

**T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NEVŞEHİR YÖRESİNDEKİ İGNİMBİRİTLERİN
FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ İLE P-DALGA
HIZI ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN İNCELENMESİ**

**Tezi Hazırlayan
Ömer Faruk KEMİKKİRAN**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Mutluhan AKIN**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

**Haziran 2019
NEVŞEHİR**

Doç. Dr. Mutluhan AKIN danışmanlığında **Ömer Faruk KEMİKKİRAN** tarafından hazırlanan “**Nevşehir Yöresindeki İgnimbiritlerin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri İle P-Dalga Hızı Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi**” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

12/06/2019

JÜRİ

Başkan :Doç. Dr. İsmail AKKAYA

Üye :Doç. Dr. Mutluhan AKIN

Üye :Dr. Öğrt. Üyesi Ahmet ORHAN

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun **10/07/2019** tarih ve **41-404**... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

10.7.2019
Prof. Dr. Sahlan ÖZTÜRK
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİM SAYFASI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada yer alan bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ve bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.



Ömer Faruk KEMİKKİRAN

TEZ BİLDİRİM SAYFASI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada yer alan bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ve bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ömer Faruk KEMİKKİRAN

TEŞEKKÜR

Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırladığım bu çalışmada, yardımını, emeğini ve bilgisini güler yüzüyle esirgemedен paylaşan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mutluhan AKIN'a en derin teőekkürlerimi sunmayı bir vefa borcu bilirim.

Zaman zaman bilgilerinden faydalandığım lisans dönemi öğretim üyesi olarak derslerime giren Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ORHAN hocama ve Sayın Doç. Dr. İsmail DİNÇER hocama ve diğer bölüm hocalarıma teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasında Nevşehir Jeolojisi hakkında devamlı bilgi aldığım, iş hayatında da yer bilimleri bilgisini ve tecrübelerini paylaşan ablam Jeoloji Mühendisi Emel Özen'e teşekkür ederim.

Ayrıca; maddi, manevi desteklerini benden esirgemeyen ve bu süreçte çeşitli fedakârlık gösteren değerli aileme sonsuz teşekkür ederim.

NEVŞEHİR YÖRESİNDEKİ İGNİMBİRİTLERİN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ İLE P-DALGA HIZI ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Ömer Faruk KEMİKKİRAN

NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2019

ÖZET

Bu tez çalışması kapsamında, bir piroklastik kaya türü olan ve yapıtaşı olarak yaygın şekilde kullanılan ignimbiritlerin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri ile P-dalgası hızı arasındaki istatistiksel ilişkilerin bulunması amacıyla deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, Kapadokya yöresinde yaygın bir dağılıma sahip ignimbiritlerden Nevşehir (Merkez), Derinkuyu (Nevşehir) ve Tomarza (Kayseri) bölgelerinden örnekler alınmış ve hazırlanan silindirik ve küp şekilli örnekler üzerinde deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışma programı kapsamında ignimbiritlerin kuru ve doymuş birim hacim ağırlık, gözeneklilik, kütlece su emme gibi fiziksel parametrelerinin yanı sıra, tek eksenli basınç dayanımı ve dolaylı çekme dayanımı gibi dayanım özellikleri de ortaya konmuştur. Aynı örnekler üzerinde P-dalga hızları da ölçülmüş ve örneklerdeki P-dalgası yayılım hızları saptanmıştır. Elde edilen deneysel çalışma sonuçlarına göre, her üç örnek grubundaki ignimbiritler genel olarak düşük birim hacim ağırlıklı, yüksek gözenekli ve düşük-çok düşük dayanımlı kaya grubuna girmektedirler. Öte yandan aynı örneklerin P-dalga hızları dikkate alındığında, ignimbiritlerdeki P-dalgası yayılım hızının düşük-çok düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Elde edilen deneysel veri sonuçları basit regresyon yöntemi ile karşılaştırıldığında ignimbiritlerin heterojen yapısından kaynaklı olarak birçok fiziksel ve mekanik özellik ile P-dalga hızı arasında anlamlı ilişkiler elde edilememiştir. İstatistiksel analizler Derinkuyu ignimbiritlerinin gözeneklilik, kütlece su emme ve doymuş birim hacim ağırlık değerleri ile doymuş koşullardaki P-dalga hızları arasında yüksek belirleme katsayılarını işaret etmektedir. Öte yandan, Nevşehir ignimbiritlerinin doymuş koşullardaki P-dalga hızı ile doymuş birim hacim ağırlığı arasında da bir korelasyon olduğu ortaya konmuştur. Son olarak, tez çalışması kapsamındaki tüm örnek

grupları bir arada değerlendirildiğinde, kuru ve doğgun koşullardaki P-dalga hızları ile tek eksenli basınç dayanımı arasında yüksek belirleme katsayısına sahip eşitlikler elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İgnimbirit, P-dalga hızı, dayanım, gözeneklilik, Nevşehir, Tomarza, Kapadokya

Tez Danışman: Doç. Dr. Mutluhan AKIN

Sayfa Adedi:79



**EVALUATION OF THE RELATIONSHIPS BETWEEN THE PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES AND P-WAVE VELOCITY OF IGNIMBRITES AROUND NEVŞEHİR REGION
(Master's Thesis)**

Ömer Faruk KEMİKKİRAN

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL&APPLIED SCIENCES**

June 2019

ABSTRACT

In this thesis, experimental studies have been carried out to find statistical relations between some physical and mechanical properties of ignimbrites and P-wave velocity which are widely used as building stone. For this purpose, samples from the regions of Nevşehir (Center), Derinkuyu (Nevşehir) and Tomarza (Kayseri) were collected and experimental studies were carried out on cylindrical and cube shaped samples. Within the scope of the experimental study program, physical properties of ignimbrites such as dry and saturated unit weight, porosity, mass water absorption, as well as strength properties such as uniaxial compressive strength and indirect tensile strength have been determined. P-wave velocities were also measured on the same samples and P-wave propagation velocities were determined in the samples. According to the results of the experimental study, ignimbrites in all three sample groups generally belong to low unit weight, high porosity and low-very low strength rock group. On the other hand, considering the P-wave velocities of the same samples, it was concluded that the P-wave velocity in ignimbrites was low-very low. The results of the experimental data were compared with the simple regression method. Due to the heterogeneous structure of the ignimbrites, no significant relationship was found between P-wave velocity and many physical and mechanical properties. Statistical analyses indicate the high determination coefficients of the Derinkuyu ignimbrites between the P-wave velocities in saturated conditions specifically, mass water absorption and saturated unit weight values. On the other hand, a correlation was derived between the P-wave velocity of the Nevşehir ignimbrites and the saturated unit weight. Finally, when all the sample groups in the study are evaluated together, the equations having high determination coefficients

between the P-wave velocities in the dry and saturated conditions and the uniaxial compressive strength are obtained.

Keywords: Ignimbrite, P-wave velocity, strength, porosity, Nevşehir, Tomarza, Cappadocia

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Mutluhan AKIN

Number of pages:79



İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI	i
TEZ BİLDİRİM SAYFASI	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
2. KURAMSAL TEMELLER	4
2.1. Ultrasonik P-Dalgası Hızı	4
2.2. İgnimbirit Kavramı.....	7
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	9
3.1. İgnimbiritlerle İlgili Önceki Çalışmalar	9
3.2. Ultrasonik P-Dalgası ile İlgili Önceki Çalışmalar	12
4. JEOLJİ.....	15
4.1. Bölgesel Jeoloji	15
4.2. Nevşehir (Merkez) ve Derinkuyu Dolayının Jeolojisi.....	16
4.3. Tomarza (Kayseri) Dolayının Jeolojisi	19
4.4. Örnekleme Alanı Jeolojisi	21
5. MATERYAL VE METOT	23
5.1. Materyal.....	23
5.2. Metot (Yöntem).....	25

5.2.1.	Literatür Taraması	25
5.2.2.	Arazi Çalışmaları.....	25
5.2.3.	Laboratuvar Çalışmaları	26
5.2.3.1.	Birim Hacim Ağırlık, Porozite ve Kütlece Su Emmenin Belirlenmesi.....	27
5.2.3.2.	Dolaylı Çekme Dayanımı (Brazilian) Deneyleri.....	28
5.2.3.3.	Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi.....	28
5.2.3.4.	P-Dalgası (Ultrasonik) Hız Tayini Deneyleri.....	29
5.2.4.	Büro Çalışmaları.....	30
6.	ARAŞTIRMA BULGULARI	31
6.1.	İncelenen İgnimbirit Numunelerinin Fiziksel ve İndeks Özellikleri.....	31
6.2.	İncelenen İgnimbirit Numunelerinin Mekanik Özellikleri.....	34
6.3.	İgnimbirit Örneklerinin Fiziko-Mekanik Özellikleri ile P-Dalgası Hızları Arasındaki İstatistiksel İlişkiler.....	36
6.3.1.	Derinkuyu (Nevşehir-Gri)İgnimbiritleri.....	37
6.3.2.	Merkez (Nevşehir-Sarı) İgnimbiritleri	44
6.3.3.	Tomarza (Kayseri-Siyah) İgnimbiritleri.....	52
6.3.4.	Tüm İgnimbirit Örnekleri.....	60
7.	SONUÇ VE ÖNERİLER	70
8.	KAYNAKÇA	74
	ÖZGEÇMİŞ	79

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 6.1. İgnimbiritlerin fiziksel özelliklerine ait deney sonuçları	31
Çizelge 6.2. İgnimbiritlerin P-dalgası Hızlarının İstatistiksel Dağılımı	33
Çizelge 6.3. İgnimbiritlerin dayanım özelliklerine ait deney sonuçları	35



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Tez çalışması kapsamındaki örnekleme lokasyonları yerbulduru haritası.....	3
Şekil 2.1.	Dalga Yayınım Çeşitleri ve Yayılma Hareketleri	4
Şekil 2.2.	P-dalgası hızı ölçüm düzeneği ve deneyden bir görünüm.....	6
Şekil 2.3.	İgnimbiritlerin oluşum mekanizmasını gösteren model.....	7
Şekil 4.1.	Nevşehir ve çevresine ait bölgesel jeoloji haritası (Aydar vd., 2012'den değiştirilerek)	17
Şekil 4.2.	Tomarza ve çevresine ait bölgesel jeoloji haritası (MTA 1/500.000 Ölçekli)	20
Şekil 5.1.	Tez çalışması kapsamında deneysel çalışmalarda kullanılan sarı renkli Nevşehir (Merkez) ignimbiriti yakın görünümü	23
Şekil 5.2.	Tez çalışması kapsamında deneysel çalışmalarda kullanılan gri renkli Derinkuyu (Nevşehir) ignimbiriti yakın görünümü	24
Şekil 5.3.	Tez çalışması kapsamında deneysel çalışmalarda kullanılan siyah renkli Tomarza (Kayseri) ignimbiriti yakın görünümü	25
Şekil 5.4.	Laboratuvarda blok örneklerden karot numunelerin elde edilmesi.....	26
Şekil 5.5.	Laboratuvarda gerçekleştirilen dolaylı çekme dayanımı deneyinden bir görünüm	28
Şekil 5.6.	Laboratuvarda gerçekleştirilen tek eksenli basınç dayanımı deneyinden bir görünüm	29
Şekil 6.1.	İncelenen ignimbirit örneklerinin farklı araştırmacılara göre tek eksenli basınç dayanımı sınıflaması	36
Şekil 6.2.	Derinkuyu ignimbiritleri için P-dalgası hızı (kuru)-gözeneklilik arasındaki istatistiksel ilişki.....	37

Şekil 6.3. Derinkuyu ignimbiritleri için P-dalgası hızı (doygun)-gözeneklilik arasındaki istatistiksel ilişki	38
Şekil 6.4. Derinkuyu ignimbiritleri için P-dalgası hızı (kuru)- kütlece su emme oranı arasındaki istatistiksel ilişki	39
Şekil 6.5. Derinkuyu ignimbiritleri için P-dalgası hızı (doygun)- kütlece su emme oranı arasındaki istatistiksel ilişki	40
Şekil 6.6. Derinkuyu ignimbiritleri için P-dalgası hızı (kuru)- kuru birim hacim ağırlık arasındaki istatistiksel ilişki	42
Şekil 6.7. Derinkuyu ignimbiritleri için P-dalgası hızı (doygun)- doygun birim hacim ağırlık arasındaki istatistiksel ilişki	42
Şekil 6.8. Derinkuyu ignimbiritleri için P-dalgası hızı (kuru)- tek eksenli basınç dayanımı (kuru) arasındaki istatistiksel ilişki.....	43
Şekil 6.9. Derinkuyu ignimbiritleri için P-dalgası hızı (doygun)-tek eksenli basınç dayanımı (doygun) arasındaki istatistiksel ilişki.....	44
Şekil 6.10. Nevşehir Merkez ignimbiritleri için P-dalgası hızı (kuru)-gözeneklilik arasındaki istatistiksel ilişki	45
Şekil 6.11. Nevşehir Merkez ignimbiritleri için P-dalgası hızı (doygun)-gözeneklilik arasındaki istatistiksel ilişki	46
Şekil 6.12. Nevşehir Merkez ignimbiritleri için P-dalgası hızı (kuru)- kütlece su emme oranı arasındaki istatistiksel ilişki	47
Şekil 6.13. Nevşehir Merkez ignimbiritleri için P-dalgası hızı (doygun)- kütlece su emme oranı arasındaki istatistiksel ilişki	48
Şekil 6.14. Nevşehir Merkez ignimbiritleri için P-dalgası hızı (kuru)- kuru birim hacim ağırlık arasındaki istatistiksel ilişki	49
Şekil 6.15. Nevşehir Merkez ignimbiritleri için P-dalgası hızı (doygun)- doygun birim hacim ağırlık arasındaki istatistiksel ilişki	50

Şekil 6.16. Nevşehir Merkez ignimbiritleri için P-dalgası hızı (kuru)- tek eksenli basınç dayanımı (kuru) arasındaki istatistiksel ilişki.....	51
Şekil 6.17. Nevşehir Merkez ignimbiritleri için P-dalgası hızı (doygun)- tek eksenli basınç dayanımı (doygun) arasındaki istatistiksel ilişki.....	52
Şekil 6.18. Tomarza ignimbiritleri için P-dalgası hızı (kuru)-gözeneklilik arasındaki istatistiksel ilişki.....	53
Şekil 6.19. Tomarza ignimbiritleri için P-dalgası hızı (doygun)-gözeneklilik arasındaki istatistiksel ilişki.....	54
Şekil 6.20. Tomarza ignimbiritleri için P-dalgası hızı (kuru)- kütlece su emme oranı arasındaki istatistiksel ilişki	55
Şekil 6.21. Tomarza ignimbiritleri için P-dalgası hızı (doygun)- kütlece su emme oranı arasındaki istatistiksel ilişki	56
Şekil 6.22. Tomarza ignimbiritleri için P-dalgası hızı (kuru)- kuru birim hacim ağırlık arasındaki istatistiksel ilişki	57
Şekil 6.23. Tomarza ignimbiritleri için P-dalgası hızı (doygun)- doygun birim hacim ağırlık arasındaki istatistiksel ilişki.....	58
Şekil 6.24. Tomarza ignimbiritleri için P-dalgası hızı (kuru)- tek eksenli basınç dayanımı (kuru) arasındaki istatistiksel ilişki.....	59
Şekil 6.25. Tomarza ignimbiritleri için P-dalgası hızı (doygun)-tek eksenli basınç dayanımı (doygun) arasındaki istatistiksel ilişki.....	60
Şekil 6.26. İgnimbirit örneklerinin tamamı için P-dalgası hızı (kuru)-gözeneklilik arasındaki istatistiksel ilişki	61
Şekil 6.27. İgnimbirit örneklerinin tamamı için P-dalgası hızı (doygun)-gözeneklilik arasındaki istatistiksel ilişki	62
Şekil 6.28. İgnimbirit örneklerinin tamamı için P-dalgası hızı (kuru)- kütlece su emme oranı arasındaki istatistiksel ilişki	63

Şekil 6.29. İgnimbirit örneklerinin tamamı için P-dalgası hızı (doygun)- kütlece su emme oranı arasındaki istatistiksel ilişki	64
Şekil 6.30. İgnimbirit örneklerinin tamamı için P-dalgası hızı (kuru)- kuru birim hacim ağırlık arasındaki istatistiksel ilişki.....	65
Şekil 6.31. İgnimbirit örneklerinin tamamı için P-dalgası hızı (doygun)- doygun birim hacim ağırlık arasındaki istatistiksel ilişki	66
Şekil 6.32. İgnimbirit örneklerinin tamamı için P-dalgası hızı (kuru)- tek eksenli basınç dayanımı (kuru) arasındaki istatistiksel ilişki.....	67
Şekil 6.33. İgnimbirit örneklerinin tamamı için P-dalgası hızı (doygun)-tek eksenli basınç dayanımı (doygun) arasındaki istatistiksel ilişki.....	68
Şekil 6.34. Tez çalışması kapsamında incelenen tüm ignimbirit örnekleri için laboratuvarında ölçülen ve P-dalga hızından hesaplanan tek eksenli basınç dayanımı değerlerinin karşılaştırılması	679

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

t_0 : ölçülen sıfır (başlangıç) zamanı (μs)

T_p : p dalgasının etkin ilerleme zamanı (μs)

t_p : p dalgasının ölçülen yayılma zamanı (μs)

V_p : p dalgasının yayılma hızı

V_s : s dalgasının yayılma hızı

σ_c : numunenin Basınç Dayanımı

P_k : kırılmaya neden olan en büyük yük

L : silindir numunelerin boyu

e : boşluk oranı

g : yer çekim ivmesi

A : alan

$^{\circ}\text{C}$: santigrat derece

Km : kilometre

kN : kilonewton

m : metre

m² : metre kare

m³ : metre küp

cm : santimetre

cm² : santimetre kare

mm : milimetre

s : saniye

% : yüzde değeri

MPa: megapascal

n : porozite (gözeneklilik)

Pa : pascal

R² : belirleme katsayısı

UCS : tek eksenli basınç dayanımı

$\gamma_{\text{ıslak}}$: doygun birim hacim ağırlığı

γ_{kuru} : kuru birim hacim ağırlığı

1.BÖLÜM

GİRİŞ

Nevşehir ilini de içine alan Kapadokya, Türkiye'nin ve hatta dünyanın eşsiz güzelliklerine sahip bir bölgesidir. Kapadokya'nın Persçe adı "Katpatuka" 'Güzel Atlar Diyarı' anlamına gelmektedir. Asur, Hitit, Frig, Roma, Bizans, Selçuklu, Osmanlı gibi uygarlıklara ev sahipliği yapmış ve kalıntılarını barındırmakta olan Kapadokya bölgesi tarihi kokuyu hissettiren bir turizm merkezidir[1].

İç Anadolu bölgesinde yer alan Nevşehir, Erciyes, Acıgöl çevresindeki irili ufaklı volkan bacaları, Hasandağ ve Güllü Dağı'nın püskürttüğü malzemeler aşınarak ignimbiritleri oluşturmuştur. Nevşehir yöresinin volkanik ürünleri; pomza, perlit, ignimbirit ve bazalt olarak yer almaktadır. Piroklastik malzemenin çok kalın olması dünyaca ünlü peribacalarının oluşumuna zemin hazırlamıştır. Piroklastik malzemenin işlenebilirliğinin kolay olmasından dolayı en eski mimarlık unsurları olan yer altı şehirleri, yer altı bağlantı yolları, yaşama alanları, ibadethane yapım ve süslemelerinde freskler, sığınak, mutfak, zindan, su kuyuları, güvercinlikler, mezar ve havalandırmalar görülmektedir. Günümüzde ise gelişen turizm ihtiyaçlarını karşılamak için butik otel yapımı, restorasyon, dış cephe kaplama-süsleme, tarım için limon ve patates depoculuğu, ticaret ve bölge tanıtımı için çanak, çömlek, biblo yapımında ignimbiritten yararlanılmaktadır. Kavak Üyesi içerisinde limon depoculuğu ignimbiritin fiziki yapısı ile nem sağlayarak limonun korunması, gelişmesi ve sulanmasını sağlamaktadır. Ürgüp Formasyonu içerisinde yer alan depoculukta ise ignimbiritin gözenekliliğinden dolayı patatesin tazeliğini daha uzun süre koruduğu bilinmektedir.

Osmanlı döneminde ignimbiritler Kapadokya bölgesinde yapıtaşı, işleme, süsleme amaçları ile yaygın şekilde kullanılmıştır. 3.Ahmet zamanında, sadrazam Damat İbrahim Paşa tarafından yaptırılan Kurşunlu Camii adı verilen külliye'nin yapımında ignimbiritler kullanılmış olup, arazisini 6. nesil torunu olduğum Ömer Faruk dedemiz vakfetmiştir[2].

Bu tez çalışması kapsamında Kapadokya bölgesinde yaygın şekilde kullanılan ignimbirit türü kayaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri ile P-dalga hızları arasındaki ilişkiler araştırılacaktır.

1.1.Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Kayaçların fiziko-mekanik özelliklerinin dolaylı olarak ortaya konmasında sismik hızlar ve özellikle de P-dalga hızı (V_p) yaygın olarak kullanılmaktadır[3,4]. Laboratuvar ortamında hazırlanmış şekilli kayaç örnekleri (silindirik, küp) üzerinde kolaylıkla belirlenebilen P-dalga hızı yardımıyla birim hacim ağırlık, porozite, su emme oranı, dayanım ve deformasyon gibi birçok fiziksel ve mekanik parametrenin kestirimi yapılabilmektedir. Böylelikle zaman ve maliyet açısından önemli bir kazanım sağlanmaktadır.

Nevşehir yöresinde geniş bir yayılıma sahip olan tüf ve ignimbirit gibi piroklastik kayaçlar oluşum mekanizmalarına da bağlı olarak heterojen bir yapı sunabilmektedir. Öte yandan, bu piroklastik kayaçlar oldukça düşük dayanımlı ve düşük birim hacim ağırlıklı olmaları sebebiyle örnek temin etme ve hazırlama işlemleri sırasında da sıkıntılarla karşılaşılabilir. Bu nedenle çoğu zaman bu piroklastik kayaçların fiziko-mekanik özelliklerinin dolaylı yöntemlerle kestirimi tercih edilmektedir. Literatür incelendiğinde kayaçların fiziksel ve mekanik özelliklerinin dolaylı olarak belirlenmesinde P-dalga hızının (V_p) kullanıldığı bazı çalışmalar mevcuttur. Örneğin, Karakul ve Ulusay (2012), 14 farklı kayaç türü üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada bu kayaçların fiziksel ve mekanik ile deformasyon özelliklerinin P-dalga hızı ile olan ilişkilerini istatistiksel olarak incelemişlerdir. Bu incelemede doymuş koşulların bu ilişkiler üzerindeki etkisini de dikkate almışlardır. Bu ve benzeri çalışmalar, bu tür istatistiksel ilişkilerde farklı parametrelerin sonuçlar üzerinde etkili olabileceğini göstermektedir[4]. Kuşçu ve Demiray (2015) yapıtaşı olarak kullanılan mermerlerin porozite ve dayanım özelliklerini P-dalga hızı yardımıyla belirlemeye çalıştıkları çalışmada magmatik kökenli kayaçların sedimanter kökenli kayaçlara oranla P-dalga hızı ilişkilerinde daha anlamlı sonuçlar verdiğini vurgulamışlardır. Çelik (2017), Afyonkarahisar yöresindeki tüflerin fiziko-mekanik özellikleri ile ultrases dalga hızı ilişkilerini incelemiştir. Çalışma sonucunda tüflerin fiziko-mekanik özellikleri ile P-dalga hızları arasında oldukça yüksek korelasyon katsayıları (>0.9) elde edilmiş olup, bu sonuç piroklastik kayaçların fiziko-mekanik özelliklerinin tahmininde P-dalga hızının etkili şekilde kullanılabileceğini işaret etmektedir[5].

Bu kapsamda bu tez çalışmasının en önemli amacını, bölgede geniş yayılıma sahip olan

ve yoğun şekilde yapıtaşı sektöründe kullanılan ignimbritlerin fiziko-mekanik özellikleri ile P-dalga hızları arasındaki ilişkilerin istatistiksel olarak incelenmesi ve yapılacak değerlendirmelerin ardından matematiksel ilişkilerin ortaya konması oluşturmaktadır. Bu değerlendirmeler sırasında, zaten heterojen bir yapıya sahip olan piroklastik kayalarındaki farklı unsurların (örneğin litik malzeme oranı) ilişkiler üzerindeki etkisi de araştırılmıştır.

Tez çalışması sonucunda elde edilen istatistiksel ilişkilerin, bilimsel anlamda bu tür çalışmalarda bulunan araştırmacılara ışık tutmasının yanı sıra, özellikle yapıtaşı sektöründe bulunan uygulayıcılar için de malzeme dayanımına yönelik kestirimlerde fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışma kapsamında deneysel çalışmalarda kullanılan ignimbrit örnekleri Nevşehir (Merkez), Derinkuyu (Nevşehir) ve Tomarza (Kayseri) yerleşimlerinden elde edilmiştir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Tez Çalışması kapsamındaki örnekleme lokasyonları yerbulduru haritası

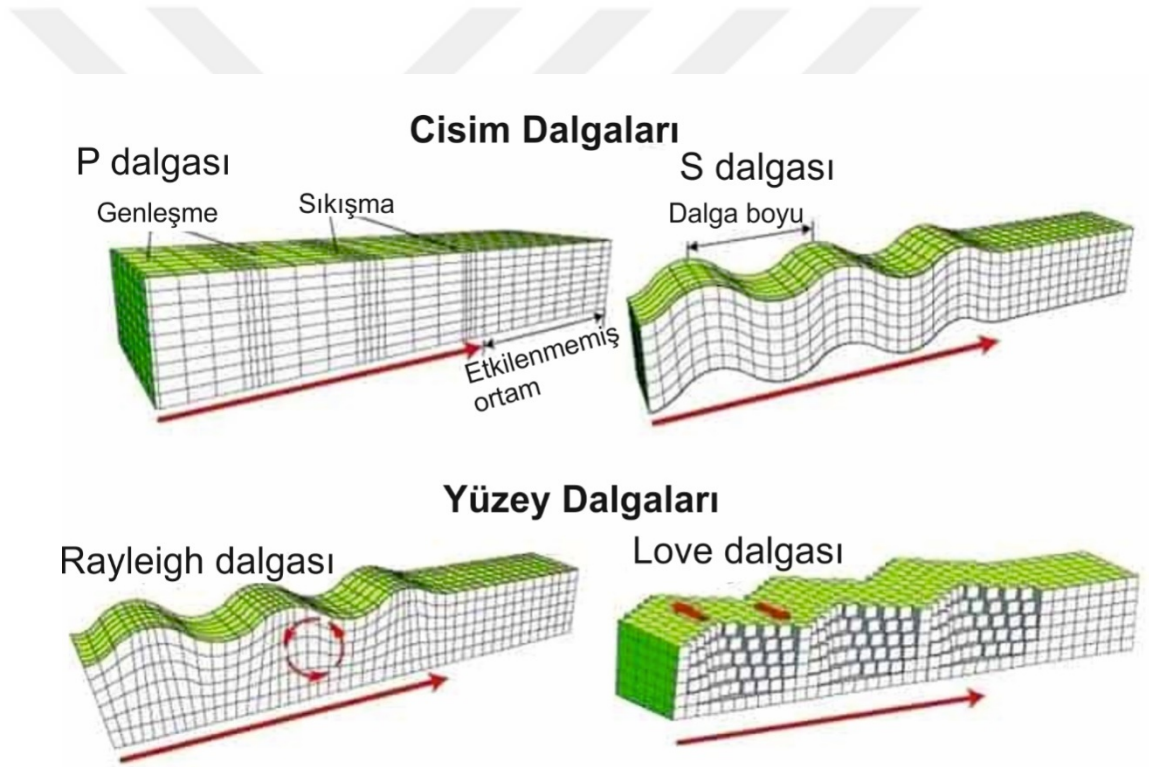
2.BÖLÜM

KURAMSAL TEMELLER

2.1.Ultrasonik P-Dalgası Hızı

Üç tür mekanik dalga yayını, dinamik ve titreşimli bir yük ile etkileşen katı elastik ortamın yüzeyinde oluşur.

Sıkışma dalgalarına P dalgası da denilir. Kayma dalgaları enine ya da S dalgaları olarak bilinmektedir. Yüzey dalgalarına ise Rayleigh ve Love dalgaları da denir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Dalga Yayınım Çeşitleri ve Yayılma Hareketleri

Mekanik dalgaların elektrik titreşimlere dönüşümü ve elektrik titreşimlerin mekanik titreşimlere dönüşümü ultrasonik testlerin temelini oluşturmaktadır. Piezelektrik vericiler bu işlemde temel görevi yüklenirler. Ultrasonik test cihazları hazırlanan örnek için bir verici ile dalga titreşimi oluşturan, alıcı ile titreşimin varış zamanını kaydeden ekipmanlardır (Şekil 2.2). P-dalga hızı ölçümlerinde kullanılan ekipman; sinyal üretme ünitesi, elektronik sinyalleri mekanik sinyale dönüştüren dönüştürücü ile bu mekanik sinyalleri elektrik sinyallerine dönüştüren alıcı-verici potları, ünite ile potlar arasındaki

bağlantı kabloları, temas hassasiyetini sağlayıcı jelden oluşmaktadır. Böylece numune boyunca seyahat eden titreşimin hassas şekilde gidiş-geliş süresini hesaplanabilmektedir. Cihaz ayrıca bir osiloskopa bağlanarak alınan titreşimlerin faz farkı, akım, gerilim, frekans gibi elektriksel değerleri ölçülebilir[6].

Kayaçlara ait fiziko-mekanik özelliklerin tespiti için, P-dalga hızları birçok araştırmacı tarafından kullanılmış ve ses hızlarının kaya özellikleri ile ilişkili olduğunu belirlemişlerdir.

Yapı malzemelerinin kalitesinin ve niteliğinin belirlenmesine yönelik uygulanan tahribatsız deney yöntemleri; malzeme özellikleri veya süreksizlik türleri, hakkında bilgi sağlanmasında kullanılmaktadır. Farklı yoğunluktaki çatlak veya süreksizlikler içeren numunelerde farklı mukavemet değerleri elde edilmektedir. Titreşim hızı kullanılarak numune dayanımı hakkında bilgi elde edilebilmektedir[6].

Tahribatsız inceleme yöntemi olan ultrasonik hız yöntemi ile çok yönlü olarak numunelerde zarar vermeden mekanik özellikleri hakkında bilgiler sağlanabilmektedir.

P-dalgası; kayaç türü, yoğunluk, tane büyüklüğü ve şekli, gözeneklilik, litik malzeme, sıcaklık, su muhtevası gibi etkenlerden etkilenebilmektedir[7].

