

**MEKANİK KAZI MAKİNALARINDA KESME TİTREŞİMİNİN  
VARIÖGRAM FONKSİYONLARI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ****Assessment of Cutting Vibrations in Mechanical Excavating Machinery by Means of Variogram Functions**

Mustafa AYHAN<sup>n</sup>  
Osman Zeki HEKİMOĞLU<sup>(\*\*)</sup>  
A. Erhan TERCAN<sup>(\*)</sup>

**Anahtar Sözcükler:** Kesme Titreşimi, Tamburlu Kesici, Keski Dizilimi, Tambur Tasarımı, Jeoistatistik

**ÖZET**

Kesme titreşimlerinin, mekanik kazı yapan makinalara verdiği zarardan dolayı her zaman için en az düzeye indirilmesi gerekmektedir. Makinelerin kesme titreşimi genel olarak bilgisayar yardımıyla analiz edilmekte ve titreşimde yer alan parametrelerin varyans değeri bir ölçüt olarak göz önüne alınmaktadır. Ancak belirsizliklerin söz konusu olduğu bazı durumlarda "varyans" yöntemi yeterli olamamakta ve buna çözüm olarak jeoistatistikte yaygın olarak kullanılan "variogram" yöntemi bir alternatif olarak düşünülebilmektedir. Bu yazıda, varyans ve variogram yöntemlerinin bilgisayarda yapılan kesme titreşimi analizi açısından birbirlerine olan üstünlükleri anlatılmaktadır. Bu amaçla pratikte kullanılan bir tamburlu kesicinin her iki yöntemle göre kesme titreşimi analizleri yapılmış ve variogram yönteminin bir ölçüye kadar daha doyurucu olduğu gözlenmiştir. Buna karşın daha iyi sonuçların alınabilmesi için bu alanda geniş kapsamlı çalışmaların yapılması ayrıca önerilmiştir.

**ABSTRACT**

Cutting vibration which is detrimental to the elements of mechanically rock and coal excavating machines is always required to be minimized. Assessment of cutting vibration is generally carried out through computer programs using "variance", a statistical term, being a measure of vibration. In some cases where uncertainties are encountered, the variance may not be fully suffice for a conclusive vibration analysis. The variogram function as widely employed in geostatistics may be considered to be helpful in such circumstances. This paper deals with investigations on the relative merits of "variance" and "variogram function" in computer assesment of cutting vibration. The results of an analysis carried out on an actual shearer drum implied that the variogram function may, to a certain extent, prove to be useful in this aspect, though comprehensive studies were recommended.

<sup>(\*)</sup> Yrd. Doç. Dr., Dicle Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır.

<sup>(M)</sup> Prof. Dr., Dicle Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır.

<sup>^^</sup> Doç. Dr., Hacettepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü Ankara.

## 1. GİRİŞ

Mekanik kazı makinalarında kazı sırasında oluşan titreşim, makina elemanlarının çalışma ömrü üzerinde çok büyük etkiye sahip olması nedeniyle, makina verimliliğini belirleyen önemli bir parametre olarak dikkate alınmaktadır. Kazı titreşimi genel olarak kesici kafaya etkileyen reaksiyon kuvvetleri ve torktaki değişimlere bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.

Titreşim, galeri açma makinalarında (GAM) bağlantı elemanlarının işlevlerini yitirmelerine, metal yorulmaları nedeniyle yapısal bileşenlerin ve kaynaklı elemanların yenilmesine neden olmaktadır. Ayrıca makina parçalarının yatakları ile keçe ve bileziklerde deformasyonlara yol açarak dişli kutuların ve tahrik motorlarının erken yenilmesine neden olmaktadır (Hurt vd., 1988). Kesme titreşimlerinin uygun kesici kafa yada tambur tasarımı ile en az düzeye indirilmesi mümkün olup bu konuda aşağıdaki özelliklerin göz önüne alınması gerekmektedir (Hurt vd., 1988; Hekimoğlu 1991; Hekimoğlu ve Fowell, 1991).

Reaksiyon kuvvetleri ve torktaki değişimin en aza indirilmesi amacıyla, keskinin simetrik açısal dağılımla kesici kafaya yerleştirilmesi,

Herhangi bir keski / keski tutucuya orantısız olarak aşırı miktarda kuvvetlerin etkimesinin önlenmesi,

Keski tutucuların kaya teması olmaksızın en yüksek ilerleme hızına ulaşması,

Her bir keskiye etkileyen kesme kuvvetlerinin en aza indirilmesi için, keskinin kendisinden önce kesim yapan keskinden yardım alacak şekilde düzenlenmesi, ile sağlanmaktadır.

Kesici kafa tipi ve hareket yönüne bağlı olarak keskinin kazı sırasındaki hareketleri, kesici kafada farklı dinamik ve kinematik etkiler oluşturmaktadır. Keskinin kesme derinlikleri, kesici kafanın hareket yönüne göre ve keskinin

konum açısına göre sabit (helisel) veya sürekli bir değişim (saykloidal) göstermektedir. Kazılan kayaçların homojen yapıda olmaması ve kesme derinliğinin sürekli değişimi keski kuvvetlerinde dalgalanmalara yol açmaktadır.

