

Bir Taş Ocağındaki Patlatma Uygulamalarına Ait En Yüksek Parçacık Hızı ile Frekans İlişkisi

Serdar ERCİNS^{*1} ORCID 0000-0001-8730-4135

Abdurrahman TOSUN² ORCID 0000-0002-3829-4417

¹Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü, Sivas

²Dokuz Eylül Üniversitesi, Bergama Meslek Yüksekokulu, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, İzmir

Geliş tarihi: 18.04.2022 Kabul tarihi: 23.09.2022

Atıf şekli/ How to cite: ERCİNS, S., TOSUN, A., (2022). Bir Taş Ocağındaki Patlatma Uygulamalarına Ait En Yüksek Parçacık Hızı ile Frekans İlişkisi. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 37(3), 827-833.

Öz

Bilindiği gibi açık ocak patlatmalarında patlatma sonucu, çevreye titreşim dalgaları yayılmakta ve dalgaların geçtiği yerler olumsuz bir şekilde etkilenmektedir. Konu ile ilgili çalışmalar yapan araştırmacılar, dalgaların oluşturduğu zarar derecesinin, en yüksek parçacık hız değeri ile ölçüldüğünü rapor etmişlerdir. Söz konusu hız değeri arttıkça zarar miktarının yüksek olduğu, hız değeri azaldıkça da çevreye verilen zarar miktarının az olduğunu vurgulamışlardır. Yapılan bu çalışmalarda, en yüksek parçacık hız değerinin, ölçekli mesafeye diğer bir deyişle patlatma noktası ile ölçüm yapılan nokta arasındaki mesafeye ve bir defada patlayan en yüksek patlayıcı madde miktarına bağlı olduğu görülmektedir. Ancak patlatma sonucu oluşan titreşim dalgalarının sıklığı yani frekans değerleri de çevreye zarar verme derecesini belirlemektedir. Bu çalışmada, bir taş ocağında bir takım patlatma uygulamaları gerçekleştirilerek en yüksek parçacık hız değerleri ölçülmüştür. Bu değerler ile Yanal (Tran), Düşey (Vert) ve Boyuna (Long) frekans değerleri karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: En yüksek parçacık hızı, Frekans, Titreşim, Ölçekli mesafe

Frequency Relationship with the Highest Particle Velocity of Blasting Applications in a Quarry

Abstract

As it is known, as a result of blasting in open pit blasting, vibration waves spread to the environment and the places where the waves pass are adversely affected. Researchers working on the subject have reported that the degree of damage caused by waves is measured with the highest particle velocity value. They emphasized that as the velocity value increases, the amount of damage is high, and as the velocity value decreases, the amount of damage to the environment is less.

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Serdar ERCİNS, sercins@cumhuriyet.edu.tr

In these studies, it is seen that the highest particle velocity value depends on the scaled distance, in other words, the distance between the detonation point and the measurement point, and the amount of the highest explosive substance detonated at once. However, the frequency of vibration waves formed as a result of blasting, in other words frequency values, also determines the degree of damage to the environment. In this study, the highest particle velocity values were measured by performing some blasting experiments in a quarry. These values and Transverse (Tran), Vertical (Vert) and Longitudinal (Long) frequency values were compared and interpreted.