Ultrasonik P-dalga hızı deneyleri katı, sıvı ve gaz halde bulunan malzeme veya numunelerde tahribatsız şekilde uygulanan yüksek duyarlılık ve yüksek çözünürlük sunan ve malzeme özelliklerini belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Bu deney kayaç örnekleri içerisinden geçirilen sıkışma (P) dalgalarının yayılma hızlarından yararlanılarak, kayaç malzemesinin dinamik, elastik parametrelerinin belirlenmesi amacıyla yapılır. Deney yöntemi homojen ve izotrop veya anizotropiye sahip kayaç veya numunelerde uygulanabilmektedir. P dalga hızı ölçümlerinde ASTM (1994) standartları ve ISRM (2007) önerileri dikkate alınması gerekir[8,9].



Şekil 2.2. P-dalga hızı ölçüm düzeneği ve deneyden bir görünüm

P-Dalga hızı tayini çeşitli avantajlara sahiptir. Bunlar:

- Mekanik özelliklerin ve mikro yapının kolaylıkla belirlenmesi
- Cihaz taşıma kolaylığı ile hem sahada hem de laboratuvarda ölçü alabilme imkânı
- Daha hızlı ve kolay uygulanabilmesi
- Plazma ve vakum hariç maddenin tüm hallerinde kullanımı
- Elde edilen sonuçlarla laboratuvar analiz sonuçları arasındaki uyum

Çalışma kapsamındaki deneylerde çapı 54 mm olan (NX) silindirik karotlar ve yaklaşık 7x7x7 ebatlarında küp numuneler kullanılmıştır. Numunelerin verici ile tam teması için alt ve üst yüzeylerinin pürüzsüz ve düz olmasına dikkat edilmiş ve alıcı-verici birbirine paralel şekilde hazır hale getirilmiştir. Karotun yüzeyleri ile verici ve alıcı potlar arasında teması arttırmak amaçlı jel her iki yüzeye sürülmüştür. Deney karotunun boyu veya küpün yüzey uzunluğu (L) hassas bir şekilde ölçülmüştür.

Ultrasonik yayılma hızlarının hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılır:

$$V_p = \frac{L}{T_p} \quad (1)$$

V_p : P dalgasının yayılma hızı (m/s)

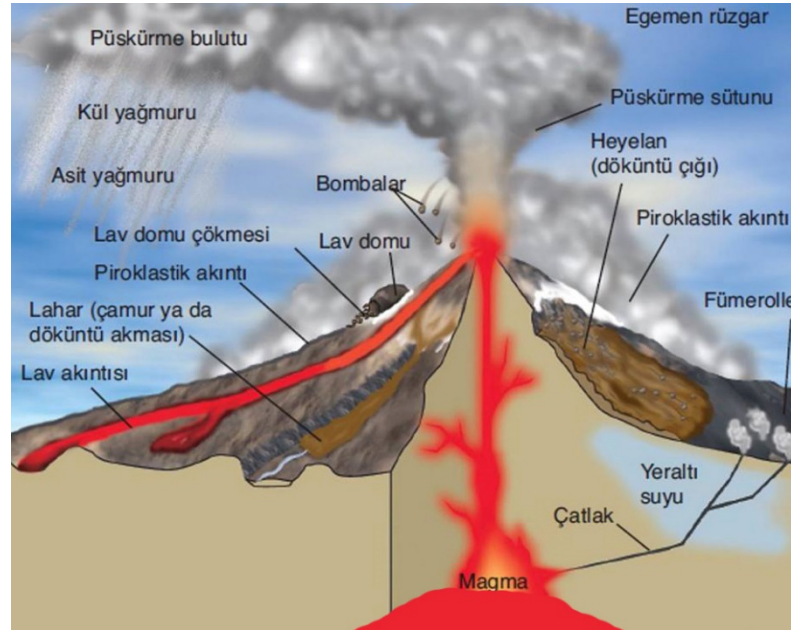
L: Silindirik deney örneğinin boyu (sinyalin gittiği mesafe)

T_p : P dalgasının etkin ilerleme zamanı (μs)

P-dalga hızı ölçümlerinde uzunluğu (L) bilinen karot veya küp örnek boyunca P-dalgasının ilerleme zamanı (T_p) ölçülmekte ve buradan yukarıdaki eşitlik yardımıyla P-dalga hızı hesaplanabilmektedir.

2.2. İgnimbirit Kavramı

Jeolojik olarak ignimbirit terimi farklı şekillerde ifade edilebilmektedir. Örneğin, Yeni Zelanda'da bulunan kaynaklaşmış Taupo tüflerini tanımlamak için 'kızgın' anlamına gelen ignimbirit ifadesi kullanılmıştır [10]. İgnimbiritler bomba boyutundan lapilli boyutuna kadar değişen büyüklükte pomza parçaları ile daha az orandaki litik parçaların vitrik, kristal ve litik kül bileşimli matriks tarafından birleştirilmeleri ile oluşmuş kayalar olarak tanımlanmıştır [10]. Pirolastik kayaların bir çeşidi olan ignimbiritler bol pumis içeren, sıcak yerleşimli laminar (katmanlı, tabakalı) akan çökeller olarak da adlandırılır [11]. İgnimbiritler; tek bir patlama veya ardarda devam eden patlamalar serisine ait püskürme kolonunun çökmesi sonucu oluşurlar (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. İgnimbiritlerin oluşum mekanizmasını gösteren model

İgnimbiritlere sıcak pomza parçaları içeren gözenekli elastik volkan camları da denilir. Bu özelliğinden dolayı kaynaklaşma adını verdiğimiz sıcak parçaların yassılaşması ile birlikte sert bir kayaca dönüşmesi görülmüştür. Piroklastik akma ve piroklastik çökme olarak sınıflandırılabilir[10]. Piroklastik akma ürünleri 300 km/saat'ten daha hızlı hareket edebilir ve bu sıradaki sıcaklık ise 1000°C 'ye erişebilmektedir.



3. BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Piroklastik bir kayaç türü olan ignimbiritler bölgede geçmiş zamanlardan beri süregelen farklı kullanım alanları nedeniyle çeşitli araştırmacılar tarafından ilgi görmüş ve farklı çalışmalara konu olmuştur.

Bu bölümde ignimbiritler, ignimbiritlerin doğal yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği, P dalgası hızlarının ignimbiritlerin ve farklı kayaç türlerinin fiziko-mekanik özelliklerinin tahmininde kullanımına yönelik literatürde yer alan bazı çalışmalar sunulacaktır.

3.1 İgnimbiritlerle İlgili Önceki Çalışmalar

İgnimbiritler hakkında bölgedeki ilk akademik çalışma Beekman tarafından 1966 yılında yapılmıştır.

Beekman yaptığı çalışmada, Kapadokya volkanik kompleksin içindeki volkaniklerin jeolojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesini çalışmıştır[12].

Pasquare (1968) çalışmasında, Nevşehir yöresindeki volkanitlerin detaylı jeolojisini ortaya koymuştur. Bölgedeki volkanizma Orta Miyosen'de ignimbirit püskürmesiyle başlamış, sırasıyla volkanik kül, lapilli, tüf ve aglomeralar izlemiştir. Sonrasında bazaltik andezit, andezit, dasit, riyodasit ve en son Hasan Dağı'nın lavlarıyla volkanizmanın sona erdiğini belirtmiştir[13].

Batum çalışmasında Nevşehir'in güneybatısındaki Güllüdağ ve Acıgöl yöresi Senozoyik volkanitlerinin jeolojisi ve petrografisini incelemiştir. İncelenen örneklerin belirgin kimyasal farklılıklar gösterdiğini tespit etmiştir [14].

Erdoğan çalışmasında, Nevşehir-Ürgüp-Avanos yerleşim birimleri arasında kalan bölgeyi ve Orta Anadolu Neojen volkanizması ürünü olan tüflerin yapı malzemesi olarak kullanılmasının uygunluğunu araştırmıştır. İnceleme alanının coğrafi konum ve yerel özelliklerini, tüflerin teşkilini, tüflerin yüzeydeki dağılımını, tüflerin fiziksel, kimyasal ve dokusal özelliklerini belirlemek için jeolojik çalışmalara yer verilmiştir.

Tüflerin deneylerle belirlenen fiziko-mekanik özellikleri ve çeşitli karışımlarla üretilen hafif yapı malzemesi ve doğal yapı kayaçlarının karşılaştırması yapılmıştır[15].

Korkanç çalışmasında, Nevşehir dolayında geniş alanlarda yüzeylenen Kavak ignimbiritlerine ait farklı renklerdeki ve farklı dokularda piroklastik örnekler seçerek, bu örneklerin petrografik, kimyasal ve jeomekanik özelliklerini araştırmıştır. Yaptığı çalışma sonucunda incelenen ignimbiritlerin iyi kaynaşmamış özellikte olduğunu ve jeolojik, kimyasal ve petrografik özellikleri ile mekanik özellikleri arasında önemli ilişkilerin olduğu belirlemiştir. Bununla birlikte matriks oranı tane oranından yüksek olan ignimbiritlerde fiziko-mekanik özelliklerin daha iyi olduğu saptanmıştır[16].

Pamuk ve Büyüksaraç çalışmasında, Nevşehir doğal taşlarının kalite ayrımı ve dayanımını belirlemek için farklı renklerde örnekler üzerinde bazı jeoteknik ve mekanik testler yapmışlardır. Ürgüp bölgesinden alınan sarı renkteki ignimbirit örneğinin diğer örneklerle göre daha fazla dayanıma sahip olduğunu belirtmişler ve bununla birlikte Gül Kurusu ve Kirli Beyaz ignimbiritlerin diğer örneklerle nazaran daha düşük fiziko-mekanik özellikler sergilediğini ifade etmişlerdir[3].

Kuşçu ve Yıldız çalışmasında, Afyon tüflerinin kullanılabilirliğini incelemiştir. Farklı örnekler üzerinde kimyasal analiz, mikroskopik inceleme ve fiziko mekanik bazı testlerle irdelenmişlerdir. Mikroskopik incelemeler neticesinde gözlemlenen ignimbiritlerin bünyesinde kuvars, plajioloklas, sanidin ve biyotit kristalleri gözlemiştir. Fiziko-mekanik testler sonucunda ignimbiritlerin betonarme karkas yapılarda duvar dolgu malzemesi olarak ve yığma yapı temellerinde, su basman seviyesinin üst kısımlarında yapı taşı olarak kullanılabilirliğini ortaya koymuşlardır. Bununla birlikte renk ve desenlere sahip olan taşların ise bina dış cephe kaplamalarında kullanılabileceğini ifade etmişlerdir[17].

Öner vd. yaptığı çalışmada, Erzurum ilinde bulunan Hınıs ignimbiritlerinin mühendislik özelliklerini incelemişler, ignimbiritlerin işlenebilirliği ve gözenekli yapılarından dolayı iyi yalıtım malzemesi olacağını belirlemişlerdir. Bununla birlikte hızlı aşınma nedeniyle zemin kaplama olarak kullanımının uygun olmadığını ifade etmişlerdir[18].

Bostancı çalışmasında, Nevşehir bölgesindeki ignimbiritlerin su emme davranışlarının incelemiştir. Çalışmasında bölgeden farklı renk ve dokusal özellikler bulunduran

örnekler doğrultusunda yaptığı çalışmada fiziksel ve kimyasal etkenler karşısında zamana bağlı bozunmaları incelemiştir. Çalışma sonucunda en üstte yer alan bej renkteki ignimbiritlerde bozunmanın daha fazla olduğunu ifade etmiştir[19].

Kaygısız yaptığı çalışmada Kayseri yöresindeki bazı tüf ve bazalt kayaçlarının fiziko-mekanik özelliklerini belirlemiş ve bu kayaçlara ait özellikler arasındaki korelasyon katsayılarını irdlemiştir. Yaptığı çalışmalar neticesinde Kayseri taşının TSE standartları doğrultusunda yapı taşı olarak kullanılabilceği sonucuna varılmıştır[20].

Kapadokya bölgesindeki tüfler ve tüflerin mühendislik özellikleri üzerindeki en detay çalışmalardan bir tanesi Topal (1995) tarafından gerçekleştirilmiştir. Öte yandan bu araştırma paralelinde, Topal ve Doyuran çalışmasında, Kapadokya Bölgesine ait tüflerin mühendislik jeolojisi ve dayanım özelliklerini ortaya koymuşlardır. Bu çalışma sonucundaki duraylılık değerlendirmelerine göre bölgedeki tüfler zayıf-çok zayıf duraylı olarak sınıflandırılmıştır[21].

Koralay ve arkadaşları çalışmasında, İç Anadolu Volkanik Bölgesini ve İncesu ignimbiritlerini incelemiştir. İncesu ignimbiritleri 5-20 metre arası kalınlığa sahip olduğunu ve 7800 km²lik bir alanı kapsadığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar, İncesu ignimbiritlerini üç stratigrafik seviyeye ayırmaktadır. Alt seviye siyahımsı kahverengi ve camsı kaynaklı bir yapı gösterir. Orta seviye, iyi kaynaklanmış, kırmızımsı pembe bir renktedir ve bol miktarda fiame yapısına sahiptir. Üst seviye grimsi pembedir, zayıf kaynaklı ve farklı kompozisyonlarda kaya parçaları içerir. İncesu ignimbiritinin plajiyoklaz (oligoklaz ve andezin), piroksen (ojit, kinoenstatit), opak minerallerden ve düşük miktarda amfibol, biyotit ve kuvarstan oluştuğunu belirtmektedirler[22].

Şimşek ve Erdal çalışmasında, Bitlis Ahlat ignimbiritlerinin ortaya çıkan atık malzemenin beton içerisinde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Sonuç olarak %5 oranında ignimbirit atıklarının (taşunu) ilave edilerek beton üretilmesinde kullanılabilceğini saptamışlardır[23].

Ulusay ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, Kapadokya tüflerinin uzun süreli mekanik özelliklerini incelemiştir [24].

Aydan ve arkadaşları Derinkuyu yeraltı şehrinin uzun süreli yapısal duraylılığı ve çevre koşullarının incelenmesi üzerine deneysel çalışmalarda bulunmuşlardır[25].

Ceylan çalışmasında Nevşehir yöresinde bulunan ignimbiritlerin doğal yapı malzemesi olarak kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla, petrografik incelemeler, kimyasal analizler ve fiziko-mekanik özelliklerini ortaya koymaya yönelik deneysel çalışmalar gerçekleştirmiştir. Yapılan çalışmalar neticesinde su emme potansiyeli yüksek olan ignimbiritlerin su ile temasının olmayacağı alanlarda, dekoratif amaçlı olarak kullanılmasını önermiştir[26].

3.2. Ultrasonik P-Dalgası ile İlgili Önceki Çalışmalar

Kılıç ve arkadaşları, farklı bölgelere ait kireçtaşı mermerlerinin tek eksenli basınç dayanımı, su emme oranı, Shore sertliği ve özgül ağırlıklarını belirleyip, P dalgası hızı ile basit ve çoklu regresyon analizleri yaparak ampirik formüller elde etmişlerdir. Regresyon analizi, P dalga hızı değerlerinin tek eksenli basınç dayanımı, su emme oranı, Shore sertliği ve özgül ağırlık değerleriyle kuvvetli ilişkiler olduğunu belirtmişlerdir[27].

Karakul ve Ulusay yaptığı çalışmada kayaların dayanım ve deformasyon özellikleri ile P-dalgası hızı arasındaki ilişkileri farklı doyumluk koşulları için karşılaştırmışlardır. P-dalga hızı (V_p), doyumluk ve doyumluktaki etkin kil içeriği gibi bağımsız değişkenlerin kullanıldığı görgül eşitliklerin yüksek bir kestirim performansına sahip olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca doyumluktaki artışa bağlı olarak, P-dalga hızında artış gözlenen kaya türlerinde kalite indeksi artarken, P-dalga hızı azalan kaya türlerinde kalite indeksinin de azaldığını saptamışlardır[4].

Çelik yaptığı çalışmada, Afyonkarahisar yöresindeki 4 farklı tuf örneğinin fiziko-mekanik özelliklerinin P-dalgası hızı ile ilişkisini incelemiştir. Yaptığı çalışma sonucunda P-dalga hızlarının, porozite ve su emme değerlerine bağlı olarak azaldığını, yoğunluk ve tek eksenli basınç dayanımı ile önemli oranda arttığını gözlemlemiştir[28]

Kuşcu ve Demiray çalışmasında, mermer ve yapıtaşı olarak kullanılan bazı doğal taşların porozite, gözeneklilik oranı ve basınç dayanımı değerlerinin P-dalga hızları değerleri ile ilişkilerini incelemiştir. Yapılan çalışmalar neticesinde magmatik ve

tortul kökenli kayaların porozite değerleri düştükçe P-dalga hızlarının arttığını gözlemlemiştir. Ayrıca tek eksenli basınç dayanımı ile P-dalga hızlarında, kayaların gözenekliliğinin yanı sıra mineralojisi, dokusu, alterasyon ve yapısal özelliklerinin de etken olduğunu belirtmişlerdir[5].

Günaydın ve arkadaşları çalışmasında, Van Gölü kuzeyinde yer alan bölgede farklı alanlarda ve kıyı yapılarında kullanılan Adilcevaz Kireçtaşının su etkisinde mühendislik özelliklerinin değişimini araştırmışlardır. Örneklerin tek eksenli basınç dayanımı, nokta yük dayanımı ve P-dalgası hızı değerleri araştırılmıştır. Tuzlu sodalı suyun etkisi ile kaya özelliklerindeki değişimleri, P dalga hız değerlerinde artışı ve kayaç dayanımındaki düşüşleri saptamışlardır[29].

Nar çalışmasında kayaların dayanım değerlerinin tahmininde ultrasonik ses hızı, tek eksenli basınç dayanımı değerleri ve Schmidt deneylerini kullanarak ilişkilendirmiştir[30].

Karaman ve Kesimal çalışmasında, magmatik, metamorfik ve tortul kayaç örneklerinde tek eksenli basınç dayanımı ve P-dalgası hızı deneyleri yapmışlardır. P-dalgası deneyinden köken bazında kayaların tek eksenli basınç dayanımı tahminine yönelik istatistiksel çalışmalar gerçekleştirmişler ve magmatik kayaçların tek eksenli basınç dayanımı tahmininde P-dalga hızının kullanımının, metamorfik ve tortul kayaçlara oranla daha az güvenilir olduğunu belirtmişlerdir[31].

Uyanık ve arkadaşları çalışmasında betonun P-dalga hızını, ultrasonik hız ölçüm aleti ile ölçerek, beton dayanımını ayrıntılı bir şekilde incelemişlerdir[32].

Muti çalışmasında, gözlemsel olarak ayrışma derecesi tayinlerinin uygulanabilirliğini kontrol etmek için farklı ayrışma derecesindeki tüflerin mühendislik özellikleri ve P-dalga hızlarını belirlemiştir. Çalışma sonucunda ise ayrışma derecesinin artması ile P-dalga hızı değerlerinin düştüğünü belirtmiştir[33].

Karakul çalışmasında, farklı doygunluk koşullarına sahip kaya malzemelerinin dayanım özelliklerinin P-dalga hızı kullanılarak tahmin etme amacıyla, farklı kaya türlerinden derlenmiş örnekler üzerinde farklı doygunluk koşullarında elastisite modülü, tek eksenli basınç ve çekme dayanımı deneyleri ve P-dalga hızı ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sonucunda ise doygunluğa bağlı olarak dayanım özelliklerinin ve elastisite modulünün azaldığını göstermiştir. Ayrıca kil içeriği yüksek olan kaya türleri için kuramsal hızlardan yararlanılmasının doğru olmayacağı sonucuna ulaşılmıştır[34].

Yurdakul ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, ignimbiritlerin ayrışma özellikleri ile P-dalgası hızları arasındaki ilişkileri incelemiştir. Elde edilen mineralojik ve petrografik bulgular, ölçülen ultrasonik hız sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen P-dalgası hızlarının, ignimbiritlerin ölçülen kütledeki mineral içeriğine ve kayacın dokusal özelliğine bağlı olarak değiştiğini gözlemlemiştir[35].



4.BÖLÜM

JEOLOJİ

4.1. Bölgesel Jeoloji

Kapadokya'nın sınırlarını tarihte ilk kez Roma antik döneminin ünlü coğrafyacısı Strabon çizmiştir. Güneyde Toroslardan başlayarak, kuzeyde Doğu Karadeniz kıyı şeridi, batıda Aksaray, doğuda ise Malatya olacak şekilde geniş bir alanı Kapadokya olarak isimlendirilmiştir. Günümüzde ise Kapadokya olarak bilinen bölge Nevşehir, Aksaray, Niğde, Kırşehir ve Kayseri illerini kapsamaktadır. Bu sınırların arasında Avanos, Ürgüp, Göreme, Uçhisar ve Ihlara çevresi 'Kayalık Kapadokya' bölgesi olarak bilinmektedir.

Kapadokya'yı özel bir coğrafya yapan ve peri bacalarının oluşmasına jeolojik zamanlardaki aktif volkanlar neden olmuştur. Yaklaşık 60 milyon yıl önce 3. jeolojik dönemde başlayan Torosların yükselmesi ve Kuzey Anadolu Fayı'nın da sıkıştırması nedeniyle bölgedeki yanardağlar harekete geçmiştir. Erciyes, Güllüdağ ve Hasandağı bu zamandan yaklaşık 10 milyon yıl öncesine kadar aktif yanardağ olarak faaliyet göstermiştir.

10 milyon yıl önce Üst Miyosen'le başlayıp, 2 milyon yıl önce Pliosen'e kadar püsküren lavlar, platolara inerek iç denizi, gölleri ve akarsuları kurutmuştur. Kuruyan zemin üzerinde 100-150 metre kalınlıkta bir piroklastik tabaka oluşmuştur. Oluşan piroklastik tabakanın içinde yer yer volkanosedimanter seviyeler ve bazalt içeren magmatik ürünler de yer almaktadır. İlerleyen zamanlarda bölgeden geçen Kızılırmak başta olmak üzere vadilerden inen su ve seller, rüzgar vb. etkenler ile aşınma başlamıştır. Bitki örtüsünün azlığı ve tuf tabakasının geçirimsizliğiyle kuvvetlenen sel suları akarken, sert kayaların arasında yol açmaya çalışmıştır. Sert kayalar suların gücü karşısında koparken, alt kısımlarında ise derin dalgalı vadiler bırakmıştır. Bu aşamada peribacaları da şekillenmiştir. Tabiatın bu coğrafyada bu kadar etkeni bir araya getirmesi dünyada eşsiz bir güzellik ortaya çıkarmıştır[36].

4.2. Nevşehir (Merkez) ve Derinkuyu Dolayının Jeolojisi

Nevşehir ili civarında hakim olan jeolojik birim Neojen yaşlıdır. Kızılırmak'ın güney bölgesinde ise bazalt ve Mesozoyik yaşlı tabakalar görülmektedir. Ayrıca ırmağın kuzey bölgesini Oligo-Miyosen yaşlı jipsli birimler, Eosen Filişi ve metamorfik seri oluşturur.

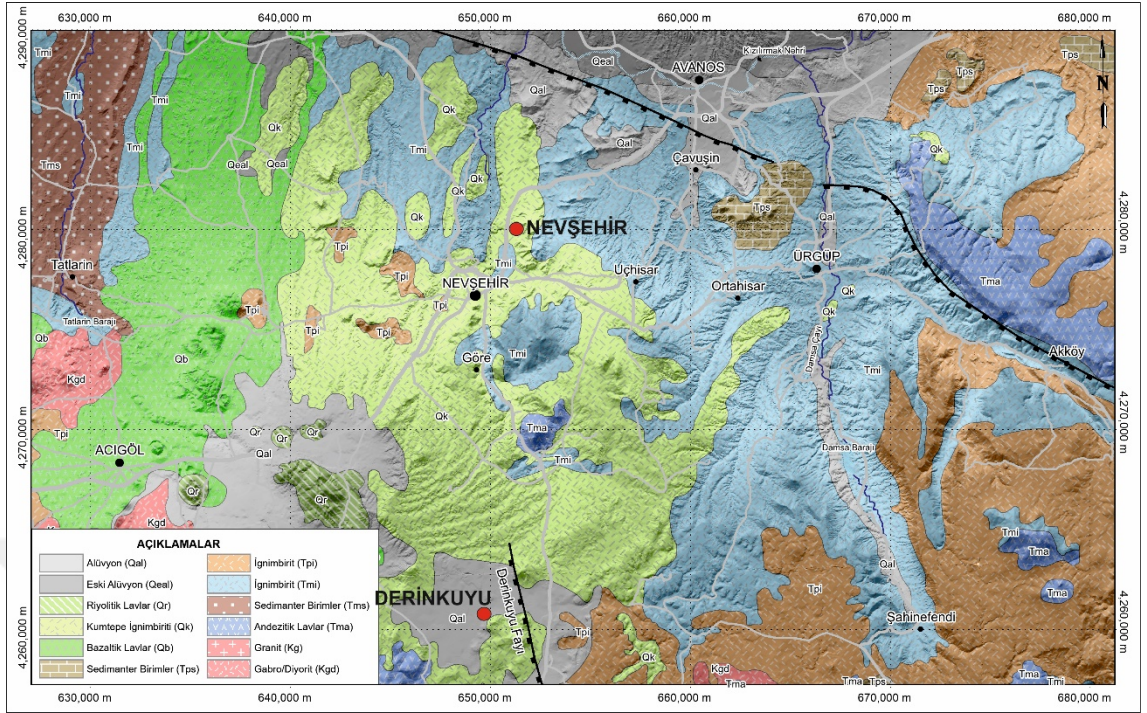
Bölgede Mesozoyik öncesi en yaşlı birim Kalkanlı Dağı Formasyonu'dur. Silimanit-kuvars-şist, biyotit-şist, kuvars mikaşist, gnays, amfibolit şistlerden oluşan, birbirleriyle geçişli mercek yapılı olan gri, yeşilimsi, mavimsi renklerde ve sık kıvrımlıdır.

Üst Kretase öncesi bölgeye yerleşen granit, granit, porfir, granodiyorit, gabro, riyodasit ve silisli kayalardan Ortaköy Granotoidi ve bunları kesen gabro kayaları ile Üst Kretase yaşlı riyolit, porfir, trakit, andezitlerden oluşan Kızıltepe volkanitleri Tersiyer yaşlı birimler tarafından örtülmektedir.

Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı birimlerden Tuzköy Formasyonu sarı renkli, ince tabakalı silttaş, kiltaş ve tüfit aralanmalıdır. Bu birim ile uyumlu beyazımsı-gri renkli çapraz tabakalı kumtaş, çakıllı kumlu tüfit, miltaş, kiltaş ile kabakumtaş ve çakıltaşlarından oluşan ortalama 200 metre kalınlığındaki Yüksekli Formasyonu bulunmaktadır[37].

Aydar vd. (2012) tarafından Kapadokya bölgesinde volkaniklastik tortul şeklinde geniş bir alanda yüzeylenen Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı 10 farklı ignimbirit seviyesi ayırt edilmiş olup, bunlar yaşlıdan gence doğru Kavak, Zelve, Sarımaden Tepe, Sofular, Cemilköy, Tahar, Gördeles, Kızılkaya, Valibaba Tepe ve Kumtepe ignimbiritlerdir[38].

Tez çalışması kapsamındaki Derinkuyu ve Nevşehir (Merkez) lokasyonlarını da içine alan Aydar vd. (2012) tarafından hazırlanmış bölgesel jeoloji haritası Şekil 4.1'de sunulmuştur.



Şekil 4.1. Nevşehir ve çevresine ait bölgesel jeoloji haritası (Aydar vd., 2012'den değiştirilerek)

Öte yandan MTA tarafından bölgede yapılan incelemelerde geniş yayılım gösteren ignimbiritler Ürgüp Formasyonu olarak adlandırılmış ve Ürgüp Formasyonunun aşağıdaki alt üyelerden oluştuğu ifade edilmiştir[39].

Kavak Üyesi (Tük): İgnimbirit karakterli olup, açık kahve, beyazımsı renkli homojen ignimbirit ve pomza içermektedir. Kavak üyesinde beyaz – kirli beyaz renkli, andezitik bileşenli, camsı tüfitli, köşeli parçacıklı pomza külü düzeyleri de izlenmiştir. Kavak Üyesi Ürgüp yöresinde ilk ignimbirit oluşumlarını temsil etmektedir. Kalınlığı 100 metredir[39].

Hatlatpınar Üyesi (Tüh): Genelde lateritik toprak, kumlu, siltli, killi karışımlar halindedir. Büyük çapta omurgalı yığışımlar gözlenir. Hatlatpınar Üyesi 30 metre kalınlığındadır. Tabanda Yüksekli Formasyonu ile düşey, Tuzköy Formasyonu ile yanal yönde geçişlidir[39].

Sarımadentepe Üyesi (Tüs): Masif ve kalın tabakalı ignimbiritlerden oluşan birim, sert, homojen, pomzalı ve koyu gri renkli, akışkan özelliklidir. Mikroskopik incelemede, camsı hamur içinde oligoklas, andezin, biyotit, pumis parçaları, kaya

parçası kırıntıları ve saçılmış demiroksit kristalleri görülür. Yaklaşık 20 m kalınlığındadır[39].

Ürgüp Formasyonu Cemilköy Üyesi (Tüc): Pomzalı, inci grisi renğinde pumisli ve litik karakterli volkanosedimanter bir ardalanmadan oluşmaktadır. Yer yer ofiyolitik kayaç ve bazaltik lav çakılları içerir. Kalınlığı 80 m kadardır. Tabanda Kavak ve Sarımadentepe Üyesi ile uyumludur[39].

Ürgüp Formasyonu Tahar Üyesi (Tüt): Tahar üyesi genel olarak kumlu matriks içinde yer alan pomza ve lav parçaları ile pembemsi beyaz renkli tüfit tabakalarının ardalanmasından oluşmaktadır. Üye orta-kalın tabakalıdır. Toplam 80 m. kalınlığındadır[39].

Ürgüp Formasyonu Karadağ Üyesi (Tük1): Genelde tüfitik karakterli karışık lahar tipinin kaotik akıntıları şeklinde çökelmiştir. Beyaz, gri ve sarı renkli, kalın tabakalıdır. Nevşehir yapı taşı olarak tanınır ve kolayca işlenebilir niteliktedir. Kalınlığı 150 m'ye yaklaşır[39].

Ürgüp Formasyonu İncesu Üyesi (Tüi): Genel olarak inci grisi, pembe renkli, ignimbirit, dasitik tüften oluşmaktadır[39].