Kazı makinelerinden iyi bir performans elde edebilmek için kazı titreşiminin ön tahminleri bilgisayar programlarıyla gerçekleştirilmektedir. Söz konusu titreşim analizleri tork ve kesici kafaya yada tambura etkileyen reaksiyon kuvvetlerindeki değişim bazında yapılmaktadır. Bu bilgisayar analizi yöntemi ile kazı makinalarının performanslarında bugüne değin önemli başarılar elde edilmiştir. Ancak uygulamada, belirsizlikler arz eden bazı titreşim analizlerinde mevcut bilgisayar programlarında kullanılan "varyans" yönteminin bir ölçüye kadar doyurucu olmadığı durumlarıyla karşılaşmaktadır. Kazı makinalarının performanslarında önemli yeri olan titreşim analizindeki bu belirsizlikleri gidermek amacıyla mevcut yöntemlere alternatif olan çözüm tekniklerinin araştırılması çok yararlı olacaktır.

Bu yazıda, jeostatistikte yaygın olarak kullanılan variogram fonksiyonunun, titreşim analizinde kullanılan mevcut yöntemlere alternatif olarak kullanılabilirliği işlenmektedir. Bunun için ülkemizde kullanılmakta olan kömür kesicilerin kesici tamburu üzerinde bilgisayar programı kullanarak titreşim analizleri yapılmıştır. Söz konusu analizler önce mevcut yöntemlere göre, daha sonra ise variogram fonksiyonu kullanılarak yapılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilerek birbirleriyle karşılaştırılmış ve tartışılmıştır.

## 2. BİLGİSAYAR YARDIMIYLA KAZI TİTREŞİM ANALİZİ

Kaya ve kömür kesiminde bugüne kadar yapılan çalışmalardan sağlanan bilgiler ışığında, uygun kesici kafa tasarımı için günümüzde en çok İngiltere'de geliştirilen bir bilgisayar programı kullanılmaktadır (Morris, 1980; Holt, 1984). Pratikte uyumu kanıtlanan bu bilgisayar destekli tasarım programı aşağıdaki avantajları sunmaktadır (Hurt vd., 1988; Hurt ve Morris, 1985).

Üretim uygunluğu : her bir kesme hattında kaç keski gerektiği, keskiler arası uzaklık, su sprelerinin ve keski tutucuların konumu gibi parametrelerin bilgisayar ekranında kesici kafa boyutları ile uyumu kontrol edilebilir.

Keski yükü : kesme diyagramları yardımıyla, keskilerin yerlerinin değiştirilebilmesiyle keskilerin eşit alan süpürmeleri ve birbirlerinden yardım alacak şekilde düzenlenmeleri mümkündür. Özgül enerji, tane boyu dağılımı ve solunabilir toz gibi kesme verimliliği kriterleri belirlenebilir.

Titreşim düzeyi : kesici kafaya etkiyen reaksiyon kuvvetleri ve torkun, kafanın bir dönüşü boyunca değişim düzeyleri kontrol edilir ve keskilerin aşırı aşınmaları ve kopmaları önlenir.

Kesici kafaya etkiyen kuvvetler, bireysel keski kuvvetlerinin ortak etkisinin bir sonucudur. Keskilere kazı sırasında etkiyen kesme kuvvetleri, kesici kafa aracılığı ile kazı makinasına etkiyen yatay, dikey ve eksenel reaksiyon kuvvetleri şeklinde yansımaktadır. Reaksiyon kuvvetleri ve tork, kesici kafanın bir tam dönüşü sırasında her bir açısal aralıktaki hareketi için, kesme sektörü içerisinde aktif durumda bulunan keskilere etkiyen kesme kuvvetlerinden hesaplanmaktadır. Kesme sektörü içerisinde her bir keskiye etkiyen ortalama kesme ve normal kuvvetin büyüklüğü ise keski tarafından süpürülen alan ile orantılıdır (Hurt vd., 1988; Hekimoğlu, 1984).

### 3. VARYANS YÖNTEMİ

Kazı makinelerinde kesici kafa veya tambura etkiyen tork ve reaksiyon kuvvetlerindeki değişim kesme titreşiminin ölçüsü olarak tanımlanır. Ancak bu parametrelerin büyüklüklerinin kesme hareketi boyunca gösterdikleri değişim ise istatistiksel olarak varyans değerleri ile ortaya konulur.

Bilgisayar ortamında yapılan titreşim analizinde, reaksiyon kuvvetleri ile torkun varyansları ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Varyans değerleri düşük olan kesici kafalar veya tamburların, kesme

titreşimi açısından daha avantajlı olduğu kabul edilmekte ve daha verimli kazı yapımları beklenmektedir. Varyans, tek bir rassal değişkenin değişkenliğinin (ortalamadan sapmanın) bir ölçüsünü sağlamakta ve pratikte aşağıdaki eşitlik ile ifade edilmektedir.

$$\text{Var}(Z) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (z_i - m)^2 \quad (1)$$

Burada;

Z : İncelenen değişkeni,  
z<sub>i</sub> : Değişkenin aldığı değerleri,  
m : Değişkenin ortalamasını,  
n : Veri sayısını  
göstermektedir.

