleştirilen elektrotlar vasıtasıyla ölçüm yapılır. BCI, beyin ve EOG’nun elektriksel aktivitesini göz hareketleriyle toplar ve geliştirilen arayüz sayesinde her iki sinyal içinde taşınan noktalar birlikte düşünülür. Bu arayüz, bilgisayar kullanıcılarının komut satırı kodlarını ezberlemeden fare, klavye gibi araçlar sayesinde bilgisayarları kontrol etmelerini sağlamıştır [12].

2013'te Aaron Raymond tarafından EEG ve SSEP kullanılarak yazım denetim sistemi geliştirilmiştir. Sistem grafiksel yöntem tercih etmektedir. Bu sistemin avantajı hızlı, doğru ve esnek olmasıdır [12].

2013'te Miyoung Kim'in yaptığı çalışmada, akıllı cihazlar ile BCI'yi kullanarak P300 sinyal örüntüsü ile TV kanalı seçimi kontrol edilmeye çalışılmıştır [12].

2013 yılında Beni Rio Hermanto, beyin bilgisayar ara biriminin, imla sistemi için hiyerarşik karakter seçimi yapabileceği üzerinde durmuştur [12].

2012'de Chien-Zhi Ou BCI tabanlı akıllı çevre kontrol sistemi üzerine çalışma gerçekleştirmiştir. BCI mekanizmasının, belli entegrasyonlar sonucu yaşam kalitesinin gelişmesini amaçlamıştır. Bu sistemin diğer BCI sistemlerinden farkı, bilişsel durumu izlemek için tek bir EEG kanalı kullanılmaktadır [12].

2013 yılında Shiş Kumar akıllı görüntü arama ve alımı için üzerinde çalışmıştır. EEG sinyallerinin kullanımıyla, görüntünün aranması ve alınması için sistem geliştirmiştir [12].

Şimdilerde ise BCI sistemlerinin gelişiminde kullanılan mikroçipler çoğu sosyal alanlara göre düzenlenebilmektedir. Kullanıldığı alana göre farklı mental analizler yapılabilmektedir. Giyilebilir teknolojilerin birçok formda kullanılması birçok kişinin bilgisi dâhilindedir. Bunlar; saatler, gözlükler, kol ve baş bantları hatta askeri donanıma uygulanmış olan sistemler mevcuttur. Yerleştirilen parça sayesinde askerin hayati durumu kontrol edilebilmiştir.

Bunların dışında birçok profesyonel ya da acemi spor alanlarında uygulamalar yapılmıştır. Özellikle profesyonel spor alanında sporcuların kullandıkları farklı nesnelere önem taşır. Bu nesnelere yerleştirilen algılayıcılar sayesinde, sporcunun vuruş hızı, kuvveti gibi analizler yapılmaktadır. Bu nesnelere; beyzbol sopaları, raketler, futbol ve basketbol topları olabilmektedir. Birçok marka ve firmalar bu teknolojiye yönelmiştir [13].

BCI tasarımının ilk bilimsel formülasyonu 1970'lerin başında kabul edilmiştir. Sistem ilk aşamada tamamen felçli insanlarda duyuyu tekrar sağlayabilmek amacıyla geliştirilmiştir. Daha sonrasındaki aşamalarda protez ya da belli harici cihazların yönetimi gerçekleştirilmiştir. En eski test edilmiş BCI sistemleri tek kanallı bant güç filtrelerinden; standart sinyal işleme bileşenleri kullanılarak oluşturulmuştur [14]. Uyanık anda sinir aktivitesi sırasında kafa derisi elektrotları tarafından korteks

üzerine kaydedilen Mu ritmi belirlenmiştir [15]. Mu ritmi 8-12 Hz aralığında baskındır. Son yıllarda küçük çapta deneylerde bile BCI sisteminin doğruluğu test edilmiştir.



**Şekil 1.3 : LED aydınlanması [16].**

Şekil 1.3'te görüldüğü üzere LED'in yanması, BCI sistemi ile sağlanmıştır. Bu sayede sistemin kullanılabilirliğinin sınırlaması gittikçe azalmıştır.

Bir başka çalışma ise Honda Araştırma Merkezi tarafından 2009 yılında gerçekleştirilmiştir. Sadece beyni kullanarak bir robotu kontrol etmeyi başarmışlardır. ATR ve Shimadzu Corporation katkılarıyla EEG ve NIRS kullanılarak geliştirilmiştir. Bu BCI teknolojisinin diğerlerinden farkı, Honda'nın robotik departmanlarında geliştirdiği günümüzün en gelişmiş insansı robotu olan ASIMO'yu, dolayısıyla da yapay zekâ ve robotiği de denklemin içine yerleştirmesidir [17].

#### **1.1.4 Gaussian varsayımlar**

Uyarlamalı BCI sistemlerinin tasarımını etkileyen varsayım, girdi alanı dağılımlarının Gaussianity varsayımdır. Bu varsayım analitik bakımdan geniş kapsamlı istatistiksel problem aralığı oluşturma eğilimindedir. Beyin süreçlerini modelleme, diskriminant analizi gibi yöntemler BCI sisteminin alanına girmektedir. Yapılan EEG ölçümlerine dayalı olarak, bir Gauss varsayımı limit teoremi süreçlerinin uygulanması ile gerçekleştirilebilir [14]. Ölçülebilen EEG sinyalleri, sinirsel bileşenlerin aktiviteleri tarafından üretilmektedir. Beyne gönderilen geniş aralıkta yapay bir sinyal incelendiğinde, gözlemlenen sinyal dağılımlarının olasılık yoğunluk fonksiyonları elde edilmiştir. Beyne gönderilen bu nöroelektrik oluşturan, yapay sinyal elde edilmesine olanak sağlayan cihaza ENOBIO denmektedir [18].

Buna istinaden Gauss varsayımları kullanılarak yapılan yorumlarda, bozucu tahminleri oluşturulabilir. Bundan dolayı, bu varsayımların teorik hale gelebilmesi detaylı çalışmalar gerekmektedir [19].

### **1.1.5 Gelecekte beklenen BCI sistemleri**

BCI teknolojisi, beyin ve davranış verilerini modelleyen uzman sistemler tarafından geliştirilmiştir. İnsanın bilişsel ve duygusal işlem durumları dâhil olmak üzere üst düzey kavramların nitelendirilmesi için gelişmeye devam eden sistem son derece yararlı olabilmektedir. Anlık gelişebilecek duygusal bir durum, eş zamanlı olarak EEG dinamiklerini, jest dinamiklerini ve yüz ifadesini etkileyebilmektedir.

Bilişsel durumun detaylandırılıp geliştirilmesi, sadece BCI sistemlerinin esnekliğini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda diğer uzman sistemler için yararlı hale getirir. Hem BCI sistemlerinin hem de akıllı bilgisayar sistemlerinin mevcut olan detay ve karmaşıklık seviyelerinin çok ötesine geçeceği düşünülmektedir. Bu tarz gelişmelerde başlarda yapılması planlanan, farklı fizyolojik ve davranışsal verilere uygun fonksiyonel bağlantıların bulunmasıdır. Buna bağlı olarak ortak hesaplamalı bir çerçeve içinde çeşitli kaynak biçimlerinden bilgi edinilmesi amaçlanmıştır. Bilişsel durum ve yanıt değerlendirmesi, geniş bir yelpazede daha verimli ve sağlam insan-makine arayüzlerinin geliştirilmesine yol açmaktadır. Bu gelişim büyük ölçüde ticari alanlarda, kişisel elektronik ve iletişimden eğitime kadar ciddi bir kazanım olup hatta eğlence programlarına uyarlanması bir evrim niteliğindedir [20].

### **1.1.6 BCI sistemi ve bilimsel süreç**

Şu sıralarda, insan beyninden kaydedilen verilerin yanında arayüz oluşumunda kullanılan hesaplama sistemlerindeki gelişme büyük ölçüdedir. Önümüzdeki yıllarda, hareketli beyin/vücut kaydının her yerde olabileceği düşünülmektedir [20]. Örneğin; eğlence araçlarının en kullanışlı ve gelişmeye açık olduğu zamanda kullanıcıya sunmak ve sosyal biliş için yeni hipotezler belirlemek ve test etmek BCI için yeni bir adım olacaktır. Araştırılan her yeni konuya bağlı kalarak, yeni hipotezler üretme BCI amaçları için giderek daha fazla genişleyecektir. Verilerin denetimini sağlayan arayüzler, gözlemlenebilir bazı davranışları hesaplamak, sinirsel özellikleri tanımlamak için giderek daha fazla araç sağlayacaktır. Son yıllarda bu kavram giderek artan sayıda araştırmacı tarafından değerlendirilmiştir [21].

Bu yöntemlerle öğrenilen özelliklerin anlamlı yorumlanabilirliği, bilimsel akıl yürütme için yararlı bir katkıdır. Beyin ve davranış hakkında bilimsel olarak kabul edilen hipotezler, sonraki nesiller için BCI teknolojisine eklenebilir. Günlük yaşama katkısı olan ya da olabilecek BCI sistemleri için, bilimsel araştırmalar daha çok



yapılmalı ve uygulanabilirlikleri test edilmelidir. Böylece, insan-makine etkileşimi, sadece bilimsel hipotezleri test etmek için değil, bilimsel sürecin döngüsünde daha fazla kullanılabilir.

Günümüzde, bilişsel durum veya niyet tahmini için EEG tabanlı BCI sistemlerinin doğruluğundaki bir eğilim açıkça gözlemlenmektedir. Giyilebilir ya da epidermal EEG sensör sistemlerine dayanan BCI teknolojisi, bugün bilgisayar fareleri ve dokunmatik ekranlar gibi günlük aktivitelerde faydalı olabilmektedir. Mevcut bilgi işleme yaklaşımlarındaki iyileştirmelerin yapılması için, teknolojik ve metodolojik atılımların yapılması gerekmektedir. Bu tür bazı atılımlar, genişletilmiş ölçeklendirmeye izin vermeye devam etmesi gereken Moore [22] yasası tarafından etkinleştirilebilir, çevrimdışı ve çevrimiçi hesaplama gerçekleştirilebilir. Bu işleme kapasiteleri günümüz kısıtlamalarından dolayı düşünülmeyen yeni hesaplama yaklaşımları ile hayal edilenlerin ötesinde kullanılmaya ihtiyaç duyulacaktır.

Elektrofizyolojik sensör teknolojisinde devam eden gelişmelerin BCI performans atılımları için muazzam bir potansiyele sahip olması gerekmektedir. Büyük ihtimalle çok sayıda kanal sayısı (binlerce) ve yüksek sinyal-gürültü oranı, elektromanyetik algılama sistemleri, yeterli hesaplama kaynakları ile kombine edildiğinde, beyin aktivitesinin modellenmesine ve uzaysal-zamanlı ölçeklerde bir örneğe olanak sağlayabilir. Bu düzeyde bilgi yoğunluğuna erişmek için, kaynak ölçümlerine izin vermek güvenli ve geliştirilebilir durumdadır. BCI teknolojisindeki gelişmeler, gelecekteki iletişim modlarının evrimleşmesinde ilgiyi artırabilir. BCI sistemleri için potansiyel araçların geniş çaplı araştırılması, popüler kültürde olduğu kadar bilimsel ve mühendislik toplumlarında heyecan yaratmaya devam etmektedir [23].

## **1.2 Nöroelektriksel Ölçüm Yöntemleri**

Bu yöntemler insanın bilişsel aktivitelerinin incelenmesine yol açmaktadır. Klinik nörolojideki en önemli araçlardan biridir. Yıllar geçtikçe nörolojik görüntüleme işlemleri gelişmeler göstermiştir [24]. Kullanılan yaygın yöntemler ise, bilgisayarlı tomografi taraması (CT), manyetik rezonans görüntüleme (MRI) ve EEG'dir[25].

### **1.2.1 Bilgisayarlı tomografi taraması (CT)**

Günümüzdeki klinik uygulamalarda en detaylı tetkik ve değerlendirmeyi Şekil 1.4'te görülen Bilgisayarlı Tomografi (CT) oluşturmaktadır. CT 1970'lerde kliniğe

girmiştir. O zamandan günümüze kadar CT kullanımı ciddi bir artış göstermiştir. ABD’de 2000’li yılların sonunda ve 1990’ların başlarındaki kullanım oranları karşılaştırıldığında üç kat artış söz konusudur. Artıştaki en büyük etken ise, CTdeki hızlı teknik gelişim ile klinik uygulamalarda yaygın kullanımdır. CT kullanımındaki artış özellikle çocuk vakalarda olmuştur. CT teknolojisindeki çekim süresinin kısalığı çocuklardaki CT kullanımını kolaylaştırmıştır. Bilgisayarlı Tomografi tetkikleri, alışlagelmiş röntgen tetkikleri ile kıyaslandığında, çok daha fazla radyasyon miktarı içermektedir. Doktor tarafından istenilen sonuçlara göre, çekim parametrelerinin çoğu tetkik sırasında değiştirilebilmektedir. İdeal olanı, her birey ve her inceleme için ayrı bir çekim protokolünün planlanmasıdır. Tetkik sayısı da alınan radyasyon dozunun miktarını etkileyen önemli bir faktördür [26].



Şekil 1.4 : CT cihazı [27].

### 1.2.2 Manyetik rezonans görüntüleme (MRI)

Manyetik rezonans görüntüleme (MRI) güçlü bir mıknatısın varlığı ve radyo dalgalarının kullanımıyla görüntü elde edilmesini sağlayan cihazdır. En büyük avantajı ise radyasyon içermeyen bir radyolojik inceleme yöntemidir. Hasta sabit bir manyetik alan içine yerleştirildiğinde vücuttaki protonlar mıknatısın vektörü doğrultusunda dizilim göstererek dönüş (spin) yapar. Daha sonra dokulardaki hidrojen atomlarında sapmalar olur. Verilen dalgalar bitirildiğinde ise protonlar eski konumlarına tekrar geri döner ve eski konumuna geçerken aldığı enerjiyi geri verir. Bir alıcı aracılığıyla bu enerji sinyale dönüştürülür. Her doku için oluşan sapma farklıdır. Bu yüzden eski konumlarına dönme zamanları da farklılık gösterir. Bu sinyal değişkenlikleri ile görüntüler oluşturulur. Hidrojen atomu, içeriği su olan dokularda daha fazladır. İnsan vücudunda da su ve yağ bol miktarda mevcut olduğu için hidrojen atomunun sayısı çoktur. Bundan dolayı MRI cihazının kullanımı neredeyse tüm vücut için uygundur. Özellikle beyin, kas-iskelet sistemi ve solid organların değerlendirilmesinde çok tercih edilir. Bilgisayarlı Tomografiye (CT) göre

radasyon içermemesi nedeniyle sık sık tetkik edilmesi gereken hastalarda MRI tercih edilmektedir [28].

### 1.3 Elektroensefalografi (EEG)

İnsan beyninde belli bir uyum içerisinde ve kendi aralarında sürekli etkileşim halinde olan yapılara nöron denmektedir. Nöronlardan kaynaklı oluşan elektrik potansiyel değişimler kafatasına yerleştirilen bir çift elektrot ile kaydedilebilir. Sinir sinyal bilgisi bu şekilde elde edilir. Potansiyel değişimler, elektriksel ritimlerden ve anlık deşarjlardan oluşur ve bu değişimlere elektroensefalogram (EEG) denir. Hans Berger modern EEG'nin babası olarak kabul edilmektedir. 1929'da yayınladığı makalede insanoğlunun EEG'sinin ilk gözlemini açıklamıştır. Berger'ın çalışması; ergenlik çağındaki bir kişinin beynindeki tümörün, kafatasına açılmış olan delikle keşfedilmesiydi. EEG'nin kullanımıyla bu invaziv yöntemler terk edilmiştir.

EEG sinyalleri; ölçüm konumlarına, frekans aralıklarına, genliklerine, sinyal dalga şekillerine, periyotlarına ve sinyale neden olan hareketlere göre sınıflandırılabilirler. EEG'ler çeşitli uyaran derecelerine göre değişim gösterebilir. Farklı uyuma periyotları farklı EEG karakteristiklerine neden olur.

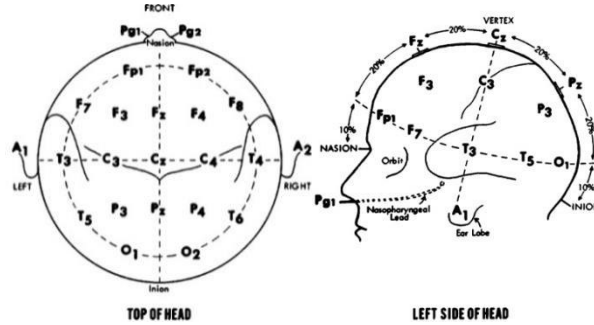
EEG sinyallerinin ölçümünde genellikle genlikten kaynaklanan teknik problemlerle karşılaşılır. EEG sinyalinin tepeden tepeye genliği sadece 1-100 $\mu$ V civarında, frekansı ise 0.5 - 100 Hz aralığındadır. Ayrıca elektrot malzemesi ve temas derecesi de ölçümleri etkiler.

CT, MRI, X-Ray görüntüleme gibi kullanılan radyolojik yöntemler, beyindeki elektriksel aktiviteler hakkında doğrudan bilgi vermez. Örneğin; MRI, anatomik bilginin görüntüsünü sunar, EEG ise belli bir periyotta elektriksel aktiviteleri yakalar. Bundan dolayı zihinsel bozuklukların değerlendirilmesinde EEG büyük fayda sağlamaktadır.

EEG'nin keşfine bakılacak olursa, 1875 yılında Richard Caton maymun ve tavşan beyinlerindeki elektriksel gözlemi yapan ilk kişiydi. Ancak mevcut olan teknikler dalga biçimini geleceğe aktarmak için yeterli değildi [29].

Klinikte, elektrotların konumu EEG'nin genliğini, fazını ve frekansını doğrudan etkiler. Elektrotların yerleştirileceği uygun yerler frontal, parietal, temporal ya da oksipital beyin loblarıdır. En çok tercih edilen yerleşim şeması Şekil 1.5'te verilen

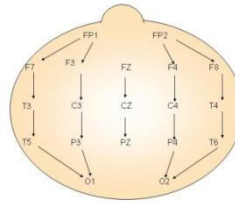
10-20 EEG elektrot konumlandırma sistemidir, bu sistem International Federation of EEG Societies tarafından tavsiye edilir. Böylece kafatası yüzeyi sol ve sağ bölümlere ayrılmış olur [30]. İki adet EEG montajı vardır. Bunlar bipolar ve referans montajlardır.