Ürgüp Formasyonu Salur Üyesi (Tüs):Genelde kum, kumtaşı ve tüflü çakıl taşından oluşmaktadır. Çakılların hemen hepsi gri – siyah bazalt ve andezit türündedir. Aynı bileşimli piroklastik malzemedede içerir. Tabanda Tuzköy Formasyonu ile uyumludur [39].

Ürgüp Formasyonu Topuzdağ Bazaltı (Tüt1): Kısmen mafik bazaltik lav akıntısıdır. Alt düzeyleri olivinsiz, ojit ve hiperstence zengindir. Üst düzeyler olivin bazalt özellikte aa lavı türüdür. Salur Üyesi çakıltaşı ile Kışladağ Üyesi arasında, İncesu ignimbiritinin birkaç metre üzerinde yer alır[39].

Ürgüp Formasyonu Kışladağ Üyesi (Tük2): Ürgüp Formasyonunun üst düzeylerini oluşturur. Marnlarla başlar ve üste doğru görsel killi kireçtaşlarına geçer. Marnlar arasında tüfit düzeyleri, kireçtaşı tabakaları içinde gastropod fosilleri görülür. Kalınlığı 30 metredir[39].

Ürgüp Formasyonu Çataltepe Bazaltı (Tüç): Gri renkli, gözenekli ve toleyitik bazalt lavıdır. Hamur içine gömülmüş labrodorit ve ojit fenokristalleri, olivin fenokristalleri izlenir. Genelde hipersten ojit bazalttır[39].

4.3. Tomarza (Kayseri) Dolayının Jeolojisi

Erciyes Dağı, Kayseri'nin 25 km güneybatısındaki bulunmaktadır. Erciyes Dağı ana konisi merkez olmak üzere civarındaki İncesu-Develi-Tomarza-Bünyan ve Boğazlıyan yerleşimleri arasındaki alanda yer alan tüm volkanitler “Erciyes Volkanitleri” olarak adlandırılmışlardır (Şekil 4.2). Orta Anadolu'nun sönmüş volkanları içerisinde en büyüğü olan Erciyes Dağı'dır. Merkez konisinin etrafında çapları 600 ila 3000 m arasında değişen çeşitli büyüklüklerde 68 volkan konisi bulunmaktadır[40].

Erciyes Volkanizması ve Volkanizmaya Bağlı Olarak Yörenin Şekillenmesi

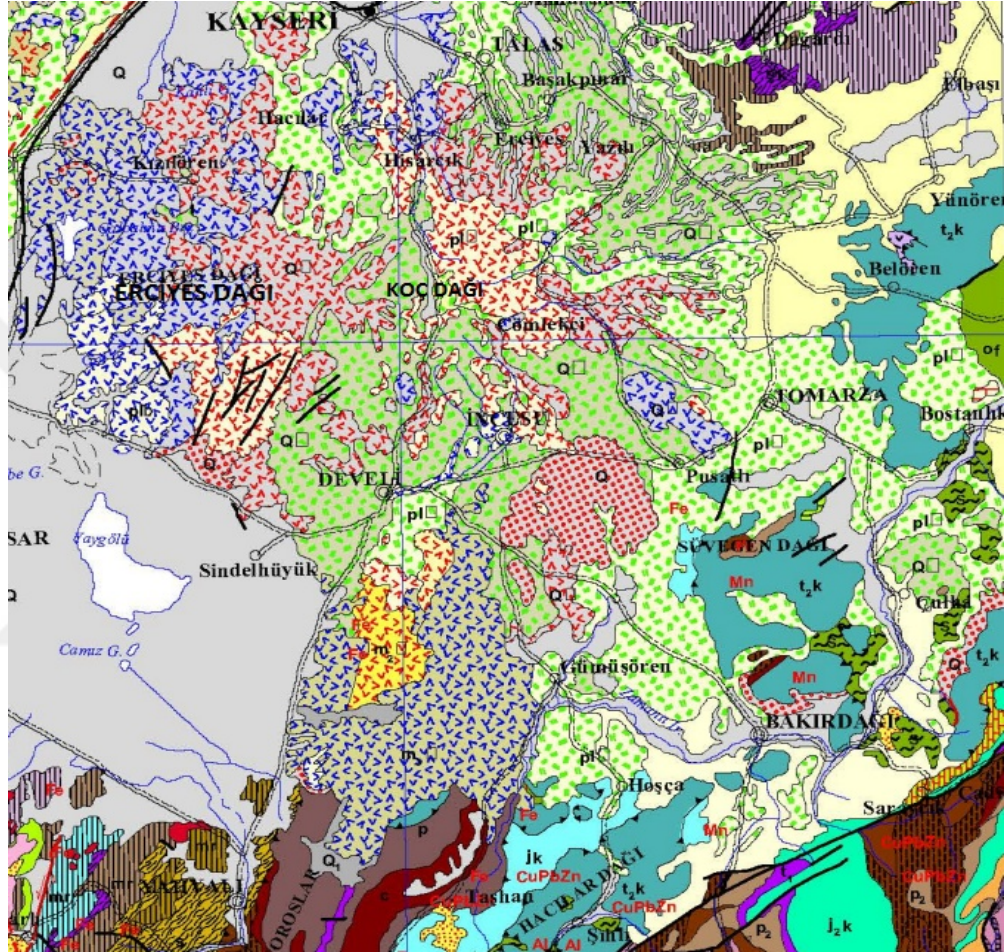
Güner vd. (1984), yörenin şekillenmesini aşağıdaki evrelere ayırarak incelemiştir.

Geç Miyosen'de andezitik domların gelişimi ile volkanizmanın başlaması:

- a. Büyük faylanmalarla tuf - ignimbirit serisi püskürmeler ve bunların Ponsiyen göllerinde depolanarak tuf - ignimbirit platosunun şekillenmesi,
- b. Tuf - ignimbirit platosu üzerinde olivin bazalt lav akıntılarının gelişimi,
- c. Volkanizmanın merkezileşmesi ve Koçdağ konisinin oluşumu,
- d. Koçdağı batısındaki platonun faylanmalarla çökerek Kayseri havzasının oluşumu ve Erciyes Dağı ana konisinin oluşumu,
- e. Erciyes ana konisinin tıkanması, koninin KD - GB doğrultulu Erciyes Fayı ile ikiye ayrılışı ve dasitik lavlar ve domların gelişimi ile yamaçlardaki genç volkanizmanın başlaması,
- f. Doruk bölümünde Würn buzullarının gelişimi, buz yalıklarının açılması ve moren depolanmaları,
- g. Bazaltik lavlar ve bazaltik cüruf konilerinin oluşumu,

h. Blok lav yapılı hornblend -hyalo - dasit lavları ile birlikte süngertaşı püskürmeleri,

1. Bazaltik piroklastik konilerle Erciyes yöresindeki volkanizma son bulmuştur. [41]



Şekil 4.2. Tomarza ve çevresine ait bölgesel jeoloji haritası (MTA 1/500.000 Ölçekli)

Yıpranmış bir morfoloji gösteren Koçdağı, Erciyes volkanik sisteminin doğu bölümünü meydana getirir. Koçdağı gözle görülür bir konik volkan şeklinde olmasa da çeşitli türdeki lav akıntıları tuf - ignimbirit düzeyleri ve yan konileriyle karmaşık bir stratovolkan yapısı gösterir. Koçdağı kuzey, güney ve doğudan ignimbirit platolarıyla çevrilmiştir[42].

Başlangıç volkanizması dönemi sonunda yörenin ana jeomorfolojik birimlerini andezitik domlar, geniş tuf - ignimbirit platosu, Koçdağı ve Develi Dağı konileri

oluşturmaktadır. Kayseri ve Develi havzaları bu dönemde tuf - ignimbirit platoları yapısındadır. [43]

Talas - Tomarza - Develi karayolunun geçtiği platoyu oluşturan ignimbiritler Koç Dağı konisinin alt düzeylerini meydana getirir. Bu yönüyle Tomarza ilçesinden çıkan doğal yapıtaşlarından olan ve madencilikte ignimbirit olarak adlandırılan taşlar, volkanizma bölgesinde kalan diğer yörelerdeki doğal taşlardan yapısal farklılıklar göstermektedir.

4.4. Örnekleme Alanları Jeolojisi

Bu çalışma kapsamında laboratuvar çalışmalarında kullanılan ignimbirit örnekleri Nevşehir (Merkez), Derinkuyu (Nevşehir) ve Tomarza (Kayseri) bölgelerinden temin edilmiştir (Şekil 1.1).

Nevşehir (Merkez) bölgesinde örneklemenin yapıldığı taş ocağında Ürgüp Formasyonuna ait Kavak üyesi ignimbiritleri yayılım göstermektedir. Bu bölgedeki piroklastik kayaçlar ignimbirit özelliğinde olup, açık kahve, sarımsı, beyazımsı renkli ve homojen yapıdadır. Söz konusu ignimbiritler aynı zamanda litik malzeme olarak pomza içermektedir. Kavak üyesinde beyaz-kirli beyaz renkli, andezitik bileşenli, camsı tüfitli, köşeli parçacıklı pomza külü düzeyleri de mevcuttur. Yaklaşık kalınlığı 100 metre olan Kavak üyesi ignimbiritleri Ürgüp bölgesindeki ilk ignimbirit oluşumlarındandır[38].

Kavak ignimbiritleri yapılan son çalışmalarda dört farklı seviye tanımlanmıştır. Çardak çöküntüsünün doğusunda ve kuzeyinde iyi gözlenen birim, bölgede beyazımsı volkanik küllerle başlayıp, pomzalı seviyeler ile devam etmektedir (Kavak 1). Daha sonra andezitiklitik malzemeli seviyeler başlamaktadır (Kavak 2). Kavak ve Nar civarında gözlenen bu alt birim Kavak 3 tarafından yüzeylenmektedir. (Kavak 3) genelde, birden fazla kül matriksli iyi konsolide olmuş pomzaca zengin seviyelerden oluşmaktadır. Sarımsı bej renkli yaklaşık 50 cm kalınlığında pomzadan oluşan (Kavak 4) sınıflandırılmıştır[38].

Derinkuyu (Nevşehir) bölgesinden alınan ignimbirit örnekleri Ürgüp Formasyonu İncesu üyesine aittir. İlk çalışmayı Pasquare 1968 yılında İncesu üyesini adlandırmıştır. Plato görünümlü, bozuşma rengi kızılımsı, kahverengi, taze yüzü beyazımsı gri renkli, ignimbirit olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Altta andezit, bazalt, granit çakılları içeren

zayıf kaynaklı ignimbirit, orta seviyelerde iyi kaynaklı ignimbirit, en üstte ise gri renkli ve ince taneli ignimbirit görünmektedir. İgnimbirit vitroklastik dokuda olup, volkanik cam parçaları plajiyoklas ve biyotit mineralleri, volkanik külden oluşmuş bir hamur içerisinde yer alır.

Yaklaşık olarak kalınlığı 40 metre dolayındadır. İncesu ignimbiritinde biyotitlerden K/Ar yöntemi ile yaş tayininde yaklaşık 5 milyon (Alt Pliyosen) elde etmiştir. [44].

Genel olarak inci grisi, pembe renkli, ignimbirit, dasitik tüfden oluşmaktadır. Birimde üç düzey ayırtlanmıştır. Alt düzey ince taneli, homojen, gözeneksiz, kaynaşmamış olup, pumisce zengindir. Makro biyotit, kuvars ve feldispat içerir. Orta düzey gözenekli ve orta tanelidir. Matriksi alt düzey ile aynıdır. Üst düzey ise masif, ince – orta taneli, boşluksuz, volkanik cam parçaları ve pumis içermektedir. Birimin kalınlığı 60 mdir. Tabanda Yüksekli Formasyonu ile uyumludur[39].

Tomarza (Kayseri) ocaktan alınan ignimbirit örnekleri Valibaba Üyesine aittir. Pasquare bölgede yaptığı çalışmalar doğrultusunda Valibaba İgnimbiriti adını vermiştir. Birimi gri, koyu gri, siyah renklerin yanı sıra kiremit kırmızısı ve pembe renklerin de izlenmiştir. İçinde litik parçalar ile 5 cm'ye kadar uzamış yapılar bulunur. Oldukça sert ve yoğun fiziksel özelliklere sahip olan ignimbiritler çok geniş bir alana yayılmıştır. Birim kalınlığı 5-20 metre arasında değişim göstermektedir[43].

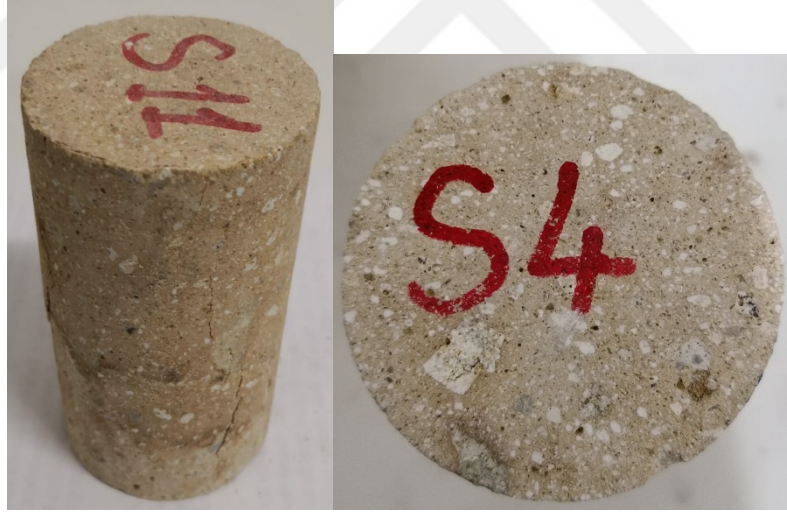
5.BÖLÜM

MATERYAL VE METOT

5.1.Materyal

Deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere Nevşehir (Merkez), Derinkuyu (Nevşehir), Tomarza (Kayseri) bölgelerinden temin edilen ignimbiritlerin mekanik özellikleri incelenmiştir.

Nevşehir (Merkez) den alınan örneklerin çıkarıldığı ocak Nevşehir il merkezine 7 km. uzaklıktadır. Söz konusu taş ocağı Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi'nin karşısında bulunmaktadır. Halk tarafından Nevşehir Sarıtaşı olarak bilinen ignimbirit örnekleri adından da anlaşılacağı üzere sarı renkli blok halinde ocaktan temin edilmiştir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Tez çalışması kapsamında deneysel çalışmalarda kullanılan sarı renkli Nevşehir (Merkez) ignimbiriti yakın görünümü

Nevşehir (Merkez) ignimbiritlerinden alınan numunelerde gözle yapılan makro incelemelerde renk dağılımının homojen olmadığı görülmektedir. Genel olarak kirli sarı renğinde olan bu ignimbiritler, eser miktarda biyotit, yer yer muskovit parçacıkları içermektedir.

Diğer örnek numune ise Nevşehir Derinkuyu ilçesi ignimbiritlerinden alınmıştır. Derinkuyu ilçesi Nevşehir merkezine 30 kilometre uzaklıktadır. Gri renkli ignimbirit örnekleri blok halinde araziden temin edilmiştir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Tez çalışması kapsamında deneysel çalışmalarda kullanılan gri renkli Derinkuyu (Nevşehir) ignimbiriti yakın görünümü

Derinkuyu ignimbiritlerinden alınan numunelerde gözle yapılan makro incelemelerde, örneklerin genellikle kirli beyaz-gri renkte olduğu görülmektedir. Bu ignimbiritlerde malzeme boyunca renk dağılımı homojene yakındır. Biotit parçaları seyrek ama iri yapıda dağılım göstermiştir. Muskovit hiç gözlemlenmemiştir. Zaman zaman iri litik malzemeler de göze çarpar.

Tez çalışmasındaki üçüncü örnek grubu Tomarza'dan alınmıştır. Tomarza (Kayseri) Nevşehir il merkezine 150 km uzaklıktadır. Siyah renkte olan ignimbirit örneklerinin likit malzeme oranı yüksektir. Araziden yine blok halinde tedarik edilmiştir (Şekil 5.3).

Tomarza (Kayseri) ignimbiritlerinden alınan numunelerde gözle yapılan makro incelemelerde ignimbiritlerin küllü gri-siyah renkte olduğu görülmektedir. Yer yer 2-5 mm çapında gaz boşlukları, silisyum oksit taneleri, muskovit, biyotit, mineralleri görülmektedir. Ana kütle üzerinde kalsit, dolomit, kuvars, ortaz, plajioklas, muskovit, biyotit mineralleri mevcuttur. Tomarza ignimbiriti tüm taşlar gibi tek bir mineralden oluşmayıp, birçok mineralin bir araya gelmesinden oluşmaktadır.



Şekil 5.3. Tez çalışması kapsamında deneysel çalışmalarda kullanılan siyah renkli Tomarza (Kayseri) ignimbiriti yakın görünümü

5.2. Metot (Yöntem)

Bu çalışma sırasıyla literatür taraması, arazi çalışması, laboratuvar çalışması ve büro çalışmaları olmak üzere dört aşamada hazırlanmıştır.

5.2.1.Literatür Taraması

Bu aşamada inceleme alanları ve çevresi ile ilgili bütün jeolojik verilerin sağlanmasına ilişkin literatür derlemesi yapılmıştır. Çalışma alanlarında, örneklerle ilgili ve bölgede yazılmış olan bütün tezler, makaleler, yayınlar, bültenler ve raporlar detaylı şekilde incelenmiştir. Bu çalışmalarla ilgili detaylar, önceki çalışmalar bölümünde ayrıntılı olarak verilmektedir.

5.2.2 Arazi Çalışmaları

Deneysel çalışmalarda sağlıklı ve düzgün bir veri sağlamak için bölgede bulunan farklı ignimbirit gruplarından numuneler blok halinde alınmıştır. Farklı renk ve fiziksel özellikler sunan ve farklı mühendislik özelliklerindeki numuneler alınarak sağlıklı bir irdeleme ve karşılaştırma yapılabilmesi amaçlanmıştır. Araziden alınan blok numuneler laboratuvara nakledilmiş ve bu bloklardan karotiyer yardımıyla 54 mm çaplı silindirik örnekler hazırlanmıştır. Öte yandan taş ocaklarından aynı örnek grupları için 7x7x7 cm boyutlarında küp örnekler de temin edilmiştir.

5.2.3. Laboratuvar alışmaları

Laboratuvar çalışmalarında blok halinde alınan numuneler NX (54 mm) apında silindirik karot örneklere şeklinde deneylere hazır duruma getirilmiştir (şekil 5.4). Deneylerde kullanılacak karot örneklere nin baş kısımları son aşamada karot baş düzeltme aleti ile düzleştirilmiştir.



şekil 5.4. Laboratuvarda blok örneklere den karot numunelerinin elde edilmesi

Hazırlanan numunelerinin karışmaması, ölçü sistematiği ve ölçüm doğrultularının aynı olması için numuneler isimlendirilmiştir. Sarı renkli Nevşehir merkez ignimbiritlerinden 30 adet karot ve 16 adet küp rneği kullanılmıştır. Siyah renkli Tomarza ignimbiritlerinden ise 32 adet karot ve 10 adet küp rneği deneye tabi tutulmuştur. Derinkuyu ignimbiritlerinden ise 18 adet karot örnek kullanılmıştır. Buna göre toplam 122 adet ignimbirit rneği deneyler için hazır duruma getirilmiştir. Karot örneklere nin hazırlanması ve tüm deney alışmaları Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya-Zemin Mekaniği Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

5.2.3.1. Birim Hacim Ağırlık, Porozite ve Kütlece Su Emmenin Belirlenmesi

Kodlamaları tamamlanan silindirik numunelerin çapları 54 mm (NX) olup, hepsinin uzunlukları (L) kumpas yardımıyla ölçülmüştür. Küp numunelerin P-dalgası hızlarının ölçümünde P-dalgası hızını aynı düzlemden almak adına X, Y, Z düzlemleri göz önünde bulundurularak tüm yüzey boyutları ölçülmüştür. Numunelerin tamamının ağırlığı hassas terazi ile ölçülmüştür. Silindirik numunelerin çapı ve boyu yardımıyla hacimleri belirlenmiştir. Küplerin X, Y, Z olarak ölçülen yüzey uzunlukları ile hacimleri ortaya konmuştur. Tüm örneklerin ağırlıkları, hacimleri ile oranlanarak kuru ve doymun koşullarda birim hacim ağırlık değeri saptanmıştır.

Gözeneklilik ve ağırlıkça su emme, dayanım özellikleri ve P-dalga hızı üzerinde etkisi olan parametrelerdir[45-47]. Gözeneklilik ISRM tarafından önerilen yöntem esas olarak belirlenmiştir[9].

Karot olarak hazırlanan numuneler $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ ye ayarlanmış etüvde 18 saat bekletildikten sonra desikatör içine alınmıştır. Kuru ağırlıkları belirlenen numuneler daha sonra 48 saat saf suda bekletilmiştir. Suyu doymun numunelerin ağırlıkları belirlenerek, porozite ve boşluk oranı değeri elde edilmiştir. Suyu doyurulduktan sonra her bir numunenin ıslak birim hacim ağırlığı kuru yoğunluk ile aşağıdaki şekilde ilişkilendirilmiştir. Bu bağıntı kullanılarak ıslak birim hacim ağırlık değeri hesaplanmıştır:

$$\gamma_{kuru} = \frac{\gamma_{ıslak}}{1 + w} \quad (2)$$

Yaklaşık aynı boyutlarda önceden hazırlanan küp numuneler saf su içinde 48 saat bekletildikten sonra ıslak ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra numuneler $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ 'ye ayarlanmış etüvde 18 saat kurutulmuştur. Etüvden çıkarılan numunelerin kuru ağırlıkları belirlendikten sonra ağırlıkça ve hacimce su emme oranları belirlenmiştir. Deneyler yapılırken ASTM standartları esas alınarak yapılmıştır[8]. Elde edilen sonuçlar bulgular bölümündeki Çizelge 6.1'de verilmiştir.

5.2.3.2. Dolaylı Çekme Dayanımı (Brazilian) Deneyleri

Deneyde farklı doygunluk düzeylerinde çekme dayanımları hesaplanmıştır. Deneyler NX çaplı silindirik örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.5). Deneyler ISRM tarafından önerilen yöntem esas alınarak gerçekleştirilmiştir[9]. Çalışmada elde edilen sonuçlar bulgular bölümünde Çizelge 6.3'te verilmiştir.



Şekil 5.5. Laboratuvarında gerçekleştirilen dolaylı çekme dayanımı deneyinden bir görünüm

5.2.3.3. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi

Bu çalışma kapsamında, NX (54 mm) çaplı silindirik numunelerin kuru ve doymuş haldeki dayanımlarının tespiti için 1250 kN düşey yük uygulayan kaya presi kullanılmıştır (Şekil 5.6). Deney esnasında yükleme hızı 0.4 kN/s olacak şekilde uygulanmıştır. Tek eksenli basınç dayanımına ait veriler Çizelge 6.3'te verilmiştir.

İgnimbiritlerin basınç dayanımı aşağıdaki formül ile bulunmaktadır.

$$q_c = \frac{P_k}{A} \quad (3)$$

Burada;

q_c : Numunenin tek eksenli basınç dayanımı (MPa)

P_k : Kırılma anındaki en büyük yük (MN)

A: Numune yüzey alanı (m^2)



Şekil 5.6. Laboratuvarda gerçekleştirilen tek eksenli basınç dayanımı deneyinden bir görünüm

5.2.3.4. P-Dalgası (Ultrasonik) Hız Tayini Deneyleri

Ultrasonik teknikler özellikle kayaçların dinamik özelliklerinin saptanmasında kullanılmaktadır. Kayaçların dinamik elastisite katsayıları, hazırlanan deney örnekleri üzerinde ultra ses ölçüm değerlerinin analizi ile belirlenmektedir. Alt ve üst yüzeylere jel sürülerek sismik (alıcı-verici) arasındaki impulsun geçme süresine bağımlı olarak sismik hız ölçümü yapılmaktadır. Deney örnekleri alıcı ve verici uçları arasına yerleştirilerek, P-dalga hızlarının örneği bir uçtan diğer uca geçmesi için gerekli net süreler belirlenip, bulunan bu değerler kullanılarak P-dalga hızları hesaplanmıştır.

5.2.4. Büro Çalışmaları

Bu bölümde yapılan çalışmalar; literatür çalışmaları, örnekleme, arazi çalışması bulguları, deneysel çalışmalarda elde edilen veriler, değerlendirmeler ve tez yazımı safhalarından oluşmaktadır.



6.BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu tez çalışması kapsamında ignimbiritlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin P-dalga hızları arasındaki ilişkilerin incelenmesine yönelik tüm laboratuvar çalışmaları Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda, ocaktan ve araziden alınan blok numunelerden elde edilen küp örnekler (7x7x7 cm) ile 54 mm çapında silindirik karot örnekler kullanılmıştır.

6.1. İncelenen İgnimbirit Numunelerinin Fiziksel ve İndeks Özellikleri

Deneylerde kullanılan ignimbiritlerin fiziksel özelliklerini incelemek için toplam 122 adet numune kullanılmıştır. İgnimbiritlerin fiziksel özelliklerinin istatistiksel dağılımı Çizelge 6.1'de sunulmuştur.

Çizelge 6.1. İgnimbiritlerin fiziksel özelliklerine ait deney sonuçları

		Kütlece su emme oranı (%)	Porozite n (%)	Boşluk Oranı e	Kuru birim hacim ağırlık (γ_{kuru}) (kN/m ³)	Doğun birim hacim ağırlık ($\gamma_{yaş}$) (kN/m ³)
Siyah (Tomarza)	Ortalama	21.75	30.97	0.45	14.26	17.36
	En düşük	15.05	22.78	0.30	13.29	16.54
	En yüksek	24.82	34.59	0.53	15.14	18.16
	Std. Sapma	2.02	2.45	0.05	0.34	0.29
Sarı (Nevşehir/ Merkez)	Ortalama	17.28	27.68	0.38	16.05	18.82
	En düşük	15.88	26.16	0.35	15.04	17.84
	En yüksek	19.95	30.01	0.43	16.65	19.32
	Std. Sapma	1.16	1.06	0.02	0.51	0.43
Gri (Derinkuyu)	Ortalama	18.44	28.68	0.40	15.60	18.46
	En düşük	16.03	26.01	0.35	14.81	17.95
	En yüksek	21.35	31.84	0.47	16.33	18.99
	Std. Sapma	1.74	1.76	0.04	0.52	0.36

Fiziksel özellikleri belirlemeye yönelik deneylerden elde edilen sonuçlara göre, Tomarza siyah numunelerinin kuru birim hacim ağırlık (γ_{kuru}) değerleri Çizelge 6.1'de görüldüğü

üzere en düşük 13.29 kN/m³, en yüksek 15.14 kN/m³ olarak belirlenmiş olup, ortalama değer 14.26 kN/m³'tür. Sarı renkli Nevşehir numunelerinin kuru birim hacim ağırlıkları en düşük 15.04 kN/m³, en yüksek 16.65 kN/m³ şeklindedir. Bu örnek grubuna ait ortalama KBHA değeri 16.05 kN/m³'tür. Dri renkli Derinkuyu ignimbiritlerinde ise kuru birim hacim ağırlıkları 14.81 kN/m³ ile 16.33 kN/m³ arasında değişmekte olup, ortalama değer 15.60 kN/m³'tür. Bu değerler göz önüne alındığında Norveç Kaya Mekaniği Grubu (NBG) sınıflandırmasına göre her üç örnek grubuna ait numunelerin “çok düşük” kuru birim hacim ağırlığına sahip olduğu ifade edilebilir [48]

Siyah ignimbiritlerin doymuş birim hacim ağırlık değerleri ($\gamma_{yaş}$) en düşük 16.54 kN/m³, en yüksek 18.16 kN/m³'tür. Ortalama DBHA değeri ise 17.36 kN/m³'tür. Sarı numunelerin doymuş birim hacim ağırlıkları en düşük 17.84 kN/m³, en yüksek 19,32 kN/m³, ortalama 18.82 kN/m³ şeklinde belirlenmiştir. Derinkuyu ignimbiritlerinde ise en düşük DBHA 17.95 kN/m³, en yüksek DBHA 18.99 kN/m³ ve ortalama DBHA 18.46 kN/m³'tür. Buna göre, kuru birim hacim ağırlık değerlerinde olduğu gibi, siyah, sarı ve gri renkli örnek gruplarının tamamının doymuş birim hacim ağırlıkları “çok düşük” olarak sınıflandırılabilir [48]

Siyah numunelerin kütlece su emme oranı en düşük %15.05, en yüksek %24.82 olup, ortalama su emme oranı %21.75'tir. Sarı numunelerin kütlece su emme oranı en düşük %15.88, en yüksek %19.95 olup, ortalama su emme oranı %17.28'dir. Derinkuyu numunelerinde ise kütlece su emme oranı en düşük değeri %16.03, en yüksek değeri %21.35'tir. Aynı örnek grubu için ortalama kütlece su emme oranı %18.44 bulunmuştur.

Çizelge 6.1'de görüldüğü gibi siyah renkli Tomarza numunelerinin en düşük görünür gözenekliliği (porozite) %22.78, en yüksek gözenekliliği ise %34.59 olup, ortalama gözeneklilik %30.97'dir. Sarı numunelerin en düşük görünür gözenekliliği %26.16, en yüksek %30.01 olup, ortalama gözeneklilik %27.68'dir. Derinkuyu numunelerinin en düşük gözenekliliği %26.01, en yüksek gözenekliliği %31.84 olup, ortalama gözeneklilik %28.68'dir. İgnimbirit örneklerinin laboratuvarında belirlenen gözeneklilik değerleri dikkate alındığında, tez çalışması kapsamında değerlendirilen üç ayrı örnek grubunun gözenekliliğinin NBG sınıflamasına göre “çok yüksek” olduğu sonucuna varılmaktadır.

Çizelge 6.1’de görüldüğü gibi siyah numunelerin boşluk oranları en düşük 0.30, en yüksek 0.53, ortalama 0.45 şeklindedir. Sarı numunelerde boşluk oranları en düşük 0.35, en yüksek 0.43, ortalama 0.38’tir. Gri örneklerde ise en düşük, en yüksek ve ortalama boşluk oranı değerleri sırasıyla 0.35, 0.47 ve 0.40’tır.

Bu tez çalışması kapsamında P-dalga hızları kuru ve doymuş koşullarda incelenmiştir. Siyah renkli Tomarza ignimbiritlerinde kuru koşullardaki P-dalgası deneyi sonucunda P-dalga hızları en düşük 1111 m/s, en yüksek 2656 m/s olarak ölçülmüş olup, ortalama hız 2013 m/s şeklindedir (Çizelge 6.2). Sarı renkli Nevşehir ignimbiritlerinde kuru P-dalga hızı en düşük 1593 m/s, en yüksek 2099 m/s’dir ve ortalama P-dalga hızı 1822 m/s olarak tespit edilmiştir. Gri numunelerde ise kuru koşullardaki P-dalga hızı en düşük 1590 m/s, en yüksek 1951 m/s olup, ortalama 1760 m/s hız değeri elde edilmiştir (Çizelge 6.2).