Keywords: Peak particle velocity, Frequency, Vibration, Scaled distance

1. GİRİŞ

Sanayi ve endüstrinin temel girdi parametrelerini üreten madencilik sektöründe patlatma uygulamaları en önemli ana kriterlerden biridir. Özellikle hammaddelerin ekonomik olarak üretiminde patlatmanın verimli olarak uygulanabilmesinin yanı sıra, çevreye verilebilecek olan zararında en az seviyede tutulabiliyor olması oldukça önem arz etmektedir. Bu anlamda patlatma uygulamalarından kaynaklanan titreşimlerin önceden tahmin edilip en aza indirilebilmesinde kullanılan temel yaklaşım, en yüksek parçacık hızı ve ölçekli mesafe ilişkilerinin kullanılması ile sağlanmaktadır. Patlatma uygulamaları sonucunda meydana gelen yer sarsıntısının, gecikme başına kullanılan patlayıcı miktarına, ölçüm mesafesine ve sahanın jeolojik faktörüne bağlı oldu pek çok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır. [1-4]. Sahanın jeolojik faktörü kontrolü sağlanamayan oldukça karmaşık bir sistemdir. Her sahanın jeolojik yapısı birbirinden farklı olduğundan, yer sarsıntısını oluşturan dalgalar bazı sahalarda çok hızlı ilerlerken bazılarında dalga hızı oldukça yavaş olabilmektedir. Bu sebeple saha içinde yapılacak yer sarsıntısı ölçümleri bir yön belirlenerek hep o yönde yapılmalıdır. Patlatma uygulamalarında gecikme başına kullanılan patlayıcı madde miktarı ise kontrol edilebilen bir parametredir. Gecikme başına kullanılan patlayıcı madde ne kadar çoksa yersarsıntısı dalgaları da o kadar hızlı yayılır ve bunun etkisi daha tahrip edici olur. Patlatma noktası ile yersarsıntısının oluştuğu nokta arasındaki ölçüm mesafesi ne kadar uzak ise yersarsıntısı dalgalarının hızı da o kadar yavaş olmaktadır. Meydana gelen yersarsıntısından dolayı patlatma yapılan bölgeye yakın yerlerde bulunan yerleşim yerleri, insanlar ve yapılar

olumsuz bir şekilde etkilenmektedir. Bu nedenle patlatma esnasında meydana gelen yersarsıntısı hızını azaltmak için araştırmacılar birtakım çalışmalar yapmıştır [5-18].

Bu çalışmada, patlatma delikleri arasında optimum gecikme aralığı uygulanmış ve/veya deliklerde kullanılan patlayıcı madde miktarını azaltarak, yersarsıntısından kaynaklanan en yüksek parçacık hızının azaltılması sağlanmıştır. Aldaş ve Ecevitoglu [19] yaptıkları bir çalışmada, patlatma delikleri arasında uygun gecikme aralıkları kullanarak yersarsıntısından oluşan en yüksek parçacık hızını önemli ölçüde azaltmışlardır.

Patlatma uygulamaları esnasında titreşim ölçer cihazı kullanılarak belirlenen en yüksek parçacık hızı, önemli bir hasar göstergesidir. Ancak titreşim ölçer cihazında en yüksek parçacık hızının yanı sıra Yanal (Tran), Düşey (Vert) ve Boyuna (Long) kaydedilen parçacık hızlarının frekans değerleri de belirlenmektedir. Titreşim etkisinin en aza indirilmesinin yanı sıra, frekans verilerine bakarak patlatma esnasında sahadaki yer değiştirme ve dalga yayılma durumu hakkında yorum yapabilmek de oldukça önem arz etmektedir.

Hertz (Hz) ile gösterilen frekans ya da titreşim sayısı, bir olayın 1 saniyede hangi sıklıkta, kaç kere tekrar edildiğinin ölçümü olarak ifade edilmektedir. Bir olayın frekansı ölçülürken, o olayın belirli bir zaman aralığında kendisini kaç defa tekrar ettiği sayılır ve sonra bu sayı o zaman aralığına bölünerek frekans bulunur [20].

Patlatma kaynaklı titreşimlerin en aza indirilmesinde ve patlatma esnasında oluşan dalgaların formasyondaki yayılma durumları ile ilgili bilgi sağlanabilmesi açısından frekans içeriği

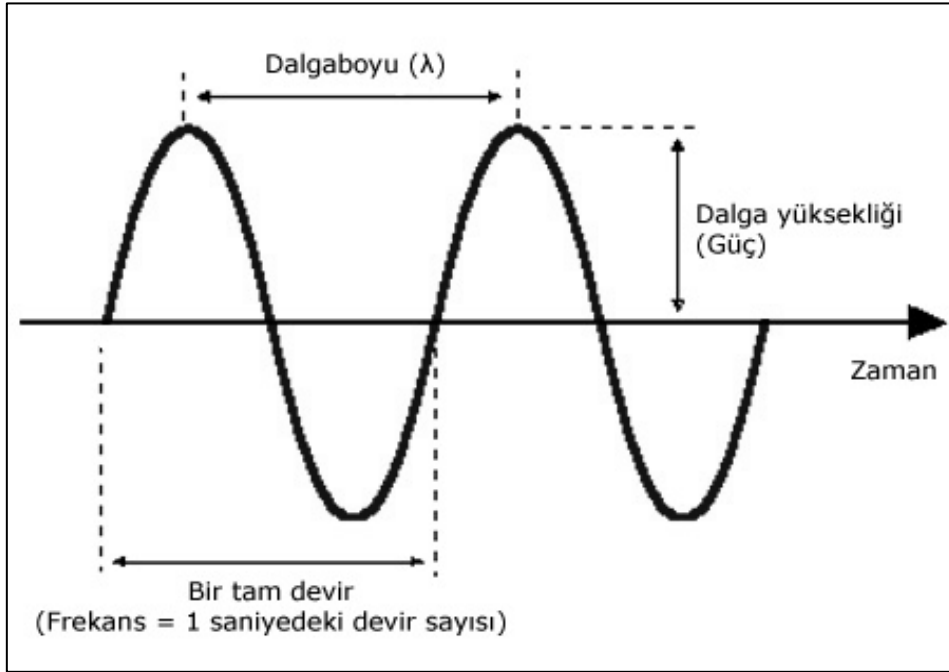
dikkate alınması gereken bir diğer önemli parametredir.