### 4. VARIOGRAM FONKSİYONU

Variogram fonksiyonu , pratikte Eşitlik 2 ile tanımlanır (Tercan ve Saraç, 1998).

$$2r(h) = F_0 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (z_i - z_j)^2 \quad (2)$$

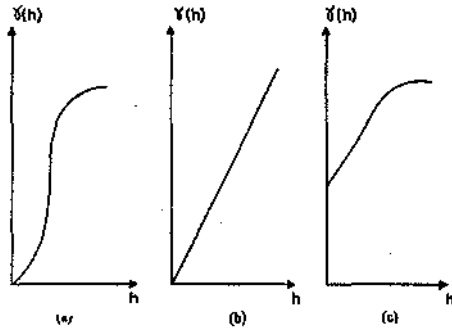
Eşitlikte;

2r(h): variogram fonksiyonu,  
h: uzaklık,  
n(h): h uzaklığındaki veri çifti sayısını  
göstermektedir.

Eşitlikten de görüldüğü gibi variogram, varyansın uzaklığa bağlı değişimini gösteren bir fonksiyon olup varyansın çok daha fazla bilgi içermektedir. Örneğin, variogramın h=0'daki (çok büyük uzaklıklardaki) değeri, incelenen değişkenin varyansını verir. Çok küçük (h→0) uzaklıklardaki değeri ise değişkenin kısa mesafelerde ani değişimlerinin bir ölçüsünü sağlar. Ayrıca, variogramın varyans değerine ulaştığı ilk uzaklık (h=a), yapısal uzaklık (range) olarak bilinir ve bu uzaklık, değişken değerlerinin birbiri ile ilişkili olduğu uzaklığı tanımlar. Varyans yönteminin jeostatistikte yaygın olarak kullanılmasına karşın kazı titreşimi analizinde

karşılaşılan bazı belirsizliklere ne ölçüde çözüm getirdiği bugüne değin araştırılmamıştır. Bu çalışmada sözü edilen açısız konum anılan h parametresi ile ilişkilidir.

Variogram fonksiyonu yardımıyla değişkenin homojenlik ve izotropluk derecesi, düzenliliği ve örneğin etkili uzaklık, sayısal olarak belirlenebilir. Değişkenin sürekliliği ve düzenliliği variogramın orijine yakın (h=0 uzaklığındaki) davranışı ile ilişkilidir. Variogramın orijine yakın davranışı parabolik, doğrusal ve külçe etkisi şeklinde gerçekleşir (Şekil 1). Buna göre parabolik davranış, oldukça düzenli değişen bir özelliğin sonucudur. Doğrusal davranış, eğer bölgesel değişken sürekli bir şekilde artıyor yada azalıyorsa variogram artan h uzaklığı ile sürekli bir şekilde artar. Orijinde süreksizlik davranışı, külçe etkisi olarak adlandırılır ve bu ölçüm hataları ve küçük ölçekteki değişimler olarak tanımlanır (Tercan ve Saraç, 1998).



a) Parabolik b) Doğrusal c) Külçe etkisi

Şekil 1. Variogramın orijine yakın davranışı (Tercan ve Saraç, 1998).

## 5. VARYANS VE VARIÖGRAM YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Mekanik kazı alanında geçmişte yapılan bazı araştırmalar ile makinelerin kesici kafası yada tamburlarının tasarımlarında bazı parametrelerin etkin kullanılması halinde makinanın kazı performansının önemli ölçüde artabileceği

vurgulanmıştır. Bu konuda ülkemizde çalışan bazı kazı makinelerinde yapılan deneyler ile bu görüş açıkça teyit edilmiştir (Hekimoğlu ve Fowell, 1991). Örnek olarak TKİ Kurumuna bağlı Orta Anadolu Linyitleri Bölge Müdürlüğündeki (OAL) kesici tamburlar üzerinde yapılan değişiklikler ile makinelerin kazı titreşimleri önemli ölçüde düşürülmüştür (Hekimoğlu ve Tiryaki, 1997).