Şekil 1.5: 10-20 EEG elektrot konum sistemi [29].

### 1.3.1 Bipolar montaj

İki aktif kafa derisi arasındaki sinyaller karşılaştırılır. Bitişik elektrotların eşleştirilmesine bakarak bu elektrotlarla Şekil 1.6'da gösterildiği gibi iki kutuplu bir zincir oluşturulur. Komşu elektrotlar önden arkaya: Fp1 ile F3, F3 ile C3, C3 ile P3 ve P3 ile O1.

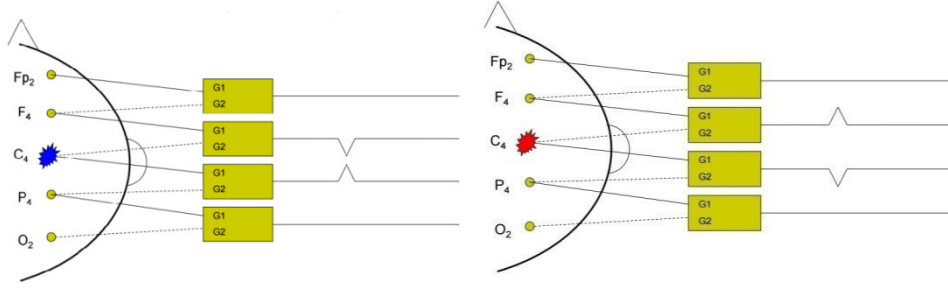


F: Frontal, T: Temporal, O: Okcipital, Fp: Frontopolar, C: Santral, P: Parietal ve Z başlı ortta hat sisteminde kullanılmaktadır.

Şekil 1.6 : Bipolar montaj [31].

Üretilen her bir EEG kanalı, iki serebral yerin tek karşılaştırmasını temsil ettiği için bipolar terimi kullanılır. Her iki elektrot konumu da ilginçtir çünkü her ikisi de beyin aktivitesini etkiler. Beş ardışık elektrot zinciri, iki kutuplu dört farklı EEG kanalı üretecektir [25].

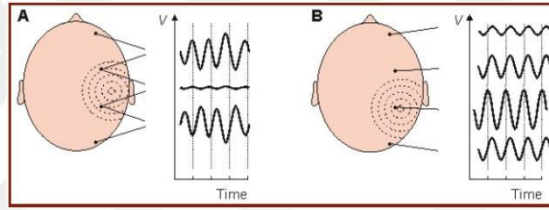
Bipolar montajlarda bir yükseltecin G1'inde bulunan elektrot aynı zamanda diğer yükseltecin G2'sine takılır. İki yükselteçte ortak olan elektrotta Şekil 1.7'de gösterildiği gibi ters yönde saptmaya neden olur [32].



Şekil 1.7 : C4 alanındaki negatifve pozitif sinyal [32].

### 1.3.2 Referans montaj

Referans montajlarda en yüksek genliği kaydeden kanal, potansiyel kaynağına en yakın olan elektrota bağlıdır. Referans montajlarda yer belirlemesi amplitüt ile bipolar montajlarda ise kalem sapmasının yönü ile yapılır. Referans montajlar özellikle geniş dağılımlı potansiyellerin saptamasında yararlıdır [30]. Şekil 1.8’de bipolar ve referans montaj gösterilmiştir.



Şekil 1.8 : A) Bipolar montaj B) Referans montaj[30].

### 1.3.3 Elektrik kaynakları

Kafa derisi yüzeyindeki elektrik alanın yoğunluğunu açıklamak için çeşitli yollar kullanılmıştır. Durağan bir suya atılan taş örneği basit bir alanın gücünü ve dağılım şeklini açıklayabilir. Taşın suya düştüğü anda oluşan dalga en belirgindir, mesafe arttıkça frekans azalır. Bu örnek kafa derisi üzerinde yayılan elektrik alanı, radyal olarak simetrik şeklini gösterir. Ancak tüm dağılımlar için aynı şema geçerli değildir.

Elektrik alanlarının biçimi için dağ tepeleri de örnek olarak verilebilir. Elektrik alanlar gerilimin bir yönde daha dik bir eğimini ve başka yönde daha yumuşak eğimini gösterebilir. Eğim, belirli bir noktada iki boyutta hayal edilen bir eğrinin dikliğidir. Yine aynı biçimde belirlenmiş noktada üç boyutta hayal edilen bir yüzeyin eğimi, o noktadaki gradient olarak adlandırılır.

Bir yüzeyde belirlenen uygun noktadaki, elektrik alan yoğunluğu değiştirme oranı, elektriksel gradient olarak adlandırılır. Bir EEG değerinin maksimum voltaj değeri

ile belirlenen bu noktayı çevreleyen alandaki en büyük değerin karıştırılmamasına dikkat edilmelidir [25].

#### 1.3.4 EEG kanalları ve voltajları

Bir voltmetre, iki nokta arasındaki potansiyel farkı ölçer. Voltajların ölçümü alındığında, okuyucu hangi değerlerin karşılaştırıldığının farkında olmalıdır. Kafa derisi üzerinde tek bir noktadaki EEG verileri incelendiğinde, oluşan sapmaları açıklamak kolay bir süreç değildir. EEG'de görülen her kanal sapması, iki farklı noktanın karşılaştırılmasıdır [25].

Analiz edilen dalgalar, iki girişı karşılaştıran sürekli dalgalı olarak gözlenen voltmetre çıktılarıdır. Bir voltmetrenin bir probu 105 mV'de bir noktayla temas ederse ve ikinci prob 100 mV'de bir noktayla temas ederse, voltmetre 5 mV okuyacaktır. Bir EEG kanalının sadece iki nokta arasındaki farkı göstermesi hem avantaj hem de kısıtlamalara sebep olmaktadır. EEG'de gösterilen her dalga sürekli bir voltmetre çıktısıdır, bu durumda; hangi iki nokta, bu kanalın görünüşüne katkıda bulunmaktadır?

Yükselteç iki adet girişin bulunduğunu varsaymaktadır bunlar; şebeke 1 ve şebeke 2'dir. Bunları Giriş 1 ve Giriş 2 olarak adlandırır. EEG teknisyeni, EEG montajının seçimine bağlı olarak herhangi bir kanal için elektrotların Giriş 1'e veya Giriş 2'ye takılmasına karar verir. Elektrotların mutlak gerilim işaretine bakılmadan bir elektrotun diğerlerinden daha pozitif veya daha negatif olduğunu belirten kısaltmalar kullanılır [25].

Belki de en kolay düşünölmüş amplifikatör tasarımı, tek uçlu giriş amplifikatördür. Bu tip bir amplifikatör, giriş olarak tek bir sinyal alır ve bu sinyalin çıkışı olarak yükseltilmiş halini verir. Bu amplifikatör, EEG makinelerinde kullanılan amplifikatör türü değildir [25].

Daha öncelerde açıklanan voltmetreler gibi, gerçek EEG amplifikatörlerinde, iki girdi kullanır. Sinyal Giriş 2; Giriş 1 sinyalinden çıkarılır ve sonuç daha sonra çoğaltılıp, çıktı olarak işlev görür. Bir girdi sinyalinin diğerinden çıkartılarak değerlendirilmesi birçok önemli avantaja sahiptir. Her iki girdide ortak olan sinyal bileşeni iptal edilmektedir. Çıkışta yalnızca iki sinyal arasındaki fark söz konusudur. Bu amplifikasyon tekniği, EEG alanında faydalıdır [25].

### 1.3.5 EEG işaret türleri

EEG işaret ve türlerine geçmeden önce biyolojik işaretleri hatırlamakta fayda vardır. Biyolojik işaretler; sinir sistemi, beyin, kalp ve kas gibi çeşitli organların faaliyetleri sırasında oluşurlar. Biyolojik işaretlerin temelini, hücrelerdeki elektrokimyasal olaylar oluşturur. Elektrokimyasal faaliyetler, elektrot yardımıyla algılanıp sinyal işleme süreçlerinden sonra çeşitli hastalıklar belirlenebilmektedir. Biyolojik işaretler, vücut içindeki karmaşık biyolojik yapıdan dolayı kolay anlaşılmaslar. Bu nedenle bu işaretlerin yorumlanması gereklidir [4]. EEG işaretlerindeki ana bileşenin frekansı yaşla birlikte artar, genlikleri ise azalır. Bir çocuğun EEG'sinde genlik büyük, frekans düşüktür. Yetişkinde ise tam tersi durum gözlenmektedir.

EEG işaretleri, ani değişimler nedeniyle durağan olmayan sinyallerdir. Durağan işaretlerin analizinde genellikle Fourier dönüşümü (FD) kullanılır. Ancak EEG sinyallerinin analizinde FD kullanıldığında, sinyalin zaman bilgisi kaybolduğu için FD yetersiz kalmaktadır. Literatürde bulunan birçok çalışmada Ayrık Dalgacık Dönüşümü (ADD) kullanılmaktadır. ADD analizinde esnek zaman-frekans pencereleri kullanılarak sinyalin farklı zamanlarda sergilediği ani değişimler zaman bilgisi kaybedilmeden analiz edilebilir [33].

Dalgacık Dönüşümü (DD), yüksek frekanslar için küçük ve düşük frekanslar için büyük bir bakış açısı sağlamaktadır. Zaman ve frekans açısından en uygun çözünürlük elde edilmeye çalışılır. DD dönüşüm denklemi şekildeki gibidir:

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

Burada;  $x(t)$  işareti, tüm zaman aralığında kompleks çarpan ile çarpılıp toplanmaktadır.  $\Psi$ ; dalgacık fonksiyonunun ölçekli ve değişken bileşenlerinin çarpımının toplamı olarak tanımlanır.  $W(a,b)$ 'da sürekli dalgacık dönüşümünü belirtir. Ana dalgacık fonksiyonunda  $a$  ölçek ve  $b$  zamanda kaydırma parametreleridir. Dalgacık dönüşümü  $a$  ve  $b$  ölçeklerine göre aşağıdaki gibi elde edilmektedir:

$$\Psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \Psi \left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (2)$$

$$\alpha = 2^j \text{ ve } b = k.2^j = k.a \quad (3)$$

ADD temel ifadesi aşağıdaki gibidir;

$$W(j,k) = \sum_j \sum_k x(n) 2^{-j/2} \Psi(2^{-j} n-k) \quad (4)$$

Burada  $x(n)$  işaretin kendisi ve ana dalgacıdır [33]. Logaritmik dengeli yapıya sahip çok frekanslı süzgeç banklarıyla analiz yapılabilir. ADD ile işaret, yüksek geçiren ya da alçak geçiren filtreye sokularak katsayılar elde edilir. Bu işlemler frekans bantlarında istenilen çözünürlük elde edilinceye kadar tekrar edilir.

Araştırmacılar tarafından yapılan önceki çalışmalarda beyinde, matematiksel işlemler sırasında toplanan veriler farklı sınıflandırma algoritmaları ile yapılmıştır. Bir çalışmada belirlenen kanal sayısına göre yapılan analizlerdeki en yüksek doğruluk oranına sahip olan algoritmalar; BayesNet, Random Forest ve (k-NN) yakın komşuluk algoritmalarıdır [34].

BayesNet Algoritması: Bayes ağların özelliği istatistiksel ağlardır. Bayes ağları yönlü ancak dönüşsüz ağlardır. Her düğüm noktası ayrı bir değişkeni temsil eder [35].

Random Forest Algoritması: Sınıflandırma yöntemleri için kullanılabilir. Çok sayıda sınıflandırıcı üretebilmektedir. Daha sonrasında alınan sonuçlar ile yeni veriyi sınıflandıran bir çeşit öğrenme algoritmasıdır [36].

k-NN Algoritması: Uzaklık değerine göre çalışan bir teoremdir. Bu teoreme göre veriye en yakın olan k adet nokta seçilir sınıflandırma işlemi bu seçilen k sayısına göre yapılır. 'k' sayısının küçük olması benzerlik oranı en yüksek olan örnekleri bir sınıfta toplamaya yardımcı olur. Ancak 'k' sayısının artışı birbirine benzemeyen verileri de aynı sınıfa dâhil ederek yanlış sınıflandırma yapabilir [34].

### 1.3.6 EEG verilerinin kaydı ve incelenmesi

EEG'nin kaynağı kortekste ki primidal hücrelerdir. EEG'de elektrik sinyalleri esas olarak kortikal sinir hücrelerinden ortaya çıkar. Primidal hücrelerinin binlercesinin senkronizasyonu ile EEG sinyali oluşur.

Klinik uygulamalarda 19 elektrot (çap 0.4–1.0 cm) kafa derisi (Uluslararası 10-20 Sistemi) üzerine Şekil 1.9'da gösterildiği gibi düzgün olarak yerleştirilir. Baş, beyin tüm bölgelerinde yeterli aktiviteyi alabilmek için orantılı mesafelerde ayrılmıştır. Elektrotların yerleşimleri, bitişik beyin alanlarına göre belirlenip, etiketlenir: F (frontal), C (orta), T (temporal), P (posterior) ve O (oksipital).





kanallı EEG kaydedilmek isteniyorsa, toplamda 5 elektrot sabitlemek gerekir. Hidrojel elektrotlar tek kullanımlıktır bundan dolayı maliyeti fazladır [37].

### **1.3.6.2 Altın elektrotlar**

Altın elektrotlar psikiyatrik bölümler için özellikle tercih edilir. Doğru kullanımda, hidrojel elektrotlardan daha iyi empedanslar sunarlar, saç kaplı alanlara kolayca sabitlenebilmektedirler. Tedarik maliyetleri hidrojel elektrotlardan yüksektir, ancak altın elektrotlar tek kullanımlık değildir. Bundan dolayı altın elektrot daha faydalıdır [37].

### **1.3.6.3 İğne elektrotlar**

Neonatologlar arasında iğne elektrotların kullanımı halen daha tartışma konusudur. Bunun nedeni, “iğne” kelimesi invaziv bir işlem olduğunun habercisidir. Bu durumda hem enfeksiyon kapma durumu hem de acılı bir süreç olması söz konusudur [37].

### **1.3.7 Uyku ve uyanma çevrimleri**

Uyku-uyanma döngüleri, kesintili ya da sürekli etkinliğin aşamaları olarak düşünülebilir. Aktif uyku (AS), derin uyku ve sessiz uyku (QS) düzenli önermeyi tanımlar.

Küçük yaştaki çocuklarda (genel olarak 5 yaşından küçüklerde), uyku sırasında EEG kaydı tercih edilir.

Uyku sırasında ve uyanık halden uykuya geçiş anında beynin biyoelektrik aktivitesi değişmektedir. Uykunun farklı evreleri vardır. Bu evrelere özgü EEG değişiklikleri saptanır. Uyku, beyindeki anormal aktiviteyi saptamaya yardımcı olan en önemli evredir.

Hastanın şuur hareketleri uyku veya uyanık duruma göre değişiklik gösterir. Hem uykudayken hem de bilinci açıkken çekim gerçekleştirilmesi daha sağlıklıdır [37].

Uyku hali zihinsel hastalık tespitinde en önemli kanıtlardan biridir. Uyku durumundayken; vücut hareketlerinde ve dış uyaranlara karşı oluşan tepkilerde azalma, anabolizma hızında artış (hücre yapılarının sentezi) ve katabolizma hızında azalma (hücre yapılarının parçalanması) gibi durumlar gerçekleşir. Uyku beynin

sağlıklı gelişimi için çok önemlidir. Özellikle çocuklarda ve genç erişkinlerde büyüme hormonu salımı, derin uyku sırasında gerçekleşir.

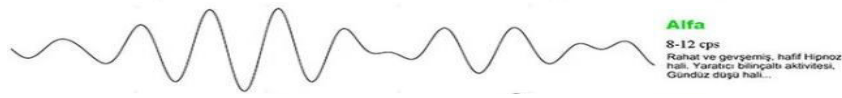
Yapılan araştırmalarda insanın 24 saat sürekli uyanıklık halinin sonrası incelenmiştir. Beynin metabolik aktivitesi önemli ölçüde azalmıştır. Uyku eksikliği, bellek ve fiziksel performansın bozulmasına sebep olmaktadır [38].

Uyku dinamik bir süreçtir. Loomis, 1930'ların ortalarında uykunun çeşitli dönüşümlü aşamaların varlığını açıkladı. Bu aşamalarda farklı zihinsel aktiviteleri yansıtan iki ayrı durum söz konusudur. Her kişi, farklı bir EEG aktivitesi göstermektedir. Uyku, pürüzsüz göz hareketi (NREM) ve hızlı göz hareketi (REM) uykusundan oluşur. NREM, dört ayrı grupta incelenmiştir; I (uyuşukluk), II (hafif uyku), III (derin uyku) ve IV (çok derin uyku). Gece boyunca NREM ve REM'in uyku süreçleri değişir. Evrelerden sonra REM uykusu izlenir [38].

## **1.4 Beyin Dalgaları**

### **1.4.1 Alfa dalgaları**

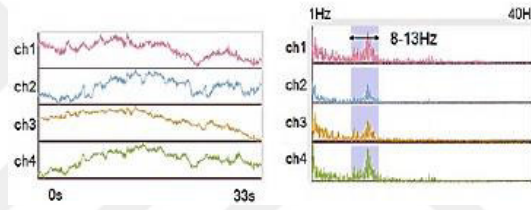
Alfa dalgaları, 1929 yılında Hans Berger tarafından keşfedilmiştir. Beynin temel frekansıdır. 7-12 Hz aralığında alfa dalgaları belirmiştir. Alfa dalgası, beyin faaliyetindeki en belirgin ritimdir ve 50  $\mu$ V'den daha düşük bir genlik içerir. Oksipital bölgeden alınan kayıtlarda alfa dalgası en belirgindir. Bu bölgelerde görünüm frekansı ve genlik yüksektir [39]. Kayıt alınırken bireyin kapalı gözlü ve durgun halde olması gerekmektedir. Birey bu haldeyken on dakika süreli periyotlarla ölçümler alınır ve spektrumda alfa dalgası açıkça gözlenebilmektedir. Yalnızca kapalı göz halindeyken alfa dalgası salınmaz. Bireyin psikolojik olarak rahatlaması ya da hayal kurması anında yine alfa dalgaları gözlenir. Bu da kişinin alfa salınımı yapması için fizyolojik bir önermedir. 1972 yılında Suzuki, kafadaki alfa dalgalarının fizyolojik iletim ve etkileşim yoluyla sırttan kaynaklandığını düşünmektedir. Bu durum halen daha tartışma mevzusudur. Şekil 1.11'de verilen alfa dalgalarını belirlemek için orijinal spektruma frekans analizi yapılmaktadır. Bu işlemle tüm veriler arasındaki alfa dalgalarını seçebilmek için orijinal verinin güç spektrumunu hesaplamak gerekir. Her bir frekans bandı için ayrı diyagram elde edilir [18].