Bir dalganın frekansı, dalga boyu ile ilişkilidir. Dalga boyu, bir dalga örüntüsünün tekrarlanan birimleri arasındaki mesafe olarak tanımlanmakta (Şekil 1) ve Eşitlik 1 ile hesaplanmaktadır [21].

$$\lambda = v / f$$

(1)

Burada;
 λ : dalga boyu
 v : hız
 f : frekans



Şekil 1. Dalga boyu/frekans ilişkisi

Eşitlik 1'den de anlaşılacağı üzere frekansın artması, dalga boyunu dolayısı ile yer değiştirmeyi azaltmaktadır. Çünkü yer değiştirme, düşük frekanstaki bileşenlerine daha hassastır. Bu sebeple düşük frekansa sahip dalgalar, daha fazla mesafe kat ederek daha fazla yapıyı etkiler ve hasar riski oluşturur.

Çalışmada, bir taş ocağı sahasında uygulanan patlatmalardan kaynaklanan titreşimlerin değerlendirilmesinde, en yüksek parçacık hızı ve ölçekli mesafe ilişkisinin yerine en yüksek parçacık hızı ile Yanal (Tran), Düşey (Vert) ve Boyuna (Long) kaydedilen parçacık hızlarının frekans değerleri karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

2. SAHA JEOLJİSİ VE ARAZİ ÇALIŞMALARI

Kırmataş (kalker) üretiminin yapıldığı çalışma sahası Sivas ili, Ulaş ilçesi, Tecer Dağı'nda bulunmaktadır (Şekil 2). Tecer Dağı yöresinde gri, siyahımsı renkli, orta-kalın tabakalı kireçtaşı ile temsil edilir. Kalınlığı değişken olmakla birlikte yanal devamlılığı olmayan bir düzey görünümündedir. Ofiyolitli karışık üzerine uyumsuz olarak çökelen bu kireçtaşı, ofiyolitlerin Eosen'de ikinci kez aktarılması sonucu, bugünkü konumunu kazanmıştır. Yaşı, Üst Maestrihtiyen-Paleosen olarak belirtilmiştir [22].

Sivas Geç Kretase-Tersiyer havzasının güney kenarı Ulaş ilçesi doğusunda yer alan ve Tecer

dağını içine alan bölgedeki oluşuklarla temsil edilir. Miyosen sonu yoğun tektonik etkinliklere sahne olan bu bölge Neotetis kuzey kolunun Erken Miyosen sonunda kapanmış olabileceğini simgeleyen kanıtlar saklar. Yörede en yaşlı kayalar havzanın güneyini sınırlayan Geç Jura-Erken Kretase yaşlı platform kireçtaşlarıdır.

Çalışma sahasında farklı zamanlarda gerçekleştirilen 11 adet patlatma uygulamasının

ölçümleri, titreşim ölçer cihazı ile kayıt altına alınmış ve elde edilen ölçüm bilgileri değerlendirilmiştir. Yapılan patlatma uygulamalarına ait delik boyu ve çapı, gecikme başına patlayan en fazla patlayıcı madde miktarı, patlatma noktası ile ölçüm noktası arasındaki mesafe değerleri hassas bir şekilde belirlenmiştir. Söz konusu bilgiler ile patlatma uygulamalarında titreşim ölçüm cihazı ile tespit edilen ölçüm değerleri de Çizelge 1’de verilmiştir.