Çizelge 6.2. İgnimbiritlerin P-dalgası hızlarının istatistiksel dağılımı

		P-dalga hızı (kuru) (m/s)	P-dalga hızı (doymuş) (m/s)
Siyah (Tomarza)	Ortalama	2013	1925
	En düşük	1111	1111
	En yüksek	2656	2341
	Std. Sapma	441	339
Sarı (Nevşehir Merkez)	Ortalama	1822	1377
	En düşük	1593	1158
	En yüksek	2099	1591
	Std. Sapma	105	112
Gri (Derinkuyu)	Ortalama	1760	1615
	En düşük	1590	1429
	En yüksek	1951	1892
	Std. Sapma	121	149

P-dalga hızları açısından incelendiğinde, siyah renkli Tomarza siyah ignimbiritlerinin kuru koşullardaki dalga hızlarının ANON (1979) sınıflamasına göre “çok düşük-düşük” sınıfında olduğu belirlenmiştir. Öte yandan, daha düşük P-dalga hızı (V_p) değerlerine sahip olan Nevşehir (Merkez) ve Derinkuyu örneklerinin P-dalga hızları ise aynı sınıflama ölçütlerine göre “çok düşük” olarak belirlenmiştir[49].

Çizelge 6.2’de doygun koşullardaki ignimbirit numunelerinde ölçülen P-dalga hızlarındaki değişim değerleri görülmektedir. Buna göre, siyah ignimbiritlerde en düşük hız 1111 m/s, en yüksek hız ise 2341 m/s olarak ölçülmüş olup, ortalama hız 1925 m/s’dir. Sarı numunelerde doygun koşullarda ölçülen P-dalgası hızlarının en düşük değeri 1158 m/s, en yüksek değeri ise 1591 m/s, ortalama değeri ise 1377 m/s’dir. Gri renkli Derinkuyu ignimbiritlerinde ise doygun koşullardaki en düşük P-dalga hızı 1429 m/s, en yüksek hız ise 1892 m/s olarak bulunmuştur. Aynı örnek grubundaki ortalama P-dalga hızı 1615 m/s olarak hesaplanmıştır. Doygun koşullardaki P-dalgası hızları incelendiğinde tüm örnek gruplarının P-dalga hızlarının ANON (1979) sınıflamasına göre “çok düşük” dalga hızı grubunda yer aldığı görülmektedir[49].

6.2. İncelenen İgnimbirit Numunelerinin Dayanım Özellikleri

Bu tez çalışmasında incelenen ignimbirit örneklerinin kuru ve doygun olarak tek eksenli basınç dayanımları ve kuru haldeki çekme dayanımları belirlenmiştir. Sarı renkli Nevşehir ignimbirit örneklerinin çok düşük dayanıma sahip olması sebebiyle çekme dayanımı deneyinde kullanılabilir boyutlarda örnek elde edilemediğinden, söz konusu örnek grubunda çekme deneyi gerçekleştirilememiştir.

Kuru halde olan ignimbirit örneklerinde yapılan tek eksenli basınç dayanım deneyleri sonucunda siyah numunelerde en düşük dayanım 16.33 MPa, en yüksek dayanım 22.93 MPa ve ortalama dayanım 19.91 MPa olarak elde edilmiştir. Sarı renkli numunelerde en düşük dayanım 13.01 MPa iken, en yüksek dayanım 18.17 MPa olarak bulunmuştur. Sarı ignimbiritlerin ortalama tek eksenli basınç dayanımı 15.81 MPa’dır. Gri numunelerde en düşük dayanım 10.57 MPa, en yüksek dayanım 16.64 MPa, ortalama dayanım ise 12.95 MPa’dır (Çizelge 6.3).

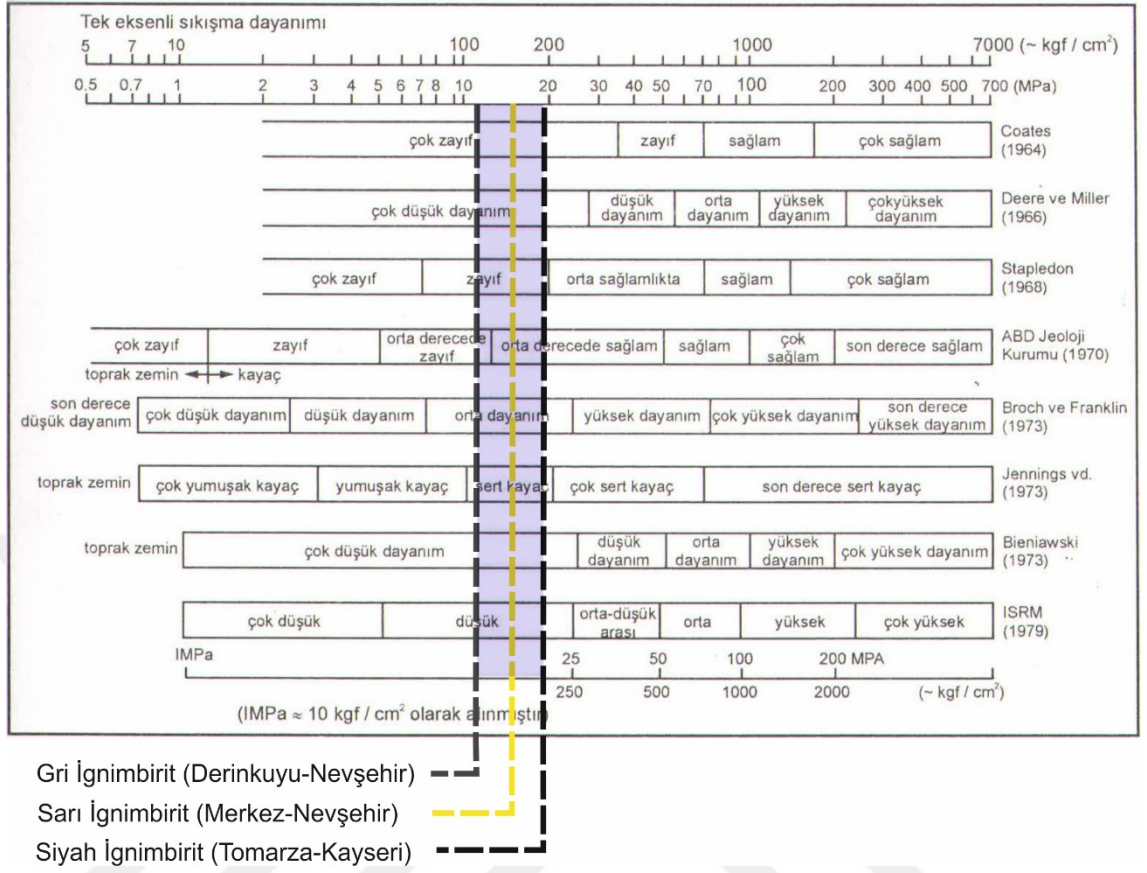
Doygun numunelerde yapılan tek eksenli basınç dayanımı deneyinde siyah renkli ignimbiritlerin en düşük 11.18 MPa, en yüksek 15.85 MPa tek eksenli basınç dayanımına sahip olduğu belirlenmiş olup, ortalama dayanım 13.12 MPa’dır. Sarı numunelerde en düşük 3.49 MPa, en yüksek 8.17 MPa dayanıma sahiptir. Bu örnek grubunun ortalama tek eksenli basınç dayanımı 6.63 MPa’dır. Gri renkli Derinkuyu ignimbiritlerinde ise en düşük dayanım 3.45 MPa, en yüksek dayanım 10.66 MPa, ortalama dayanım 7.32 MPa şeklindedir (Çizelge 6.3).

Çizelge 6.3. İgnimbiritlerin dayanım özelliklerine ait deney sonuçları

		Tek eksenli basınç dayanımı (kuru) (MPa)	Tek eksenli basınç dayanımı (doygun) (MPa)	Çekme dayanımı (kuru) (MPa)
Siyah (Tomarza)	Ortalama	19.91	13.12	2.99
	En düşük	16.33	11.18	2.92
	En yüksek	22.93	15.85	3.09
	Std. Sapma	1.8	1.5	0.1
Sarı (Nevşehir Merkez)	Ortalama	15.81	6.63	--
	En düşük	13.01	3.49	--
	En yüksek	18.17	8.17	--
	Std. Sapma	1.5	1.7	--
Gri (Derinkuyu)	Ortalama	12.95	7.32	0.64
	En düşük	10.57	3.45	0.51
	En yüksek	16.64	10.66	0.76
	Std. Sapma	1.6	2.4	0.1

Dolaylı çekme dayanım deneyleri sonucunda ise siyah renkli Tomarza ignimbiritlerinin en düşük 2.92 MPa, en yüksek 3.09 MPa çekme dayanımına sahip olduğu ortaya konmuştur. Bu örnek grubundaki ortalama çekme dayanımı 2.99 MPa'dır. Gri renkli Derinkuyu ignimbiritleri ise en düşük 0.51 MPa, en yüksek 0.76 MPa, ortalama 0.64 MPa çekme dayanımı sunmuştur (Çizelge 6.3).

İncelenen ignimbirit örneklerinin kuru koşullardaki tek eksenli basınç dayanım değerleri göz önüne alındığında, en düşük dayanıma sahip gri renkli Derinkuyu örneklerinin genel olarak “düşük-çok düşük dayanımlı kaya” grubunda olduğu görülmektedir (Şekil 6.1). Nevşehir Merkez sarı renkli ignimbiritleri de “düşük-çok düşük dayanımlı kaya” grubunda yer almaktadır. Bununla birlikte, Kayseri Tomarza siyah renkli ignimbiritleri “orta-düşük dayanımlı kaya” sınıfında yer almaktadır (Şekil 6.1).



Şekil 6.1. İncelenen ignimbirit örneklerinin farklı araştırmacılara göre tek eksenli basınç dayanımı sınıflaması

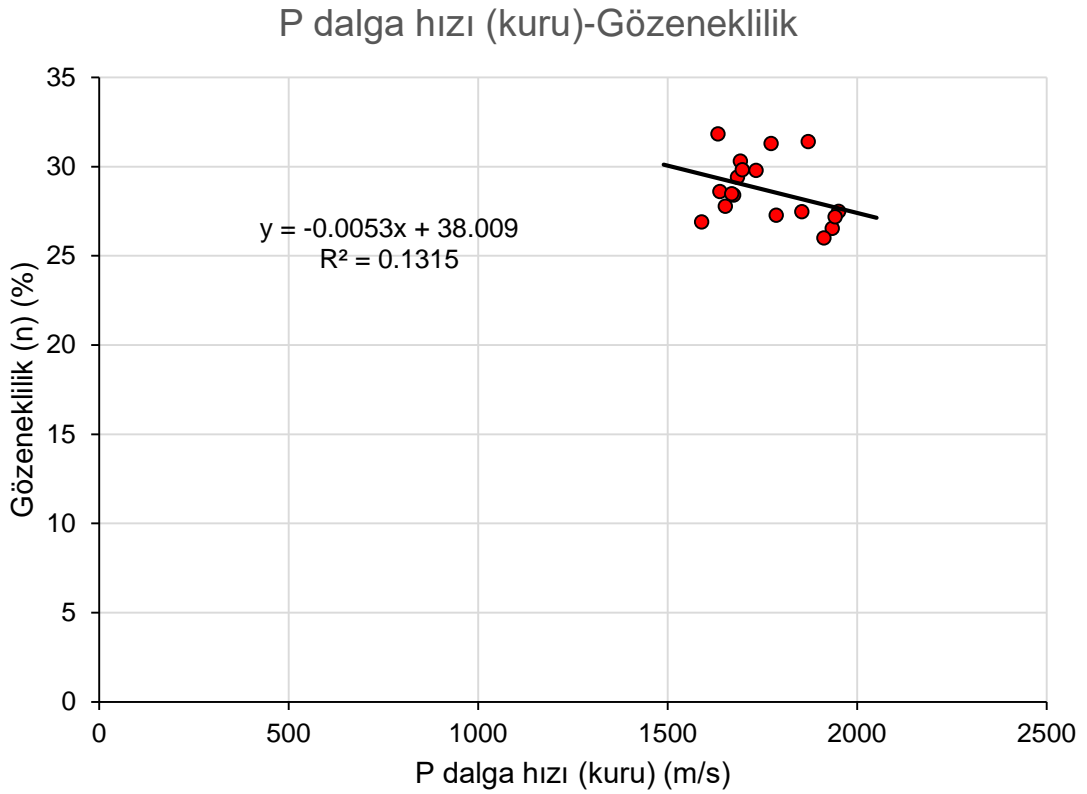
6.3. İgnimbirit Örneklerinin Fiziko-Mekanik Özellikleri ile P-Dalgası Hızları Arasındaki İstatistiksel İlişkiler

Bu çalışma kapsamında Derinkuyu (Nevşehir), Merkez (Nevşehir) ve Tomarza (Kayseri) bölgelerinden alınan farklı karakterdeki ignimbirit örneklerinin fiziko-mekanik özellikleri ile P-dalgası hızları arasındaki istatistiksel ilişkinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda araziden alınan blok örneklerden elde edilen karot örnekleri ve 7x7x7 cm boyutlarındaki küp örneklerinin fiziksel, indeks ve mekanik özellikleri laboratuvar ortamında belirlenmiş ve belirlenen bazı parametreler ignimbiritlerin P-dalgası hızı değerleri ile istatistiksel olarak basit regresyon analizleri ile karşılaştırılmıştır. Bu bölümde öncelikle her bir örnek grubunun fiziko-mekanik özellikleri ile P-dalgası değerleri kendi içerisinde değerlendirilmiş, daha sonra tüm örnekler bir arada incelenerek, çalışma kapsamındaki tüm ignimbiritler için genel bir istatistiksel değerlendirme gerçekleştirilmiştir.

6.3.1. Derinkuyu (Nevşehir-Gri) İgnimbiritleri

Derinkuyu (Nevşehir) gri renkli ignimbiritlerinin kuru ve doymuş koşullardaki P-dalgası hızları ile gözeneklilik, kütlece su emme oranı, kuru ve doymuş birim hacim ağırlık ve tek eksenli basınç dayanımı değerleri arasındaki basit regresyon ilişkileri bu bölüm altında sunulmaktadır.

Buna göre, gri renkli ignimbiritler için kuru koşullardaki P-dalgası hızları ile gözeneklilik arasındaki istatistiksel ilişki Şekil 6.2’de sunulmaktadır. Söz konusu istatistiksel ilişki incelendiğinde bu iki parametre arasındaki belirleme katsayısının (R^2) 0.13 olduğu görülmektedir. Bu değer, gri renkli Derinkuyu ignimbiritleri için kuru koşullardaki P-dalgası hızı ile gözeneklilik arasında anlamlı bir ilişki olmadığı sonucunu işaret etmektedir.

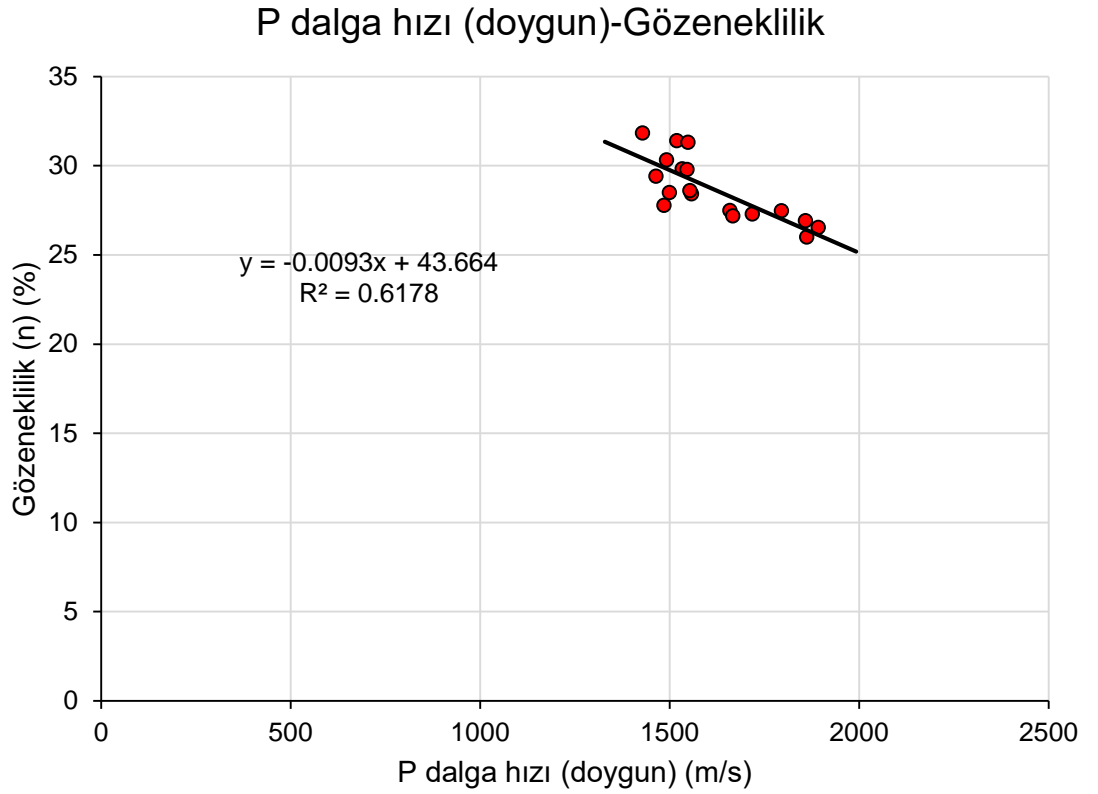


Şekil 6.2. Derinkuyu ignimbiritleri için P-dalgası hızı (kuru)-gözeneklilik arasındaki istatistiksel ilişki

Öte yandan, doymuş koşullardaki P-dalgası hızları ile Derinkuyu ignimbiritlerinin gözeneklilik değerleri karşılaştırıldığında, her iki parametre arasında doğrusal bir ilişki

olduğu göze çarpmaktadır. Yapılan istatistiksel analiz neticesinde bu iki parametre arasındaki belirleme katsayısı 0.62 olarak bulunmuştur (Şekil 6.3). Bu değer ışığında, doymuş koşullarda, Derinkuyu ignimbiritlerinde P-dalgası hızları ile doymuş birim hacim ağırlık değerleri arasında orta derecede anlamlı bir ilişki söz etmek mümkündür. Bu durumda Derinkuyu ignimbiritleri için doymuş P-dalgası hızı ile gözeneklilik arasındaki eşitlik aşağıda sunulmaktadır.

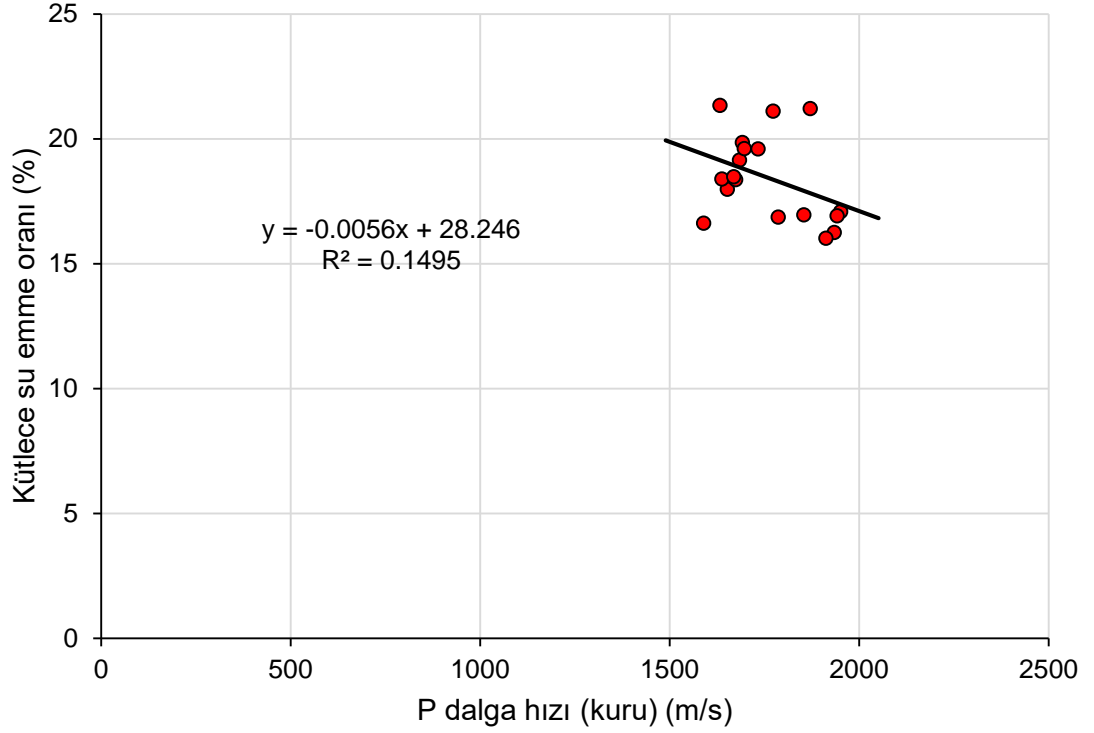
$$n = -0.0093 * V_{p(doygun)} + 43.664 \quad (4)$$



Şekil 6.3. Derinkuyu ignimbiritleri için P-dalgası hızı (doymuş)-gözeneklilik arasındaki istatistiksel ilişki

Derinkuyu ignimbiritlerinin kuru haldeki P-dalgası ile kütlece su emme oranı arasındaki istatistiksel ilişkiyi incelediğimizde bu parametreler arasındaki belirleme katsayısının (R^2) 0.15 olduğu görülmektedir. Bu değer, Derinkuyu ignimbiritleri için kuru koşullarda P-dalga hızı ile kütlece su emme oranı arasında anlamlı bir ilişki olmadığını göstermektedir (Şekil 6.4).

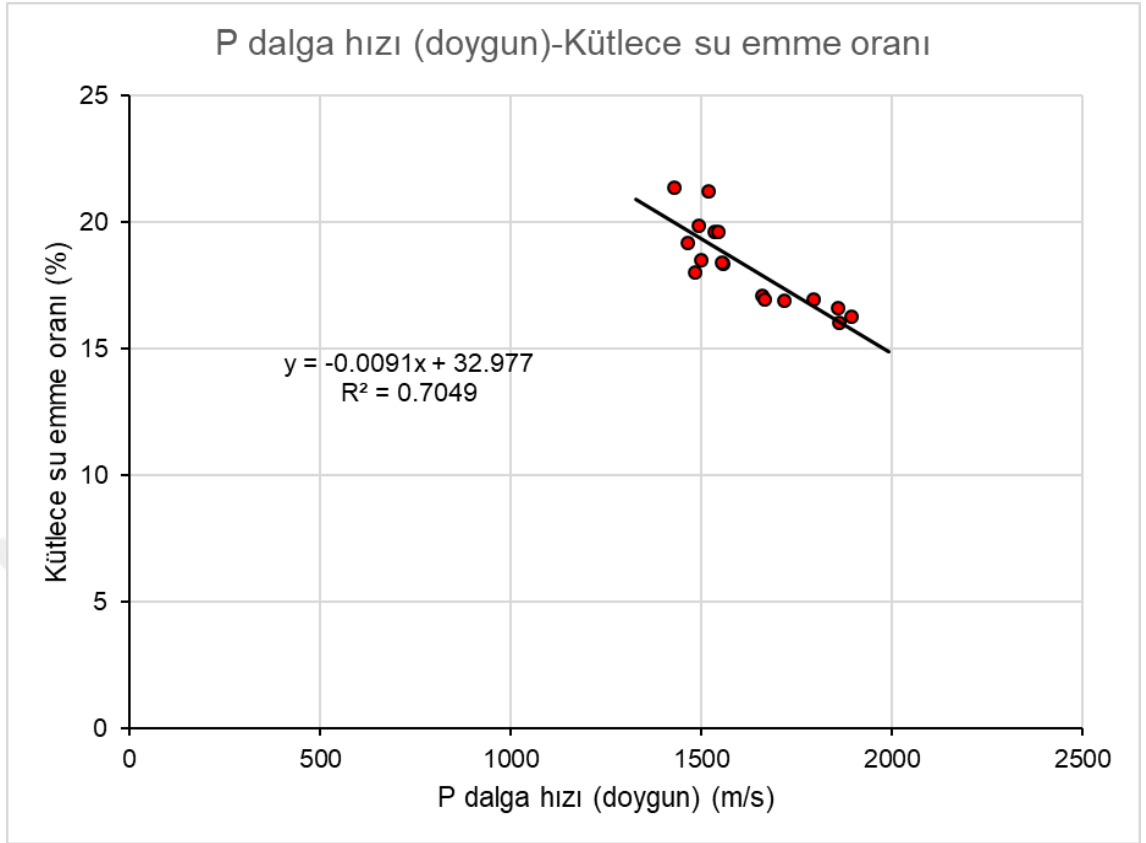
P dalga hızı (kuru)-Kütlece su emme oranı



Şekil 6.4. Derinkuyu ignimbiritleri için P-dalgası hızı (kuru)- kütlece su emme oranı arasındaki istatistiksel ilişki

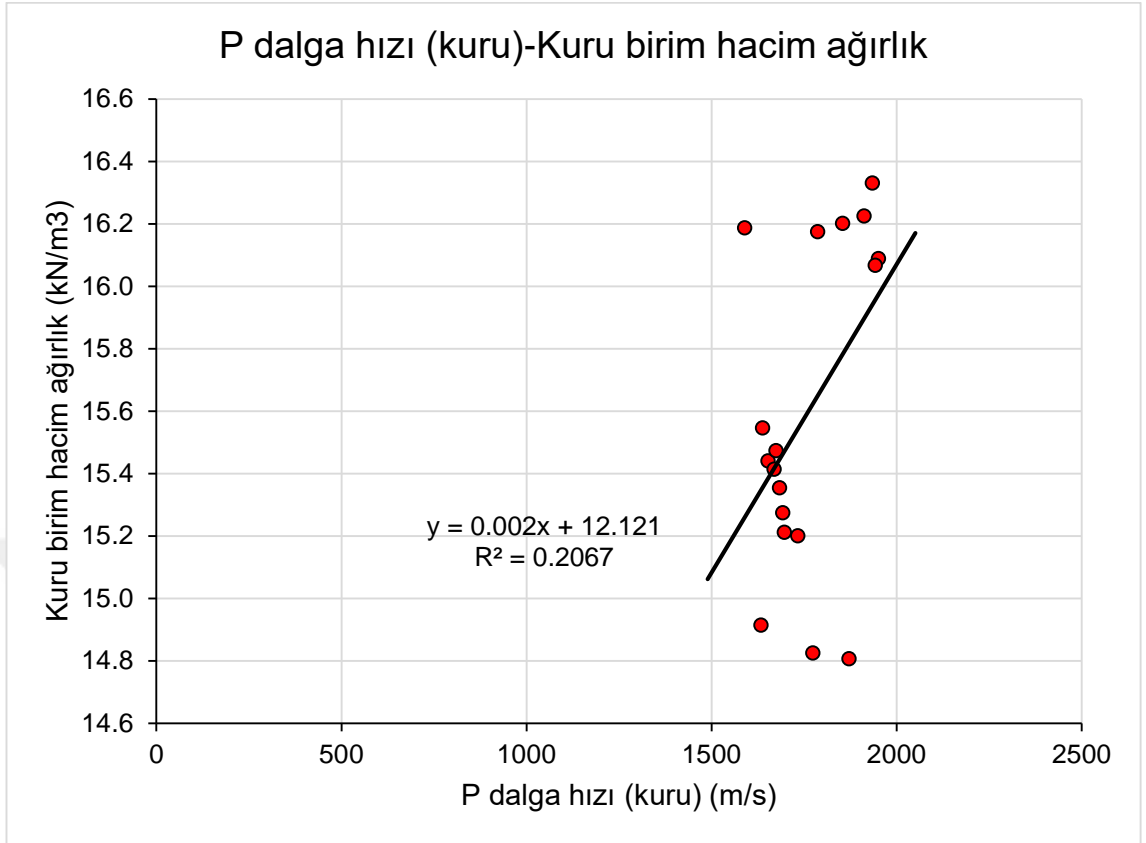
Derinkuyu ignimbiritlerinin doygun koşullardaki P-dalga hızları ile kütlece su emme oranı arasındaki değerler karşılaştırıldığında, her iki parametre arasındaki doğrusal bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan analiz sonucunda belirleme katsayısı (R^2) 0.71 olarak bulunmuştur. Bu değer doğrultusunda doygun koşullarda, Derinkuyu ignimbiritlerinde P-dalga hızları ile kütlece su emme oranı arasında orta derecede anlamlı bir ilişkiden söz edilebilmektedir (Şekil 6.5). Buna binaen Derinkuyu ignimbiritleri için doygun P-dalga hızları ile kütlece su emme oranı arasındaki bağıntı aşağıda belirtilmiştir.

$$KSE = -0.0091V_{p(doygun)} + 32.97 \quad (5)$$



Şekil 6.5. Derinkuyu ignimbiritleri için P-dalgası hızı (doygun)- kütlece su emme oranı arasındaki istatistiksel ilişki

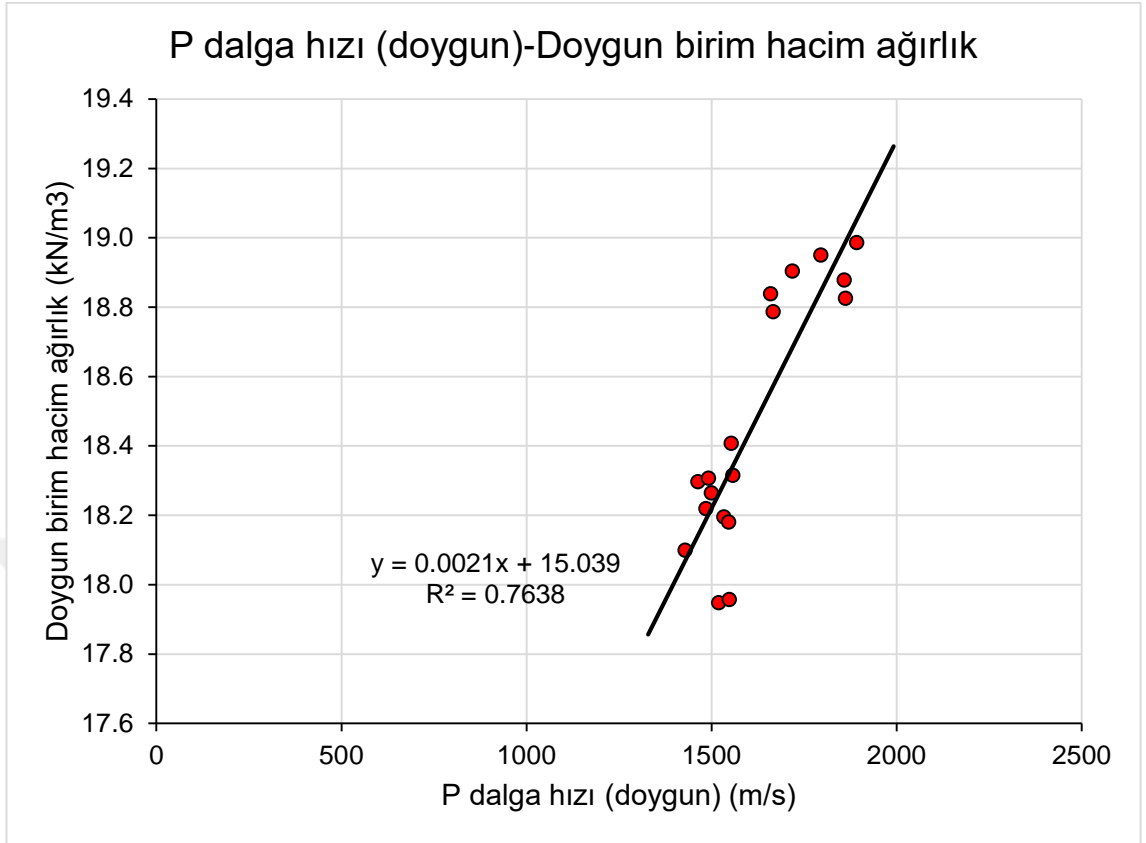
Kuru koşullardaki Derinkuyu ignimbiritlerinin P-dalga hızı ile kuru birim hacim ağırlıkları arasındaki değerler karşılaştırıldığında, her iki parametre arasında belirleme katsayısının (R^2) 0.20 olduğu, bundan dolayı anlamlı bir ilişki olmadığı sonucuna varılmıştır. Derinkuyu ignimbiritleri için kuru haldeki P-dalga hızları ile kuru birim hacim ağırlığı arasındaki istatistiksel ilişki Şekil 6.6'da sunulmaktadır.