**Şekil 1.11** : Alfa dalgası [31]

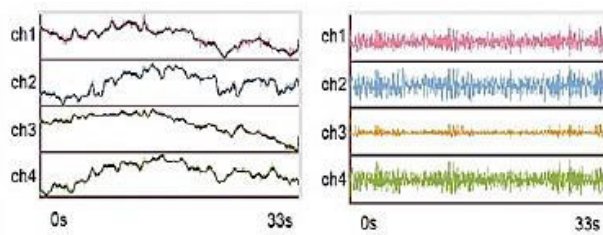
Akustik uyarıların alfa dalgasına olan etkileri birçok çalışmaya konu olmuştur. Buda doğrudan stres faktörünü etkilemektedir. Uyanık durumdayken, alfa genliğini artırmak için müzik ve beyaz gürültü birleşimi doğrudan etkilidir. Beyaz gürültü yerine, hoş olmayan akustik dinletildiğinde diş gacırdatmak vb. alfa dalgalarının ciddi bir biçimde azaldığı gözlenmiştir.

Alfa dalga verileri, orijinal verinin ayıklanmasıyla sağlanmaktadır. Ayrıca ham dalgadaki fazla gürültüleri kaldırmak gerekmektedir. İlk gürültü azaltımı için Şekil 1.12’de görüldüğü üzere cepstrum kullanılmıştır. Cepstrum; bir spektrumun logaritmasının fourier dönüşümüdür, özellikle ses analizinde kullanılır.



**Şekil 1.12** : Alfa dalgası frekans diyagramı [18]

Fast Fourier Dönüşüm yöntemi kullanılarak verilerin spektrum zarfı hesaplanır. Böylece alfa dalgasının aralığı belirlenir. Algılanan ve gözlemlenebilen dalga aralığı, ENOBIO tarafından sağlanan büyük bir ses olduğundan, gürültü azaltılıp, alfa dalgası ayıklanıp Şekil 1.13’te olduğu gibi düzeltilmelidir.



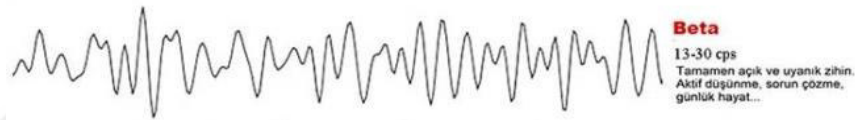
**Şekil 1.13** : Düzeltme sonrası veriler [18]

Şekil 1.13’te soldaki zayıf eğilimli eğri kaldırıldığında ENOBIO’nun neden olduğu gürültü ortadan kalkmıştır. Elde edilen verilere ICA (Internal Coratis Arter) uygulanmıştır. ICA; çok değişkenli sinyalleri aynı sayıda bağımsız bileşene ayırmak için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemle dört kanallı veriler, dört bağımsız bileşene ayrılabilir. Bu bileşenler saf alfa dalgalarını içerebilir [5].

Alfa dalgası oluşturan dalgaların faz analizi için k-NN algoritması uygulanmaktadır. k-NN kümeleme algoritmasında kümelenecek özellik miktarı olarak Maksimum Entropi Yöntemi (MEM) ile öncesinde hesaplanan güç spektrumu kullanılır. MEM kullanıldığında örnek sayısının önemi yoktur. Keyfi olarak herhangi bir dalganın frekans çözünürlüğüne bakılabilir [40].

#### 1.4.2 Beta dalgaları

Beta dalgaları beyindeki Şekil 1.14'te gösterildiği gibi 12-30 Hz frekans aralığındaki elektriksel aktivitelerdir. Beta aktivasyonu, temporal bölgelerde bilişsel görevler için en fazladır. Beta dalgası salınımında duygusal veriler ön plandadır. Etkileşim verileri özellikle mekânsal durumdan bağımsızdır. Bilişsel ve duygusal süreçler sırasında alfa etkinliğinde değişim gözlenmemiştir. Alfa etkinliği, kişinin dikkatli olduğu süreçleri yansıtmada önem teşkil etmektedir. Bilişsel durum etkinliği beta dalgasının salınımı ile doğrudan bağlantılıdır [41].



Şekil 1.14 : Beta dalgası [42].

12-15 Hz aralığında düşük beta aktivitesi mevcuttur. Bu durumdayken kişi herhangi bir şeye yeni odaklanmış henüz zihinsel olarak rahattır. 16-20 Hz aralığında orta ölçekli beta salınımı gerçekleşir. Bu frekans aralığında kişinin fizyolojisi hakkında bilgi verilmek istenirse, hızla gözlerini kırpmaktadır. Bu da odaklanmaya çalıştığının göstergesidir. 21-30 Hz aralığında yüksek seviyede beta aktivitesi gözlenir. Bu durumdayken kişinin tamamen şuuru açık ve endişeli bir haldedir.

Bireyin odaklanma anında ya da herhangi bir heyecanlanma durumunda beta dalgasının frekansı yükselir. Düşük genlik, yüksek frekansa sahip olan beta dalgası saniyede ortalama 20-40 kez salınım yapar [43]. Beta ritminin normalde genliği 30  $\mu V$ 'nin altındadır. Ancak beyin yüksek dozda beta dalgaları salgılıyorsa davranış bozuklukları, bağımlılıklar ya da nevroz duyguları yaşanabilir [44].

#### 1.4.3 Teta dalgaları

Teta dalgaları, Şekil 1.15'te gözüken 4-8 Hz frekansına sahip düşük dalgalarıdır. Salınımları yavaştır. Kişinin uyku sersemi ya da rahatli olduğu bir fizyolojik

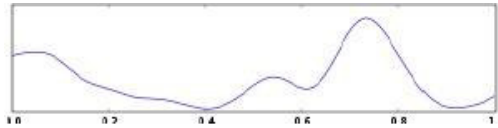
durumuna eşitir. REM uykusu sırasındaki rüya görme haline karşılık gelmektedir. İstirahat, uykuya dalma durumu ya da meditasyon anında beyin bu frekansta dalga yayılımını gerçekleştirir. Teta dalgaları aynı zamanda uzun süre önce unutulmuş bilgileri anımsatmayı sağlamaktadır. Birçok kişi uykuya dalmadan önce kaybolmuş ya da hafızadan silinmiş bir takım bilgileri mutlaka hatırlamıştır. Bu durum teta frekansıyla doğrudan bağlantılıdır [45].



Şekil 1.15: Teta dalgaları [46].

#### 1.4.4 Delta dalgaları

Delta dalgaları, Şekil 1.16'da gösterilen 0.5-4 Hz arası frekansa sahip beyin ritimleridir. Düşsüz uyku hali, derin uyku olarak tanımlanan birçok veri kaydedilmiştir. EEG sinyalleri, delta frekans aralığında yavaş dalga aktivitesinin hâkimiyeti altındadır. Anestezi kullanımında ise yine delta dalgaları aktiftir. Bu tip durumda delta dalgaları iki grupta; yavaş ve hızlı olarak sınıflandırılır. Yavaş delta salınımları EEG'nin hızlı aktivitelere anestezi durumlarda karşılık gelebilir. Anestezi maddelerin içeriği değiştirildiğinde delta dalgalarının (0-2 Hz ve 2-4 Hz), EEG'nin (8-20 Hz) yüksek frekans yapıları ile ilişkili olduğu görülmüştür. Genlik değeri 100-200  $\mu$ V aralığındadır. Bu yapıların değişken yüksek genlik değerleri delta dalgasının farklı fazlarında ortaya çıkmaktadır.



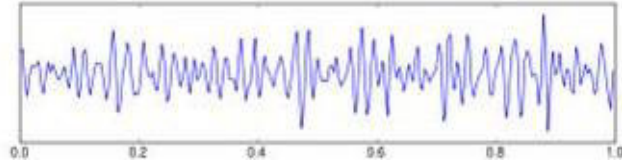
Şekil 1.16 : Delta dalgaları [46].

EEG'nin bazı sonuçları, hızlı delta dalgası aralığından daha fazla etkilenir. Bu aralıkta yavaş delta dalgasına kıyasla daha az gürültülü sonuçlar elde edilir. Hızlı EEG salınımları ile delta ritimleri arasındaki faz açısı, bilinç düzeylerini değiştirdiği için, anestezinin derinliğini belirlemede fayda sağlamaktadır [47].

#### 1.4.5 Gama dalgaları

Gama dalgaları, Şekil 1.17'de verildiği gibi 30-100 Hz arası zihin aktivitesini oluşturan salınımlardır. Gama yayılımı yüksek mental aktivitelere ortaya çıkar. Beyin gama dalgası üretmeye başladığı anda kişi hiç yaşamadığı bir deneyim

yaşayabilir. Tam konsantrasyon hali, zihni neredeyse bütünüyle kullanma gibi büyük avantaj sağlayan bu dalgaların uyarıları dikkate alınmalıdır. Çünkü gama dalgaları frekansı yüksek dalgalardır, dolayısıyla nöronlar bu zihinsel aktivite yaşandığında daha hızlı hareket ederler. Bilgi işleme ve farkındalık daha fazla olur. Gama dalgaları diğer dalgalardan daha sonra keşfedilmiştir. Bunun nedeni beyinde hangi bölümlerle alakalı oldukları tam olarak bilinmemiştir [43].



**Şekil 1.17 :** Gama dalgaları [46].

Bazı kaynaklarda 30-55 Hz arası düşük gama dalgaları, 65-90 Hz arası yüksek gama dalgaları olarak gruplandırılmıştır. Genlik değeri 10  $\mu$ V'nin altındadır.

Bir çalışmada, sigara içmenin zihinsel dalgaları nasıl etkileyeceği konusunda araştırma yapılmıştır. Kişi sigara içtikten sonra delta ve teta dalgaları azalırken, alfa, beta ve gama dalgaları artış göstermiştir. Özellikle gama dalgaları en fazla salınır. Bunun nedeni dış uyaranla direkt bağlantılıdır.

Harici aygıtların kontrolü için kullanılan EEG cihazlarında yine en çok gama dalgaları dikkate alınmaktadır [16].

## **1.5 Neurosky EEG Kulaklık Seti**

Neurosky MindFlex Sensör, elektrot yerleşimi sırasında jel ve diğer aksam kullanım ihtiyacını ortadan kaldıran kuru aktif sensör teknolojisine sahip, düşük maliyetli kablosuz EEG kulaklık setidir [24]. EEG verileri, alışlagelmiş sinyal değerlendirme yöntemi kullanarak işlenir. Ancak bu kolay bir süreç değildir. Bilgisayarlarla yapılan EEG frekans analizi işlemi EEG grafiklerini bizlere sunar. Beyin tarafından oluşturulan sinyallerin algılanması ve sinyal işleme ünitesine iletilmesi, EEG sinyal ölçüm sensörlerinin kullanımı ile gerçekleştirilmektedir [48]. Sensörler sayesinde EEG cihazları kablosuz bağlantı yoluyla sinyal iletimi yapabilir. EEG kulaklık seti, algılanan beyin sinyallerini dijital ortama uyarlamak için analog-dijital dönüştürücü içermektedir. Bir sinyal işlemcisi ve bu sinyalleri iletişim kanalı vasıtasıyla gönderebilen birim kullanılmaktadır. Sinyal işleme ünitesi, NeuroSky'nin ThinkGear teknolojisi tarafından geliştirilmiş olup konsantrasyon veya dikkat değerini

belirleyebilir. Sensör, işlenmiş sinyalleri bir kablosuz ağ üzerinden kontrollü bir üniteye iletir. Kulaklık seti standart kablosuz iletişim kanalı kullanmaz. Bundan dolayı bilgileri okuyabilmek için bağlantı Şekil 1.18'de gösterildiği gibi kurulmalıdır [49].



**Şekil 1.18 :** Sensör arabirim kurulumu [49].

MindFlex, NeuroSky tarafından geliştirilen ThinkGear teknolojisine dayanan bir beyin eğitici cihazıdır. Bu ThinkGear adı verilen çip veri setlerini işleyerek elektriksel gürültüyü filtreler. Ham beyin dalgalarını belirleyerek dikkat ve göz kırpma değerlerini kaydeder. Sensör içerisinde bulunan ThinkGear çip cihazın beyin dalgaları ile etkileşime girmesini sağlayan her NeuroSky ürünü içindeki bir teknolojidir [50]. Alın ve kulakta bulunan kontak ve referans noktalarına dokunan sensör, tüm ölçülen verilerini işleyen ve bu verileri dijital formdaki yazılım ve uygulamalara sunar. Ham çığ beyin dalgaları hem ölçüm cihazı hem de ThinkGear çipi üzerinde hesaplanır [51].

Bu tip cihazların genellikle ağırlıkları 90 g, frekans aralıkları 2.42-2.472 GHz ve maksimum güçleri 50 mW'tır [52]. Sensör, kullanıcının en son göz kırpmalarını hesaplar. Göz kırpma fizyolojik açıdan önemli bir yetidir. Başkalarına gerek duymadan fiziksel cihazlarla iletişim kurmak için bir yoldur [53].

Gelen verileri bir bilgisayarda işlemek için, 3.3 V seri port sinyalinin bilgisini bir girdi oluşturacak dönüştürücü gereklidir. Sensörün kullanım frekansı 12 MHz'dir. LPC2148 işlemci formu bu tip cihazların kontrolünde kullanılmaktadır. LPC2148 işlemci içeriğinde aşağıdakiler bulunmaktadır;

- 16 bit / 32 bit ARM7TDMI-S mikrodenetleyici bulunur.
- 8kB'den 40kB'ye kadar statik RAM ve 32kB'den 512kB'ye kadar flaş bellek içermektedir.



- İki adet 32 bit zamanlayıcı / harici olay sayıcı ve PWM (Pulse Width Modulation) ünitesi bulunmaktadır [54].

Cihaz, kontrollü bir ünite ve kablosuz EEG kulaklık seti içermektedir. Bu MindFlex EEG kulaklık, tasarımı sayesinde başın üzerine sabitlenebilir. Beyin sinyalleri, alna temas eden daraltılmış bir metal elektrot ile monopolar yöntemle ölçülür. Monopolar montaj aktif bölgedeki sinyalleri toplar ve bunları ortak bir referans elektrot ile karşılaştırır. Bu elektrot zihinsel faaliyetlerden etkilenmeyecek bir yerde olmalıdır [1]. Bundan dolayı kulak memesine takılmaktadır [49]. Bir kafa bandı uygulaması tek bir elektrot ve sinyal işleme birimi kullanarak, 1 Hz'de çalışan iki ayrı, çok durumlu çıkış sağlanabilmektedir. Mindwave Mobile, beyin aktivitesinin çok elektrotlu EEG'den veya diğer teknolojilere kıyasla daha az detaylı sonuçlar sağlar. Bu sonuçlar geliştirilen herhangi bir arayüz sistemiyle kullanıma hizmet edebilir [54]. Kullanılan elektrotlar standart Ag-AgCl elektrotlarıdır.

### 1.5.1 Neurosky mindflex sensörün kullanım alanları

Beynin aktivitesi genellikle 100  $\mu$ V altında bir genlik ve 100 Hz'e kadar DC voltajın biraz üzerindeki frekansta sinyal üretir. Bilişsel aktivite kontrolünü sağlayabilmek için her frekans bandı ayrı bir durum temsil etmektedir.

Şekil 1.19'da gösterilen sensörün kullanım alanı son yıllarda büyük artış göstermiştir. Neredeyse tüm beyin dalgaları üzerine çalışmalar yapan araştırmacıların dikkatini çekmiştir. Sensör için yeni kullanım amaçları belirlenmiştir. Sensörün teknolojisi neredeyse tüm alanlarda yeni bir analiz metodu oluşturmuştur.



Şekil 1.19 : Neurosky mindflex EEG kulaklık seti [54].

İlk zamanlarda sensör engelli; fiziksel açıdan yetersiz kalan kişilere hizmet amacıyla geliştirilmiştir. Ancak sensör kullanımı zaman içerisinde bu kadarla sınırlı kalmamıştır. Neurosky Mindwave seti, göz kırpmalardan ve kişinin dikkat seviyesinden sorumlu olan beyin sinyallerinin arayüzde işlenmesini sağlamaktadır.

Bir çalışmada mobil robot kontrolü sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Sensör sol kulak referans alınarak takılır. Elektrotlardan biri alna değmelidir. EEG haritasında bu noktaya Fp1 denir. Frontal için F, ardından p1 (1; ilk tek sayı burnun solundaki % 10'u, 2; ilk çift sayı burnun sağındaki % 10'u belirtir) şeklinde kodlanmıştır.

Geliştirilen arayüzden alınan verileri kullanarak, robotların çeşitli hareketlerini kontrol etmek için programlar yazılmıştır. LabView'da bu veriler seri veriye dönüştürülür ve süreç kısılır [55].

Tüketici oyunları ve eğitimi için, beyin dalgası düzeylerini hesaplayan sensör; yazılımlar ve cihazlar için dijital girdi haline dönüştürmektedir. Sensör kullanımıyla geliştirilen bir düzineden fazla oyun ve eğitim uygulaması mevcuttur [56].

Bir diğer örnekte ise, katılımcıların öğrenme esnasındaki EEG verileri incelenmiştir. Duygusal hal hesaplaması için analiz yöntemi araştırılmıştır. Öğrenilen konular ve yetiler arası farklılıklar büyüktür. Neurosky MindFlex sensörle, katılımcılar arasındaki sinyallerin farklılıkları ölçülmüştür. k-Nearest Neighbors (k-NN yakın komşuluk) algoritması, diğer katılımcılardan alınan sinyallerden bir katılımcının kendine özgü duygularını öngörebilmektedir [57].

Günlük hayata uyarlanabilen Neurosky MindFlex yaşam kalitesini artırmaktadır. Örneğin, sürücülerin dikkatlerini ölçmek için bir senaryo uyarlanmıştır. Burada sürücü güvenlik programları ön plana çıkmaktadır. Özellikle kafa eğme ve göz kapaklarının hareketi referans alınmıştır. Gözler kapanmaya başladığı anda alfa salınımı artmaya başlamıştır. Böylece sensör sayesinde oluşturulan güvenlik programı sürücünün aktivitelerine göre uyarı verebilmektedir [24].