Bu yazıda söz edilen varyans ve variogram yöntemlerinin kazı titreşimi bazındaki karşılaştırmaları yine OAL Çayırhan kömür havzasında çalışmakta olan Eickhoff kesici yükleyicilerinin yeni orijinal tamburları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Anılan bu yeni orijinal tamburların daha önce sözü edilen bazı tambur tasarım parametrelerine uygun olmadığı anlaşılmış ve bu yazının ikinci yazarı tarafından yeniden tasarlanmıştır. Bu yeni tasarım sırasında tamburların yalnızca keski sayıları ve bununla ilgili bazı parametreleri değiştirilerek tambur boyutu, spiral açısı ve sayısı, spiral sarım açısı gibi diğer hiçbir parametre değiştirilmemiştir. Sözkonusu Eickhoff kesici yükleyicinin orijinal ve yeniden tasarlanmış tamburlarının özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Orijinal ve Yeni Tamburların Tasarım Özellikleri

	Orijinal tamburlar	Yeni tamburlar
<b>ARIN KESKİLERİ</b>		
Keski sayısı	16	10
Hat başına keski sayısı düzeni	Çok keskili	Tek keskili
Köşe kesici keskinin eğim açısı	70	70
<b>SPIRAL KESKİLERİ</b>		
Spiral sayısı	4	4
Spiral keskilerin toplam sayısı	48	38
<b>TAMBUR ÜZERİNDEKİ TOPLAM KESKİ SAYISI</b>	64	48

Bu tamburların bilgisayar ortamında 360°'lik tambur dönü hareketine karşı gelen tork ve reaksiyon kuvvet değerleri ve bunların değişimleri elde edilmiştir. Bu bilgisayar programındaki hesaplama yönteminin ayrıntıları daha önceki çalışmalarda verilmiştir (Hurt vd., 1988; Hekimoğlu, 1984; Tiryaki, 1998).

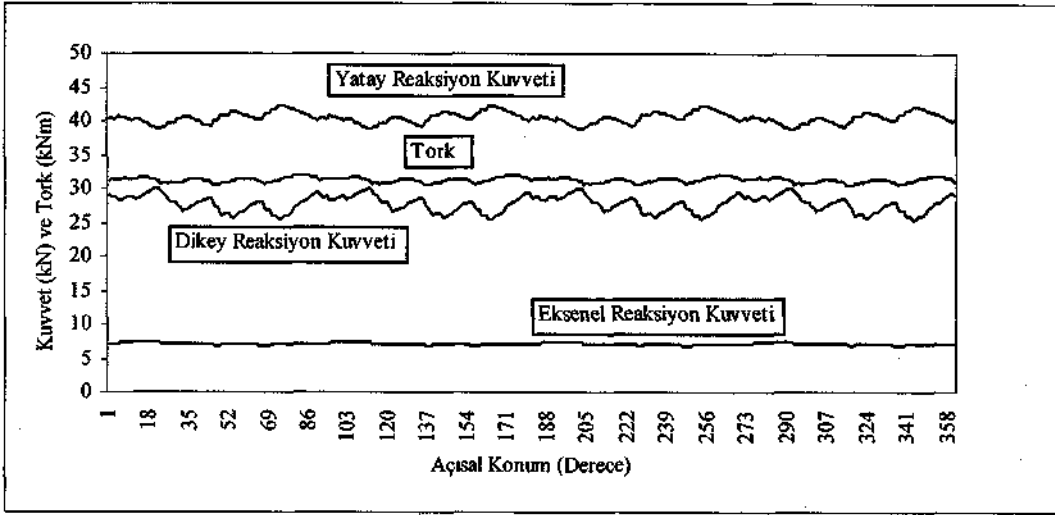
Orijinal ve yeniden tasarlanmış tamburlara ait mevcut bilgisayar programına göre hesaplanan tork ve reaksiyon kuvvetlerindeki değişim Şekil 2 ve 3'te grafiksel olarak verilirken, bunlara ait rakamsal değerler ise Çizelge 2'de sunulmuştur. Çizelge'den görüldüğü gibi yeniden tasarlanmış tambura ait reaksiyon kuvvetleri ve tork değeri, orijinal tambura göre yaklaşık % 30 oranında daha düşük olup bu durum yeni tambur tasarımının daha iyi olduğunu göstermektedir. Buna karşılık anılan parametrelerdeki değişim düzeyi yani "varyans", bunu tam olarak yansıtmamaktadır. Örneğin yeniden tasarlanan tambura (90° kesme sektöründe düşey reaksiyon kuvveti haricinde) etkiyen reaksiyon kuvvetleri ve torkun varyansı orijinal tamburdan daha yüksek gerçekleşmiştir. Tamburların titreşim düzeyini gösteren grafikler dikkatli bir biçimde incelendiğinde, yeni tamburlara etkiyen reaksiyon kuvvetleri ve torkun değişim aralığının daha uzun mesafede ve daha düzenli değiştiği, orijinal tamburlarda ise bunun daha kısa

mesafede daha büyük değişimler içinde olduğu görülmektedir. Ancak bu farklılık varyans yöntemi ile ortaya konulamamaktadır. Normal koşullarda orijinal tamburlar üzerindeki keski sayısının yeni tambura göre daha fazla olması titreşim açısından avantaj oluşturabileceği mekanik açıdan bilinen bir gerçektir. Orijinal tamburdaki keskinin uygun çevresel uzaklıkta yerleştirilmemesi ve varyans değerinin parametrelere göre farklı olarak ortaya çıkması bir belirsizliği göstermektedir. Bir başka bir deyişle varyans yönteminin bu tamburların titreşim analizlerinde doyurucu sonuçlar vermediğini ortaya çıkarmaktadır. Bundan dolayı anılan bu titreşim analizinin burada alternatif yöntem olarak düşünülen variogram yöntemi kullanarak yapılmasına karar verilmiştir.