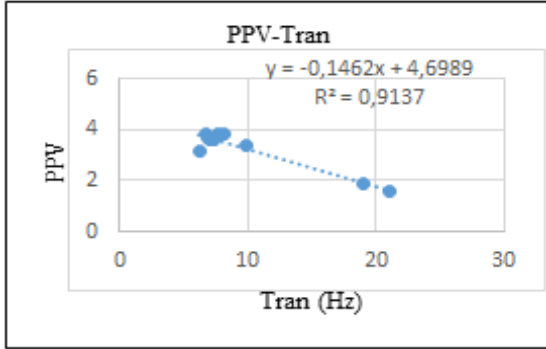
Şekil 2. Taşocağından genel bir görünüm ve verilerin alındığı bölgeler

Çizelge 1. Taş ocağında gerçekleştirilen patlatma uygulamalarından elde edilen veriler

Delik boyu (m)	Delik çapı (mm)	Gecikme başına en fazla patlayıcı (kg)	Ölçüm mesafesi (m)	Ölçekli mesafe	Tran (mm/sn)	Tran (Hz)	Vert (mm/sn)	Vert (Hz)	Long (mm/sn)	Long (Hz)	En yüksek parçacık hızı (mm/sn)	Gürültü (dB)
5	102	16	287	71,75	1,513	19	1,907	11,0	1,458	13	1,907	111,1
5	102	16	315	78,75	1,151	21	1,545	26,0	1,442	16,5	1,545	111,8
10	89	42	277	42,74	2,618	6,2	1,874	5,6	3,191	7,6	3,191	135,12
13	89	40	273	43,17	2,004	7,1	3,712	9,3	1,738	10	3,712	134,3
12	89	45	285	42,49	2,856	7,4	3,581	7,2	2,612	5,8	3,581	129,1
10,2	89	58	241	31,64	3,722	7,6	3,019	16,1	3,802	9,3	3,802	145,6
13	89	51	263	36,83	3,805	6,7	3,629	13,7	3,698	7,3	3,805	138,5
12	89	45	202	30,11	2,908	7	3,632	6,9	2,471	4,9	3,632	135
15	89	55	241	32,50	1,981	6,8	3,682	9,2	1,702	12	3,682	130,8
15	89	61	227	29,06	3,503	8,2	1,48	8,9	3,812	7,4	3,812	128,7
8,5	89	32	288	50,91	3,405	9,8	2,708	14	2,294	5,8	3,405	128,5

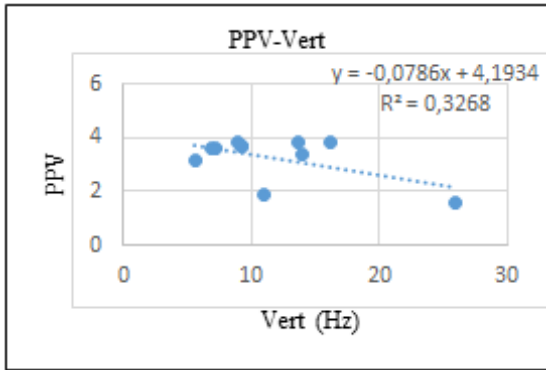
Sahada gerçekleştirilen patlatma uygulamalarına ait Yanal (Tran), Düşey (Vert) ve Boyuna (Long) kaydedilen parçacık hızlarına ait frekans

değerlerinin en yüksek parçacık hızı ile olan regresyon analizlerini gösteren grafikler Şekil 3, 4 ve 5’te verilmiştir.



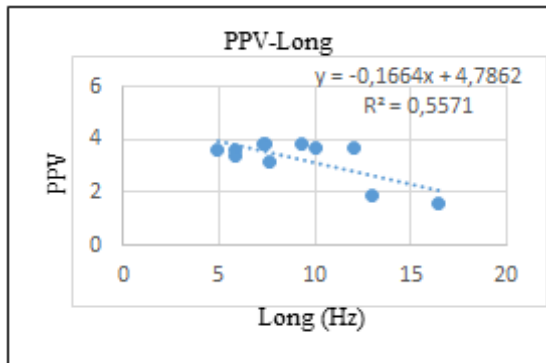
Şekil 3. PPV–tran (Hz) ilişkisi

Şekil 3'te görüldüğü gibi en yüksek parçacık hızı ile yanal frekans değerleri arasında ters orantılı olarak %91,37 regresyon katsayısı oluşmuştur.