Diğer bir günlük hayat örneği de fiziksel yetisini kaybetmiş insanlar üzerinde yapılan çalışmalardır. Bu durumdaki insanlar başkalarına gerek duymadan göz hareketleri ve yapmak istedikleri niyetleri sensör sayesinde gerçekleştirebilmektedirler. Bu tip kontrolü sağlanan tekerlekli sandalyeler geliştirilmiştir [58].

### **1.5.2 Neurosky mindflex sensörün eğitimdeki yeri**

Özellikle öğrenciler hedef kitle alınarak yapılan çalışmada geliştirilen arayüzle dikkat ve meditasyon değerleri belirlenmiştir. Dikkat seviyesi, öğrenci tek bir düşünceye veya bir nesneye odaklandığında yükselir. Öğrencilerin ilgisini artırma

amacıyla, yapılabilecek etkinlikleri ölçmek için kullanılabilir. Böylece derse olan dikkat düzeyleri takip edilebilir.

Meditasyon değeri zihinsel dinginlik ve rahatlık seviyesini gösterir. Öğrencinin sinirsel faaliyet kontrolü kendiliğinden bu değerler sayesinde düzenlenebilir.

Arayüz beyin dalgalarının değişken değerleri dışında, göz kırpmaları da sunmaktadır. Sık sık göz kırpmaları genellikle sinirli olma veya yorgun olma ile ilişkilidir. Program göz kırpmaları, gözün açık ya da kapalı olma durumuna dikkat etmektedir. Bu nedenle kesin cevap gerektiren kontroller için önemlidir [58].

Eğitimde kullanım ile alakalı benzer bir çalışma çevresel faktörlerin öğrenciler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bulunulan konumun renkleri değiştirilerek dikkat ve meditasyon seviyeleri incelenmiştir [59].

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Öğrencilerin gürültüsüz ve ışıklı ortamda ders çalışmaları sağlanmış ve bu esnada Neurosky EEG biyosensör ile dikkat ve meditasyon değerleri ölçülmüştür. Neurosky MindFlex sensör ham beyin dalgaları verilerini ve işlenmiş dikkat ve meditasyon değerlerini Bluetooth v2.1 Class 2 modülüyle 10 m mesafeden bilgisayara göndermektedir [60]. Sensörün işleyişine uygun şekilde C# ortamında geliştirilmiş olan bir program aracılığıyla, bluetooth ile bilgisayara gelen bu veriler SQL (Structured Query Language) database’de tutulmakta ve istendiği zaman kullanılabilir [61]. Geliştirilen programda öğretmen ve öğrenci kendi kullanıcı adı ve şifresini oluşturarak sisteme Şekil 2.1’deki gibi kaydolup, giriş sağlamaktadır.



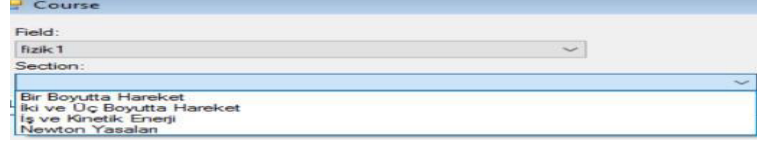
Şekil 2.1 : Kayıt penceresi.

Deneye katılan her bir kullanıcının ham beyin dalgası verileri ile dikkat ve meditasyon ortalamaları kendi kullanıcı adı altında zaman bilgisiyle birlikte SQL Management Studio’da tutulmaktadır. Ayrıca SQL Management Studio’da kullanıcının hangi ders, hangi konuya çalıştığı bilgisi de kayıtlı verilerin içerisinde. Öğretmen öncelikle ders, alan ve konu bilgilerini programa kayıt etmektedir. Ardından konu için ders materyallerini text, resim veya video formatında olabilmektedir [62]. Öğrenci Şekil 2.2’de gösterildiği gibi sisteme kaydolur.



Şekil 2.2 : Program menüsü.

Öğrenci kaydolduktan sonra, sisteme girince Şekil 2.3'te görüleceği gibi çalışacağı derse ve konuya erişim sağlar.



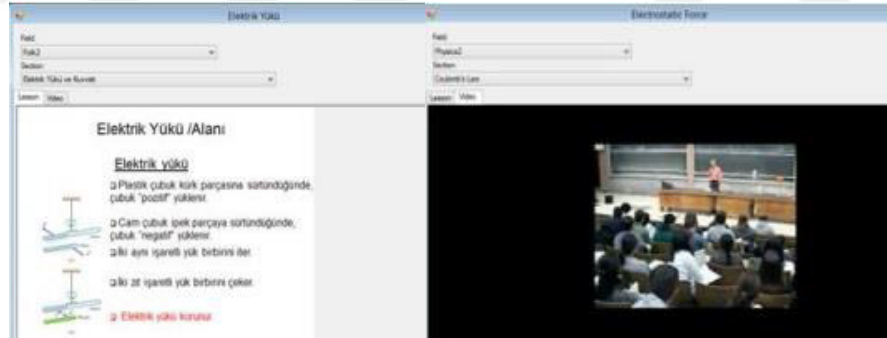
Şekil 2.3 : Ders ve konu seçim menüsü.

Öğrenci ders çalışmaya başlayınca cihaz dikkat ve meditasyon ortalamalarını sürekli olarak ölçer ve bilgisayara bluetooth aracılığıyla gönderir. Program ise bu verilerin ortalamasını alarak Şekil 2.4'teki gibi çubuk grafiği olarak ekranda gösterir.



Şekil 2.4 : Dikkat ve meditasyon ortamları.

Öğretmen konuyu Şekil 2.5'te verildiği gibi sunum dosyası, metin dosyası veya video formatında yükleyebilmektedir.



Şekil 2.5 :Ders yükleme.

Öğrencinin Neurosky EEG biyosensörü takıp ders çalışma biçimi Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6 : Öğrencinin sensör takılıyken çalışma biçimi.

Öğrencilere deneyler aydınlık ve gürültüsüz ortamlarda yapılmıştır. Ortalama 20 dakika süre içerisinde öğrenciler çalışmalarını bitirmişlerdir. Öğrencilere Fizik-1, Fizik-2, Elektromanyetik Alanlar derslerinden bazı konular çalıştırılmıştır. Fizik-1 dersi için “Tek Boyutta Hareket”, “İki ve Üç Boyutta Hareket” ve “Kuvvet ve Hareket” konularının ders materyalleri sunum dosyası olarak hazırlanıp sisteme yüklenmiştir. Fizik-2 dersi için “Elektrik Alan” ve “Manyetik Alan ve Amper Yasası” konularının ders materyalleri sunum dosyası olarak, ayrıca “Manyetik Alan” konusunun ders materyali video formatında sisteme yüklenmiştir. Elektromanyetik Alanlar dersi için ise “Ortogonal Koordinat Sistemleri” sunum tarzında sisteme yüklenmiştir. Öğrenciye konu bitiminde küçük bir sınav yapılmış ve sonuçlar ilerleyen kısımlarda paylaşılmıştır.

## 2.1 Fizik-1 Dersi Konuları

Fizik-1 dersi için “Tek Boyutta Hareket”, “İki ve Üç Boyutta Hareket” ve “Kuvvet ve Hareket” konularının ders materyalleri hazırlanmış ve öğrencilerin Neurosky MindFlex sensör takılıken ders çalışması sağlanmıştır.

### 2.1.1 Tek boyutta hareket konusu

Gürültüsüz ve aydınlık bir ortamda yapılan deneyde “Fizik-1” dersinin “Tek Boyutta Hareket” konusuna öğrenciler tek başlarına çalıştırılıp akabinde konu ile alakalı sınav yapılmıştır. Bu öğrenciler için bazı veriler Çizelge 2.1’de verilmiştir.

**Çizelge 2.1 :** “Tek boyutta hareket” konusu için öğrencinin verileri.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	NE ZAMAN	DOĞRU/ TOPLAM	SIRALAMA
1	57	46	1 dönem	0,75	63000
2	58	53	1 dönem	0,625	63000
3	43	44	1 dönem	0,75	76000
4	55	55	1 dönem	0,875	66000
5	57	59	1 dönem	0,625	65000
6	47	47	ilk kez	0,5	170000
7	40	53	1 dönem	0,75	63000
8	42	43	1 dönem	0,625	66000
9	43	49	1 dönem	0,625	58000
10	24	34	1 dönem	0,75	76000
11	29	41	1 dönem	0,625	90000
12	51	59	4 yıl	0,75	
13	46	43	4 yıl	0,875	
14	41	51	1 dönem	0,875	58000
15	35	39	1 dönem	0,875	68000

Çizelge 2.1’de soldan sağa sırasıyla öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları, konuyu en son ne zaman gördükleri, çalışma sonucunda sınavda başarısı ve Türkiye sıralamaları verilmiştir. Genellikle ÖSYM tarafından yapılan LYS sınavındaki Türkiye sıralaması yüksek olan öğrencilerin dikkat oranları daha fazladır. Konu düzeyinin zor olmamasından dolayı genellikle öğrencilerde meditasyon oranları, dikkat oranlarına göre daha yüksektir. Çizelge 2.2’de, Çizelge 2.1’de verilen aynı öğrencilerin, dikkat ve meditasyon ortalaması, öğrencilerin alfa1, alfa2, beta1 ve beta2 değerleri verilmiştir.

**Çizelge 2.2 :** “Tek boyutta hareket” konusu için öğrencinin ham beyin dalgası verileri.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	ALFA1	ALFA2	BETA1	BETA2
1	57	46	-6771	-12279	-13023	-19802
2	58	53	-5407	-12935	-14742	14927
3	43	44	19658	15918	14036	6631
4	55	55	20490	15313	12485	9511
5	57	59	-22155	21175	-11571	22504
6	47	47	-22926	-9805	-19283	-24980
7	40	53	17426	14406	13834	13054
8	42	43	19087	15958	12819	9370
9	43	49	-23393	-26597	31089	24840
10	24	34	66775	72523	67316	65890
11	29	41	1659	-2515	2171	5668
12	51	59	16895	12021	12948	7785
13	46	43	38471	39611	50472	38246
14	41	51	21733	19640	20238	17422
15	35	39	23595	20299	18929	22672

Çizelge 2.2’de öğrencilerin sırasıyla dikkat ve meditasyon ortalamaları, alfa1, alfa2, beta1 ve beta2 verileri verilmiştir. Alfa1 ve alfa2 verileri meditasyon, beta1 ve beta2 verileri ise dikkat oranı ile bağlantılıdır. Çizelge 2.3’te, LYS sıralaması birbirine en yakın olan öğrencilerin dikkat ve meditasyon bilgileri verilmiştir.

**Çizelge 2.3 :** “Tek boyutta hareket” konusu için LYS sıralaması birbirine yakın olan öğrencilerin bilgileri.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	NE ZAMAN	SIRALAMA	DOĞRU/ TOPLAM
4	55	53	1 dönem	58000	0,875
14	41	51	1 dönem	58000	0,625
1	57	46	1 dönem	63000	0,75
2	58	53	1 dönem	63000	0,875
5	57	59	1 dönem	65000	0,75
9	55	55	1 dönem	66000	0,875
8	42	43	1 dönem	66000	0,625

Çizelge 2.3'te sıralaması birbirine en yakın olan öğrencilerin sonuçları kıyaslanmıştır. Bu çizelgede soldan sağa doğru, öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları, konuyu en son ne zaman gördükleri, LYS sıralamaları ve sınav sonuçları verilmiştir. Dikkat ve meditasyon değerleri birbirine yakın olanların başarısı daha yüksektir. Deney esnasında, sıralamaları daha geride olan öğrenciler konuya, sıralaması daha yüksek olan öğrencilerden odaklanarak ve dikkatli çalıştıkları için aynı başarıyı yakalamışlardır. Çizelge 2.4'te, beta dalgalarının dikkat ortalamasıyla ilişkilendirilmesi bilgisi verilmiştir.

**Çizelge 2.4 :** “Tek boyutta hareket” konusu için öğrencilerin dikkat ortalamaları ve beta değerlerinin ilişkilendirilmesi.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	BETA1	BETA2	NE ZAMAN
1	57	-13023	-19802	1 dönem
2	58	-14742	14927	1 dönem
3	43	14036	6631	1 dönem
4	55	12485	9511	1 dönem
5	57	-11571	22504	1 dönem
6	47	-19283	-24980	ilk kez
7	40	13834	13054	1 dönem
8	42	12819	9370	1 dönem
9	55	31089	24840	1 dönem
10	24	67316	65890	1 dönem
11	29	2171	5668	1 dönem
12	51	12948	7785	4 yıl
13	46	50472	38246	4 yıl
14	41	20238	17422	1 dönem
15	35	18929	22672	1 dönem

Çizelge 2.4'te soldan sağa öğrencilerin dikkat oranı, beta1 ve beta2 değerleri ve konuyu en son ne zaman gördükleri verilmiştir. Konuyu daha yeni görmüş olmaları ya da geçmiş zamanlarda görüp hatırlamakta güçlük çekmemeleri de dikkat oranını etkilemektedir. Ancak konuyu ilk kez deney sırasında gören kişi yeteri kadar odaklanamadığından dolayı dikkat oranı daha düşüktür. Konu düzeyinin basit olmasından dolayı beklenen dikkati öğrencilerin çoğu sağlayamamıştır. Beta1 ve beta2 değerlerinin 10000-20000  $\mu$ V aralıklarında olduğu zaman genellikle dikkat oranı daha yüksektir ve tutarlıdır. Beta değerleri bu aralığın dışında değer aldığı anda çoğu öğrencinin dikkat oranında aşırı düşük sonuçlar gözlenmiştir. Çizelge 2.5'te, “Tek Boyutta Hareket” konusunu aynı zamanda gören öğrencilerin dikkat ortalaması ve sınav sorularındaki başarısı verilmiştir.



**Çizelge 2.5 :** “Tek boyutta hareket” konusunu aynı zamanda gören öğrencilerin dikkat ortalamaları ve sınav başarıları.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	SIRALAMA	DOĞRU/TOPLAM
4	55	58000	0,875
14	41	58000	0,625
1	57	63000	0,75
2	58	63000	0,875
5	57	65000	0,75
9	55	66000	0,875
8	42	66000	0,625

Çizelge 2.5’te kaydedilen dikkat oranı verileri, öğrencilerin sıralamaları, sınavdaki başarıları gösterilmiştir. Konuyu bir dönem önce görmüş olduklarından bilgi kaybı yaşamadıkları göz önüne alınmıştır. Burada genellikle sıralaması daha geride olan öğrencinin dikkat değeri biraz daha yüksektir. Bundan dolayı sıralaması yüksek olan öğrenciyle aynı doğru sayısına ulaşmıştır. Dikkat oranı başarıya ulaşmada önemli bir etkidir. Çizelge 2.6’da, “Tek Boyutta Hareket” konusunu çalışan öğrencilerin meditasyon ve alfa dalgası verileri verilmiştir.

**Çizelge 2.6 :** “Tek boyutta hareket” konusunu çalışan öğrencilerin meditasyon ortalamaları ve alfa değerleri.

ÖĞRENCİ NO	MEDİTASYON ORT.	ALFA1	ALFA2	NE ZAMAN
1	46	-6771	-12279	1 dönem
2	53	-5407	-12935	1 dönem
3	44	19658	15918	1 dönem
4	55	20490	15313	1 dönem
5	59	-22155	21175	1 dönem
6	47	-22926	-9805	ilk kez
7	53	17426	14406	1 dönem
8	43	19087	15958	1 dönem
9	53	-23393	-26597	1 dönem
10	34	66775	72523	1 dönem
11	41	1659	-2515	1 dönem
12	59	16895	12021	4 yıl
13	43	38471	39611	4 yıl
14	51	21733	19640	1 dönem
15	39	23595	20299	1 dönem

Çizelge 2.6’da soldan sağa doğru meditasyon ortalaması, alfa değerleri ve öğrencilerin konuyu en son ne zaman gördüklerine dair bilgiler verilmiştir. Genelde alfa1 ve alfa2 değerleri 10000  $\mu$ V -25000  $\mu$ V arası seyrettiğinde meditasyon oranı daha yüksek çıkmaktadır. Meditasyon oranının “Tek Boyutta Hareket” konusunda yüksek çıkmasının sebebi konu düzeyinin zor olmamasıdır. Konuya ait fikirleri oldukları için, konuya yaklaşımları meditasyon oranını etkilemiştir. Öğrencilerin

geneli bu konuda alfa ritmi salınımı yaptığı için meditasyon oranları biraz yüksek kaydedilmiştir. Çizelge 2.7’de “Tek Boyutta Hareket” konusunu çalışan öğrencilerin meditasyon ortalamaları ve başarısı karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 2.7 :** “Tek boyutta hareket” konusunu çalışan öğrencilerin meditasyon ortalamaları ile başarı sıralamaları.

ÖĞRENCİ NO	MEDİTASYON ORT.	SIRALAMA	DOĞRU/TOPLAM
1	46	63000	0,75
2	53	63000	0,875
3	44	76000	0,75
4	55	66000	0,875
5	59	65000	0,75
8	43	66000	0,625
9	53	58000	0,875
10	34	76000	0,75
11	41	90000	0,625
14	51	58000	0,625

Çizelge 2.7’de soldan sağa doğru öğrencilerin meditasyon ortalamaları, LYS Türkiye sıralamaları ve sınavdaki başarıları görülmektedir. Genellikle meditasyon ortalaması 50 ve üzerinde olan öğrencinin başarısı daha yüksektir. Meditasyonun yüksek olması dikkat oranı kadar önemlidir. Dikkat ve meditasyon arasında büyük bir fark olursa öğrenci başarısının oldukça düşük olduğu gözlenmiştir. Öğrencilerin konuya yabancı kalmadıklarının bir neticesi olarak genellikle meditasyon ortalamaları yüksektir. Zihinsel salınımları rahattır, sakindir. Çizelge 2.8’de LYS Türkiye sıralaması yüksek olan öğrencilerin bilgileri gösterilmiştir.

**Çizelge 2.8 :** “Tek boyutta hareket” konusunu çalışan LYS sıralamaları yüksek olan öğrencilerin kayıtları.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	NE ZAMAN	DOĞRU/TOPLAM
1	57	46	1 dönem	0,75
2	58	53	1 dönem	0,875
4	55	55	1 dönem	0,875
5	57	59	1 dönem	0,75
12	51	59	4 yıl	0,75
8	42	43	1 dönem	0,625
9	55	53	1 dönem	0,875

Çizelge 2.8’de soldan sağa doğru öğrenci kullanıcı numaraları, dikkat ve meditasyon ortalamaları, konuyu en son ne zaman görmüş olduğu ve sınav sonuçları gösterilmektedir. Türkiye sıralaması yüksek olan öğrencilerin genellikle dikkat

oranlarının daha fazla olduğu görülmüştür. Dikkat ve meditasyon değerleri düşük olup, öğrenci sıralaması geride olan öğrencilerin başarılarının az olduğu görülmüştür. Çizelge 2.9’da dikkat ve meditasyon ortalamalarının doğrudan başarıyla kıyaslanması incelenmiştir.