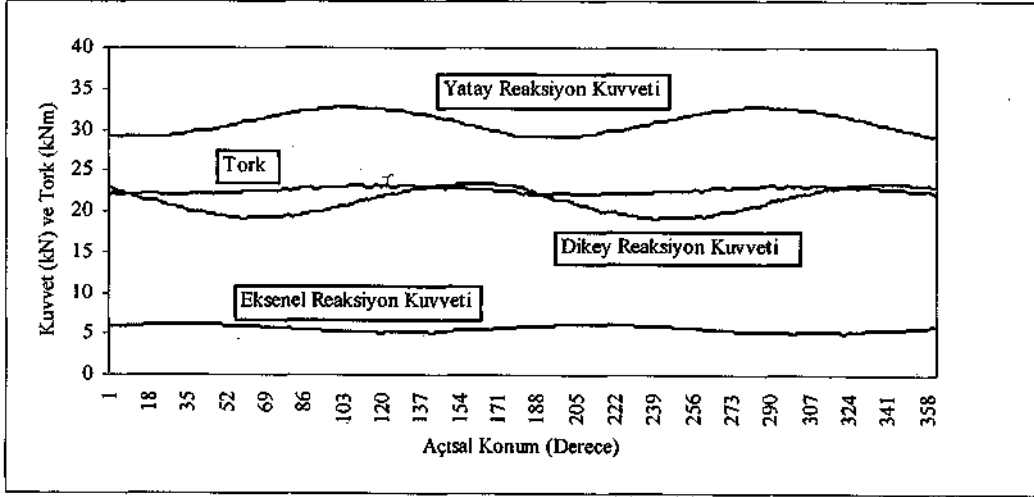
Bu hesaplamalarda orijinal ve yeni kesici tamburlara 180° ve 90° kesme sektöründe etkiyen sadece yatay reaksiyon kuvvetleri ve torktaki değişimlere karşılık gelen benzetişim verilerine variogram yöntemi uygulanmıştır. Variogram yöntemine göre yapılan analizin grafiksel gösterimi Şekil 4 ve 5'de verilmiştir. Variogramlar, karşılaştırmaları kolaylaştırmak için standart (varyansın 1'e eşit olduğu) hale getirilmiştir.

Çizelge 2. Orijinal ve Yeni Kesici Tamburlar İçin Hesaplanan Reaksiyon Kuvvetleri ve Torkun İstatistiksel Sonuçları.

Tamburlar	Kesme Sektörü (derece)	Yatay reaksiyon kuvveti (kN)			Dikey reaksiyon kuvveti (kN)			Eksenel reaksiyon kuvveti (kN)			Tork (kNm)		
		Ort.	Varyans	En Yük.	Ort.	Varyans	En Yük.	Ort.	Varyans	En Yük.	Ort.	Varyans	En Yük.
Orijinal	180	40,50	0,68	42,32	27,24	1,42	30,01	7,18	0,01	7,38	31,29	0,12	31,90
	90	31,61	2,32	34,45	-2,72	3,34	-3,96	3,59	0,03	3,95	15,64	0,41	16,92
Yeni	180	30,97	1,71	32,86	21,30	2,23	23,51	5,67	0,12	6,17	22,65	0,13	23,20
	90	23,09	2,52	27,09	-0,48	0,57	1,30	2,83	0,27	3,78	11,30	0,48	13,11



a) Orijinal 180° (kapalı kesme)

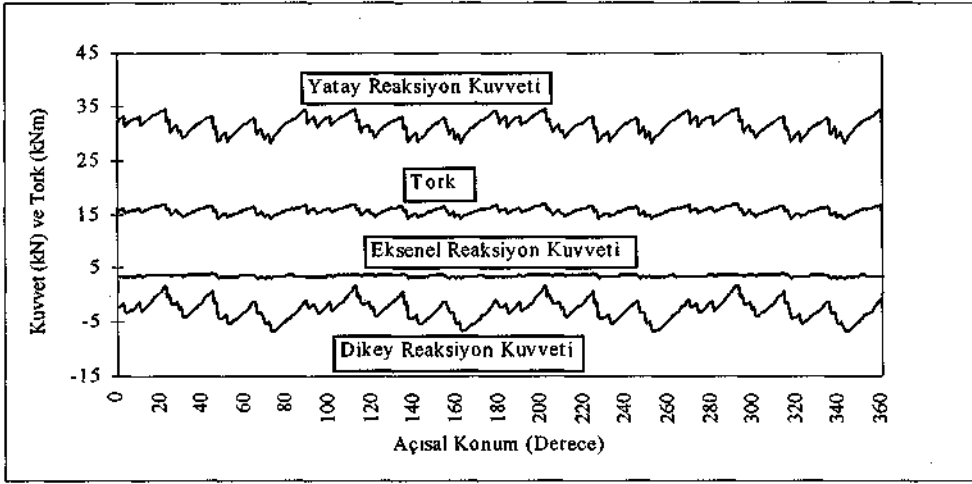


b) Yeni 180° (kapalı kesme)