Şekil 6.6. Derinkuyu ignimbiritleri için P-dalgası hızı (kuru)- kuru birim hacim ağırlık arasındaki istatistiksel ilişki

Derinkuyu ignimbiritlerinin doygun koşullardaki P-dalga hızları ile doygun birim hacim ağırlığı arasındaki değerler karşılaştırıldığında, her iki parametre arasındaki doğrusal bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan analiz sonucunda belirleme katsayısı (R^2) 0.84 olarak bulunmuştur (Şekil 6.7). Bu değer doğrultusunda doygun koşullarda, Derinkuyu ignimbiritlerinde P-dalga hızları ile kütlece su emme oranı arasında anlamlı bir ilişkiden söz edilebilmektedir. Bu nedenle, Derinkuyu ignimbiritleri için doygun P-dalga hızları ile doygun birim hacim ağırlığı arasındaki ilişki aşağıdaki formülle açıklanabilmektedir.

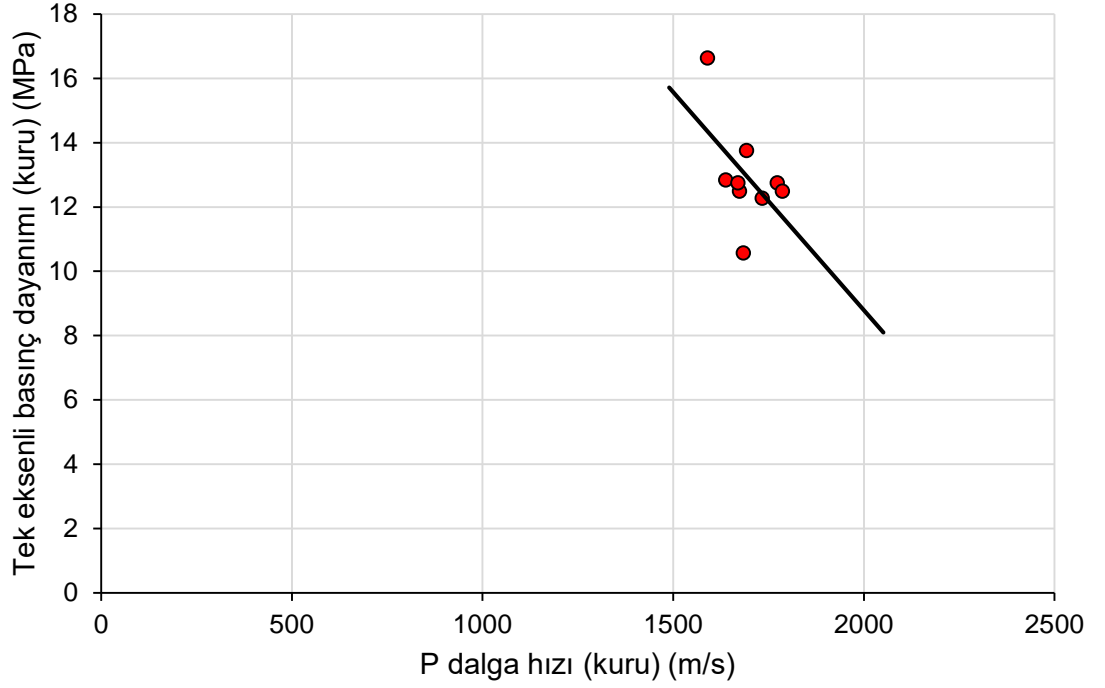
$$\gamma_{(doygun)} = -0.002 V_{p(doygun)} + 15.36 \quad (6)$$



Şekil 6.7. Derinkuyu ignimbritleri için P-dalgası hızı (doygun)- doygun birim hacim ağırlık arasındaki istatistiksel ilişki

Derinkuyu ignimbritleri için kuru koşullardaki P-dalga hızları ile tek eksenli basınç dayanımı değerleri istatistiksel olarak karşılaştırıldığında anlamlı bir ilişki olmadığı Şekil 6.8’de görülmektedir. P-dalga hızı ile tek eksenli basınç dayanımı arasında pozitif olarak beklenen ilişkinin bu veri setinde saçılım gösterdiği göze çarpmaktadır.

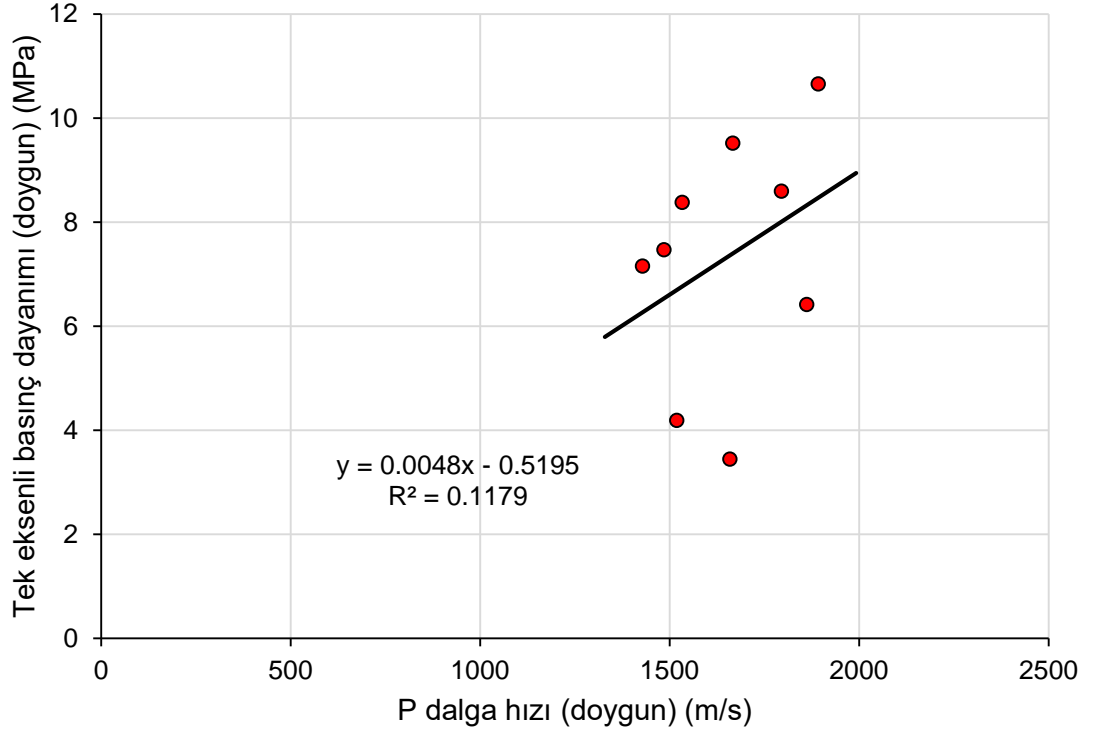
P dalga hızı (kuru)-TEBD (kuru)



Şekil 6.8. Derinkuyu ignimbritleri için P-dalgası hızı (kuru)- tek eksenli basınç dayanımı (kuru) arasındaki istatistiksel ilişki

Derinkuyu ignimbritleri için doymun koşullarda yapılan P-dalga hızı ile tek eksenli basınç deneyleri arasında da anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Değerlerin saçılım göstermesine bağlı olarak belirleme katsayısı (R^2) 0.12 olarak belirlenmiştir (Şekil 6.9).

P dalga hızı (doygun)-TEBD (doygun)



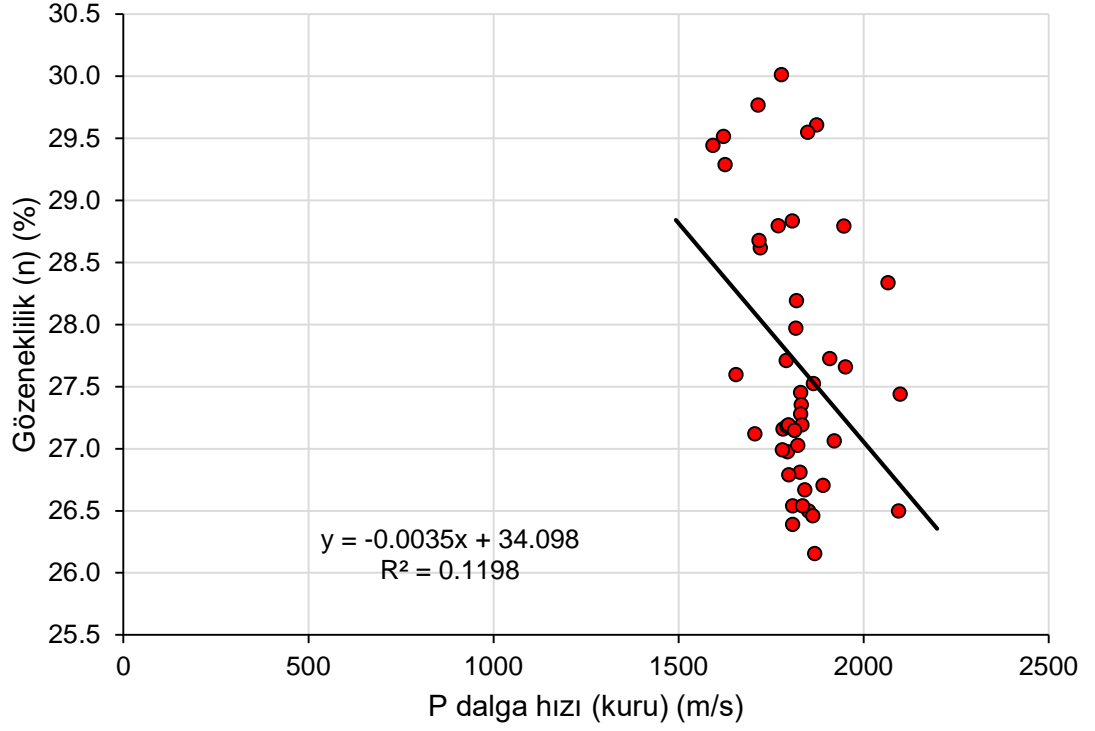
Şekil 6.9. Derinkuyu ignimbiritleri için P-dalgası hızı (doygun)-tek eksenli basınç dayanımı (doygun) arasındaki istatistiksel ilişki

6.3.2. Merkez (Nevşehir-Sarı) İgnimbiritleri

Nevşehir (Merkez) sarı renkli ignimbiritlerinin kuru ve doygun koşullardaki P-dalgası hızları ile gözeneklilik, kütlece su emme oranı, kuru ve doygun birim hacim ağırlık ve tek eksenli basınç dayanımı değerleri arasındaki basit regresyon ilişkileri bu bölüm altında sunulmaktadır.

Buna göre, sarı renkli ignimbiritler için kuru koşullardaki P-dalgası hızları ile gözeneklilik arasındaki istatistiksel ilişki Şekil 6.10'da sunulmaktadır. Söz konusu istatistiksel ilişki incelendiğinde bu iki parametre arasındaki belirleme katsayısının (R^2) 0.12 olduğu görülmektedir. Bu değer, sarı renkli ignimbiritler için kuru koşullardaki P-dalgası hızı ile gözeneklilik arasında anlamlı bir ilişki olmadığı sonucunu işaret etmektedir.

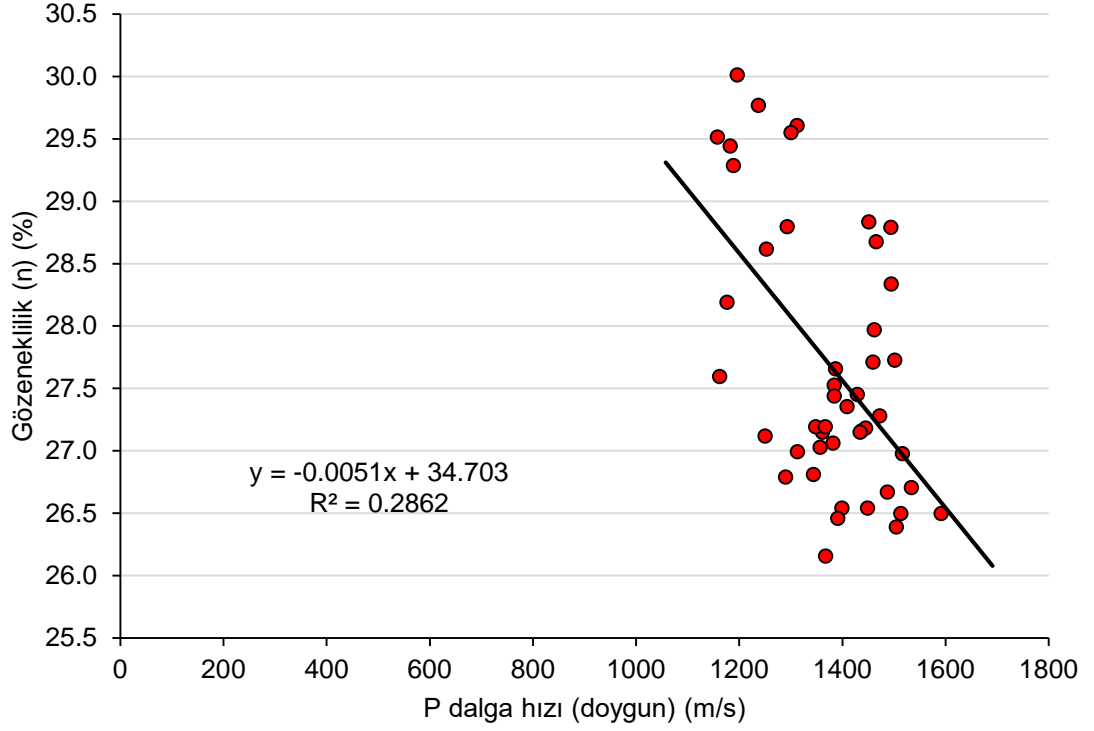
P dalgası hızı (kuru)-Gözeneklilik



Şekil 6.10. Nevşehir Merkez ignimbiritleri için P-dalgası hızı (kuru)-gözeneklilik arasındaki istatistiksel ilişki

Nevşehir Merkez ignimbiritleri için doymuş koşullardaki P-dalgası hızları ile gözeneklilik arasındaki ilişkiler karşılaştırıldığında, her iki parametre için de anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Belirleme katsayısının (R^2) 0.29 olduğu Şekil 6.11’de görülmektedir.

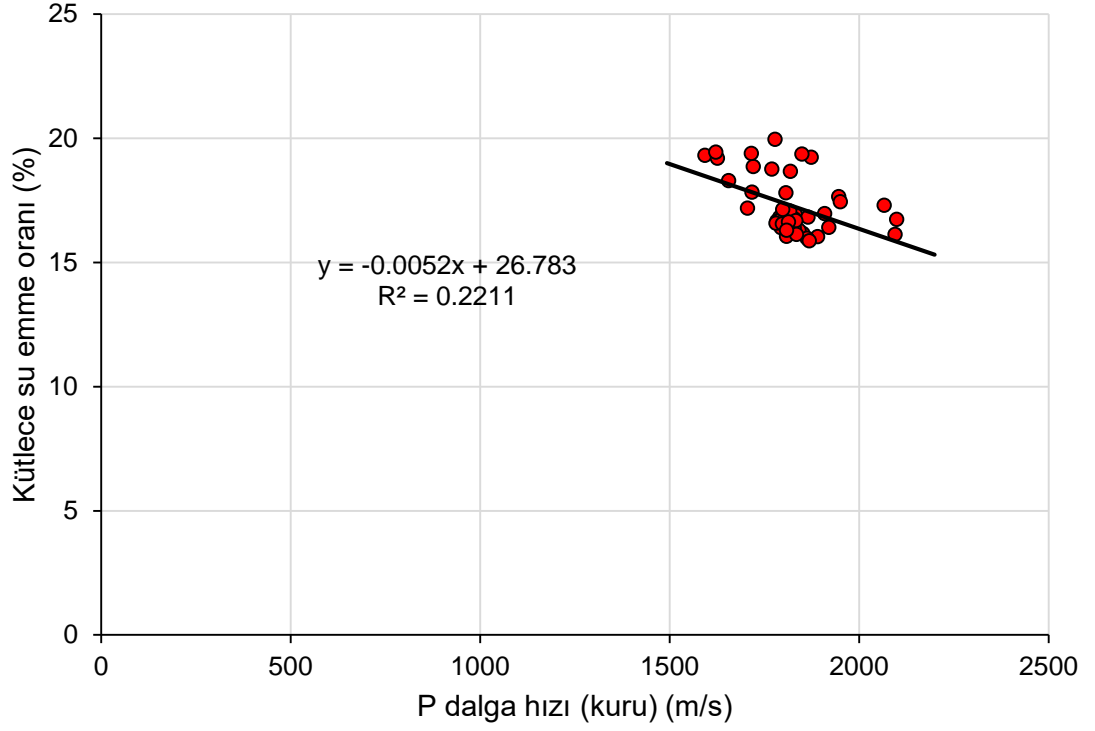
P dalgası hızı (doygun)-Gözeneklilik



Şekil 6.11. Nevşehir Merkez ignimbiritleri için P-dalgası hızı (doygun)-gözeneklilik arasındaki istatistiksel ilişki

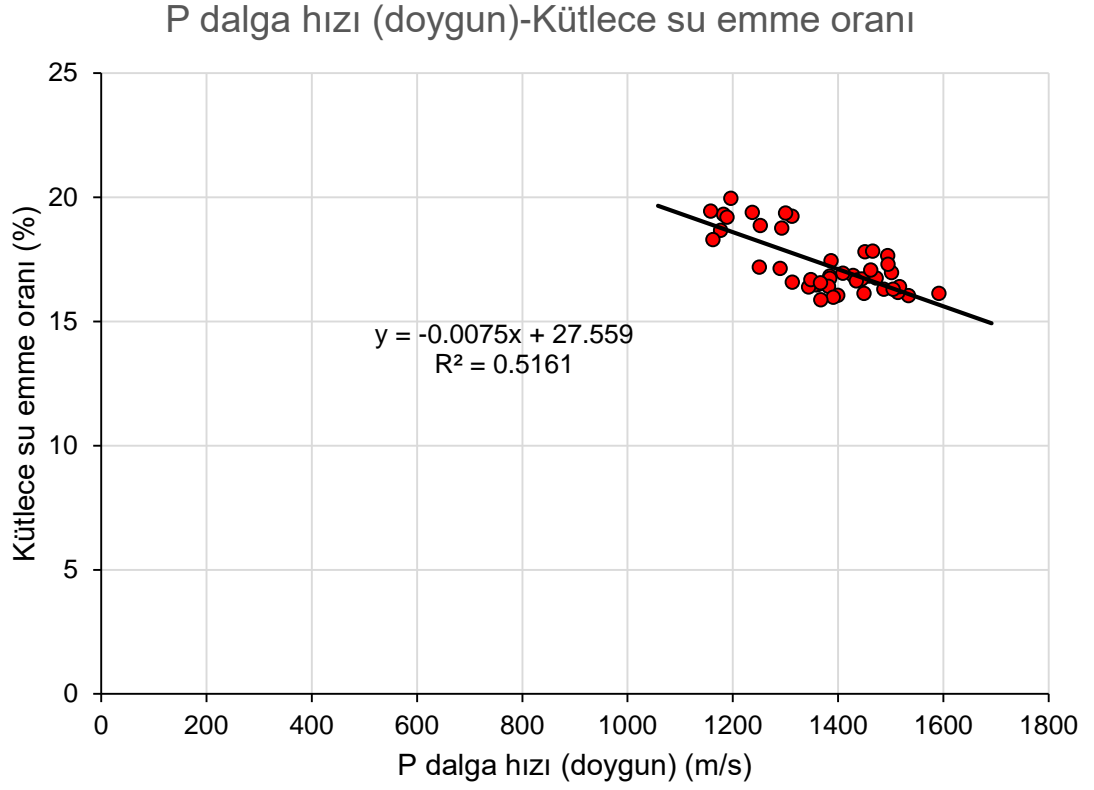
Nevşehir merkez ignimbiritlerinin kuru haldeki P-dalgası hızı ile kütlece su emme oranı arasındaki istatistiksel ilişkiyi incelediğimizde bu parametrelerin arasındaki belirleme katsayısının (R^2) 0.22 olduğu görülmektedir. Bu değer, Nevşehir Merkez sarı renkli ignimbiritleri için kuru koşullarda P-dalgası hızı ile kütlece su emme oranı arasında anlamlı bir ilişki olmadığını göstermektedir (Şekil 6.12).

P dalga hızı (kuru)-Kütlece su emme oranı



Şekil 6.12. Nevşehir Merkez ignimbiritleri için P-dalgası hızı (kuru)- kütlece su emme oranı arasındaki istatistiksel ilişki

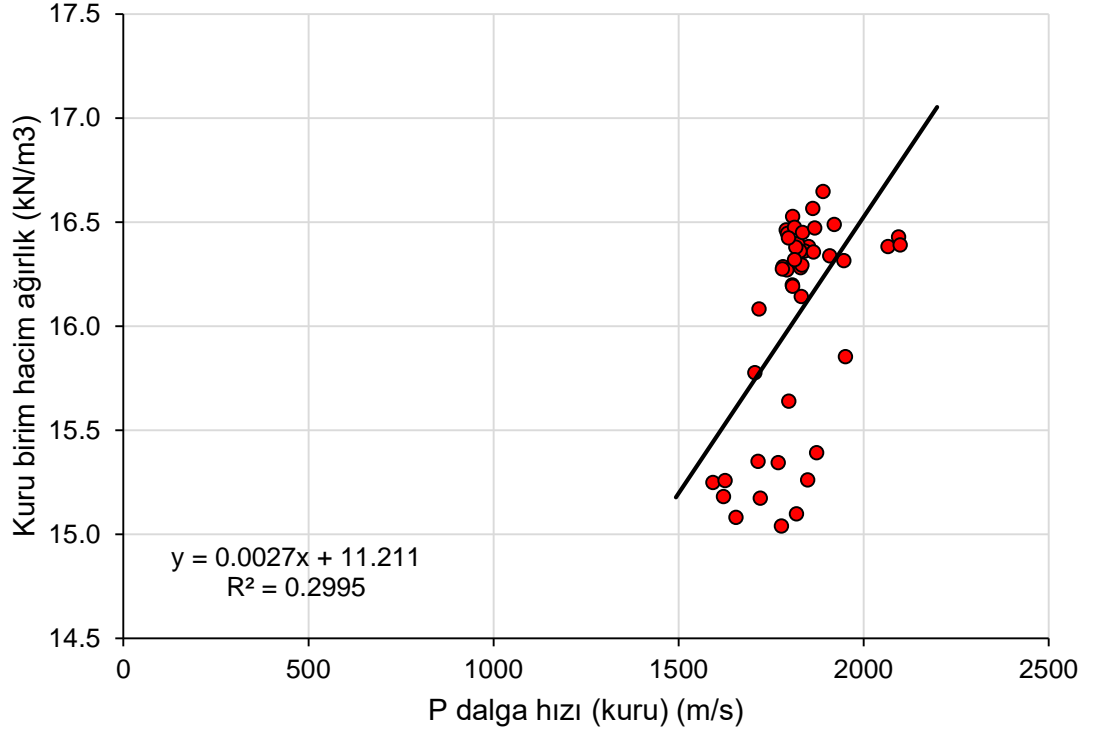
Nevşehir Merkez ignimbiritlerinin doygun koşullardaki P-dalga hızları ile kütlece su emme oranı arasındaki değerler karşılaştırıldığında, her iki parametre arasındaki yine anlamlı bir ilişki olmadığı gözlemlenmiştir. Belirleme katsayısının (R^2) 0.52 olduğu korelasyon Şekil 6.13'te sunulmaktadır.



Şekil 6.13. Nevşehir Merkez ignimbritleri için P-dalgası hızı (doygun)-kütlece su emme oranı arasındaki istatistiksel ilişki

Nevşehir Merkez ignimbritlerinin kuru koşullardaki P-dalga hızları ile kuru birim hacim ağırlıkları arasındaki değerler karşılaştırıldığında, her iki parametre arasında belirleme katsayısının (R^2) 0.30 olduğu, bundan dolayı anlamlı bir istatistiksel ilişki olmadığı sonucuna varılmaktadır (Şekil 6.14).

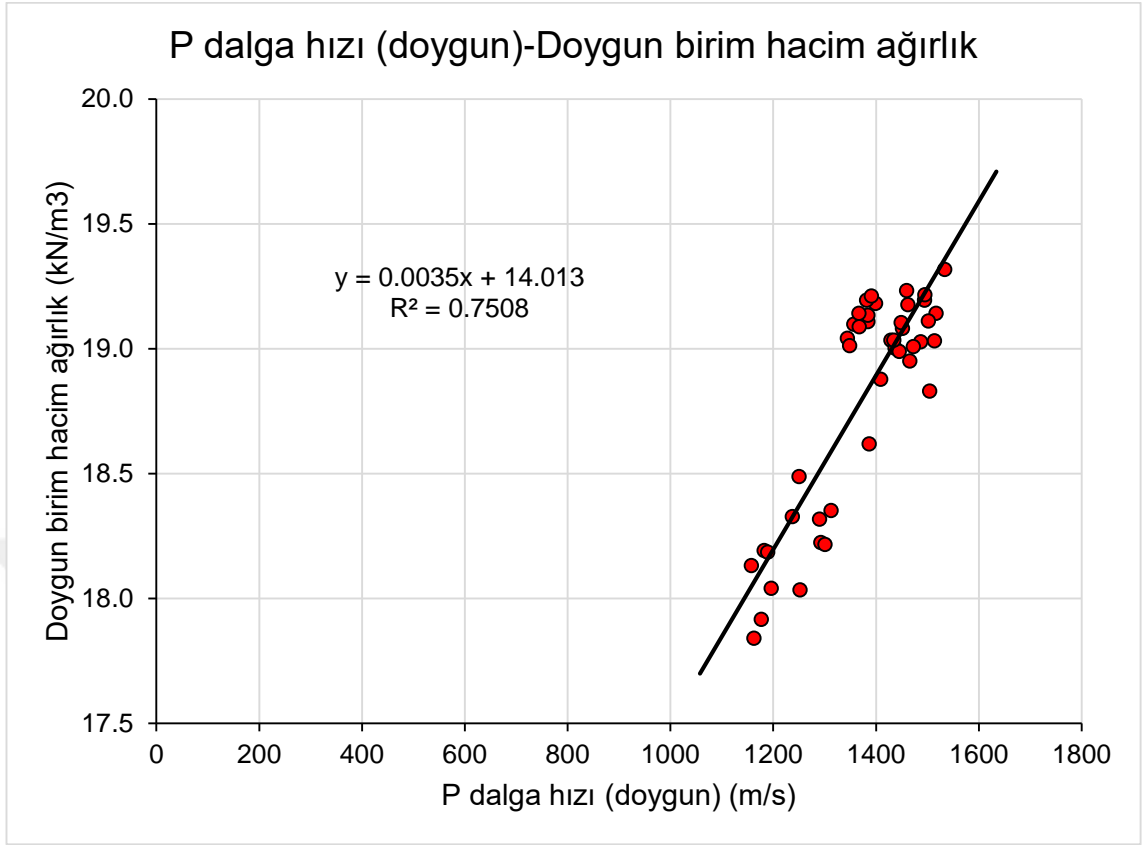
P dalga hızı (kuru)-Kuru birim hacim ağırlık



Şekil 6.14. Nevşehir Merkez ignimbiritleri için P-dalgası hızı (kuru)-kuru birim hacim ağırlık arasındaki istatistiksel ilişki

Nevşehir Merkez ignimbiritlerinin doygun koşullardaki P-dalga hızları ile doygun birim hacim ağırlığı arasındaki değerler karşılaştırıldığında, her iki parametre arasındaki anlamlı bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan analiz sonucunda belirleme katsayısı (R^2) 0.75 olarak bulunmuştur. Bu değer doğrultusunda doygun koşullarda, Derinkuyu ignimbiritlerinde P-dalga hızları ile doygun birim hacim ağırlığı arasında anlamlı bir ilişki söz edilebilmektedir. Bu nedenle Nevşehir Merkez sarı ignimbiritleri için doygun P-dalga hızları ile doygun birim hacim ağırlığı arasındaki bağıntı aşağıdaki formülle açıklanabilmektedir (Şekil 6.15).