**Çizelge 2.9 :** “Tek boyutta hareket” konusunu çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamalarının sınav başarısı ile ilişkilendirilmesi.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	DOĞRU/TOPLAM
1	57	46	0,75
2	58	53	0,875
3	43	44	0,75
4	55	55	0,875
5	57	59	0,75
6	47	47	0,5
7	40	53	0,75
8	42	43	0,625
9	55	53	0,875
12	51	59	0,75
13	46	43	0,625
14	41	51	0,625
15	35	39	0,5

Çizelge 2.9’da soldan sağa doğru “Tek Boyutta Hareket” konusunu çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları ve sınav başarıları gösterilmektedir. Öğrencilerin genelinde dikkat ve meditasyon oranları yüksek olduğu durumda doğru sayılarındaki artış gözlenmiştir.

“Tek Boyutta Hareket” konusu için öğrencilerin genelinde dikkat ortalamaları düşük, meditasyon ortalamaları biraz yüksek kaydedilmiştir. Öğrencilerin birçoğu bu konuyu lise dönemlerinde ve yakın geçmişte gördüklerinden dolayı dikkat oranı düşük çıkmıştır.

### 2.1.2 İki ve üç boyutta hareket

Gürültüsüz ve aydınlık bir ortamda yapılan deneyde Fizik-1 dersinin “İki ve Üç Boyutta Hareket” konusuna öğrenciler tek başlarına çalıştırılıp akabinde konu ile alakalı sınav yapılmıştır. Bu öğrenciler için bazı veriler Çizelge 2.10’da verilmiştir.

**Çizelge 2.10 :** “İki ve üç boyutta hareket” konusu için öğrencinin verileri.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	NE ZAMAN	DOĞRU/ TOPLAM	SIRALAMA
1	34	52	1 dönem	0,25	64000
2	55	63	1 dönem	0,75	90000
3	62	57	1 dönem	1	60000
4	49	60	1 dönem	0,5	65000
5	43	41	4 yıl	0,875	
6	55	54	1 yıl	0,875	56000
7	59	41	1 yıl	0,25	90000
8	68	33	1 yıl	0,25	74000
9	55	59	4 yıl	0,875	
10	57	56	4 yıl	0,375	
11	51	54	1 dönem	0,875	63000
12	55	59	1 dönem	0,875	59400
13	53	51	1 yıl	0,875	56000
14	45	63	1 dönem	0,625	76000
15	45	59	4 yıl	0,875	

Çizelge 2.10’da soldan sağa sırasıyla öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları, konuyu en son ne zaman gördükleri, çalışma sonucunda sınavda başarısı ve LYS Türkiye sıralamaları verilmiştir. Konu düzeyi zorlaşınca öğrencinin dikkat ve meditasyon ortalamaları artmıştır. Türkiye sıralaması ve dikkat ortalaması yüksek olan öğrencilerin büyük çoğunluğu sorulara daha fazla doğru cevap vermiştir. Mezun öğrencilerin sıralaması dikkate alınmamıştır. Özellikle sıralaması yüksek olan öğrencilerin genelde dikkat oranları sıralaması daha geride olan öğrencilere göre daha yüksektir. Konuyu uzun zaman önce görmüş olan bazı öğrencilerin dikkat oranları yüksek kaydedilmiştir. Çizelge 2.11’de, Çizelge 2.10’da verilen aynı öğrencilerin, dikkat ve meditasyon ortalaması, öğrencilerin alfa1, alfa2, beta1 ve beta2 değerleri verilmiştir.

**Çizelge 2.11 :** “İki ve üç boyutta hareket” konusu için öğrencinin ham beyin dalgası verileri.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	ALFA1	ALFA2	BETA1	BETA2
1	34	52	21664	18148	16911	14592
2	55	63	24585	19109	15032	11429
3	62	57	26825	18771	11563	9963
4	49	60	17734	15913	13178	19946
5	43	41	11684	4653	6885	2588
6	55	54	-7160	-9472	12546	16814
7	59	41	2770	11011	20628	3504
8	68	33	48852	93108	41735	35660
9	55	59	-9041	-7948	-8452	-7482
10	57	56	12993	10999	10591	8872
11	51	54	-18435	16861	15457	19117
12	55	59	28173	27315	24304	17336
13	53	51	36813	-47282	28765	33211
14	45	63	18062	16715	13575	12637
15	45	59	21119	18308	16763	24625

Çizelge 2.11’de öğrencilerin sırasıyla dikkat ve meditasyon ortalamaları, alfa1, alfa2, beta1 ve beta2 verileri verilmiştir. Alfa1 ve alfa2 verileri meditasyon, beta1 ve beta2 verileri ise dikkat oranı ile bağlantılıdır. Beta değerlerinin yüksek çıkması dikkat ortalamasının yüksek çıkması sonucunu doğurmaktadır. Daha önceden belirtildiği gibi genellikle alfa ve beta değerleri birbirine yakın olduğunda ve belli aralıklarda olduğunda dikkat ve meditasyon oranları yüksektir. Deneyi bölümle ilgili yüksek lisans yapan öğrencilere de yapıldığında konuda, lisans öğrencilerine göre biraz daha fazla başarı elde edilmiştir. Bu öğrencilerin genellikle dikkat oranları daha yüksektir. Çizelge 2.12’de LYS Türkiye sıralaması birbirine yakın olan “İki ve Üç Boyutta Hareket” konusuna çalışan öğrencilerin kayıtları verilmiştir.

**Çizelge 2.12 :** “İki ve üç boyutta hareket” konusu için LYS sıralaması birbirine yakın olan öğrencilerin bilgileri.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	SIRALAMA	DOĞRU/ TOPLAM	NE ZAMAN
6	55	54	56000	0,875	1 yıl
3	62	57	60000	1	1 dönem
13	53	51	56000	0,875	1 yıl
12	55	59	59400	0,875	1 dönem
11	51	54	63000	0,875	1 dönem
1	34	52	64000	0,25	1 dönem
4	49	60	65000	0,5	1 dönem
8	68	33	74000	0,25	1 yıl
14	45	63	76000	0,625	1 dönem

Çizelge 2.12’de soldan sağa doğru dikkat ve meditasyon ortalamaları, LYS Türkiye sıralamaları, sınav başarıları ve konuyu en son ne zaman gördükleri bilgisi verilmiştir. Türkiye sıralaması ve dikkat oranı yüksek olan öğrencilerin genelde sınav başarıları daha yüksektir. Genelde sıralaması geride olan öğrencilerin başarıları, dikkat değerinin yüksek olmasına karşın çalıştıkları konu “Tek Boyutta Hareket” konusundan daha zor olmasından daha düşük olmuştur. Ayrıca daha önceden de belirtildiği gibi dikkat ve meditasyon oranları arasında çok büyük fark olan öğrenciler başarıya ulaşamamıştır. Çoğu öğrencinin dikkat oranı yüksek olduğunda sınavdaki başarıları yüksektir. Çizelge 2.13’te “İki ve Üç Boyutta Hareket” konusu çalışan öğrencilerin beta dalgalarıyla dikkat ve meditasyon ortalamaları verilmiştir.

**Çizelge 2.13 :** “İki ve üç boyutta hareket” konusu için beta dalgaları ve dikkat ortalaması.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	BETA1	BETA2	NE ZAMAN
1	34	16911	14592	1 dönem
2	55	15032	11429	1 dönem
3	62	11563	9963	1 dönem
4	49	13178	19946	1 dönem
5	43	6885	2588	4 yıl
6	55	-12546	-16814	1 yıl
7	59	20628	3504	1 yıl
8	68	41735	35660	1 yıl
9	55	-8452	-7482	4 yıl
10	57	10591	8872	4 yıl
11	51	15457	-19117	1 dönem
12	55	24304	17336	1 dönem
13	53	28765	33211	1 yıl
14	45	13575	12637	1 dönem
15	45	16763	24625	4 yıl
16	47	-10575	12436	4 yıl

Çizelge 2.13'te soldan sağa doğru “İki ve Üç Boyutta Hareket” konusunu çalışan öğrencilerin dikkat ortalamaları, beta değerleri ve öğrencilerin konuyu en son ne zaman gördükleri bilgileri verilmektedir. Beta değerleri 10000-25000  $\mu$ V arasında olduğunda genellikle tutarlı sonuçlar alınmıştır. Sensörün kaydettiği beta değerleri, dikkat oranını belirlemektedir. Dolayısıyla doğrudan öğrencinin başarısı beta değerleri ile ilişkilendirilebilir. Çizelge 2.14'te konuyu “İki ve Üç Boyutta Hareket” konusunu eş zamanda gören öğrencilerin dikkat ortalaması ile sınav başarısı karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 2.14 :** “İki ve üç boyutta hareket” konusunu aynı zamanda gören öğrencilerin sınav başarıları.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	DOĞRU/TOPLAM	SIRALAMA
1	34	0,25	64000
3	62	1	60000
4	49	0,5	65000
11	51	0,875	63000
12	55	0,875	59400
14	45	0,625	76000
13	53	0,875	56000

Çizelge 2.14'te soldan sağa “İki ve Üç Boyutta Hareket” konusunu çalışan öğrencilerin dikkat ortalamaları, sınav sonuçları ve Türkiye sıralamaları verilmiştir.

“İki ve Üç Boyutta Hareket” konusunu bir dönem önce gören bu öğrencilerin sıralama ve dikkat değerleri ön plandadır. Sıralaması biraz geride olup dikkat oranı yüksek olan öğrenciler sorularda daha çok doğruya ulaşmayı başarmışlardır. Sıralaması geride olup dikkat değeri de düşük olan öğrenciler daha az doğru sayısına ulaşmışlardır. Dikkat ortalaması ve sıralaması düşük olan öğrenciler sorulara daha fazla yanlış cevaplar vermiştir. Çizelge 2.15’te “İki ve Üç Boyutta Hareket” konusuna çalışan öğrencilerin meditasyon ortalamalarıyla alfa dalgası değeri verilmiştir.

**Çizelge 2.15 :** “İki ve üç boyutta hareket” konusu için meditasyon ortalamaları ve alfa değerleri.

ÖĞRENCİ NO	MEDİTASYON ORT.	ALFA1	ALFA2	NE ZAMAN
1	52	21664	18148	1 dönem
2	63	24585	19109	1 dönem
3	57	26825	18771	1 dönem
4	60	17734	15913	1 dönem
5	41	11684	4653	4 yıl
6	54	-7160	-9472	1 yıl
7	41	2770	11011	1 yıl
8	33	48852	93108	1 yıl
9	59	-9041	-7948	4 yıl
10	56	12993	10999	4 yıl
11	54	-18435	16861	1 dönem
12	59	28173	27315	1 dönem
13	51	36813	-47282	1 yıl
14	63	18062	16715	1 dönem
15	59	21119	18308	4 yıl
16	53	-5099	-9248	4 yıl

Çizelge 2.15’te soldan sağa “İki ve Üç Boyutta Hareket” konusunu çalışan öğrencilerin meditasyon ortalamaları, alfa değerleri ve konunun en son ne zaman görüldüğü bilgileri verilmiştir. Genellikle alfa1 ve alfa2 değerleri 10000-25000  $\mu$ V arasında olduğunda meditasyon oranında geçerli sonuçlar elde edilmiştir. Meditasyon oranı öğrencilerin sakinlik zindelik durumlarının temsilidir. Başarıya ulaşan öğrencilerin çoğunun meditasyon oranları, dikkat oranlarına yakındır. Çizelge 2.16’da LYS sıralaması birbirine yakın olan öğrencilerin meditasyon oranları sınav başarıları kıyaslanmıştır.

**Çizelge 2.16 :** “İki ve üç boyutta hareket” konusunu çalışan sıralaması birbirine yakın olan öğrencilerin meditasyon ortalamalarının ve sınav başarıları.

ÖĞRENCİ NO	MEDİTASYON ORT.	DOĞRU/TOPLAM	SIRALAMA
1	52	0,25	64000
3	57	1	60000
4	60	0,5	65000
6	54	0,875	63000
12	59	0,875	59400
14	63	0,625	76000

Çizelge 2.16’da soldan sağa “İki ve Üç Boyutta Hareket” konusuna çalışan öğrencilerin meditasyon ortalamaları, sınav başarıları ve Türkiye sıralamaları verilmiştir. Genellikle hem sıralaması hem de meditasyon oranı yüksek öğrencilerin doğru sayısı daha fazladır. Çizelge 2.17’de LYS sıralaması birbirine en yakın olan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları gibi kayıtları verilmiştir.

**Çizelge 2.17 :** “İki ve üç boyutta hareket” konusunu çalışan LYS sıralamaları yakın olan öğrencilerin kayıtları.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	NE ZAMAN	DOĞRU/TOPLAM
1	34	52	1 dönem	0,25
3	62	57	1 dönem	1
4	49	60	1 dönem	0,5
11	51	54	1 dönem	0,875
9	55	59	1 dönem	0,875
14	45	63	1 dönem	0,625
6	55	54	1 yıl	0,875
15	45	59	4 yıl	0,875

Çizelge 2.17’de “İki ve Üç Boyutta Hareket” konusuna çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları, konuyu ne zaman gördükleri ve sınavdaki başarıları verilmiştir. Öğrencilerin çoğunun dikkat değeri, konunun zorluk düzeyi arttığı için yükselmiştir. Dikkat ortalaması yüksek olanların genelde meditasyon ortalamaları da yüksek kaydedilmiştir. Dikkat oranı düşük olup, meditasyon oranı yüksek olan öğrenciler de vardır. Bunun nedeni öğrenciye konuya adapte olamamıştır. Türkiye sıralaması yüksek olan öğrencilerin çoğunluğunun doğru sayısı daha fazladır. Genelde dikkat değeri düşük olduğunda yanlış sayısı artmıştır.



### 2.1.3 Kuvvet ve Hareket

Gürültüsüz ve aydınlık bir ortamda yapılan deneyde “Fizik-1” dersinin “Kuvvet ve Hareket” konusuna öğrenciler tek başlarına çalıştırılıp akabinde konu ile alakalı sınav yapılmıştır. Bu öğrenciler için bazı veriler Çizelge 2.18’de verilmiştir.

**Çizelge 2.18:** “Kuvvet ve hareket” konusu için öğrencinin verileri.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	NE ZAMAN	DOĞRU/ TOPLAM	SIRALAMA
1	59	53	1 dönem	0,8571	65000
2	45	54	1 dönem	0,8571	69500
3	49	46	1 dönem	0,8571	72000
4	40	59	1 dönem	0,8571	50000
5	38	38	1 dönem	0,5714	75000
6	52	51	1 yıl	0,7143	69000
7	46	55	1 yıl	0,7143	75000
8	45	55	1 yıl	0,8571	69000
9	53	68	1 yıl	0,8571	64000
10	46	49	1 dönem	0,7143	78000
11	53	58	1 dönem	0,7143	66000
12	54	50	1 dönem	0,8571	65000
13	47	61	4 yıl	0,8571	
14	61	50	1 dönem	1	59400
15	59	48	1 dönem	0,4286	63000

Çizelge 2.18’de soldan sağa sırasıyla öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları, konuyu en son ne zaman gördükleri, çalışma sonucunda sınavda başarısı ve Türkiye sıralamaları verilmiştir. Konu düzeyi zorlaşınca dikkat oranı yüksek olan öğrenciler daha başarılıdır. Konunun zorluğu arttığı için dikkat oranları da artış göstermiştir. Dikkat ortalaması düşük olan öğrencilerin sıralaması da geridedir. Çizelge 2.19’da, Çizelge 2.18’de verilen aynı öğrencilerin, dikkat ve meditasyon ortalaması, öğrencilerin alfa1, alfa2, beta1 ve beta2 değerleri verilmiştir.

**Çizelge 2.19:** “Kuvvet ve hareket” konusu için öğrencinin dikkat ve meditasyon ortalamaları vebeyin dalga verileri.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	ALFA1	ALFA2	BETA1	BETA2
1	59	53	20978	15640	14052	13969
2	45	54	-23515	-18839	-10247	-14897
3	49	46	34348	31919	25066	24200
4	40	59	-22511	-19407	3776	27749
5	38	38	-20506	-36350	-30519	47434
6	52	51	25048	22622	29035	25713
7	46	55	24222	21578	19413	13064
8	45	55	18714	18009	18621	18356
9	53	68	25992	15401	16033	13026
10	46	49	23827	17164	12067	9045
11	53	58	18740	17175	14104	14275
12	54	50	-14409	-18199	18117	-18985
13	47	61	21895	19481	16996	13842
14	61	50	24201	19841	15703	10757
15	59	48	19139	18833	17160	15986

Çizelge 2.19’da, sırasıyla “Kuvvet ve Hareket” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları, alfa1, alfa2, beta1 ve beta2 verileri verilmiştir. Alfa1 ve alfa2 verileri meditasyon, beta1 ve beta2 verileri ise dikkat oranı ile bağlantılıdır. Dikkat ve meditasyon oranları genelde artmıştır. Çizelge 2.20’de “Kuvvet ve Hareket” konusu çalışan LYS sıralaması birbirine yakın olan öğrencilerin ilgili verileri verilmiştir.

**Çizelge 2.20 :** “Kuvvet ve hareket” konusu çalışan sıralaması birbirine yakın olan öğrencilerin kayıtları.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	NE ZAMAN	SIRALAMA	DOĞRU/ TOPLAM
4	58	59	1 dönem	50000	0,857143
16	59	55	1 yıl	56000	0,857143
14	61	50	1 dönem	59400	1
15	59	48	1 dönem	63000	0,714286
1	59	53	1 dönem	65000	0,857143
12	54	50	1 dönem	65000	0,857143
11	53	58	1 dönem	66000	0,714286
8	58	55	1 yıl	69000	0,857143
6	52	51	1 yıl	69000	0,714286

Çizelge 2.20’de “Kuvvet ve Hareket” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları, konunun ne zaman görüldüğü, öğrencilerin Türkiye sıralamaları ve sınav sonuçları verilmiştir. Sıralamaları birbirine yakın olan öğrenciler değerlendirildiğinde dikkat ortalamaları yüksek olanların başarıya

ulaştıkları gözlenmiştir. Çizelge 2.21’de “Kuvvet ve Hareket” konusunu çalışan öğrencilerin dikkat ortalamaları ve beta dalga verileri gösterilmektedir.