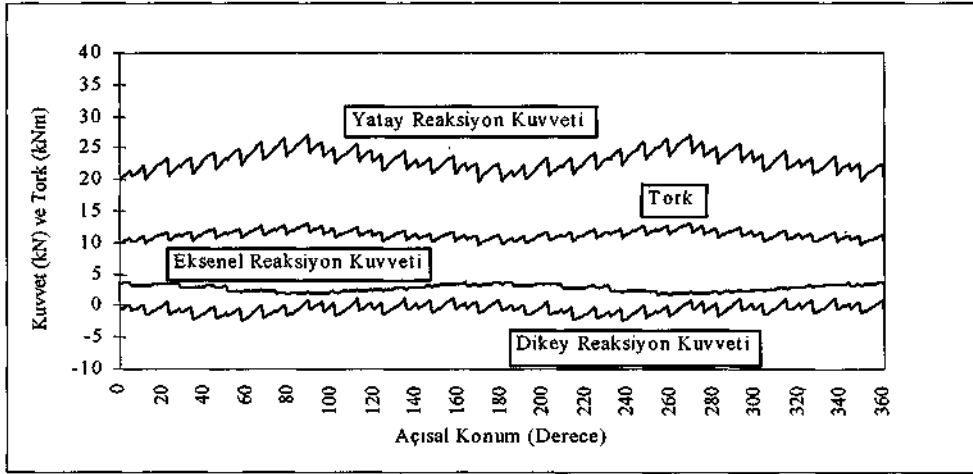
Şekil 2. Orijinal ve yeni kesici tamburlara 3,3 m/dak kesme hızında etki eden reaksiyon kuvvetleri ve torkun 180° kesme sektöründe değişimi.

Yeniden tasarlanan kesici tamburlara 180° kesme sektöründe etkiyen yatay reaksiyon kuvveti ve torktaki değişimlere karşılık gelen variogram eğrilerinin; orijinden başlaması, parabolik davranış göstermesi ve eğrilerin varyansa daha uzun mesafede ( $h_2 > h_1$ ) ulaşması nedeniyle daha düzenli bir davranış içinde

olduğunu göstermektedir. Ayrıca yeniden tasarlanan kesici tamburlarda yapısal uzaklığın büyük olması, veriler arasında daha büyük mesafelerde ilişkiyi ve verilerin birbirleri üzerindeki etki mesafelerinin daha büyük olduğunu göstermektedir.



a) Orijinal 90° (yukarı kesme)

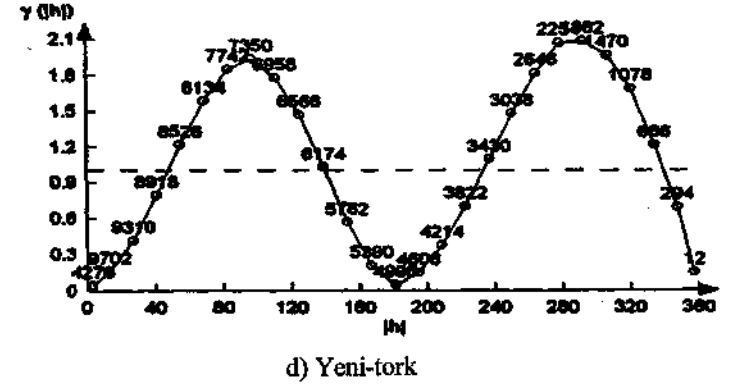
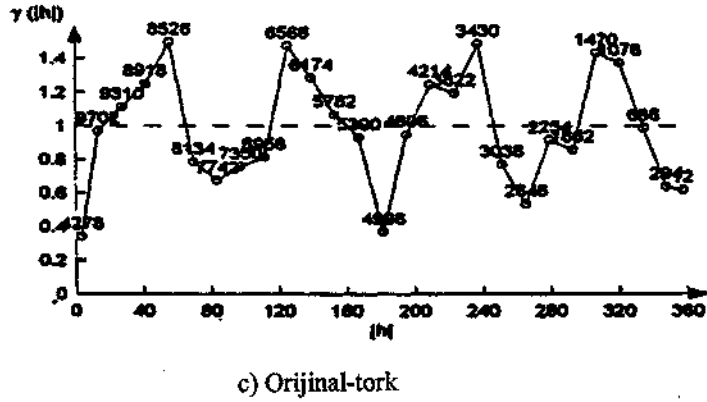
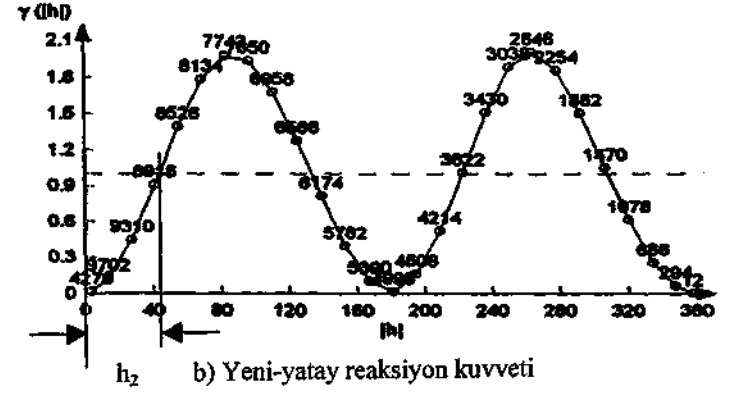
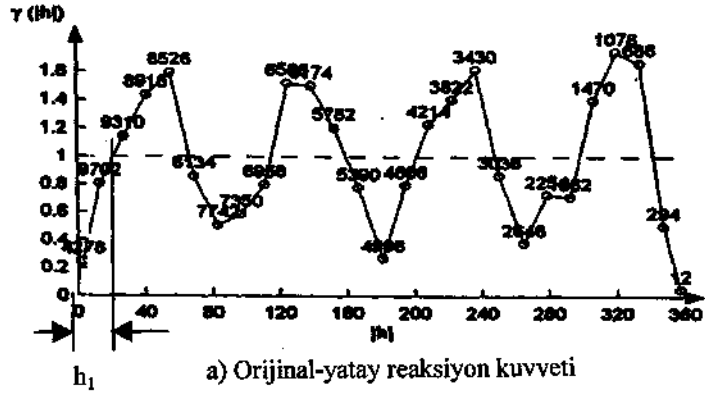