Şekil 4. PPV–vert (Hz) ilişkisi

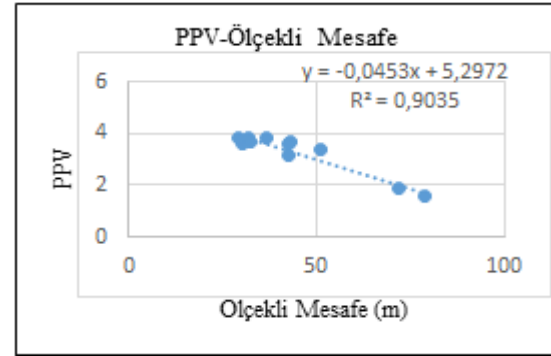
Şekil 4 incelendiğinde, en yüksek parçacık hızı ile düşey frekans değerleri arasında kuvvetli bir ilişki belirlenememiştir.



Şekil 5. PPV–long (Hz) ilişkisi

Şekil 5'te ise en yüksek parçacık hızı ile boyuna frekans değerleri arasında yine ters orantılı olarak %55,71 regresyon katsayısı hesaplanmıştır.

Sahada gerçekleştirilen patlatma uygulamalarına ait en yüksek parçacık hızı ve ölçekli mesafe ilişkisini gösteren grafik Şekil 6'da verilmiş ve denklemi bulunmuştur.



Şekil 6. PPV–ölçekli mesafe (m) ilişkisi

Şekil 6'da görüleceği üzere en yüksek parçacık hızı ile ölçekli mesafe değerleri arasında %90,35 regresyon katsayısı oluşmuştur. Regresyon katsayısının yüksek bir değer olması, değerlendirme için verilerin yeterli olduğunu göstermektedir. Ancak çalışma konusunun daha fazla veri ile desteklenmesi de önemlidir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bir taş ocağında gerçekleştirilen patlatma uygulamalarından elde edilen en yüksek parçacık hızı ile frekans verilerinin regresyon analiz sonuçları incelendiğinde, yanal frekans ile en yüksek parçacık hızı arasında anlamlı bağıntı çıkarken, düşey ve boyuna frekans ile en yüksek parçacık hızı arasındaki regresyon analizi sonucunda anlamlı bir bağıntının çıkmadığı görülmektedir. Bu durum patlatma ile oluşan titreşim dalgalarının yatay ve düşey ortamda yayılımının farklı olduğunu göstermektedir. Konu ile ilgili daha önce yapılan çalışmalarda en yüksek parçacık hızı belirlenirken sadece yatay mesafe değerleri dikkate alınmıştır. Burada yatay mesafenin yanında düşey mesafe parametresinin

de en yüksek parçacık hızını etkilediği görülmektedir.

Genel olarak literatürde patlatma işlemlerinde meydana gelen titreşim dalgalarının çevreye zarar verme oranı, en yüksek parçacık hızının miktarına göre belirlenmektedir. En yüksek parçacık hızı arttıkça söz konusu dalgaların geçtiği bölgenin daha olumsuz bir şekilde etkilendiği vurgulanmaktadır. Çalışmadaki analiz sonuçlarında, en yüksek parçacık hız değeri ile düşey ve boyuna frekans değerleri arasındaki regresyon analizi sonucunda anlamlı bir bağıntının çıkmadığı görülmektedir. Oysaki söz konusu frekans değerleri, patlatma sırasında yerleşim yerlerini olumsuz etkileyecektir. Araştırmacıların bu konuda daha detaylı çalışmalar yapmaları önerilmektedir.

4. SONUÇ

Çalışmada, bir taş ocağında uygulanan patlatmalardan kaynaklanan en yüksek parçacık hız değerleri ile Yanal (Tran), Düşey (Vert) ve Boyuna (Long) kaydedilen frekans değerleri arasında regresyon analizleri yapılmış ve sonuçlar Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. En yüksek parçacık hızı ile frekans verilerinin regresyon analiz sonuçları

	PPV- Tran (Hz)	PPV- Vert (Hz)	PPV- Long (Hz)
R ²	0,9137	0,3268	0,5571

Regresyon sonuçlarında, en yüksek parçacık hız değerleri ile yatay frekans değerleri arasında anlamlı ilişkiler çıkarken; en yüksek parçacık hız verileri ile dikey ve uzunlamasına frekans arasında herhangi bir ilişkinin olmadığı görülmüştür. Ancak bilinmelidir ki söz konusu frekans değerleri, patlatma yapılırken patlatma çevresini olumsuz etkileyecektir. Bu nedenle çevreye zarar verme parametresi olarak en yüksek parçacık hızının yanında diğer frekans değerleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