**Çizelge 2.21 :** “Kuvvet ve hareket” konusunu çalışan öğrencilerindikkat ortalamaları ve beta değerleri.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	BETA1	BETA2	NE ZAMAN
1	59	14052	13969	1 dönem
2	45	-10247	-14897	1 dönem
3	49	25066	24200	1 dönem
4	58	23776	27749	1 dönem
5	38	-30519	47434	1 dönem
6	52	24035	25713	1 yıl
7	46	19413	13064	1 yıl
8	58	18621	18356	1 yıl
9	53	16033	19026	1 yıl
10	46	12067	9045	1 dönem
11	53	14104	14275	1 dönem
12	54	18117	-18985	1 dönem
13	47	16996	9842	4 yıl
14	61	15703	10757	1 dönem
15	59	17160	15986	1 dönem
16	59	14807	10210	1 yıl

Çizelge 2.21’de soldan sağa “Kuvvet ve Hareket” konusunu çalışan öğrencilerin dikkat orantıları, beta değerleri ve konunun ne zaman görüldüğü gözükmektedir. Önceki çizelgelerde de belirtildiği gibi beta1 ve beta2 ölçümlerinin tutarlı sonuçlarına göre dikkat oranları belirlenmiştir. Beta1 ve beta2 10000-25000  $\mu$ V arasında olduğunda dikkat oranı beklenildiği gibi elde edilmiştir. Beta2 yüksek, beta1 düşük beta olma durumu eğilimleridir. Bu iki değer birbirine yakın seyrettiğinde dikkat ortalaması genellikle 50 ve üzerinde kaydedilmiştir. Çizelge 2.2’de “Kuvvet ve Hareket” konusunu aynı zamanlarda gören öğrenciler arasında başarı değerlendirilmesi yapılmıştır.

**Çizelge 2.22:** Konuyu aynı zamanda gören öğrencilerin başarı sıralaması.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	DOĞRU/TOPLAM	SIRALAMA
1	59	0,857143	65000
2	45	0,571429	69500
3	49	0,571429	72000
4	58	0,857143	50000
5	38	0,571429	75000
10	46	0,428571	78000
11	53	0,714286	66000
12	54	0,857143	65000
14	61	1	59400
15	59	0,714286	63000

Çizelge 2.22’de “Kuvvet ve Hareket” konusunu çalışan öğrencilerin dikkat ortalamaları, başarı durumları ve öğrencilerin Türkiye sıralamaları verilmiştir. Sıralaması yüksek olan öğrencilerin genellikle dikkat ortalamaları yüksektir. Böylece sınavda daha çok sayıda doğru yanıt vermişlerdir. Burada sıralaması daha geride olup dikkat ortalaması yüksek olan öğrencilerinde başarılı oldukları gözlenmiştir. Çizelge 2.23’te “Kuvvet ve Hareket” konusunu çalışan öğrencilerin meditasyon oranları ve alfa değerleri incelenmiştir.

**Çizelge 2.23 :** “Kuvvet ve hareket” konusunu çalışan öğrencilerin meditasyon ortalamaları ve alfa değerleri.

ÖĞRENCİ NO	MEDİTASYON ORT.	ALFA1	ALFA2	NE ZAMAN
1	53	20978	15640	1 dönem
2	54	-23515	-18839	1 dönem
3	46	34348	31919	1 dönem
4	59	-22511	-19407	1 dönem
5	38	-20506	-36350	1 dönem
6	51	25048	22622	1 yıl
7	55	24222	21578	1 yıl
8	55	18714	18009	1 yıl
9	68	25992	15401	1 yıl
10	49	23827	17164	1 dönem
11	58	18740	17175	1 dönem
12	50	-14409	-18199	1 dönem
13	61	21895	19481	4 yıl
14	50	24201	19841	1 dönem
15	48	19139	18833	1 dönem
16	55	21026	24633	1 yıl

Çizelge 2.23’te soldan sağa “Kuvvet ve Hareket” konusunu çalışan öğrencilerin meditasyon ortalamaları, alfa değerleri ve konunun ne zaman görüldüğüne dair bilgiler verilmiştir. Bu çizelgede, bu konu için alfa değerlerinde biraz artış söz konusudur. Başarı için dikkat ve meditasyon oranlarının yüksek olması gerekmektedir. Geçmiş yıllarda konuyu gören öğrencilerin meditasyon ortalamalarının yüksekliği önemli ölçüde fark edilmektedir. Buda mental durumlarının rahat olduğunun göstergesidir. Çizelge 2.24’te “Kuvvet ve Hareket” konusunu çalışan sıralaması birbirine yakın öğrencilerin meditasyon oranları ve başarı durumları verilmektedir.

**Çizelge 2.24 :** “Kuvvet ve hareket” konusunu çalışan sıralaması birbirine yakın öğrencilerin meditasyon oranları ve başarı durumları.

ÖĞRENCİ NO	MEDİTASYON ORT.	DOĞRU/TOPLAM	SIRALAMA
4	59	0,857143	50000
16	55	0,857143	56000
12	50	1	59400
15	48	0,714286	63000
1	53	0,857143	65000
14	50	0,857143	65000
11	58	0,714286	66000
8	55	0,857143	69000

Çizelge 2.24’te soldan sağa “Kuvvet ve Hareket” konusunu çalışan sıralaması birbirine yakın öğrencilerin meditasyon oranları ve başarı durumları ve LYS Türkiye sıralamaları gözükmektedir. Başarının meditasyonla olan ilişkilendirilmiştir. Burada meditasyon değeri 50 ve üzeri olduğunda öğrenciler genelde daha fazla soruyu doğru cevaplandırmaktadırlar. Çizelge 2.25’te “kuvvet ve hareket” konusunu çalışan sıralaması birbirine yakın öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları ile başarı durumları ilişkilendirilmiştir.

**Çizelge 2.25 :** “Kuvvet ve hareket” konusunu çalışan sıralaması birbirine yakın öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları ile başarı durumları.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	NE ZAMAN	DOĞRU/TOPLAM
4	58	59	1 dönem	0,857143
16	59	55	1 yıl	0,857143
14	61	50	1 dönem	1
15	59	48	1 dönem	0,714286
1	59	53	1 dönem	0,857143
12	54	50	1 dönem	0,857143
11	53	58	1 dönem	0,714286
8	58	55	1 yıl	0,857143
6	52	51	1 yıl	0,714286

Çizelge 2.25’te “Kuvvet ve Hareket” konusunu çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları, konuyu ne zaman gördüğü ve başarı durumları verilmiştir. Öğrencilerin genelinin dikkat oranları meditasyon oranlarından yüksektir. Başarı için sağlanması gereken zihinsel faaliyet bu şekildedir. Böylece sıralamaları ve dikkat ortalamaları yüksek olan öğrencilerin sorulardaki başarıları genellikle fazla olmuştur. Dikkat oranı başarıyı doğrudan etkilemektedir. Çizelge 2.26’da Fizik-1 dersi konularındaki dikkat ve meditasyon ortalamaları verilmiştir.

**Çizelge 2.26:** Fizik-1 konuları için dikkat ve meditasyon ortalamaları.

KUVVET VE HAREKET		İKİ VE ÜÇ BOYUTTA HAREKET		TEK BOYUTTA HAREKET	
DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.
59	53	55	63	57	46
45	54	62	57	58	53
49	46	49	60	43	44
58	59	43	41	55	55
59	55	55	54	57	59
52	51	59	41	47	47
46	55	68	33	40	53
58	55	55	59	42	43
53	68	57	56	43	49
46	49	51	54	24	34
53	58	51	59	29	41
54	50	53	51	51	59
47	61	45	63	46	43
61	50	45	59	41	51
59	48	47	53	35	39

Çizelge 2.26’da soldan sağa doğru “Kuvvet ve Hareket”, “İki ve Üç Boyutta Hareket” ve “Tek Boyutta Hareket” konularına çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları verilmiştir. “Tek Boyutta Hareket” konusunda az zorlanmış ve dikkat seviyeleri biraz düşüktür. Ancak “İki ve Üç Boyutta Hareket” konusunda zorlandıkları ve bundan dolayı dikkat oranı arttığı görülmektedir. Benzer durum “Kuvvet ve Hareket” konusu için de geçerlidir. Öğrenci konu zorlaştığı için dikkat düzeyi artış gösterse de yapamayacağı düşüncesini kabullenip, dikkat seviyesi iyice azalmıştır. Çizelge 2.27’de Fizik-1 dersinin tüm konularını çalışan öğrencinin dikkat ve meditasyon bilgisi verilmiştir.

**Çizelge 2.27:** Fizik-1 dersinin tüm konularına çalışan öğrencinin verileri.

DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	DOĞRU/TOPLAM
57	59	0,625
49	60	0,857143
59	53	0.5

Çizelge 2.27’de, Türkiye sıralaması 65000 olan Fizik-1 dersinin üç konusuna da çalışan öğrencinin dikkat ve meditasyon ortalaması verilmiştir. “İki ve Üç Boyutta Hareket” konusunda öğrenci en büyük oranda zorlanmıştır. Meditasyon yüksek olduğu durumda başarı daha yüksek çıkmıştır.

## 2.2 Fizik-2 Dersi Konuları

Fizik-2 dersi için “Elektrik Alan”, “Manyetik Alan ve Amper Yasası” ve “Manyetik Alan Video” konularının ders materyalleri hazırlanmış ve öğrencilerin Neurosky MindFlex sensör takılıken ders çalışması sağlanmıştır.

### 2.2.1 Elektrik alan konusu

Gürültüsüz ve aydınlık bir ortamda yapılan deneyde Fizik-2 dersinin “Elektrik Alan” konusuna öğrenciler tek başlarına çalıştırılıp akabinde konu ile alakalı sınav yapılmıştır. Bu öğrenciler için bazı veriler Çizelge 2.28’de verilmiştir.

**Çizelge 2.28 :** “Elektrik alan” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	NE ZAMAN	SIRALAMA
1	55	45	1 yıl	56000
2	59	51	yeni	59400
3	57	50	yeni	69500
4	53	50	yeni	63000
5	39	58	hiç	
6	43	45	5 yıl	
7	44	51	hiç	
8	45	50	hiç	
9	43	48	hiç	
10	44	51	hiç	
11	40	59	1 dönem	90000
12	63	55	1 dönem	68000
13	49	52	yeni	80000
14	39	52	yeni	80000
15	47	51	yeni	70000

Çizelge 2.28’de soldan sağa “Elektrik Alan” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları, konuyu ne zaman gördükleri ve Türkiye sıralamaları belirtilmiştir. Konuyu yeni gören ve sıralaması yüksek olan öğrencilerin dikkat oranları yüksektir. Sıralaması geride olan öğrencilerin konuya olan ilgileri az olduğundan dolayı dikkat oranları düşük meditasyon oranları yüksektir. Sıralaması geride olan öğrencilerin çoğu konuya odaklanmaya çalışmamışlardır. Konuyu ilk kez deney sırasında gören öğrencilerin ise dikkat oranları oldukça düşüktür. Bunun nedeni konuya dair hiçbir bilgilerinin olmamasıdır. Çizelge 2.29’da elektrik alan konusu çalışan LYS sıralaması birbirine yakın öğrencilerin kayıtları verilmiştir.

**Çizelge 2.29** : “Elektrik alan” konusu çalışan ve sıralaması birbirine yakın öğrencilerin kayıtları.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	NE ZAMAN	SIRALAMA	DOĞRU/ TOPLAM
1	55	45	1 yıl	56000	0,75
2	59	51	yeni	59400	0,875
3	57	50	yeni	69500	0,75
4	53	50	yeni	63000	0,75
12	63	55	1 dönem	68000	0,875
13	49	52	yeni	80000	0,5
14	39	52	yeni	80000	0,375
15	47	51	yeni	70000	0,5

Çizelge 2.29’da soldan sağa “Elektrik Alan” konusu çalışan ve sıralaması birbirine yakın öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları, konuyu ne zaman gördüğü, öğrencinin Türkiye sıralaması ve sınav sonuçları kayıtları verilmiştir. “Elektrik Alan” konusunda sıralaması yüksek olan öğrencilerin çoğunun dikkat oranları yüksektir. Bundan dolayı başarıyı yakalamışlardır. Sıralaması daha geride olan öğrencilerin geneli konuya az dikkat ettiklerinden dolayı sorulara yanlış cevaplar vermişlerdir, bu yüzden başarıları düşüktür. Bu öğrencilerin dikkat oranları düşük, meditasyon oranları yüksek kaydedilmiştir. Çizelge 2.30’da “Elektrik Alan” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları ve beyin ritimleri verilmiştir.

**Çizelge 2.30** : Elektrik alan konusu çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları ve beyin dalgası değerleri.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	ALFA1	ALFA2	BETA1	BETA2
1	55	45	15889	12118	12153	10102
2	59	51	24430	20213	16752	12864
3	57	50	-23136	-19396	-15301	-11015
4	53	50	22424	23424	16474	11284
5	39	58	23508	18285	9968	9434
6	43	45	16402	12501	11871	10204
7	44	51	23289	25344	28117	26002
8	45	50	24089	17516	15063	20842
9	43	48	41633	34740	30690	35604
10	44	51	21572	15900	13829	15624
11	40	59	21138	17736	17155	16600
12	63	55	-19614	14744	24789	27757
13	49	52	22263	14909	13547	9028
14	39	52	-13117	16904	14865	12619
15	47	51	-12265	14064	12414	11819



Çizelge 2.30’da, soldan sağa “Elektrik Alan” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları, alfa ve beta değerleri gözükmektedir. Dikkat ve meditasyon oranları alfa ve beta değerlerine göre değişmektedir. Betalar 10000-25000  $\mu$ V aralığında olduğunda genellikle dikkat oranı yüksektir. Çizelge 2.31’de, “Elektrik Alan” çalışan öğrencilerin dikkat ortalamaları ve beta değerleri verilmiştir.

**Çizelge 2.31 :** “Elektrik alan” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ortalamaları ve beta değerleri.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	BETA1	BETA2	NE ZAMAN
1	55	12153	10102	1 yıl
2	59	16752	12864	yeni
3	57	-15301	-11015	yeni
4	53	16474	11284	yeni
5	39	9968	9434	hiç
6	43	11871	10204	5 yıl
7	44	28117	26002	hiç
8	45	15063	20842	hiç
9	43	30690	35604	hiç
10	44	13829	15624	hiç
11	40	17155	16600	1 dönem
12	63	24789	27757	1 dönem
13	49	13547	9028	yeni
14	39	14865	12619	yeni
15	47	12414	11819	yeni

Çizelge 2.31’de soldan sağa doğru “Elektrik Alan” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ortalamaları, beta1 ve beta2 değerleri ve öğrencinin konuyu en son ne zaman gördüğü bilgisi gözükmektedir. Beklendiği üzere konuyu hiç görmeyen öğrencilerin dikkat oranları düşüktür. Bunun dışında konuyu yeni görüp dikkat ortalaması düşük olan öğrenciler odaklanma ve konsantrasyon sağlayamamışlar ve konuyu kavrayamamışlardır. Çizelge 2.32’de “Elektrik Alan” konusunu eş zamanlı gören öğrencilerin dikkat ve başarıları karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 2.32 :** “Elektrik alan” konusunu eş zamanlı gören öğrencilerin dikkat ve başarı karşılaştırması.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	DOĞRU/TOPLAM	SIRALAMA
1	55	0,75	56000
2	59	0,875	59400
3	57	0,75	69500
4	53	0,75	63000
11	40	0,125	
12	63	0,875	68000
13	49	0,5	80000
14	39	0,375	80000
15	47	0,5	70000

Çizelge 2.32’de soldan sağa “Elektrik Alan” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ortalamaları, sınav başarısı ve Türkiye sıralaması verilmiştir. Sıralaması geride olup dikkat oranı düşük olan öğrenciler yeteri miktarda doğru soru cevaplandıramamışlardır. Ancak sıralaması düşük olup, dikkat oranı yüksek olan öğrencilerin bazıları daha fazla soruyu doğru cevaplandırmışlardır. Sıralaması ve dikkat oranı yüksek olan öğrencilerle yaklaşık aynı miktarda soru çözebilmişlerdir. Bu durumda bu konuda dikkat oranı başarı için önemli bir faktördür. Çizelge 2.33’te meditasyon ortalamaları ve alfa değerleri verilmiştir.

**Çizelge 2.33:** “Elektrik alan” konusu çalışan öğrencilerin meditasyon ortalamaları ve alfa değerleri.

ÖĞRENCİ NO	MEDİTASYON ORT.	ALFA1	ALFA2	NE ZAMAN
1	45	15889	12118	1 yıl
2	51	24430	20213	yeni
3	50	-23136	-19396	yeni
4	50	22424	23424	yeni
5	58	23508	18285	hiç
6	45	16402	12501	5 yıl
7	51	23289	25344	hiç
8	50	24089	17516	hiç
9	48	41633	34740	hiç
10	51	21572	15900	hiç
11	59	21138	17736	1 dönem
12	55	-19614	14744	1 dönem
13	52	22263	14909	yeni
14	52	-13117	16904	yeni
15	51	-12265	14064	yeni

Çizelge 2.33’te soldan sağa “Elektrik Alan” konusu çalışan öğrencilerin meditasyon ortalamaları, alfa değerleri ve konuyu en son ne zaman gördüğü bilgisi yer almaktadır. Alfa değerleri 25000  $\mu V$ ’ye yaklaştıkça meditasyon oranı artış göstermiştir. Özellikle konuyu hiç görmeyen öğrencilerin meditasyon oranları dikkat oranlarından yüksektir. Çizelge 2.34’de Türkiye sıralaması yakın olan öğrencilerin meditasyon ortalamaları incelenmiştir.