b) Yeni 90° (yukarı kesme)

Şekil 3. Orijinal ve yeni kesici tamburlara 3,3 m/dak kesme hızında etki eden reaksiyon kuvvetleri ve torkun 90° kesme sektöründe değişimi.

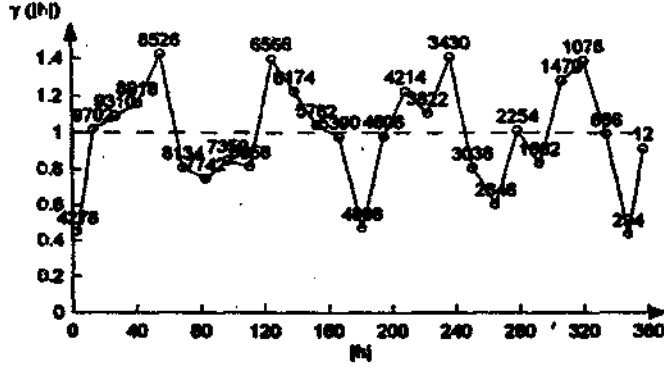
Orijinal kesici tamburlara 180° kesme sektöründe etkiyen yatay reaksiyon kuvveti ve torktaki değişimlere karşılık gelen variogram eğrilerinin ise orijinden başlamayıp varyansa daha kısa mesafede ulaşması veriler arasında düzensizliğe, T'den küçük aralıklarda ölçüm hatalarına ve ölçülemeyen değişimlere neden

olmaktadır. Söz konusu kesici tamburların 90° kesme sektörü için yapılan variogram analizlerinin de benzer şekilde gerçekleştiği Şekil 4'de görülmektedir. Yani variogram fonksiyonu kullanarak yapılan titreşim analizi ile yeniden tasarlanan tamburların daha iyi sonuç verdiği ortaya konulmaktadır.

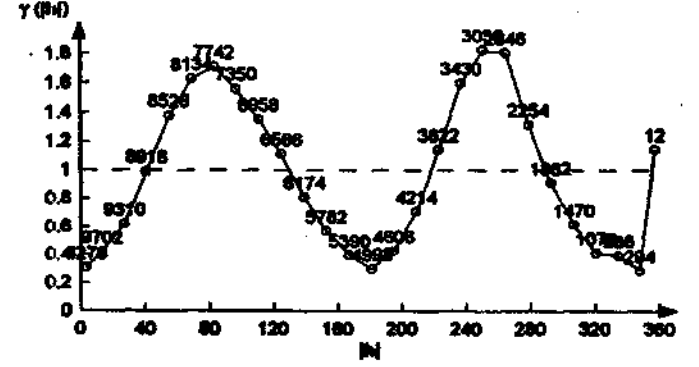


Şekil 4. Orijinal ve yeni kesici tamburlara 180° kesme sektöründe etkiyen yatay reaksiyon kuvveti ve torkun variogramı (Ayhan, 1998)