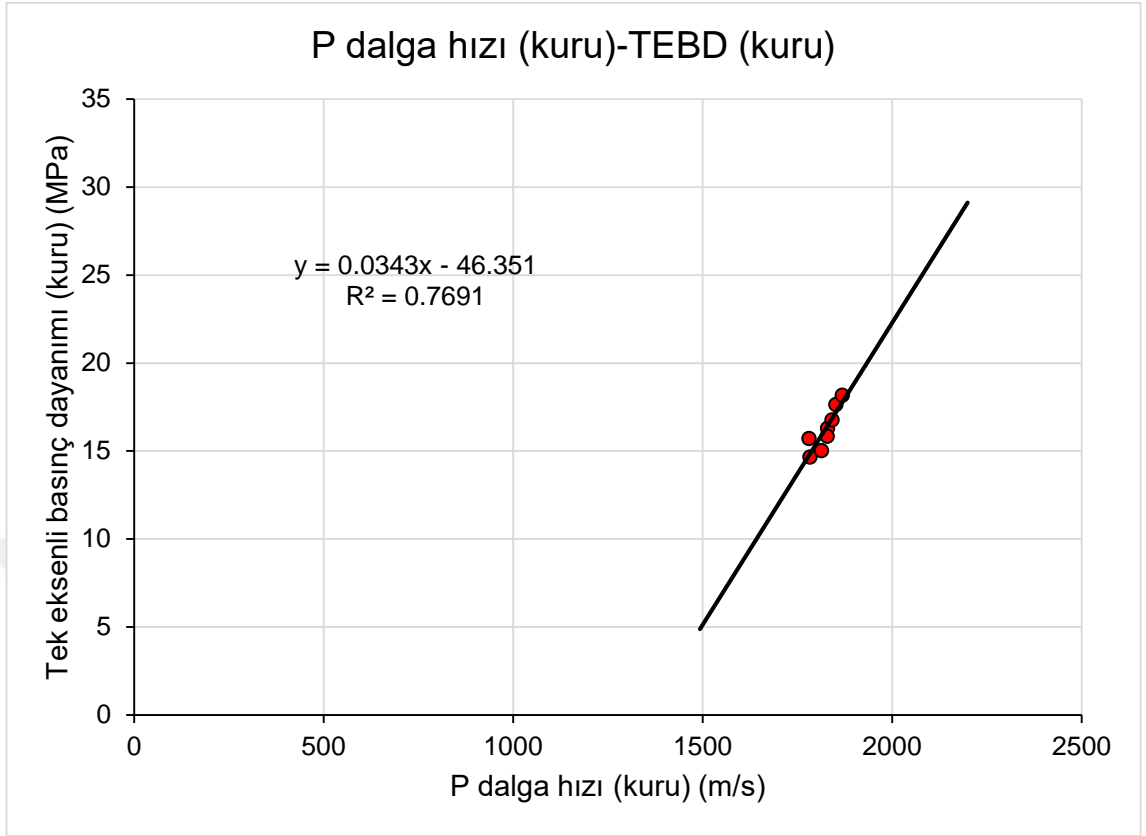
$$\gamma_{(doygun)} = 0.0035 V_{p(doygun)} + 14.013 \quad (7)$$



Şekil 6.15. Nevşehir Merkez ignimbiritleri için P-dalgası hızı (doygun)-doygun birim hacim ağırlık arasındaki istatistiksel ilişki

Kuru koşullardaki P-dalga hızları ile kuru tek eksenli basınç dayanımı Nevşehir Merkez ignimbiritleri için karşılaştırıldığında belirleme katsayısının (R^2) 0.77 olduğu Şekil 6.16'da görülmektedir. Bu nedenle kuru koşullarda P-dalga hızı ile tek eksenli basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir ilişkiden söz edilebilir.

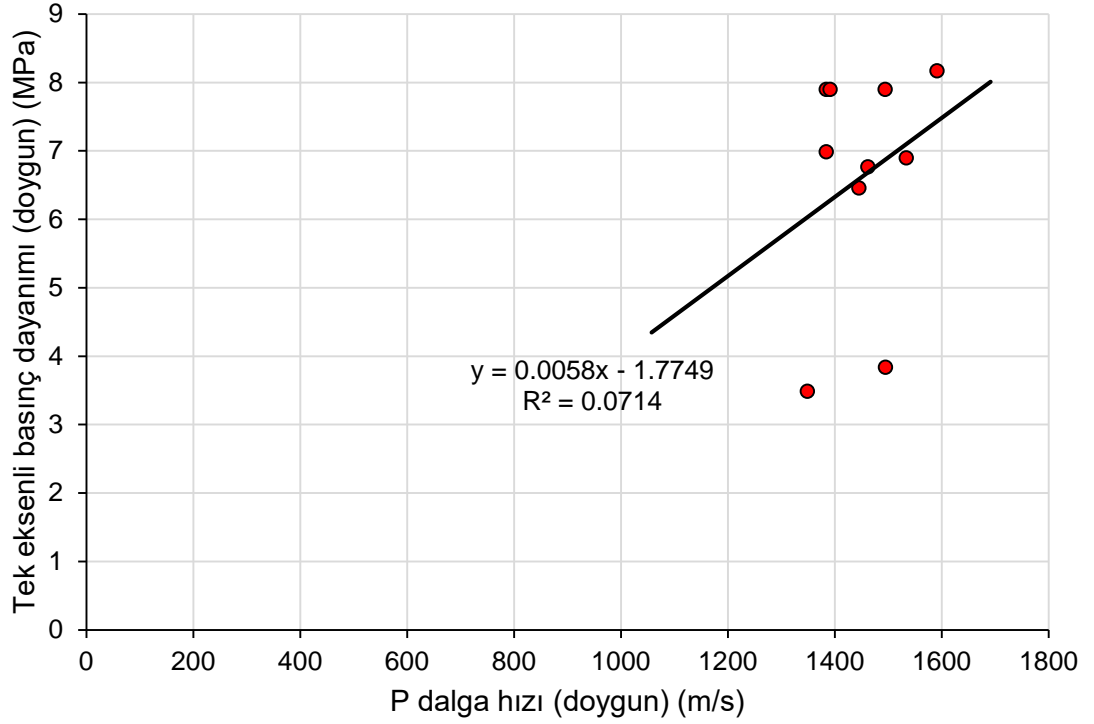
$$\sigma_{c(kuru)} = 0.0343 V_{p(kuru)} - 46.35 \quad (8)$$



Şekil 6.16. Nevşehir Merkez ignimbiritleri için P-dalgası hızı (kuru)- tek eksenli basınç dayanımı (kuru) arasındaki istatistiksel ilişki

Öte yandan Nevşehir Merkez ignimbiritlerinin P-dalga hızı ile tek eksenli basınç dayanımları doymun koşullar için karşılaştırıldığında belirleme katsayısı (R^2) 0.07 olarak bulunmaktadır. Söz konusu korelasyonda değerler oldukça fazla saçılım göstermekte olup, doymun koşullarda P-dalga hızı ile doymun tek eksenli basınç dayanımları arasında bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 6.17).

P dalga hızı (doygun)-TEBD (doygun)

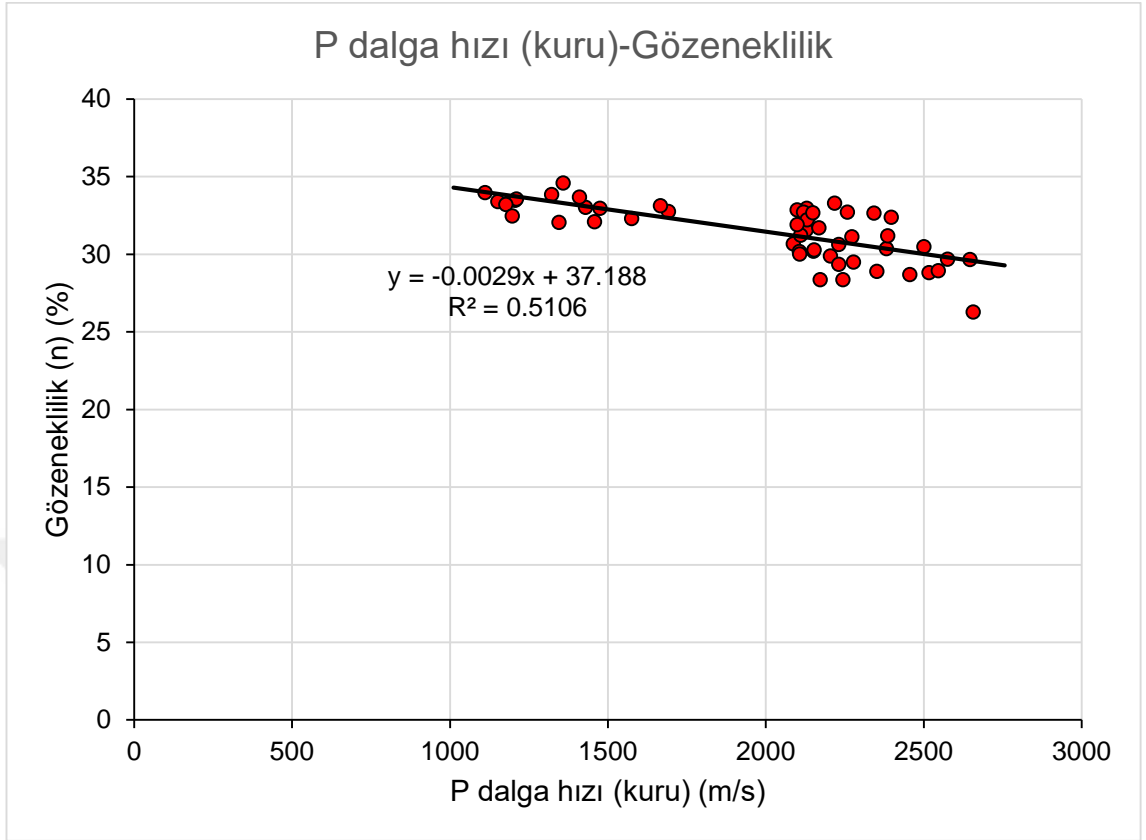


Şekil 6.17. Nevşehir Merkez ignimbiritleri için P-dalgası hızı (doygun)- tek eksenli basınç dayanımı (doygun) arasındaki istatistiksel ilişki

6.3.3. Tomarza (Kayseri-Siyah) İgnimbiritleri

Kayseri (Tomarza) siyah renkli ignimbiritlerin kuru ve doygun koşullardaki P-dalgası hızları ile kütlece su emme oranı, gözeneklilik, kuru ve doygun birim hacim ağırlık ve tek eksenli basınç dayanımı değerleri arasındaki korelasyon ilişkileri bu bölüm altında sunulmaktadır.

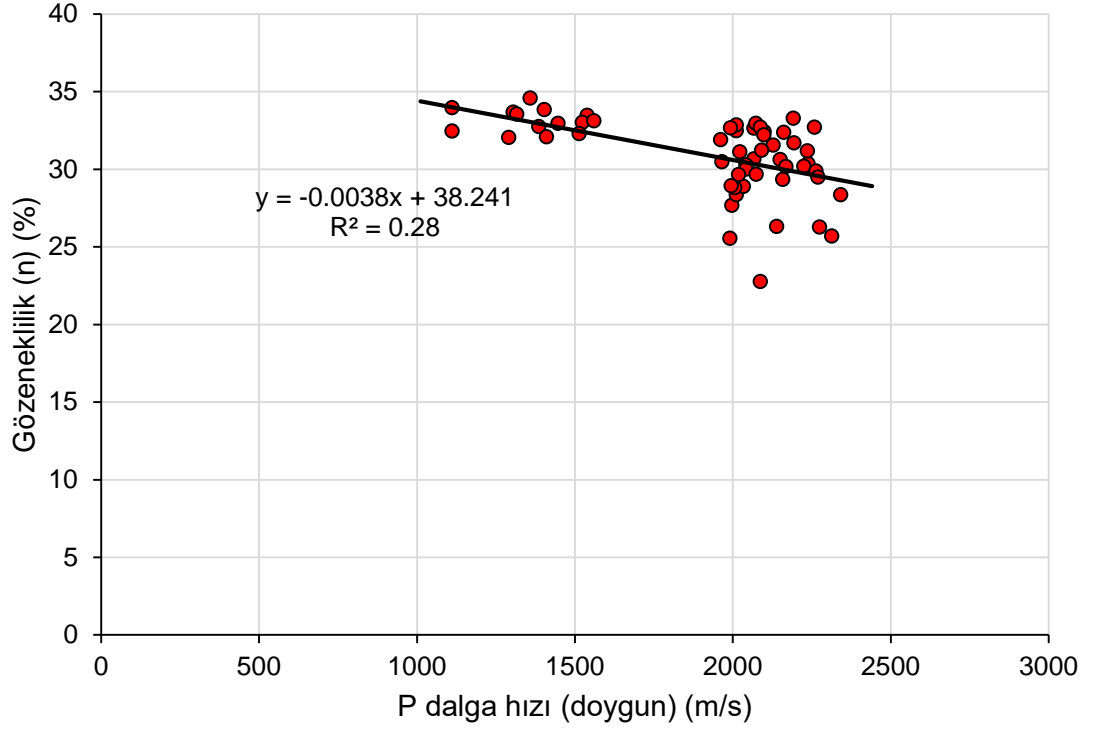
Buna göre, siyah renkli Tomarza ignimbiritleri için kuru koşullardaki P-dalgası hızları ile gözeneklilik arasındaki istatistiksel ilişki Şekil 6.18'de sunulmaktadır. Söz konusu istatistiksel ilişki incelendiğinde bu iki parametre arasındaki belirleme katsayısının (R^2) 0.51 olduğu görülmektedir. Bu değer doğrultusunda Tomarza ignimbiritleri için kuru koşullardaki P-dalgası hızı ile gözeneklilik arasında önemli derecede anlamlı bir ilişki olmadığı sonucuna varılmaktadır.



Şekil 6.18. Tomarza ignimbiritleri için P-dalgası hızı (kuru)-gözeneklilik arasındaki istatistiksel ilişki

Öte yandan Kayseri Tomarza siyah renkli ignimbiritleri için doymun koşullardaki P-dalga hızları ile gözeneklilik arasındaki ilişkiler karşılaştırıldığında, her iki parametre için de anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Bu iki parametre arasındaki belirleme katsayısının (R^2) 0.28 olduğu Şekil 6.19'da görülmektedir.

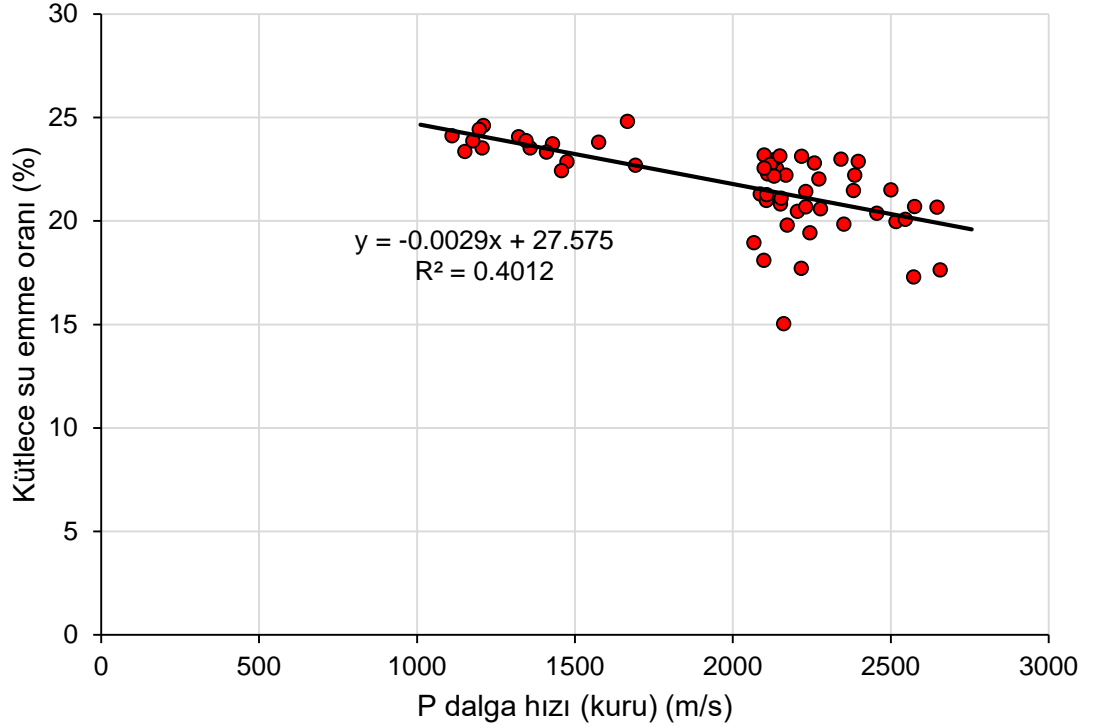
P dalgası hızı (doygun)-Gözeneklilik



Şekil 6.19. Tomarza ignimbiritleri için P-dalgası hızı (doygun)-gözeneklilik arasındaki istatistiksel ilişki

Tomarza ignimbiritlerinin kuru haldeki P-dalgası ile kütlece su emme oranı arasındaki istatistiksel ilişkiyi incelediğimizde bu parametreler arasındaki belirleme katsayısının (R^2) 0.40 olduğu görülmektedir. Bu değer, Tomarza siyah renkli ignimbiritleri için kuru koşullarda P-dalgası hızı ile kütlece su emme oranı arasında anlamlı bir ilişki olmadığını göstermektedir (Şekil 6.20).

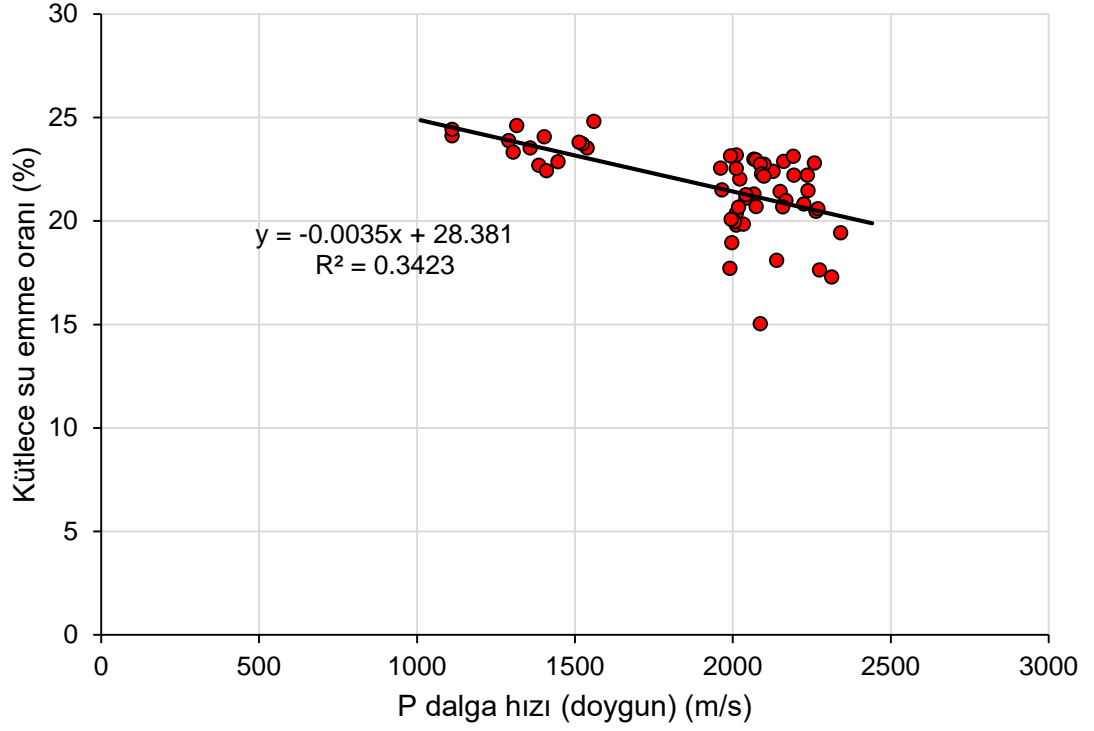
P dalgası hızı (kuru)-Kütlece su emme oranı



Şekil 6.20. Tomarza ignimbiritleri için P-dalgası hızı (kuru)-kütlece su emme oranı arasındaki istatistiksel ilişki

Siyah renkli Tomarza ignimbiritleri için doygun koşullardaki P-dalgası hızları ile kütlece su emme oranı arasındaki istatistiksel ilişki Şekil 6.21’de sunulmaktadır. Söz konusu istatistiksel ilişki incelendiğinde bu iki parametre arasındaki belirleme katsayısının (R^2) 0.34 olduğu görülmektedir. Bu değer doğrultusunda Tomarza ignimbiritleri için doygun koşullardaki P-dalgası hızı ile kütlece su emme oranı arasında anlamlı bir ilişkiden söz etmek mümkün değildir.

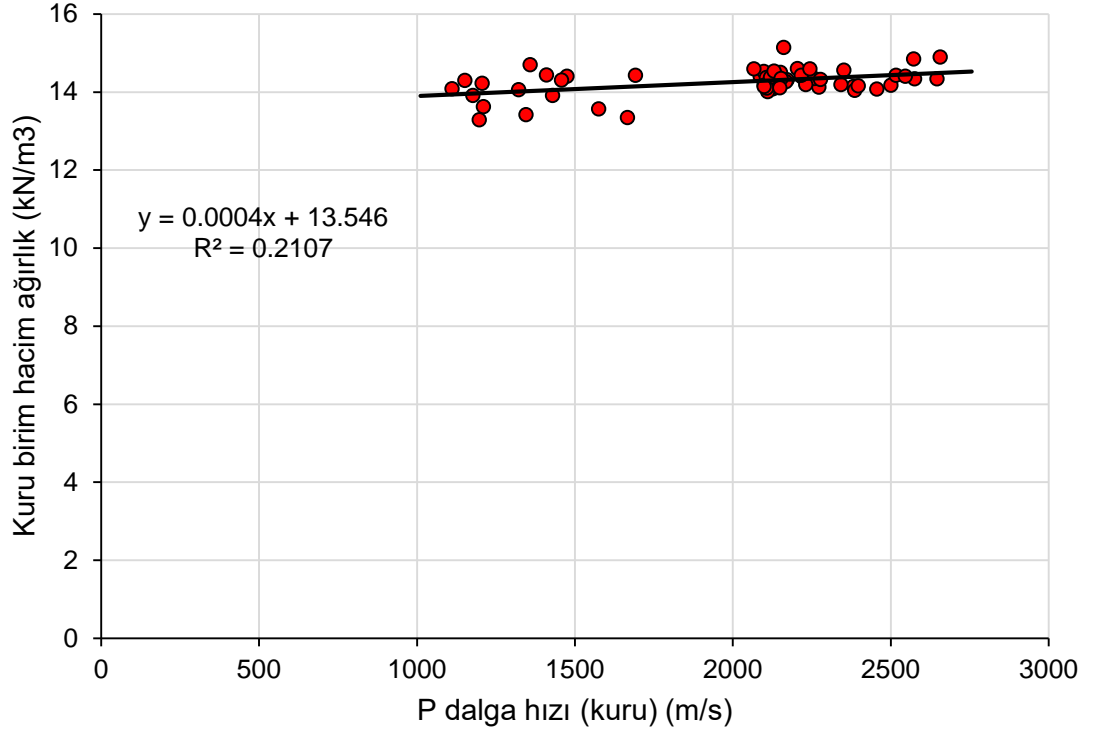
P dalga hızı (doygun)-Kütlece su emme oranı



Şekil 6.21. Tomarza ignimbiritleri için P-dalgası hızı (doygun)-kütlece su emme oranı arasındaki istatistiksel ilişki

Kuru koşullarda P-dalga hızı ile kuru birim hacim ağırlığı arasındaki istatistiksel ilişkiyi incelediğimizde Tomarza ignimbiritlerinin belirleme katsayısının (R^2) 0.21 olduğu görülmektedir. Bu değer doğrultusunda Tomarza ignimbiritleri için kuru koşullardaki P-dalgası hızı ile kuru birim hacim ağırlığı arasında anlamlı bir ilişki olmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır (Şekil 6.22).

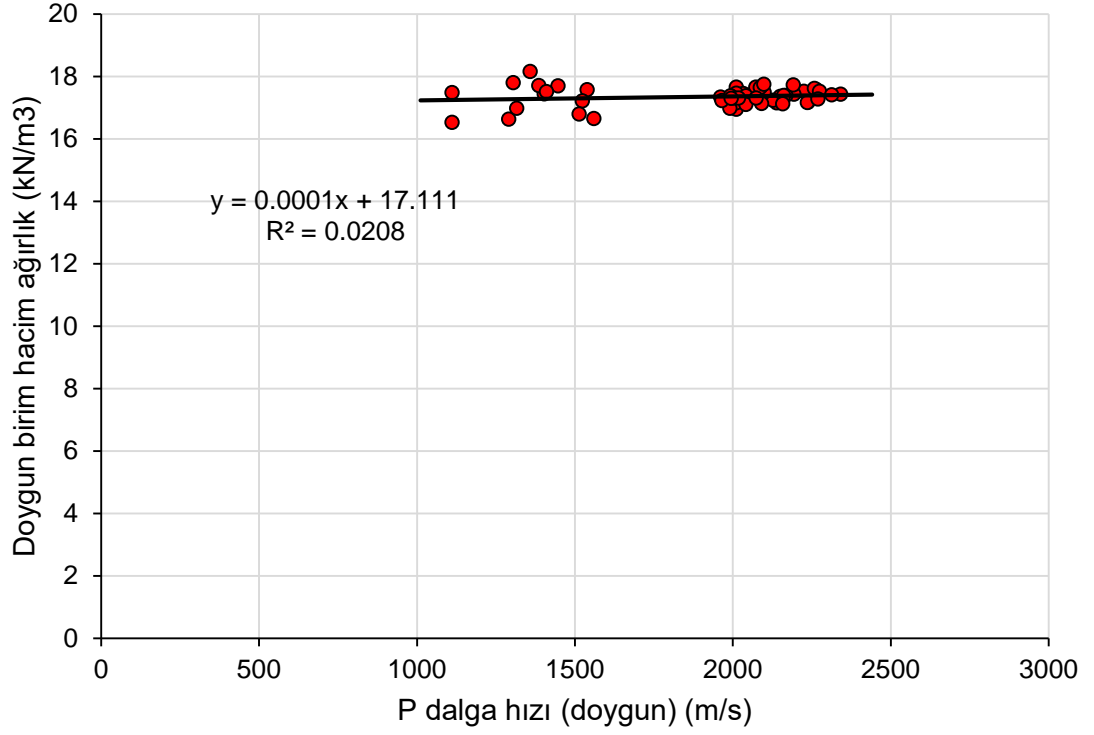
P dalga hızı (kuru)-Kuru birim hacim ağırlık



Şekil 6.22. Tomarza ignimbiritleri için P-dalgası hızı (kuru)-kuru birim hacim ağırlık arasındaki istatistiksel ilişki

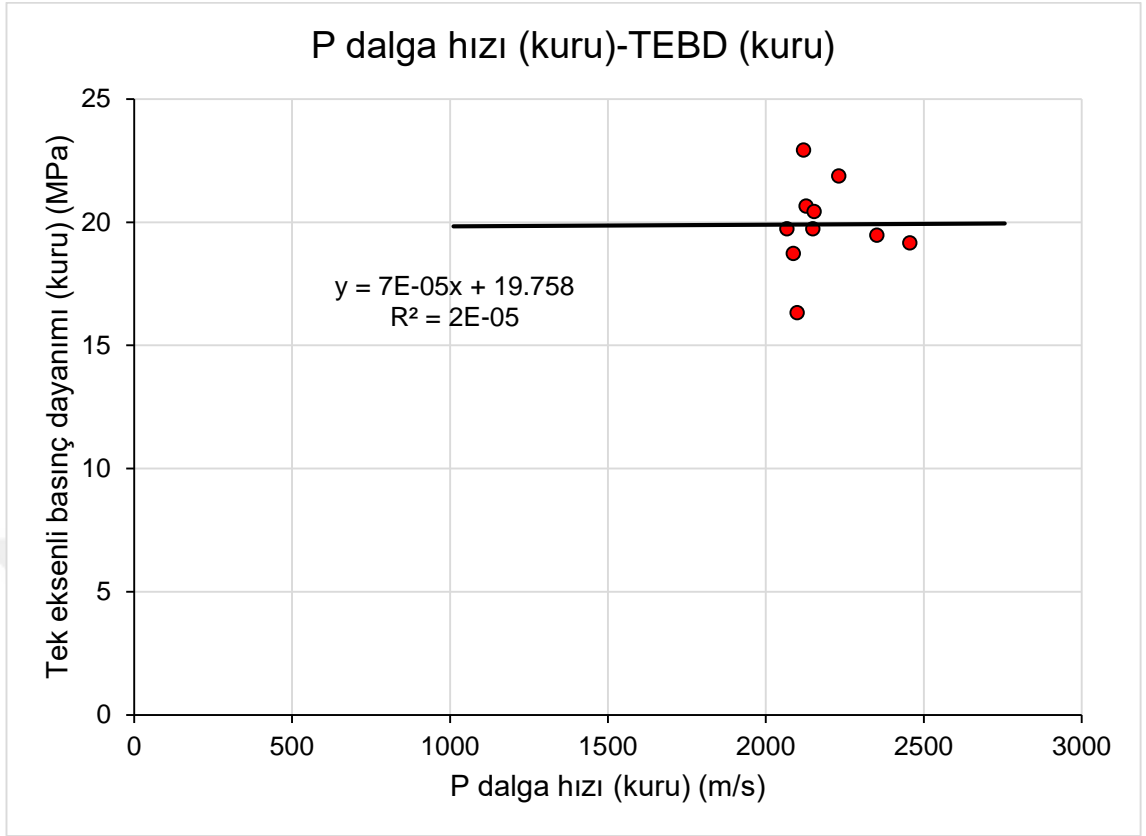
Doygun koşullardaki P-dalga hızı ile doymuş birim hacim ağırlığı arasındaki istatistiksel ilişkiye Kayseri ignimbiritlerinin belirleme katsayısının (R^2) 0.02 olduğu görülmektedir. Bu değer doğrultusunda Tomarza ignimbiritleri için doymuş koşullardaki P-dalgası hızı ile doymuş birim hacim ağırlığı arasında anlamlı bir ilişki olmadığı görülmektedir (Şekil 6.23).