**Çizelge 2.34:** “Elektrik alan” konusu çalışan sıralaması birbirine yakın olan öğrencilerin meditasyon ortalamaları.

ÖĞRENCİ NO	MEDİTASYON ORT.	DOĞRU/ TOPLAM	SIRALAMA
1	45	0,75	56000
2	51	0,875	59400
3	50	0,75	69500
4	50	0,75	63000
12	55	0,875	68000
13	52	0,5	80000
14	52	0,375	80000
15	51	0,5	70000

Çizelge 2.34’te soldan sağa “Elektrik Alan” konusu çalışan öğrencilerin meditasyon oranları, sınav başarıları ve LYS Türkiye sıralamaları verilmiştir. Meditasyon ortalaması başarı için gerekli bir zihinsel faaliyettir. Ancak dikkat oranından yüksek olduğunda öğrenci beklenen performansı sağlayamaz. Sıralaması yüksek olan öğrencilerin meditasyon oranları, sıralaması geride olan öğrencilerin meditasyon oranlarından daha azdır. Çünkü bu öğrencilerin dikkat oranları daha yüksektir. Böylece sınavda daha çok doğru yanıt sayısına ulaşmışlardır. Çizelge 2.35’te “Elektrik Alan” konusu çalışan ve sıralaması birbirine yakın olan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları referans alınarak, başarı değerlerini incelenmiştir.

**Çizelge 2.35 :** “Elektrik alan” konusu çalışan ve sıralaması birbirine en yakın olan öğrencilerin başarı karşılaştırması.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	NE ZAMAN	DOĞRU/ TOPLAM
1	55	45	1 yıl	0,75
2	59	51	yeni	0,875
3	57	50	yeni	0,75
4	53	50	yeni	0,75
12	63	55	1 dönem	0,875
15	47	51	yeni	0,5
14	39	52	yeni	0,375

Çizelge 2.35’te soldan sağa “Elektrik Alan” konusunu çalışan ve sıralaması birbirine yakın olan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları, konunun ne zaman görüldüğü ve öğrencilerin başarı performansları verilmiştir. Bu konuda dikkat ortalaması yüksek olan öğrencilerin doğru sayılarının fazla olduğu gözlenmiştir. Dikkat oranı azaldıkça öğrencinin yanlış cevap sayısı artmıştır. Dikkat ortalaması, meditasyon ortalamasından az olduğunda öğrenci sorulara yanlış cevaplar vermektedir.

### 2.2.2 Manyetik alan ve amper yasası konusu

Gürültüsüz ve aydınlık bir ortamda yapılan deneyde “Fizik-2” dersinin “Manyetik Alan ve Amper Yasası” konusuna öğrenciler tek başlarına çalıştırılıp akabinde konu ile alakalı sınav yapılmıştır. Bu öğrenciler için bazı veriler Çizelge 2.36’da verilmiştir.

**Çizelge 2.36 :** “Manyetik Alan ve Amper Yasası” konusu çalışan öğrencilerin bazı verileri.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	NE ZAMAN	SIRALAMA
1	62	59	yeni	30000
2	60	51	yeni	72000
3	55	57	yeni	70000
4	42	56	yeni	64000
5	41	49	yeni	70000
6	52	51	7 yıl	
7	54	53	yeni	64000
8	35	51	yeni	58000
9	30	27	yeni	147000
10	45	57	yeni	66000
11	60	46	yeni	64000
12	54	53	hiç	
13	57	56	1 yıl	55000
14	39	48	hiç	65000
15	41	52	hiç	65000

Çizelge 2.36’da soldan sağa “Manyetik Alan ve Amper Yasası” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları, konuyu en son ne zaman gördükleri ve LYS Türkiye sıralamaları verilmiştir. Konudaki dikkat ortalaması ile öğrencilerin Türkiye sıralamaları arasındaki ilişkisi azdır. Çünkü öğrencilerin sıralaması yüksek olsa bile dikkat ortalaması düşük olabilmektedir. Buda konunun anlaşılmasında öğrencilerin problem yaşadığının kanıtıdır. Çizelge 2.37’de “Manyetik Alan ve Amper Yasası” konusu çalışan ve LYS sıralaması birbirine yakın olan öğrencilerin kayıtları verilmiştir.

**Çizelge 2.37 :** “Manyetik alan ve amper yasası” konusu çalışan ve sıralaması birbirine yakın olan öğrencilerin kayıtları.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	NE ZAMAN	DOĞRU/ TOPLAM	SIRALAMA
13	57	56	1 yıl	0,85714	55000
8	35	51	yeni	0,28571	58000
4	42	56	yeni	0,28571	64000
11	60	46	yeni	0,85714	64000
14	39	48	hiç	0,14286	65000
15	41	52	hiç	0,28571	65000
10	45	57	yeni	0,42857	66000
3	55	57	yeni	0,57143	70000
5	41	49	yeni	0,28571	70000

Çizelge 2.37’de soldan sağa doğru “Manyetik Alan ve Amper Yasası” konusu çalışan öğrencilerin numaraları, dikkat ve meditasyon ortalamaları, konuyu en son ne zaman gördüğü, öğrencilerin sınavdaki başarıları ve Türkiye sıralamaları

paylaşmıştır. Sıralaması yüksek olan öğrencilerin dikkat oranlarının fazla olması beklenirken bu konuda aksi durum yaşanmıştır. Burada sıralamaya bakılmaksızın dikkat ortalaması yüksek olan öğrenciler sınavda daha çok soruyu doğru yanıtlamışlardır. Sıralaması daha gerilerde olup dikkat ortalaması yüksek kaydedilen öğrencilerin sınav sonuçları iyidir. Çizelge 2.38 “Manyetik Alan ve Amper Yasası” konusunu çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları ve beyin ritimleri verilmiştir.

**Çizelge 2.38 :** “Manyetik alan ve amper yasası” konusu çalışan öğrencilerin beyin dalgaları ve dikkat ve meditasyon ortalamaları.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	ALFA1	ALFA2	BETA1	BETA2
1	62	59	-11494	21970	19529	17001
2	60	51	-15667	-18258	-17071	-24428
3	55	57	18079	-17598	16293	12761
4	42	56	21700	18908	17589	16934
5	41	49	-7484	-14004	-18580	20052
6	52	51	25873	20045	15800	18818
7	54	53	-10406	-13231	-15995	-22146
8	35	51	-10362	-17226	-15430	-18357
9	30	27	7231	-631	-4481	-7908
10	45	57	21799	18332	15526	12101
11	60	46	12442	8203	17514	19322
12	54	53	-10722	-11648	-16818	15863
13	57	56	-17238	-17506	18589	15546
14	39	48	-10055	-15364	-15870	-21075
15	41	52	18661	12956	12520	11456

Çizelge 2.38’de soldan sağa “Manyetik Alan ve Amper Yasası”konusu çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları, alfa ve beta değerleri paylaşmıştır. Alfa ve beta değerleri yukarıdaki çizelgelerde belirtilen aralıklarda olmadığında dikkat ve meditasyon oran verileri düşüktür. Öğrenciler bu konuyu yeni gördüklerinden dolayı anlamakta güçlük çekmişlerdir. Bundan dolayı çoğu dikkat ortalaması beklenilenden daha az, meditasyon ortalaması ise dikkat ortalamasına göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Çizelge 2.39’da “Manyetik Alan ve Amper Yasası” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ortalaması ve beta verileri ilişkilendirilmiştir.

**Çizelge 2.39 :** “Manyetik alan ve amper yasası” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ortalaması ve beta verileri.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	BETA1	BETA2	NE ZAMAN
1	62	19529	17001	yeni
2	60	-17071	-24428	yeni
3	55	16293	12761	yeni
4	42	17589	16934	yeni
5	41	-18580	20052	yeni
6	52	15800	18818	7 yıl
7	54	-15995	-22146	yeni
8	35	-15430	-18357	yeni
9	30	-4481	-7908	yeni
10	45	15526	12101	yeni
11	60	17514	19322	yeni
12	54	-16818	15863	hiç
13	57	18589	15546	1 yıl
14	39	-15870	-21075	hiç
15	41	12520	11456	hiç

Çizelge 2.39’da soldan sağa “Manyetik Alan ve Amper Yasası” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ortalaması ve beta verileri ve konuyu en son ne zaman gördükleri bilgisi verilmiştir. Beta değerleri ile dikkat oranı değerleri arasındaki tutarlı bir ilişki vardır. Konuyu yeni gören öğrencilerin bir kısmının dikkat ortalamaları yüksek kaydedilmiştir. Tersine de doğrudur. Bunun nedeni konunun düzeyinin zor olmasıdır. Genellikle öğrencilerin dikkat oranı azaldıkça beta değerlerinde bir düşüklük söz konusudur. Çizelge 2.40’da “Manyetik Alan ve Amper Yasası” konusunu yakın zamanda gören öğrencilerin dikkat ortalaması ve sınav başarısı karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 2.40 :** “Manyetik alan ve amper yasası” konusunu yakın zamanda gören öğrencilerin başarı sıralaması.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	DOĞRU/TOPLAM	SIRALAMA
1	62	0,714286	30000
2	60	0,857143	72000
3	55	0,571429	70000
4	42	0,285714	64000
5	41	0,285714	70000
7	54	0,571429	64000
8	35	0,285714	58000
9	30	0,142857	147000
10	45	0,428571	66000
11	60	0,857143	64000

Çizelge 2.40’da soldan sağa “Manyetik Alan ve Amper Yasası” konusunu yakın zamanda gören öğrencilerin dikkat ortalamaları, sınav sonuçları ve Türkiye sıralamaları verilmiştir. Doğru sayısının dikkat ortalamasıyla ilişkili olduğu açıkça görülmektedir. Dikkat ortalaması düşük olan öğrencilerin yanlış sayıları oldukça

fazladır. Çizelge 2.41’de “Manyetik Alan ve Amper Yasası” konusunu çalışan öğrencilerin meditasyon ortalaması ve alfa değerleri ilişkilendirilmiştir.

**Çizelge 2.41 :** “Manyetik alan ve amper yasası” konusu çalışan öğrencilerin meditasyon oranı ve alfa değerleri.

ÖĞRENCİ NO	MEDİTASYON ORT.	ALFA1	ALFA2	NE ZAMAN
1	59	-11494	21970	yeni
2	51	-15667	-18258	yeni
3	57	18079	-17598	yeni
4	56	21700	18908	yeni
5	49	-7484	-14004	yeni
6	51	25873	20045	7 yıl
7	53	-10406	-13231	yeni
8	51	-10362	-17226	yeni
9	27	7231	-631	yeni
10	57	21799	18332	yeni
11	46	12442	8203	yeni
12	53	-10722	-11648	hiç
13	56	-17238	-17506	1 yıl
14	48	-10055	-15364	hiç
15	52	18661	12956	hiç

Çizelge 2.41’de soldan sağa “Manyetik Alan ve Amper Yasası” konusu çalışan öğrencilerin meditasyon ortalamaları, alfa değerleri ve konuyu en son zaman görüldüğüne dair bilgiler verilmiştir. Konuyu ilk kez görmelerinden konuya odaklanamamışlar meditasyon ortalamaları yüksek çıkmıştır. Çizelge 2.42’de “Manyetik Alan ve Amper Yasası” konusu çalışan ve LYS sıralamaları birbirine yakın öğrencilerin meditasyon ve sınav başarısı karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 2.42:** “Manyetik alan ve amper yasası” konusu çalışan sıralaması birbirine yakın öğrencilerin meditasyon ve başarı karşılaştırması.

ÖĞRENCİ NO	MEDİTASYON ORT.	DOĞRU/TOPLAM	SIRALAMA
4	56	0,85714	55000
2	51	0,28571	58000
13	56	0,28571	64000
11	46	0,85714	64000
14	48	0,14286	65000
15	52	0,28571	65000
3	57	0,42857	66000
10	57	0,57143	70000
5	49	0,28571	70000

Çizelge 2.42’de soldan sağa “Manyetik Alan ve Amper Yasası” konusu çalışan öğrencilerin meditasyon ortalamaları, sınav sonuçları ve Türkiye sıralamaları verilmiştir. Sınav başarısının meditasyon oranları ile ilişkili olduğu önceki çizelgelerde belirtilmiştir. Ancak bu konuda öğrenciler konuyu kavramakta ve yorumlamakta güçlük yaşadıklarından meditasyon ortalaması dikkat ortalamasından yüksek

kaydedildiği için yanlış yanıtları çoktur. Çizelge 2.43'te “Manyetik Alan ve Amper Yasası” konusu çalışan ve sıralaması birbirine en yakın olan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamalarına göre başarıları incelenmiştir.

**Çizelge 2.43 :** “Manyetik alan ve amper yasası” konusu çalışan ve sıralaması birbirine en yakın olan öğrencilerin dikkat ve meditasyon bilgileri.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	NE ZAMAN	DOĞRU/ TOPLAM
13	57	56	1 yıl	0,857143
8	35	51	yeni	0,285714
4	42	56	yeni	0,285714
11	60	46	yeni	0,857143
14	39	48	hiç	0,142857
15	41	52	hiç	0,285714
10	45	57	yeni	0,428571

Çizelge 2.43'te soldan sağa “Manyetik Alan ve Amper Yasası” konusu çalışan ve sıralaması birbirine en yakın olan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları, konunun ne zaman görüldüğü ve öğrencilerin sınavdaki başarıları verilmiştir. Dikkat ortalaması yüksek olanların doğru yanıt sayısı fazladır. Burada özellikle Türkiye sıralaması yüksek olan öğrenciler arasında değerlendirme yapılmıştır. Buna rağmen dikkat ortalaması düşük, sıralaması yüksek olan öğrenciler başarıya ulaşamamışlardır. Çizelge 2.44'te Fizik-2 dersinin “Elektrik Alan” ve “Manyetik Alan ve Amper Yasası” konularındaki öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları verilmiştir.

**Çizelge 2.44:** “Elektrik Alan” ve “Manyetik Alan ve Amper Yasası” konuları için kaydedilen dikkat ve meditasyon ortalamaları.

ELEKTRİK ALAN		MANYETİK ALAN VE AMPER YASASI	
DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.
55	45	62	59
59	51	60	51
57	50	55	57
53	50	42	56
39	58	41	49
43	45	52	51
44	51	54	53
45	50	35	51
43	48	30	27
44	51	45	57
40	59	60	46
63	55	54	53
49	52	57	56
39	52	39	48
47	51	41	52



Çizelge 2.44’te soldan sağa “Elektrik Alan” ve “Manyetik Alan ve Amper Yasası”konuları için dikkat ve meditasyon ortalamaları verilmiştir. Öğrencilerin yakın geçmişte Elektrik Alan konusu hakkında bilgi aldıklarından dikkat ve meditasyon ortalamaları diğer konuya göre yüksektir. İki konu arasındaki veriler değerlendirildiğinde öğrencilerin “Manyetik Alan ve Amper Yasası” konusuna karşı tutumları bir önceki konuya göre sıkıntılıdır. Öğrencilerin bazılarının konuları ilk kez deney esnasında görmeleri dikkat ortalamasını ve başarıyı önemli derecede etkilemiştir.

### 2.2.3 Manyetik alan video anlatımı

Gürültüsüz ve aydınlık bir ortamda yapılan deneyde “Fizik-2” dersinin “Manyetik Alan” konusuna öğrencilerin (4 öğrenci) ders çalıştırılması video formatla yapılmıştır ve akabinde konu ile alakalı sınav yapılmıştır. Bu öğrenciler için bazı veriler Çizelge 2.45’te verilmiştir.

**Çizelge 2.45 :** “Manyetik alan video anlatımı” konusu için öğrencilerin dikkat ve meditasyon değerleri.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	NE ZAMAN	SIRALAMA	DOĞRU/ TOPLAM
1	52	56	yeni	ingilizce	0,8571
2	60	53	yeni	64000	0,7143
3	55	49	yeni	65000	0,5714
4	46	52	yeni	70000	0,42857

Çizelge 2.45’te “Manyetik alan video anlatımı” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları, konuyu en son ne zaman gördükleri, Türkiye sıralamaları ve sınav sonuçları verilmiştir. Konuyu ingilizce gören öğrenci, videoda yine ingilizce formatında çalışmıştır. Türkiye sıralaması geriledikçe dikkat ortalaması azalmıştır. Bundan dolayı öğrencilerin dikkat ortalamaları düşük olduğu için, sınavda soruları yanlış yanıtlamışlardır. Çizelge 2.46’da “Manyetik alan video anlatımı” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları ve zihinsel ritimleri gözükmektedir.

**Çizelge 2.46 :** “Manyetik alan video anlatımı” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları ve alfa beta değerleri.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	ALFA1	ALFA2	BETA1	BETA2
1	52	56	15861	-13016	13600	12094
2	60	53	21737	15033	12867	10247
3	55	49	18742	22572	8374	18745
4	46	52	-20562	16986	14202	11288

Çizelge 2.46’da “Manyetik alan video anlatımı” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları, alfa ve beta değerleri verilmiştir. Alfa ve beta değerleri çizelgede belirtildiği gibi dikkat ve meditasyon ortalamaları ile bağlantılıdır. Çizelge 2.47’de “Manyetik alan video anlatımı” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ortalaması ve beta değerleri incelenmiştir.

**Çizelge 2.47:** “Manyetik alan video anlatımı” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ortalaması ve beta değerleri.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	BETA1	BETA2
1	52	13600	12094
2	60	12867	10247
3	55	8374	18745
4	46	14202	11288

Çizelge 2.47’de sırasıyla “Manyetik alan video anlatımı” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ortalaması ve beta değerleri verilmiştir. Beta2, yüksek beta frekans olma durumudur. Beta değerleri 10000-20000  $\mu$ V arası kaydedildiği için dikkat oranlarında ciddi bir fark yoktur. Çizelge 2.48’de “Manyetik alan video anlatımı” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ortalaması ve sınav başarısı ilişkilendirilmiştir.

**Çizelge 2.48 :** “Manyetik alan video anlatımı” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ortalamasının ve başarıyla ilişkilendirilmesi.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	SIRALAMA	DOĞRU/TOPLAM
1	52	İngilizce	0,857143
2	60	64000	0,714286
3	55	65000	0,571429
4	46	70000	0,42857

Çizelge 2.48’de soldan sağa doğru “Manyetik alan video anlatımı” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ortalaması, LYS sıralaması ve sınav başarısı bilgileri verilmiştir. Burada öğrencilerin genelinin sıralaması ve dikkat ortalaması yüksek olduğunda daha çok sayıda doğru soru cevaplandırmışlardır. Çizelge 2.49’da “Manyetik alan

video anlatımı” konusu çalışan öğrencilerin meditasyon ve alfa değerleri karşılaştırması yapılmıştır.