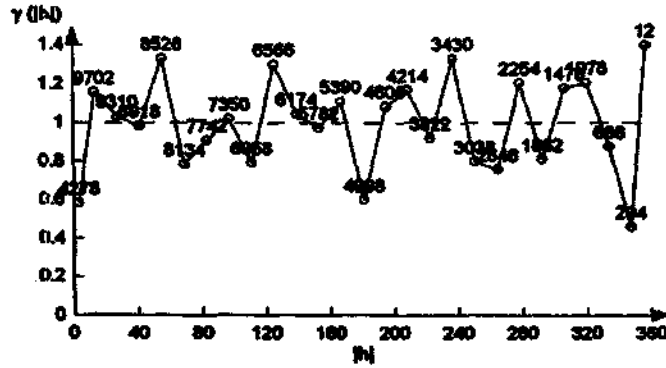




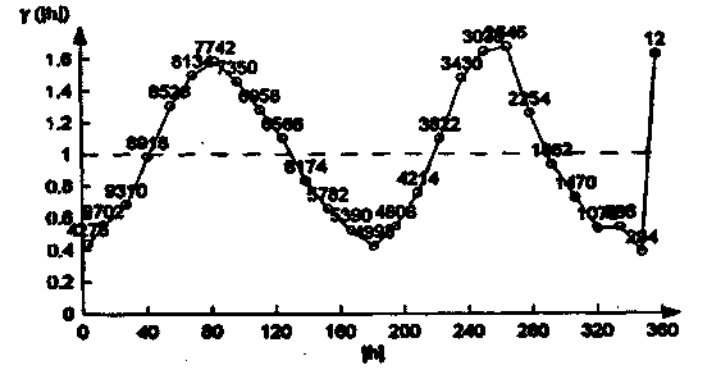
a) Orijinal-yatay reaksiyon kuvveti



b) Yeni-yatay reaksiyon kuvveti



c) Orijinal-tork



d) Yeni-tork

Şekil 5. Orijinal ve yeni kesici tamburlara 90° kesme sektöründe etkiyen yatay reaksiyon kuvveti ve torkun variogramı (Ayhan, 1998)

## 6. SONUÇLAR

Kesici kafa veya tamburların kesme titreşimi analizlerinin her zaman varyans yolu ile belirlenmesinin yanı sıra diğer yöntemlerinde göz önüne alınmasının yararlı olabileceği anlaşılmaktadır. Kesici kafaya etkiyen reaksiyon kuvvetleri ve torkun değişim eğilimlerine bağlı olarak, bazı durumlarda variogram analizinin kullanılması ile daha doğru sonuçlar elde edilebilir. Çünkü belirli sayıdaki bir veri grubunun tümü için tek bir varyans değeri yerine, uzaklıkla değişen varyansın dikkate alınması, değişim karakterini daha gerçekçi bir biçimde belirlemektedir.

Görüldüğü gibi şüphe ve belirsizlikler söz konusu olduğunda variogram yöntemi bir ölçüye kadar kesme titreşiminin analizinde kullanılabilir. Ancak bunun, yaygın hale getirilmesi için daha geniş çalışmalarla kapsamlı bir şekilde araştırılması çok yararlı olacaktır.

## KAYNAKLAR

Ayhan, M., 1988; "Kesici Tamburların ve Kesici Kafaların Bilgisayar Yardımıyla Tasarımı", Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, s.164-174

Hekimoğlu, O.Z., 1984; "Studies in the Excavation of Selected Rock Materials with Mechanical Tools", Ph.D. Thesis, The University of Newcastle Upon Tyne, 342 s.(unpublished).

Hekimoğlu, O.Z. ve Fowell, R.J., 1991; "Theoretical and Practical Aspects of Circumferential Pick Spacing on Boom Tunnelling Machine Cutting Heads", Min. Sci. and Tech., 13, s. 257-270.

Hekimoğlu, O.Z., 1991; "A Comparison of Longitudinal and Transverse Cutting Heads on Dynamic and Kinematik Basis", Min.Sci, and Tech., 13, s. 243-255

Hekimoğlu, O.Z. ve Tiryaki, B., 1997; "Effects of Drum Vibration on Performance of Coal Shearers", Transactions of The Institution of Mining and Metallurgy Section A, Cilt 106, A-91-94.

Holt, P.B., Morris, C.J., ve Owen, R.J., 1984; "Desk-top Computers for Design Work", The Mining Engineer, 143, 271, s. 485-489.

Hurt, K.G., McAndrew, K.M., ve Morris, C.J., 1988; "Boom Roadheader Cutting Vibration: Measurement and Prediction", Proceedings of Conf. Applied Rock Engineering, The University of Newcastle Upon Tyne, s. 89-97.

Hurt, K.G., ve Morris, C.J., 1985; "Computer Designed Cutting Heads Improve Roadheader Performance", Tunnels and Tunnelling, March, s. 37-38.

Mellor, M., 1975; "Mechanics of Cutting and Boring", Part I: Kinematics of Transverse Rotation Machines CRREL Special Report No:226, May, s.27

Morris, C.J., 1980; "The Design of Shearer Drums with the Aid of a Computer", The Mining Engineer, November, s. 289-295.

Tercan, A.E. ve Saraç, C.,1998; "Maden Yataklarının Değerlendirilmesinde Jeostatistiksel Yöntemler", TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınlan: 48 Ankara, s.37-40.

Tiryaki, B., 1988; "Tamburlu Kesicilerde Keski Dizilim Parametrelerinin Optimizasyonu", Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, s.108