P dalga hızı (doygun)-Doygun birim hacim ağırlık



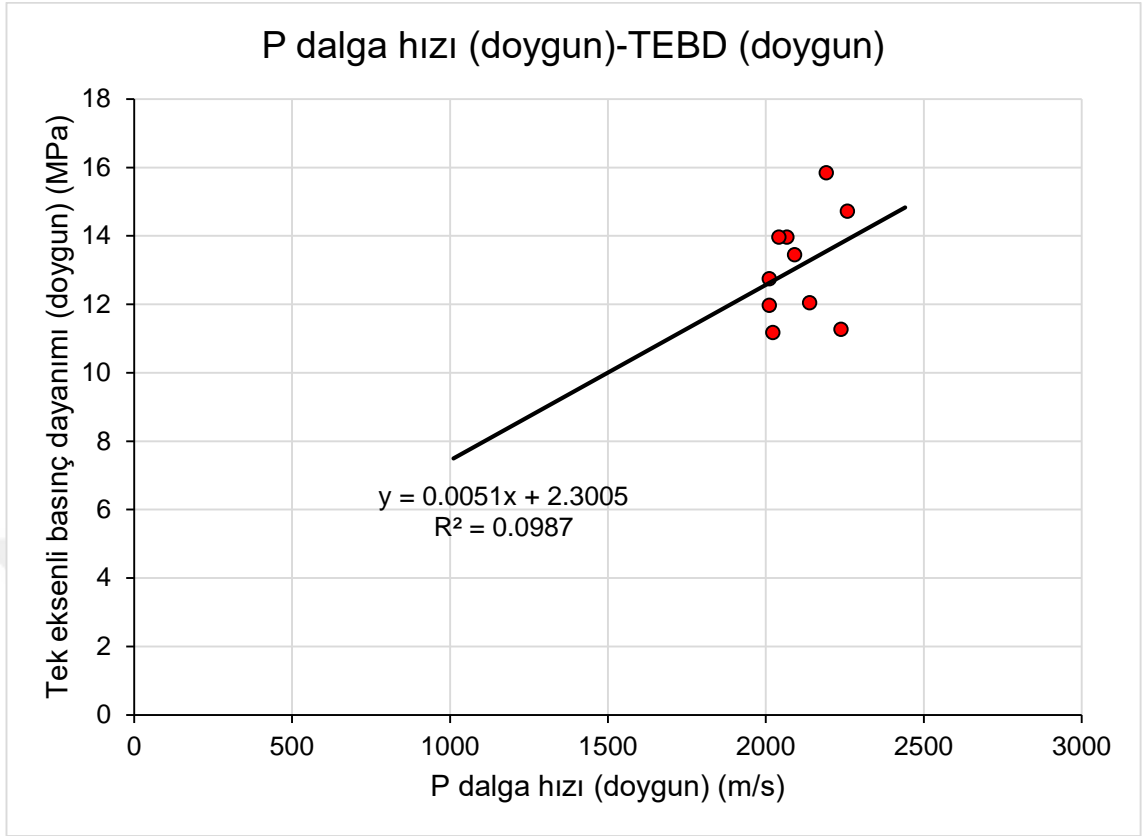
Şekil 6.23. Tomarza ignimbritleri için P-dalgası hızı (doygun)- doygun birim hacim ağırlık arasındaki istatistiksel ilişki

Tomarza siyah renkli ignimbritlerinin kuru koşullardaki P-dalga hızı ile yine kuru koşuldaki tek eksenli basınç dayanımı arasındaki istatistiksel ilişki Şekil 6.24'de görülmektedir. Değerler doğrultusunda kuru P-dalgası ile tek eksenli basınç dayanımı parametreleri arasında anlamlı bir ilişki olmadığı görülmektedir.



Şekil 6.24. Tomarza ignimbritleri için P-dalgası hızı (kuru)-tek eksenli basınç dayanımı (kuru) arasındaki istatistiksel ilişki

Tomarza ignimbritlerinin doymun koşullarda belirlenen P-dalga hızı ile tek eksenli basınç dayanımı parametrelerinin istatistiksel ilişki Şekil 6.25'te gösterilmektedir. Bu iki parametreyi incelediğimizde Tomarza ignimbritleri için belirleme katsayısının (R^2) 0.09 olduğu görülmektedir. Buna göre, Tomarza ignimbritleri için doymun koşullardaki P-dalgası hızı ile doymun tek eksenli basınç dayanımı arasında da anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır.

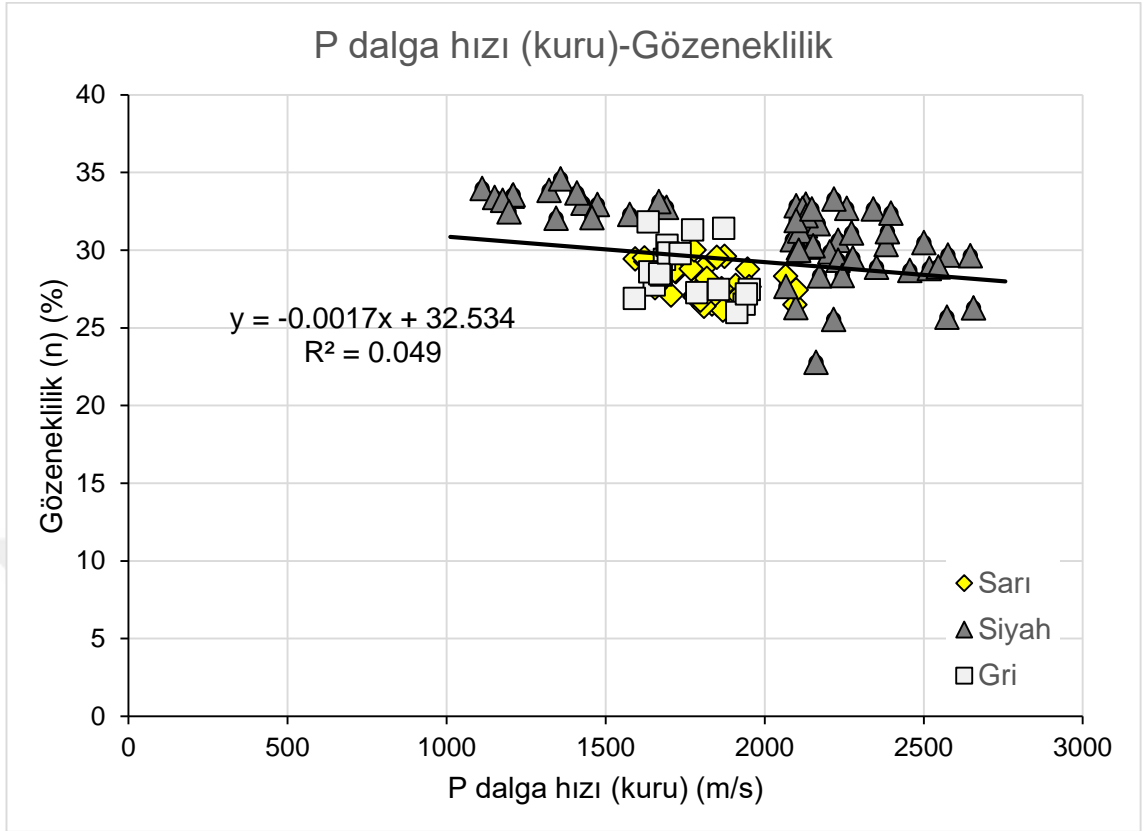


Şekil 6.25. Tomarza ignimbiritleri için P-dalgası hızı (doygun)-tek eksenli basınç dayanımı (doygun) arasındaki istatistiksel ilişki

6.3.4. Tüm İgnimbirit Örnekleri

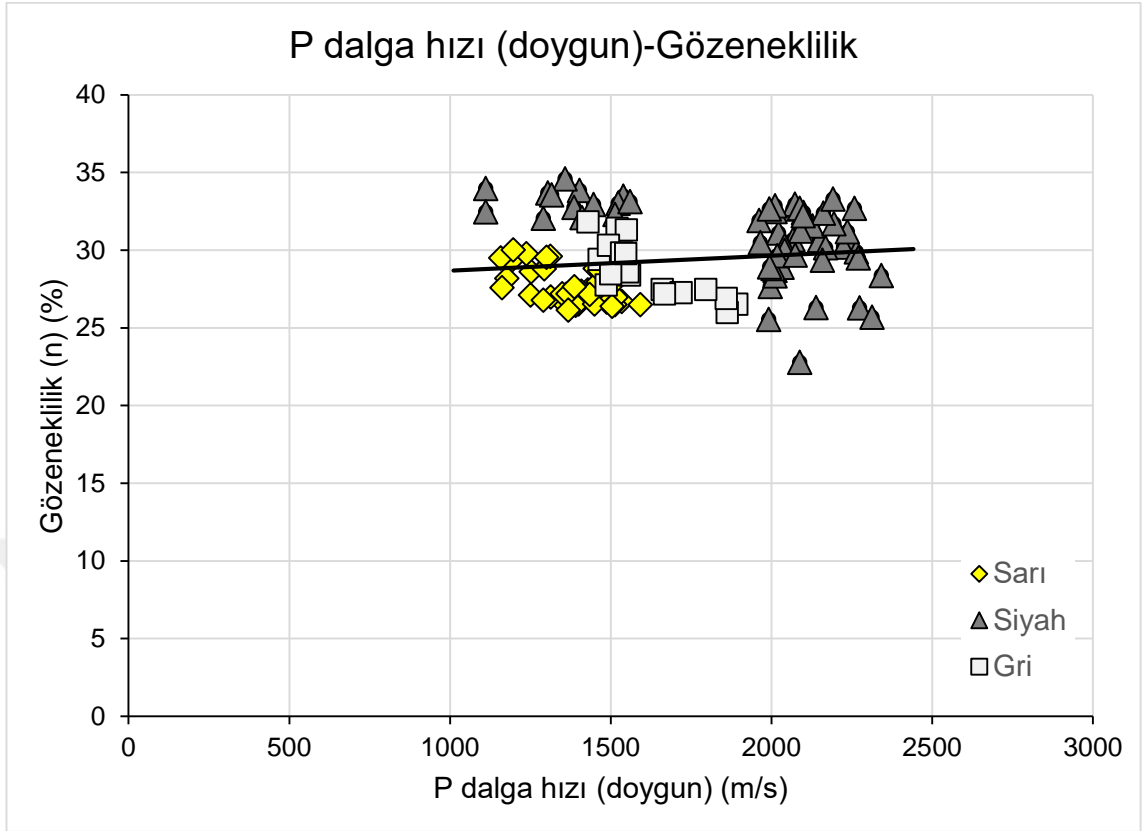
Bu bölümde 3 farklı bölgeden alınan ve ayrı ayrı incelenen ignimbiritlere ait tüm veriler birlikte incelenerek kuru ve doygun koşullarda P-dalgası hızları ile gözeneklilik, kütlece su emme oranı, kuru ve doygun birim hacim ağırlık ve tek eksenli basınç dayanımı değerleri arasındaki basit regresyon ilişkileri araştırılmıştır.

Tez çalışmasında kullanılan ignimbiritler için kuru koşullardaki P-dalgası hızları ile gözeneklilik arasındaki istatistiksel ilişki Şekil 6.26'da sunulmaktadır. Söz konusu istatistiksel ilişki incelendiğinde bu iki parametre arasındaki belirleme katsayısının (R^2) 0.05 olduğu görülmektedir. Bu değer doğrultusunda incelenen ignimbiritler için kuru koşullardaki P-dalgası hızı ile gözeneklilik arasında anlamlı bir ilişki olmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır.



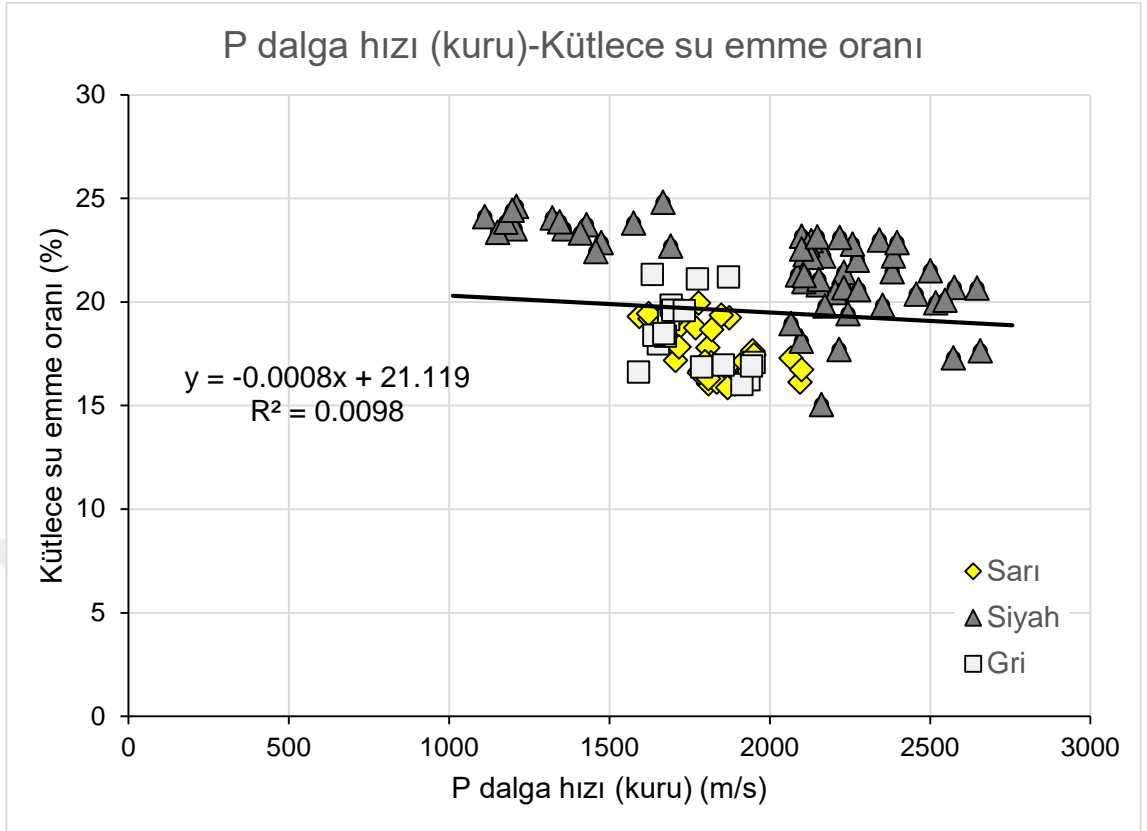
Şekil 6.26. İgnimbirit örneklerinin tamamı için P-dalgası hızı (kuru)-gözeneklilik arasındaki istatistiksel ilişki

Bütün ignimbirit örnekleri için doygun koşullardaki P-dalgası hızları ile gözeneklilik arasındaki ilişki incelendiğinde, her iki parametre için de anlamlı bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 6.27). P-dalgası hızı ile gözeneklilik arasında negatif bir ilişki olması gerekirken, pozitif bir ilişki ortaya çıkmış olup, bu sebeple bu korelasyon için belirleme katsayısı saptanamamıştır.



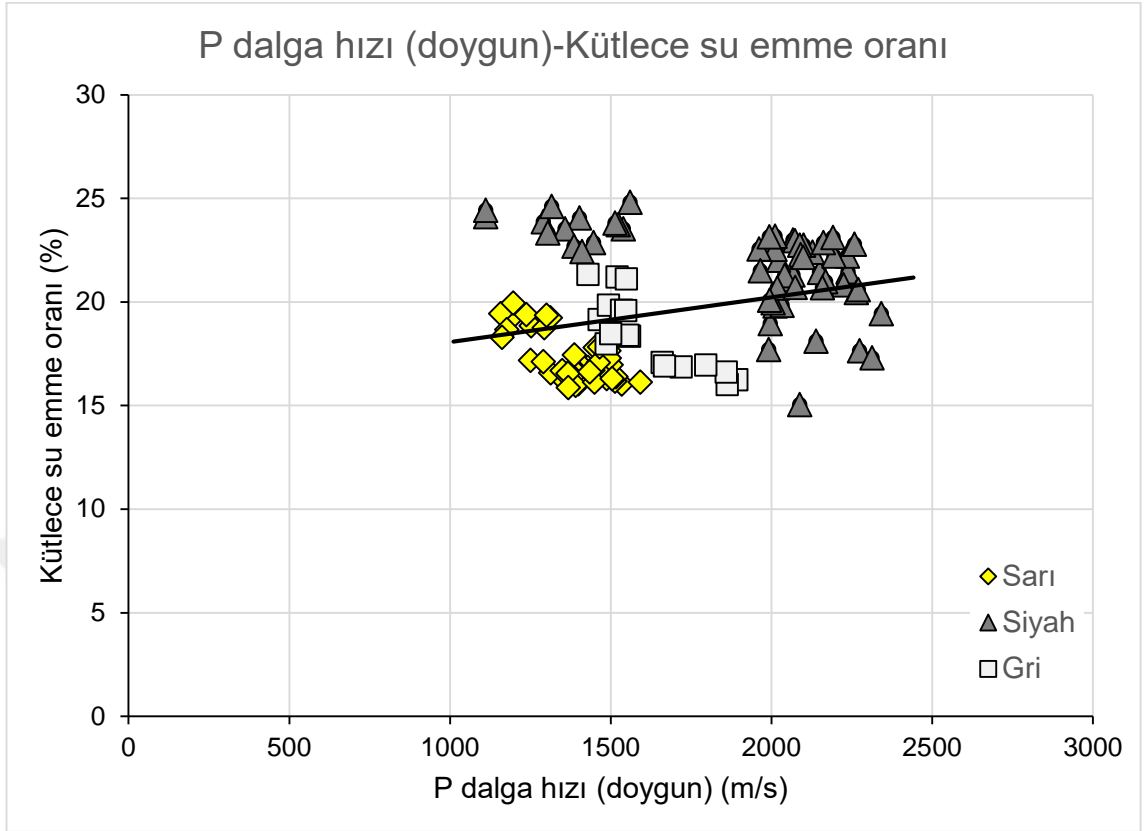
Şekil 6.27. İgnimbirit örneklerinin tamamı için P-dalgası hızı (doygun)-gözeneklilik arasındaki istatistiksel ilişki

Tüm ignimbirit örneklerinin kuru haldeki P-dalgası ile kütlece su emme oranı arasındaki istatistiksel ilişkiyi incelediğimizde bu parametrelerin arasındaki belirleme katsayısının (R^2) 0.01 olduğu görülmektedir. Bu değer, ignimbiritler için kuru koşullarda P-dalga hızı ile su emme oranı arasında anlamlı bir ilişki olmadığını göstermektedir. Bahse konu istatistiksel ilişki Şekil 6.28’de sunulmaktadır.



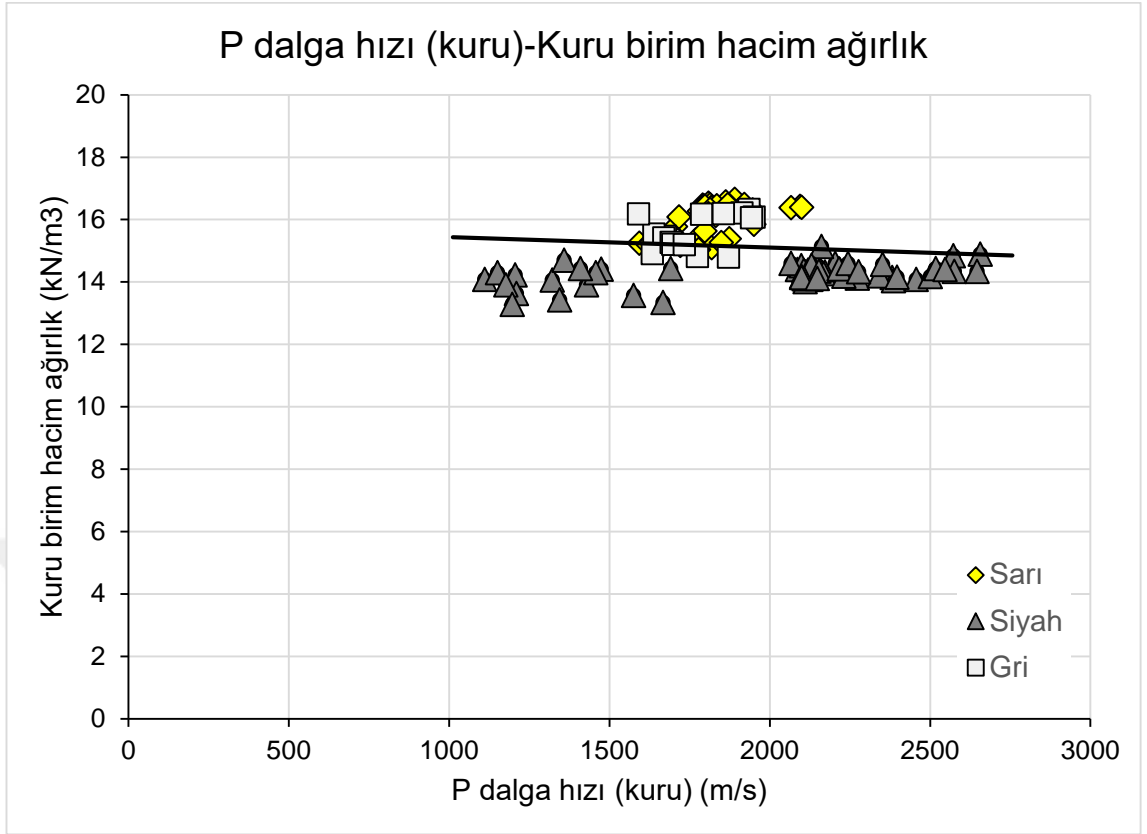
Şekil 6.28. İgnimbirit örneklerinin tamamı için P-dalgası hızı (kuru)-kütlece su emme oranı arasındaki istatistiksel ilişki

Tüm ignimbirit örnekleri için doygun koşullardaki P-dalgası hızları ile kütlece su emme oranı arasındaki istatistiksel ilişki de Şekil 6.29’da verilmektedir. Söz konusu istatistiksel ilişki incelendiğinde bu iki parametre arasında anlamlı bir ilişki olmadığı görülmektedir. P-dalga hızı ile kütlece su emme oranı arasında negatif bir ilişki olması gerekirken, pozitif bir ilişki ortaya çıkmış olup, bu sebeple bu korelasyon için belirleme katsayısı saptanmamıştır.



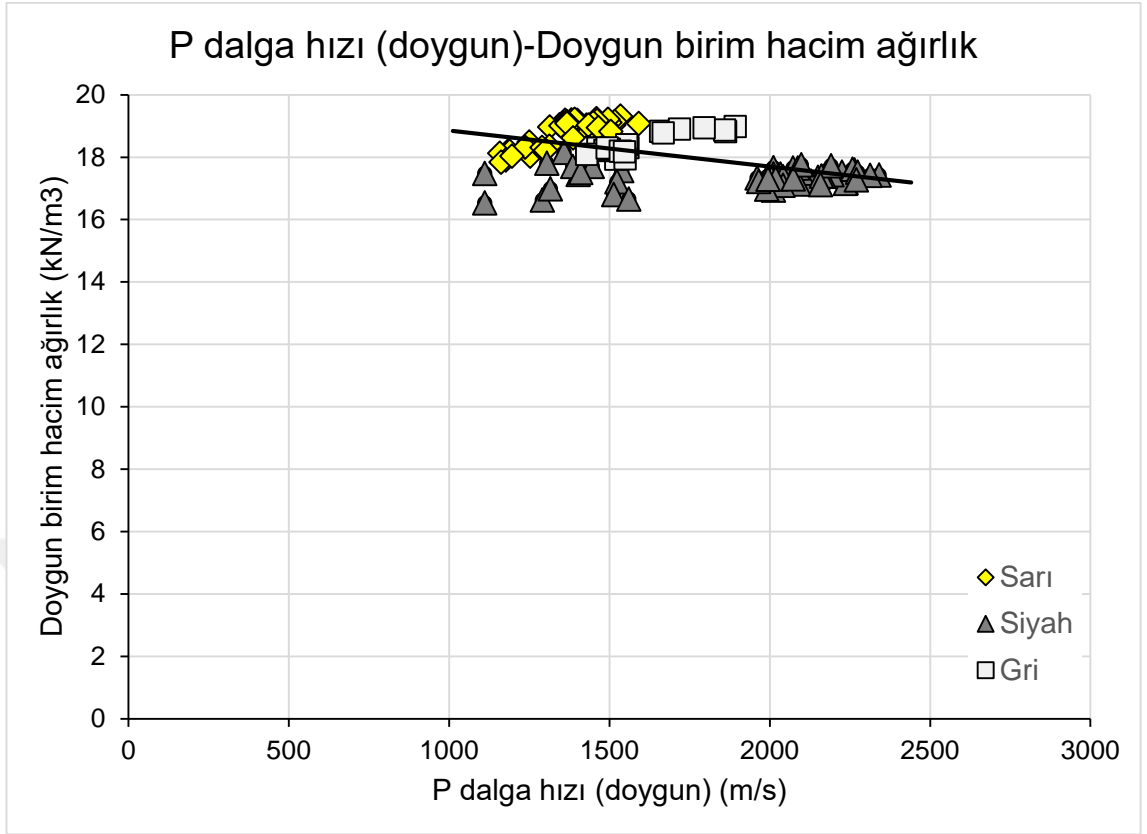
Şekil 6.29. İgnimbirit örneklerinin tamamı için P-dalgası hızı (doygun)-kütlece su emme oranı arasındaki istatistiksel ilişki

Kuru koşullarda P-dalga hızı ile kuru birim hacim ağırlık arasındaki istatistiksel ilişkiyi incelediğimizde ignimbiritlerin kuru koşullardaki P-dalgası hızı ile kuru birim hacim ağırlığı arasında anlamlı bir ilişki olmadığı görülmektedir (Şekil 6.30). P-dalga hızı ile kuru birim hacim ağırlığı arasında pozitif bir ilişki olması gerekirken, negatif bir ilişki elde edilmiş olup, bu sebeple bu korelasyon için belirleme katsayısı saptanmamıştır.



Şekil 6.30. İğnimbirit örneklerinin tamamı için P-dalgası hızı (kuru)-kuru birim hacim ağırlık arasındaki istatistiksel ilişki

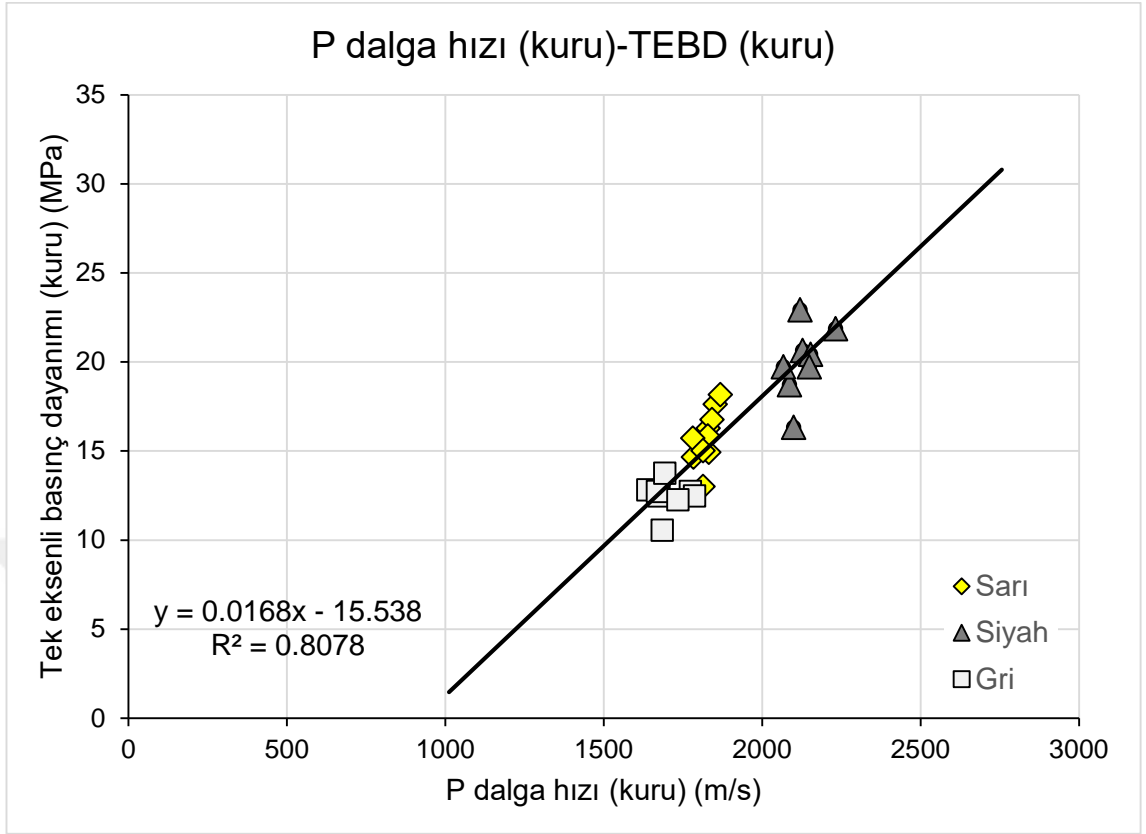
Doygun koşullarda P-dalga hızı ile doymuş birim hacim ağırlık arasındaki istatistiksel ilişkiyi incelediğimizde iğnimbiritlerin doymuş koşullardaki P-dalgası hızı ile doymuş birim hacim ağırlığı arasında anlamlı bir ilişki olmadığı görülmektedir (Şekil 6.31). P-dalga hızı ile doymuş birim hacim ağırlığı arasında pozitif bir ilişki olması gerekirken, negatif bir ilişki elde edilmiş olup, bu sebeple bu korelasyon için belirleme katsayısı saptanmamıştır.



Şekil 6.31. İgnimbirit örneklerinin tamamı için P-dalgası hızı (doygun)-doygun birim hacim ağırlık arasındaki istatistiksel ilişki

Tez çalışması kapsamında incelenen tüm ignimbirit örneklerinin P-dalga hızları ile fiziksel ve indeks özellikleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler elde edilemese de, P-dalgası hızı ile en anlamlı ilişkiler tek eksenli basınç dayanımı değerleri için elde edilmiştir. Buna göre, kuru örnekler üzerinde ölçülen P-dalga hızları ile kuru tek eksenli basınç dayanımı arasındaki değerler karşılaştırıldığında, her iki parametre arasında oldukça anlamlı bir ilişkiden söz etmek mümkündür. Yapılan basit regresyon analizi sonucunda bu iki parametre arasındaki belirleme katsayısı (R^2) 0.81 olarak bulunmuştur (Şekil 6.32). Buna göre, kuru koşullardaki P-dalga hızları ile tek eksenli basınç dayanımı arasındaki eşitlik aşağıdaki şekildedir.