5. TEŞEKKÜR

Dokuz Eylül Üniversitesi BAP (Bilimsel Araştırma Projeleri)’a bu çalışmayı mali açıdan desteklediğinden dolayı teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR

1. Duval, W.I., Fogelson, 1962. Review of Criteria For Estimating Damage To Residences From Blasting Vibrations, U.S. Bureau of Mines, RI 5868.
2. Ambraseys, N.R., Hendron, A.J., 1968. Dynamic Behavior of Rock Masses, Rock Mechanics. In: Stagg and Zeinkiewicz (eds.). Engineering Practice, John Wiley and Sons Inc., London, 442.
3. Langefors, Khilström, 1978. The Modern Technique of Blasting, 3rd Ed, Halsted Press, 1978, Sweeden, 405.
4. Ghosh, A.K., Samaddar, A.B., 1984. Design of Surface Mine Blast. Min. Eng. J. Inst. Eng., (I), 52–57.
5. Bollinger, G.A., 1971. Blast Vibration Analysis (Carbondale, IL: Southern Illinois University Press).
6. Siskind, D.E., Stagg, M.S., Kopp, J.W., Dowding, C.H., 1980. Structure Response and Damage Produced By Ground Vibrations From Surface Mine Blasting USBM RI 8507.
7. Anderson, D.A., Winzer, S.R., Ritter, A.P., 1982. Blast Design For Optimizing Fragmentation While Controlling Frequency of Ground Vibration Proc. 8th Conf. on Explosives and Blasting Technique (New Orleans, 1982) 69–89.
8. Dowding, C.H., 1985. Blast Vibration Monitoring and Control (Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall).
9. Siskind, D.E., Crum, S.V., Otterness, R.E., Kopp, J.W., 1989. Comparative Study of Blasting Vibrations From Indiana Surface Coal Mine USBM RI 9226.
10. Anderson, D.A., 1993. Blast Monitoring: Regulations, Methods and Control Techniques Comprehensive Rock Engineering, (Oxford: Pergamon) 4, 95–110.

11. Persson, P.A., Holmberg, R., Lee, J., 1994. Rock Blasting and Explosives Engineering (Boca Raton, FL: CRC Press), 560.
12. Muller, B., 1997. Adapting Blasting Technologies to the Characteristics of Rock Masses in Order to Improve Blasting Results and Reduce Blasting Vibrations *Fragblast* 1, 361–378.
13. Muller, B., Hohlfeld, Th., 1997. New Possibility of Reducing Blasting Vibrations with an Improved Prognosis *Fragblast*, 1, 379–392.
14. Hoshino, T., Mogi, G., Shaoquan, K., 2000. Optimum Delay Interval Design in Delay Blasting *Fragblast-Int. J. Blasting Fragmentation*, 4, 139–148.
15. Siskind, D.E., 2000. *Vibrations From Blasting* (Cleveland, OH: International Society of Explosives Engineers).
16. Chen, G., Huang, S., 2001. Analysis of Ground Vibrations Caused By Open Pit Production Blasts: A Case Study *Fragblast-Int. J. Blasting Fragmentation*, 5, 91–107.
17. Tripathy, G., Gupta, I.D., 2002. Prediction of Ground Vibrations Due to Construction Blasts in Different Types of Rock *Rock Mech. Rock Eng.* 35, 195–204.
18. Adhikari, G.R., Theresraj, A.I., Venkatesh, S., Balachander, R., Gupta, R.N., 2004. Ground Vibration Due to Blasting in Limestone Quarries *Fragblast-Int. J. Blasting Fragmentation*, 8, 85–94.
19. Aldaş, G.G.U., Ecevitöglu, B., 2008. Waveform Analysis in Mitigation of Blast-induced Vibrations. *Journal of Applied Geophysics*, 66(1-2), 25-30.
20. Vikipedi, Frekans, tr.wikipedia.org/wiki/Frekans. Erişim Tarihi:09.05.2021
21. Vikipedi, Dalga Boyu, https://tr.wikipedia.org/wiki/Dalga_boyu. Erişim Tarihi:09.05.2021.
22. İnan, S., Öztürk, A., Gürsoy, H., 1993, Stratigraphy of the Ulaş-Sincan (Sivas) Region, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 2, 1-15.