**Çizelge 2.49** : “Manyetik alan video anlatımı” konusu çalışan öğrencilerin meditasyon ortalaması ve alfa değerleri.

ÖĞRENCİ NO	MEDİTASYON ORT.	ALFA1	ALFA2
1	56	15861	-13016
2	53	21737	15033
3	49	18742	22572
4	52	-20562	16986

Çizelge 2.49’da soldan sağa “Manyetik alan video anlatımı” konusu çalışan öğrencilerin meditasyon ortalamaları ve alfa değerleri verilmiştir. Alfa değerleri ile meditasyon doğrudan ilişkilidir. Alfa değerlerinin uç değerler almamasından dolayı meditasyon oranında çok yüksek ya da çok düşük bir oranla karşılaşılması. Çizelge 2.50’de “Manyetik alan video anlatımı” konusu çalışan öğrencilerin meditasyon ortalaması ve sınav başarıları karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 2.50** : “Manyetik alan video anlatımı” konusu çalışan öğrencilerin meditasyon oranının başarıyla ilişkilendirilmesi.

ÖĞRENCİ NO	MEDİTASYON ORT.	SIRALAMA	DOĞRU/TOPLAM
1	56	yabancı	0,85714
2	53	64000	0,71429
3	49	65000	0,57143
4	52	70000	0,42857

Çizelge 2.50’de soldan sağa “Manyetik alan video anlatımı” konusu çalışan öğrencilerin meditasyon ortalamaları, Türkiye sıralamaları ve sınav sonuçları gösterilmektedir. Burada meditasyon ortalamasının ve sıralamanın yüksek olduğu durumlarda öğrenci daha çok sayıda doğru yanıtla ulaşmıştır.

### 2.3 Elektromanyetik Alanlar Ortogonal Koordinat Sistemleri Konusu

Gürültüsüz ve aydınlık bir ortamda yapılan deneyde Elektromanyetik alanlar dersinin “Ortogonal Koordinat Sistemleri” konusuna öğrenciler (4 öğrenci) çalıştırılmış ve akabinde konu ile alakalı sınav yapılmıştır. Ders materyalleri İngilizce hazırlanmıştır. Bu öğrenciler için bazı veriler Çizelge 2.51’de verilmiştir.

**Çizelge 2.51 :** “Ortogonal koordinat sistemleri” konusu çalışan öğrencilerin bazı verileri.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	ALFA1	ALFA2	BETA1	BETA2
1	45	52	-11160	6780	3266	293
2	39	49	5085	5380	-5680	4855
3	92	73	21894	12165	12789	9459
4	49	57	7546	707	-1663	-2387

Çizelge 2.51’de soldan sağa “Ortogonal Koordinat Sistemleri” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları, alfa ve beta değerleri verilmiştir. Beta değerlerinin düşük olması dikkat ortalamasını etkilemiştir ancak istenilen düzeyde tutarlı değildir. Aynı durum meditasyon ortalaması ve alfa değerleri için de geçerlidir. Çizelge 2.52’de “Ortogonal Koordinat Sistemleri” konusu çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları ile başarıları değerlendirilmiştir.

**Çizelge 2.52 :** “Ortogonal koordinat sistemleri” konusunu çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamalarının doğru sayıları ile ilişkilendirilmesi.

ÖĞRENCİ NO	DİKKAT ORT.	MEDİTASYON ORT.	DOĞRU/ TOPLAM	SIRALAMA
1	45	52	0,65	30000
2	39	49	0,588235	yabancı
3	92	73	0,818182	80000
4	49	57	0,545455	80000

Çizelge 2.52’de soldan sağa doğru “Ortogonal Koordinat Sistemleri” konusunu çalışan öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları, sınav başarıları ve LYS Türkiye sıralamaları verilmiştir. Bu konuda dikkat ortalaması yüksek olan öğrenci sıralaması geride olsa bile en çok doğru yanıt sayısına ulaşmıştır. Burada sıralamadan ziyade dikkat ortalamasının yüksek olması ile başarı elde edilmiştir. Dikkat ortalaması ne kadar yüksekse öğrencinin başarısı o kadar yüksektir.

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Nöronlar beyindeki elektriksel iletimi sağlayan küçük aktivitelere dir. Milyonlarca nöronun oluşturduğu faaliyetler sayesinde sinir sistemi yapıtaşları oluşmaktadır. Sinir sisteminin anlık her durumundan elde edilen kayıtlar elektroensefalografi (EEG) cihazı tarafından gerçekleştirilmektedir. EEG, kafa derisi üzerine belli bir düzende yerleştirilen elektrotlardan alınan bilişsel durumlar hakkında bilgi veren ham verilerdir. Bu ham veriler belli frekans bantlarına göre yorumlanıp ayıklanır. Bu tip işlemler sonucu beyin frekans ritimleri hakkında bilgilere ulaşıp ve yorumlanabilmektedir. EEG tabanlı teknoloji tıbbi gereksinimlerle keşfedilmiş olsa da bu alanla sınırlı kalmamıştır. Bu teknoloji mobil sensörler, giyilebilir teknoloji ve beyin-makine etkileşimlerini beraberinde getirmiştir. Beyin bilgisayar arayüz sistemleri EEG tabanlı teknoloji prensibiyle çalışmaktadır. İnsan beyni ve dijital ortamın birleşmesi birçok yeni araştırmaya yol açmıştır. Geliştirilen cihazlar aracılığıyla çok sayıda analiz yapılabilmektedir.

Bu çalışmada EEG tabanlı Neurosky Biyosensör kullanılarak, öğrencilerin dikkat ve meditasyon ortalamaları ölçülmüştür. Öğrenciler önceden belirlenen Fizik-1, Fizik-2 ve Elektromanyetik Alanlar derslerinin belirli konularına çalışırken sensör aracılığıyla, veri kayıtları alınmıştır. Neurosky Biyosensör ve bilgisayar arasında kablosuz iletişimde olunan ve konuların tanımlanıp, çalışıldığı arayüz C# ortamında geliştirilmiştir. Dikkat ve meditasyon ortalamalarının incelenmesi çalışmada gerçekleştirilmiştir. Elde edilen kayıtlarda alfa, beta, teta ve gama değerleri analiz edilmiştir. Buradaki alfa, beta, teta ve gama bantları için ayrı ayrı yorumlama yapılmalıdır. Bu ifadelerin hangi mental aktivite için ne anlama geldiği araştırılmalıdır. Net bir biçimde beyin frekans dalgaları elde edilip tanımlanabilirse nörofeedback yöntemleri ile odaklanma problemleri tanımlanıp onarılabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] **NeuroSky**. (2009). Brain Wave Signal (EEG) of NeuroSky, Inc. Retrieved from <http://neurosky.com/>
- [2] **Brent J. L., Kerick S.E., A. J. R. & K. S. O., and K. M.** (2012). Brain–Computer Interface Technologies in the Coming Decades, *100*, 1–5.
- [3] **Çakmak H.** (2011). Nöronlar Nasıl Çalışır? Retrieved from <http://okyanusum.com/hazirlaniyor/noronlar-nasil-calisir/>
- [4] **Yıldırım T.** (2015). *Tıp Elektroniği*.
- [5] **Nishifuji S., Sato M., D. M. and S. T.** (2010). Effect of Acoustic Stimuli and Mental Task on Alpha, Beta and Gamma Rhythms in Brain Wave. *SICE Annual Conference 2010*, 1–4.
- [6] **EPFL**. (2017). The Blue Brain Project - A Swiss Brain Initiative. Retrieved from <http://bluebrain.epfl.ch/>
- [7] **Wolpaw J.R.** (2007). Brain-computer interfaces as new brain output pathways. *US National Library of Medicine National Institutes of Health*, 579 *The Journal of Physiology*, 613–619.
- [8] **Galán R., Nuttin M, L. E., F. P.W., V. G., P. J., M. J. R.** (2008). A brain-actuated wheelchair: asynchronous and non-invasive Brain-computer interfaces for continuous control of robots. *Clinical Neurophysiology*, *119*(9), 2159–2169.
- [9] **Tan D., A. N.** (2008). Playing with your brain: Brain-computer interfaces and games, *Proc. Int. Conf. Adv. Comput. Entertain. Technol*, 305–306.
- [10] **Shelke S. D., Ghodake A. A.** (2016). Brain Controlled Home Automation System, (Intelligent Systems and Control (ISCO)), 1–4.
- [11] **Divya B., Bose J., K. A.** (2015). A Web Browser Responsive to The User Interest Level, *IEEE India Conference*.
- [12] **Arora B., Choudhury T., P. K.** (2016). An Intelligent Way to Play Music By Brain Activity Using Brain Computer Interface, *2nd International Conference on Next Generation Computing Technologies*, 224–228.
- [13] **Baydemir T.** (2017). Giyilebilir Teknolojiler ve Spor. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, 54–59.

- [14] **Scott Makeig K., Kothe C., Mullen T., N. B.-S., & Z. Z., and K. D.** (2012). Evolving Signal Processing for Brain–Computer Interfaces, *100*(IEEE), 1568–1584.
- [15] **Reilly B.** (2013). Mu Rythm, (Encyclopedia of Autism Spectrum Disorders), 1940–1941.
- [16] **Abdulla S., Rahman M., T. A. K.** (2017). Extracting and Discriminating Selective Brain Signals in Non-invasive Manner and Using Them for Controlling a Device: A Cost-efficient Approach to (BCI) Brain Computer Interface. *IEEE*, 1–5.
- [17] **İnce G.** (2012). Beyin-Makine Arayüzleri.
- [18] **Yu I., Takata M., J. K.** (2012). Constitution and Phase Analysis of Alpha Waves. *Biomedical Engineering International Conference*, 1–5.
- [19] **Fatourechi M., Bashashati A., R. W., & B. G.** (2007). EMG and EOG Artifacts in Brain Computer Interface Systems: A Survey, *118*, 480–494.
- [20] **Liao L. D., Lin C. T., K. M., A. E. W., K. G., T.P. J., & L.W. Ko, and J.Y. C.** (2012). Biosensor Technologies for Augmented Brain–Computer Interfaces in the Next Decades, *100 Centennial Celebration Special IEEE*.
- [21] **Mitchell T. M., Shinkareva S. V., A. C., K.M. C., V. L. M., R. A. M., A. J. & M. A.** (2008). Predicting Human Brain Activity Associated With the Meanings of Nouns, *320* (Science), 1191–1195.
- [22] **Şeker Ş. E.** (2009). Moore Yasası.
- [23] **Kim D.H., Lu N., Ma R., Y.-S. K., R.H. K., S. W., J. W., S. M. W., H. T., A. I., K. J. Y., T. I. K., R. C., M. Y., L. X., M. L., H.J. C., H. K., M. M., P. L., Y.W. Z., F. G. O., Y. H., & T. C., and J. A. R.** (2012). Epidermal Electronics, *333*(Science), 838–843.
- [24] **Wai C. C., Lim C. K. A., S. W. C.** (2015). A Mobile Driver Safety System Analysis of Single Channel EEG on Drowsiness Detection, *IEEE*.
- [25] **Libenson, M. H.** (2009). *Practical Approach to Electroencephalography* (Saunders). Boston.
- [26] **Işık Z., Selçuk H., S. A.** (2010). Bilgisayarlı Tomografi ve Radyasyon. *MLA*.
- [27] **Beşe, T.** (2013). PET CT Nedir?
- [28] **Herek D., N. K.** (2010). Manyetik Rezonans Görüntüleme, *TTD Toraks Cerrahisi Bülteni*.
- [29] **Aydemir Ö.** (2015). Elektroensefalogram EEG Ölçümü.
- [30] **Aykaç A.** (2015). EEG Eletroensefalogram, (YDÜ Tıp Fakültesi), 1–50.

- [31] **Baykan B.** (2008). *Elektroensefalografi*.
- [32] **Öztura İ.** (2014). Elektrofizyolojiye Giriş, 1–40.
- [33] **Vatansever F., Uysal F., A. U.** (2017). Ayrık Dalgacık Dönüşümü ile Gürültü Süzme, (Elektrik Mühendisleri Odası), 1–5.
- [34] **Yıldırım E., Eraldemir S. G., Y. K.** (2014). EEG İşaretlerinden Matematiksel İşlemlerin k-NN Algoritması İle Sınıflandırılması, *ELECO*, 551–554.
- [35] **Cihan P., O. K.** (2015). Öğrenci Proje Anketlerini Sınıflandırmada En Başarılı Algoritmanın Belirlenmesi, *Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi*, 41–48.
- [36] **Karabay, B.** (2015). Random Forest Algoritması, (Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yazılım Mühendisliği).
- [37] **Schettler, K. F.** (2011). *The EEG Booklet* (Nihon Kohd). Tokyo.
- [38] **Sanei S., J. A. C.** (2007). *EEG Signal Processing*. (J. Wiley, Ed.) (WILEY). England.
- [39] **Yahya M., Zunairah H. M., A. Q. B. I.** (2013). Temporal Hemispheric Dominance of Omega-3: Measurement of Alpha and Beta Wave Signals Using EEG. *International Conference on Electrical, Electronics and System Engineering*.
- [40] **Gabow H.** (2007). *Proceedings of the eighteenth annual ACM-SIAM symposium on Discrete algorithms*. New Orleans: Society for Industrial and Applied Mathematics Philadelphia.
- [41] **J. Ray W., H. W. C.** (1985). EEG Alpha Activity Reflects Attentional Demands, and Beta Activity Reflects Emotional and Cognitive Processes. *Pennsylvania State University, 228* (Department of Psychology).
- [42] **Lavelle C., Roy S., Roy J., D. F. S.** (2007). What are Brainwaves?
- [43] **Dhavalakumar H. J., Jaliya U. K., Dr. Thakore D. G.** (2016). ARGOS Alertness Rating Gamma Brainwave Observation System, 1–3.
- [44] **Grözinger B., Neher K. D., K. P. W., V. D., H. H. K.** (1984). The EEG In Schizophrenia, *71*(6), 320–321.
- [45] **Surangsrirat D., A. I.** (2015). Analysis of the Meditation Brainwave from Consumer EEG Device. *IEEE SoutheastCon 2015*, 1–6.
- [46] **Tabakcioğlu M. B., Çizmeci H., D. A.** (2016). Neurosky EEG Biosensor Using in Education., *IJAMEC*, 76–78.
- [47] **Behnam M. A., Lotfi S., Shamsollahi M. B., E. W., B. V.V.** (2007). Delta Waves Differently Modulate High Frequency Components of EEG Oscillations in



Various Unconsciousness Levels. *Proceedings of the 29th IEEE Annual International Conference of the IEEE EMBS Cité Internationale*, 1294–1297.

[48] **Nattasak S., P. S.** (2017). Changes of Brainwaves in Thai Smokers Indexed by the Lightweight Electroencephalography. *IEEE*, (School of Anti-Aging and Regenerative Medicine), 1–4.

[49] **Katona J., Farkas I., Ujbanyi T., P. D., A. K.** (2014). Evaluation Of The NeuroskyMindFlex EEG Headset Brain Waves Data. *12th IEEE International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics*, 91–94.

[50] **Campbell I.G., I. F.** (2010). Sleep EEG Changes During Adolescence: *An index of a Fundamental Brain Reorganization*, 72(1), 56–65.

[51] **Shin-Min Y., Chih-Ming C., C. M. Y.** (2015). Assessing the Attention Levels of Students by Using a Novel Attention Aware System based on Brainwave Signals. *4th IEEE International Congress on Advanced Applied Informatics*, 379–384.

[52] **NeuroSky Mobil Beyin Dalga Algılayıcı.** (2017). Retrieved from <http://www.robotshop.com/neurosky-mobil-beyin-dalga-algilayici-neurosky-mindwave-mobile>

[53] **Ramya S. L., Arunkumar N., V. V.** (2015). Wireless Mobile Robot Control through Human Machine Interface Using Brain Signals. *Energy and Materials (ICSTM), Internatiol(Vel Tech Rangarajan Dr.Sagunthala R&D Institute of Science and Technology)*, 596–603.

[54] **Gül, S.** (2016). NeuroSky Mindwave Mobile Beyin Dalga Sensörü Kullanımı.

[55] **Panicha L., P. S.** (2017). Effect of Pulse Electromagnetic Field Therapy to Brainwave on the Quantum Resonance System. *IEEE International Conference on Digital Arts, Media and Technology (ICDAMT)*, 1–4.

[56] **Sudarsanan K., D. S. S.** (2014). Controlling a Robot Using Brain Waves. *IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research*, 1–4.

[57] **Kwang-Ok A., Jong-Bae K., Won-Kyoung S., I. H. L.** (2010). Development of an Emergency Call System using a Brain Computer Interface (BCI). *International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics, 978-1-4244(IEEE RAS & EMBS)*, 918–923.

[58] **Takashi Y., Kunchen X., Casady B., A. M.** (2015). Dynamic Time Warping: A Single Dry Electrode EEG Study in a Self-paced Learning Task. *International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII), 978-1-4799(IEEE)*, 56–62.

[59] **Neurosky.com.**(n.d.).Neurosky. Retrieved from <http://neurosky.com/biosensors/eeg-sensor/algorithms/>

[60] **Kiran R. T., D. R. A. T.** (2016). Brainwave Enabled Multifunctional, Communication, Controlling and Speech Signal Generating System. *International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques, 978-1-4673 (IEEE)*, 4889-4893.

[61] **Tabakcioğlu M.B., izmece H., Ayberkin, D.** (2017). Eğitimde Neurosky cihazının Kullanılması, Bursa Teknik niversites BAP Koordinatrlğ, proje no: 2016-01-021.

[62] **lker B., Tabakcioğlu M. B., D. A., H. .** (2017). Relations of Attention and Meditation Level with Learning in Engineering Education. *Computers and Artificial Intelligence, (ECAI)*, 1-4.



## ÖZGEÇMİŞ

**Ad-soyad: Büşra ÜLKER**

**Doğum Tarihi ve Yeri: 12.08.1991 BURSA**

**E-posta: busraulker@gmail.com**

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2014, Anadolu Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü
- **Yüksek Lisans** : 2017, Bursa Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği

### TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Ülker B., Tabakcioğlu M. B., D. A., H. Ç.** (2017). Relations of Attention and Meditation Level with Learning in Engineering Education. *Electronics, Computers and Artificial Intelligence*, (ECAI), 1–4.
- **Ülker B., Tabakcioğlu, M.B.** (2017) “Öğrencilerin Ders Çalışırken Dikkat ve Meditasyon Ortalamalarının Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi” adlı makale Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi (GBAD). (Hakem İnceleme)
- **Ülker B., Tabakcioğlu M. B., D. A., H. Ç.,** (2017) "Measuring and Evaluation of Attention and Meditation Level by Using Neurosky Biosensor", International Conference on Advanced Technologies, Bayburt, Turkey (Kabul Edildi).