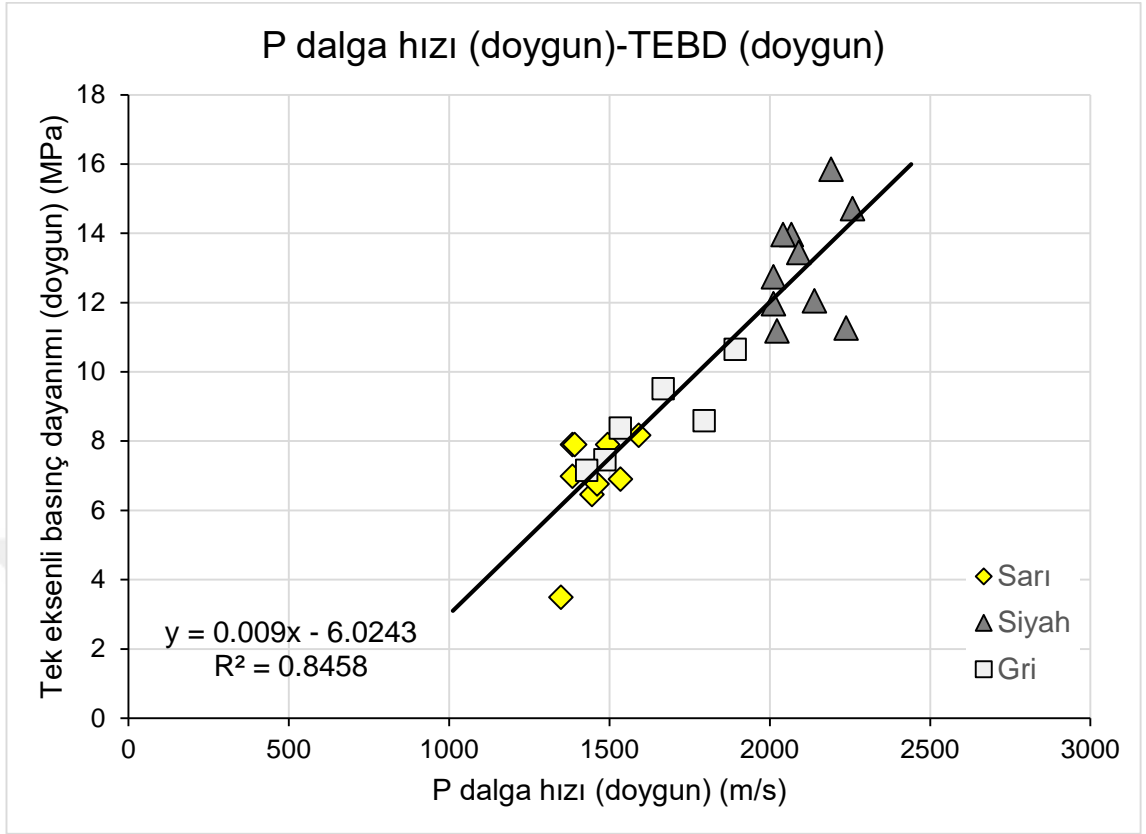
$$\sigma_{c(kuru)} = 0.0168 V_{p(kuru)} - 15.538 \quad (9)$$



Şekil 6.32. İgnimbirit örneklerinin tamamı için P-dalgası hızı (kuru)-tek eksenli basınç dayanımı (kuru) arasındaki istatistiksel ilişki

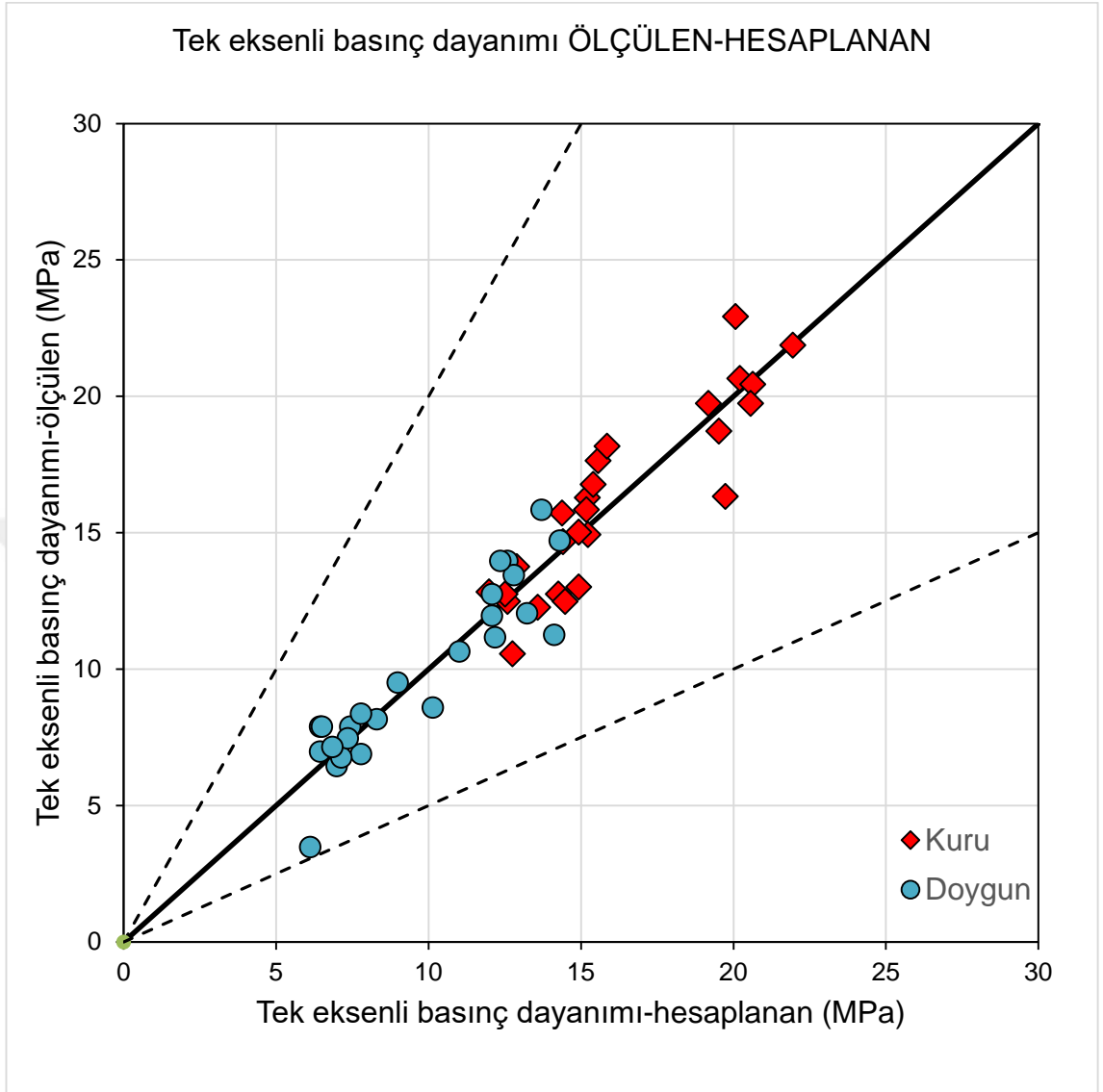
Öte yandan incelenen tüm ignimbirit örnekleri için doymuş koşullardaki P-dalgası hızları ile tek eksenli basınç dayanımı arasındaki değerler karşılaştırıldığında, her iki parametre arasında yine oldukça anlamlı bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan basit regresyon analizi sonucunda belirleme katsayısı (R^2) 0.85 olarak bulunmuştur (Şekil 6.33). Buna göre, doymuş koşullardaki P-dalgası hızları ile tek eksenli basınç dayanımı arasındaki eşitlik aşağıdaki şekildedir.

$$\sigma_{c(doygun)} = 0.009 V_{p(doygun)} - 6.0243 \quad (10)$$



Şekil 6.33. İgnimbirit örneklerinin tamamı için P-dalgası hızı (doygun)-tek eksenli basınç dayanımı (doygun) arasındaki istatistiksel ilişki

Bu tez çalışması kapsamında tüm ignimbirit örneklerinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda P-dalgası hızı ile tek eksenli basınç dayanımı arasında istatistiksel açıdan anlamlı ilişkiler ortaya konmuştur. Elde edilen eşitliklerin anlamlılık derecelerini değerlendirmek amacıyla P-dalgası hızı kullanılarak çalışma kapsamında ortaya konan eşitliklerle (Eşitlik 5 ve 6) tek eksenli basınç dayanımı değerleri hesaplanmış ve aynı örneklere ait laboratuvarında belirlenen tek eksenli basınç dayanımı değerleri ile karşılaştırılmıştır (Şekil 6.34). Söz konusu grafik incelendiğinde hesaplanan değerler ile ölçülen değerlerin büyük oranda yakınlık gösterdiği ve 1:1 doğrusu etrafında yoğunlaştığı görülmektedir. Gerek kuru ve gerekse doygun koşullar için P-dalgası hızından hesaplanan tek eksenli basınç dayanımları 1:2 doğruları ile belirlenen alan içerisinde kalmaktadır. Bu durum, Nevşehir yöresi ignimbiritlerinin dayanım tahmininde P-dalgası hızının kullanılabilceği sonucunu bir kez daha ortaya koymaktadır.



Şekil 6.34. Tez çalışması kapsamında incelenen tüm ignimbirit örnekleri için laboratuvarında ölçülen ve P-dalga hızından hesaplanan tek eksenli basınç dayanımı değerlerinin karşılaştırılması

7.BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında yapıtaşı olarak yaygın şekilde kullanılan Nevşehir ve yakın çevresindeki ignimbirit kayalarının bazı fiziko-mekanik özellikleri ile P-dalga hızları arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla farklı örnek grupları üzerinde deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiş, istatistiksel analizlerle farklı parametreler arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığı araştırılmıştır. İgnimbirit kayacı, hafif ve kolay işlenebilir olması nedeniyle yapıtaşı sektöründe oldukça yoğun şekilde tercih edilmektedir. Öte yandan, ignimbiritlerin aşırı gözenekli yapısı, onların termal yalıtım özellikleri üzerinde olumlu bir etki yaratmaktadır. Bütün bu olumlu özelliklerin yanı sıra, ignimbiritler su etkileri karşısında oldukça duyarlıdır ve su ile temas etmeleri halinde zaman içerisinde ayrışarak ilksel özelliklerini kaybetmektedirler.

İgnimbiritler, inşaat sektöründe yoğun şekilde tercih edilmesine rağmen, ignimbiritlerin bu sektördeki kullanımına yönelik detaylı bir standart henüz mevcut değildir. İgnimbiritler, düşük-çok düşük dayanıma sahip bir kaya grubunda yer almalarına karşın, suya karşı gerekli önlemler alınarak su ile temasları önleildiğinde uzun dönemde kullanılabilirliğine sahiptirler. Bu nedenle, ignimbiritlerin yapıtaşı amaçlı kullanımlarından önce fiziko-mekanik özellikleri iyi belirlenmeli ve bu özelliklerine uygun olan alanlarda kullanımına özen gösterilmelidir. Ancak, çoğu zaman yeterli miktarda laboratuvar deney çalışması yapılması mümkün olmadığından, ignimbiritlerin basit ve pratik olarak belirlenebilen özelliklerinden dayanım ve indeks özelliklerine geçilmesi oldukça önem taşımaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında Nevşehir (Merkez), Derinkuyu (Nevşehir) ve Tomarza (Kayseri) yörelerine ait üç farklı ignimbirit kayacı incelenmiş ve bu örnek gruplarının fiziko-mekanik özellikleri ile basit, hasarsız ve pratik şekilde belirlenebilen P-dalgası hızları arasındaki istatistiksel ilişkiler değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler öncelikle her bir örnek grubunun kendi içerisinde gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, her üç örnek grubuna ait veriler birlikte ele alınarak basit regresyon analizleri gerçekleştirilmiş ve söz konusu ilişkiler yeniden gözden geçirilmiştir.

Sarı renkli Nevşehir (Merkez) ignimbiritlerinde kuru ve doymuş koşullardaki P-dalga

hızları ile gözeneklilik değerleri arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Buna göre kuru ve doymuş koşullar için her iki parametre arasındaki belirleme katsayısı değerleri 0.12 ve 0.28'dir. Benzer şekilde, P-dalga hızı (kuru ve doymuş) ile kütlece su emme oranları arasında da çok yüksek belirleme katsayıları bulunamamıştır. Doymuş P-dalga hızı ile kütlece su emme arasındaki belirleme katsayısı ancak 0.54 civarındadır ki, bu değer iki parametre arasındaki ilişkinin çok düşük olduğunu işaret etmektedir. Sarı renkli ignimbirit örneklerinin kuru birim hacim ağırlıkları ile P-dalgası hızları arasında önemli bir ilişki saptanamazken, sarı ignimbiritlerin doymuş birim hacim ağırlığı ile P-dalga hızları arasında 0.75 belirleme katsayısına sahip anlamlı bir ilişki ortaya konmuştur. Dayanım özellikleri açısından ele alındığında kuru koşullardaki P-dalga hızı ile tek eksenli basınç dayanımı arasındaki belirleme katsayısı 0.77 iken doymuş şartlarda bu ilişki oldukça düşüktür ($R^2=0.007$). Buna göre, sarı renkli Nevşehir ignimbiritleri için P-dalga hızları ile ilgili en yüksek ilişkili parametrenin doymuş birim hacim ağırlığı ve kuru koşullardaki tek eksenli basınç dayanımı olduğu ortaya konmuştur.

Nevşehir (Derinkuyu) gri renkli ignimbirit örneklerinde kuru şartlarda P-dalga hızları ile gözeneklilik değerleri arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Kuru koşullarda P-dalga hızı ile gözeneklilik arasında ilişki kuvvet değeri 0.13 bulunmuştur. Doymuş koşullarda ise P-dalga hızı ile gözeneklilik arasında ise belirleme katsayısı $R^2=0.62$ gibi orta derecede bir ilişki tespit edilmiştir. Benzer şekilde P-dalga hızları ile kütlece su emme değerleri arasında kuru koşullarda belirleme katsayısı $R^2=0.15$ olmak üzere anlamlı bir ilişki tespit edilememekte olup; doymuş koşullarda $R^2=0.66$ ilişki katsayısı ile orta dereceli bir ilişki ortaya çıkarılmıştır. Gözeneklilik ve kütlece su emmede olduğu gibi kuru koşullarda, P-dalga hızları ile kuru birim hacim ağırlığı arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Kuru şartlarda ilişki kuvveti $R^2=0.20$ olarak tespit edilmiştir. Doymuş koşullarda ise P-dalga hızları ile doymuş birim hacim ağırlıkları arasında belirleme katsayısı $R^2=0.76$ olmak üzere anlamlı bir ilişki saptanmıştır. Derinkuyu ignimbiritlerinin P-dalga hızı (kuru ve doymuş) ile tek eksenli basınç dayanımı arasında anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir.

Siyah renkli Kayseri (Tomarza) ignimbiritlerinde kuru ve doymuş koşullarda P-dalga hızları ile gözeneklilik arasında anlamlı bir ilişki bulunamayıp her iki parametre arasındaki belirleme katsayısı değeri 0.51 ve 0.28 olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde kuru ve doymuş koşullarda P-dalga hızları ile kütlece su emme arasında çok

yüksek, anlamlı belirleme katsayısı bulunamamıştır. Kuru ve doymuş koşullarda kütlece su emme oranları belirleme katsayıları 0.56 ve 0.34'tür. Siyah ignimbirit örneklerinin P-dalga hızları ile birim hacim ağırlıkları arasında kuru ve doymuş koşullarda yine anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Benzer şekilde P-dalgası ile tek eksenli basınç dayanımıyla arasındaki ilişki de birim hacim ağırlığında olduğu gibi çok düşük belirleme katsayılarına sahiptir.

İgnimbirit örneklerinin tamamını kuru ve doymuş şekilde P-dalga hızları ve diğer parametreler ile irdelenecek olursak P-dalgası ve gözeneklilik, kuru ve doymuş şartlarda belirleme katsayıları en yüksek 0.05 çıkmıştır ki anlamlı bir ilişki kurulamayacak kadar düşüktür. Benzer şekilde P-dalga hızları ile kütlece su emme oranları arasında en yüksek belirleme katsayısı 0.08'dir ve anlamlı bir istatistiksel ilişki bulunmamaktadır. P-dalga hızları ile birim hacim ağırlıkları arasında kuru ve doymuş koşullardaki belirleme katsayıları 0.01 ve 0.28'dir. Bu durumda bu iki parametre için de çok yüksek veya anlamlı bir ilişkiden söz edilemez. En son olarak P-dalgası ile tek eksenli basınç dayanımı arasında kuru koşullarda belirleme katsayısı $R^2=0.81$ olmak üzere oldukça anlamlı bir ilişkiden bahsedilebilmektedir. Benzer şekilde doymuş koşullarda P-dalgası ile tek eksenli basınç dayanımı arasındaki belirleme katsayısı $R^2=0.85$ olarak bulunmuş olup, yüksek derecede anlamlı bir ilişki mevcuttur.

Bu tez çalışması kapsamında yapılan deneysel çalışmalar ignimbiritlerin P-dalgası hızları ile bazı fiziksel özellikleri arasında sınırlı bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Yapılan basit regresyon analizlerinde belirleme katsayıları çoğu zaman çok düşük olarak belirlenmiştir. Ancak, dikkati çeken bir husus, bazı ignimbirit örneklerinin doymuş koşullardaki P-dalgası hızları ile fiziksel özellikleri arasındaki ilişkinin arttığıdır. Bilindiği üzere, ignimbiritler oldukça gözenekli bir kaya grubudur. Bu gözenekli yapının yanı sıra, oluşumları esnasında kazandıkları heterojen yapı, söz konusu ilişkilerdeki anlamlılık derecesini azaltmaktadır. Örneğin, ignimbiritlerin oluşumları esnasında bünyelerine aldıkları pomza ve kayaç parçaları gibi litik malzemeler, ignimbiritlerin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde oldukça etkili olabilmektedir. İgnimbiritlerdeki gözenekli yapının doymuş hale gelmesi, P-dalga hızı yayılımını kolaylaştırmaktadır.

Öte yandan, tez çalışması kapsamında değerlendirilen örnek gruplarında bazı ilişkiler

anlamli ve yuiksek belirleme katsayisi değerleri sunmaktayken, tüm örnek gruplarına ait parametrelerin birlikte değerlendirilmesiyle yapılan istatistiksel analizlerde aynı anlamli ilişkiden söz edilemediği ortaya konmuştur. Bu durum, ignimbiritlerin heterojen yapısının en önemli göstergelerinden bir tanesidir.

Bu alışma kapsamında sınırlı örnek grubu ile laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiş olup, örnek sayısının ve çeşidinin artırılması durumunda değerlendirmeye konu olan fiziksel ve mekanik parametrelerle P-dalgası hızları arasında daha anlamli ve yuiksek korelasyona sahip ilişkiler ortaya konulacağı düşünülmektedir. Bu alışma kapsamında nerilen P-dalga hızı ile fiziko-mekanik özellikler arasındaki ilişkilerin incelenen ignimbirit örneklerine ait olduğu unutulmamalıdır. Öte yandan, bu çalışmada incelenen tüm örneklerin kuru ve doygun koşullardaki P-dalga hızları ile tek eksenli basınç dayanımları arasında yuiksek derecede anlamli ilişkiler ($R^2=0.81$ ve 0.85) olduğu saptanmış olup, ortaya konan eşitlikler ile ignimbiritlerin tek eksenli basınç dayanımı, P-dalga hızı kullanılarak kestirilebilir.

8.BÖLÜM

KAYNAKÇA

1. Korat, G., "Taş Kapıdan Taç Kapıya", *İletişim Yayınları 866*, 2003.
2. Özdem, O., "Yaşanmış Nevşehir Hikayeleri 2", *Sonçağ Yayıncılık*, 209-210, Ankara, 2019
3. Pamuk, E., Büyüksaraç, A., "Investigation of strength characteristics of natural stones in Ürgüp", *Journal of science and technology*, 2017
4. Karakul, H., Ulusay, R., " Kayaların Dayanım Özelliklerinin Farklı Doygunluk Koşullarında P dalgasının Hızından Kestirimi ve P-dalga Hızının Fiziksel Özelliklere Olan Duyarlılığı" , *Hacettepe Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni*, Ankara, 2012.
5. Kuşçu, M., Demiray, Z., "Mermer ve Yapıtaşı Olarak Kullanılan Farklı Jeolojik Kökenli Kayaçların Porozite, P-Dalga Hızı Ve Basınç Dayanımı İlişkisinin İncelenmesi", *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16-23, 2015.
6. Özçep, F., Karabulut, S., Özgüven, B., Sanlı, O., "Tahribatsız Test Yöntemleri Ve Ultrasonik Hız Ölçümleri", *Jeofizik Bülteni*, 2012.
7. Kurtuluş, C., Yazan, K., Üçkardeş, M. ve Turan, O.K., 2010. , "Kayalar İçinde Sismik P-Dalgasının Kırık Yoğunluğu ile Değişiminin İncelenmesi.", *Uygulamalı Yerbilimleri Sayı:2*, 10-18, 2010).
8. ASTM, 1994. Annual Book of ASTM Standards-Soil and Rock, Building Stones, Section-4, Construction, V. 04.08. ASTM Publication, 972 p.
9. ISRM, 2007. The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006. Suggested Methods Prepared by the ISRM Turkish National Group, Ankara, Turkey, 628 p.
10. Koralay, T., "İncesu İgnimbiritinin (Kayseri) Jeolojisi, Petrolojisi Ve Ayırtman Özellikleri, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 2006.
11. Gevrek, A.İ., Kazancı, N., "İgnimbirit Oluşum Ve Özellikleri", *Jeoloji Mühendisliği S.38*, 39-42, Mayıs 1991.

12. Beekman, P.H., “The Pliocene and Quaternary volcanism in the Hasandağ-Melendiz dağ region”, *MTA Bull.*, 66, 99-106, 1966.
13. Pasquare, G.,” Geology of Cenozoic volcanic area of Central Anatolia. Memorie:Roma”, *Accademia Nazionale Dei Lincei*, s. 55-204, 1968.
14. Batum, İ.,”Nevşehir güneybatısındaki Güllüdağ ve Acıgöl yöresi volkanitlerinin jeolojisi ve petrografisi”, *Yerbilimleri*, 1978.
15. Erdoğan, M., “Nevşehir Ürgüp yöresi tüflerinin malzeme jeolojisi açısından araştırılması.”, *İ.T.Ü. Maden Fak.*, Doktora Tezi, s. 100, 1986.
16. Korkanç, M., “İgnimbiritlerin Jeomekanik Özelliklerinin Yapı Taşı Olarak Kullanımına Etkisi: Nevşehir Taşı.”, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 31 ,49-60, 2007.
17. Kuşçu, M., Yıldız, A., "Ayazini (Afyon) Tüflerinin Yapı Taşı Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması", *Türkiye 3. Mermer Sempozyumu Mersem*, 2001 .
18. Öner, F., Türkmen, S., Özbek, A. and Karakaya, T., “Engineering properties of Hınıs ignimbrites and their usability as a building Stone (Erzurum, Turkey)”, *Environmental Geology*, 50, 275–284, 2006.
19. Bostancı, M. , "İgnimbiritlerin (Nevşehir Bölgesi) Kapiler Su Emme Davranışlarının İncelenmesi", *N.H.B.V.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, 2016.
20. Kaygısız, H., "Kayseri Yöresindeki Yapıtaşlarının Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi", *Çukurova Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 2010.
21. Topal, T., Doyuran, V., “Engineering geological properties and durability assessment of the Cappadocian tuff.”, *Engineering Geology*, 47, 175-187, 1997.
22. Koralay, T., Kadioğlu, Y.K., Davis, P., “Weak compositional zonation in a silicic magmatic system: Incesu ignimbrite, Central Anatolian Volcanic Province (Kayseri – Turkey)”, *Journal of Asian Earth Sciences*, 40, 371–393, 2011a.
23. Şimşek, O., Erdal, M., “Investigation of some mechanical and physical properties of the Ahlat Stone (Ignimbrite).”, *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 17 (4), 71-78, 2004.

24. Ulusay, R., Akagi, T., Ito, T., Seiki, T., Yüzer, E. and Aydan, Ö., "Long term mechanical characteristics of Cappadocia tuff", Proceedings of the 9 ISRM International Congress, G.Vouille and P. Berest (eds.), Paris, France, A.A. Balkema, 687-690, 1999.
25. Aydan, Ö., Tano, H., Ulusay, R., Kumsar, H.ve Yenipınar, H., "Derinkuyu yer altı şehrinin uzun süreli yapısal duraylılığı ve çevre koşullarının incelenmesi üzerine deneysel bir çalışma", *Kapadokya Yöresinin Jeolojisi Sempozyumu*, 17-20 Ekim 2007 .
26. Ceylan, A.B., "Nevşehir Yöresi İgnimbiritlerinin Doğal Yapı Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi", *N.H.B.V.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, 2016.
27. Kılıç, Ö., Kahraman, E., Kılıç, A.M., "Kireçtaşı Mermerlerinin Fiziko-mekanik Özellikleri ile P Dalga Hızı Arasındaki İlişkinin İncelenmesi", *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(2), ss. 9-16, Haziran 2018.
28. Çelik, M.Y., "Afyonkarahisar yöresi tüflerinin fiziko-mekanik özelliklerinin ultrases dalga hızı ile ilişkisinin incelenmesi", *Politeknik Dergisi*, 20(4): 961-970, (2017).
29. Günaydın, O., Akkuş, Ç., Darğın, S., "Adilcevaz Kireçtaçlarının Liman Dolgusu Olarak Kullanılabilirliğinin Deneysel Araştırması", *8. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu*, Van, 2014.
30. Nar, A., "Kayaların Tek Eksenli Sıkışma Dayanımının Tahmininde Birleşik Yöntemin (SONREB) Değerlendirilmesi", *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, Van, 2016.
31. Karaman, K., Kesimal, A., "Kayaçların Tek Eksenli Basınç Dayanımı ile Ultrasonik Dalga Hızı Arasındaki İlişkinin Değerlendirilmesi", *Yer Altı Kaynakları Dergisi*, Yıl:2 Sayı: 4, Temmuz 2013.
32. Uyanık, O., Gülay F.G., Tezcan S., "Beton Dayanımının Tahribatsız Ultrasonik Yöntemle Tayini", *Hazır Beton*, 82-85, Ocak-Şubat 2012.
33. Muti, İ., "Foça Tüflerinin Mühendislik Jeolojisi", *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 2009.

34. Karakul, H., "Farklı Doygunluk Koşullarında Kayaların Dayanım Parametreleri ile P-Dalga Hızı Arasındaki İlişkilerin Araştırılması", *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora Tezi, Mayıs 2012.
35. Yurdakul, Y., Çubukçu, H.E., Akın, L., Akkaş, E., Erkut, V., Şen, E., Ulusoy, İ., "İgnimbiritlerin Alterasyon Özellikleri ile Ultrasonik Atım Hızları Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi", *69. Jeoloji Kurultayı*, Ankara, 2016
36. Sesveren, S., Mustafapaşa (Ürgüp-Nevşehir) Dolaylarında Yüzeyleyen İgnimbiritlerin Petrografik, Jeokimyasal ve Mühendislik Özelliklerinin İncelenmesi, *Cukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek lisans Tezi, 2004
37. İnternet: Nevşehir Valiliği "İlimiz Rehberi"
<http://www.nevsehir.gov.tr/ilimizrehberi>. [Çevrimiçi]
38. Aydar, E., Schmitt, A.K., Çubukçu, H.E., Akin, L., Ersoy, O., Şen, E., Duncan, R.A., Atici, G. "Correlation of ignimbrites in the central Anatolian volcanic province using zircon and plagioclase ages and zircon compositions", *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 213-214, 83-97, 2012
39. Atabey, E., "MTA 1/100.000 ölçekli açın-sama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Aksaray H19 (K33) Paftası." *MTA Jeoloji Etütleri Dairesi*, Ankara, 1989.
40. Ketin, İ., Genel Jeoloji Yer Bilimine Giriş, İTÜ Vakfı, Cilt I, s:1096, İstanbul, 1982.
41. Güner, Y., Emre, Ö., Baş, H., Erciyes Yanardağının Jeolojisi ve Jeomorfolojisi, *MTA Temel Araştırmalar Dairesi Başkanlığı*, 7-72, Ankara, 1984.
42. Duran, F., Erciyes Volkanizmasının Oluşumu, Koçcağız Köyü (Kayseri) Dolayının Stratigrafisi ve Tüflerin Yapı-Kaplama Taşı Olarak Kullanılabilirliği, *Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 2009.
43. Türkecan A., Acarlar M., Dönmez M., Hepşen N., Bilgin R., "Kayseri Bünyan-Develi-Tomarza Yöresinin Jeolojisi ve Volkanik Kayaçların Petrolojisi", 1988.
44. Batum, İ., "Nevşehir Güney Batısındaki Güllüdağ ve Acıgöl Yöresi Volkanitlerinin Jeokimyası ve Petrolojisi", *Yer Bilimleri*, 1978

45. Aydan, Ö., Akagi, T., Kawamoto, T., The Squeezing Potential Of Rock Around Tunnels: Theory And Prediction. Rock Mechanics and Rock Engineering, 137-163, 1993.
46. Aydan, Ö., Akagi, T., Kawamoto, T., The Squeezing Potential Of Rock Around Tunnels: Theory And Prediction. With examples taken from japan. Rock Mechanics and Rock Engineering 125-143, 1996.
47. Kahraman, S., Söylemez, M., Günaydın, O., Fener, M., Determination Of The Some Physical Properties Of Travertines From Ultrasonic Measurement. Proceedings Of 1st International Symposium On Travertine, pp. 231-234, Denizli,Turkey, 2005.
48. NBG, Norwegiangroup of rockmechanics: Handbook in engineering geology-rock. Norwegian rock mechanics group (NBG), 140 p, 1985.
49. Anon Classification of rocks and soils for engineering geologic almapping Part I- Rockand Soil Materials Bull Int Ass Geo, I9, pp 64-371, 1979.

ÖZGEÇMİŞ

Adı – Soyadı / Ünvanı : Ömer Faruk KEMİKKIRAN / Jeofizik Mühendisi

Doğum Tarihi / Yeri : 20.06.1988 / Nevşehir

Eğitim

İlköğretim : Cumhuriyet İlköğretim Okulu, Nevşehir, 2002

Ortaöğretim : Nevşehir 2000 Evler Lisesi, Nevşehir, 2006

Önlisans : Bozok Üniversitesi, İnşaat Bölümü, 2012

Lisans : Nevşehir Üniversitesi, Jeofizik Bölümü, 2015

Yüksek Lisans : Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 2019

Çalıştığı Kurum: Nevşehir İl Özel İdaresi

Sürekli Adres : Güzelyurt Mahallesi Vefa Küçük Caddesi No : 8/4 Merkez /
NEVŞEHİR

E-posta : omerfaruk_kemikkiran@hotmail.com

