

İki Farklı Motorlu Tırpanın Titreşim ve Gürültü Değerlerinin Belirlenmesi

Bülent ÇAKMAK, Fazilet N. ALAYUNT

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü 35100 Bornova İZMİR
bulent.cakmak@ege.edu.tr

Özet: Motorlu tırpanlar, özellikle ilk baharda yoğun olarak yetişen yabancı otların biçilmesinde kullanılan içten yanmalı veya elektrik motoruyla ile tahrik edilen makinalardır.

Motorlu tırpanların elde ve sırtta taşınan tipleri ülkemizde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Her iki makina tipinde de operatör biçme işi sırasında titreşime ve makinanın güç kaynağının oluşturduğu gürültüye maruz kalmaktadır. Titreşimli elde taşınır makinalara ilişkin yapılan araştırmalar, belirli bir çalışma süresinin üzerinde ve yüksek düzeyde titreşime maruz kalan kişilerde el- kol titreşim sendromunun ortaya çıktığını göstermiştir.

Bu çalışmada, TS EN ISO 5349-1 ve TS ISO 5131'de belirtilen esaslara göre sağ eldeki titreşim değerleri ile operatör kulak seviyesinde dB(A) ağırlıklı ses basınç seviyesi ölçüm değerleri belirlenmiştir. Toplam titreşim değerleri (a_{nv}); denemeye alınan bisiklet kolu ve yandan tutmalı tip motorlu tırpanlarda sırasıyla $10,70 \text{ ms}^{-2}$ ve $8,8 \text{ ms}^{-2}$ olarak hesaplanmıştır. Ortalama ses basınç düzeyleri her iki tırpan için birbirine yakın bulunmuş olup, sırasıyla; Bisiklet kolu ve yandan tutmalı tırpanda $94,2 \text{ dB(A)}$ ve $93,1 \text{ dB(A)}$ 'dir.

Anahtar kelimeler: titreşim, motorlu tırpan, gürültü.

Vibration and Noise Characteristics of Two Different Types of Trimmers

Abstract: In generally, trimmers/bush cutters powered by internal combustions or electric engines, are used for cutting the weed and grasss. In Turkey, trimmers with shoulder strap or handles are commonly preferred. Operators are exposed to excessive noise and vibration by using both type of machines. Some researches related to vibration of hand-held tools shows that at higher levels and longer exposure periods, diseases affecting the blood vessels may occur.

In this research, right hand vibration level and sound pressure at operator's ear level were measured using the method defined in TS EN ISO 5349-1 AND TS ISO 5131. Total vibration value (a_{nv}) and average sound pressure level of trimmer controlled by handlebar and side handle are measured as $10,7 \text{ ms}^{-2}$ - $8,8 \text{ ms}^{-2}$ and $94,2 \text{ dB (A)}$ - $93,1 \text{ dB (A)}$ respectively. Average sound pressure levels are found similar.

Key words: vibration, trimmer, sound

GİRİŞ

Bahar ayları, doğanın uyanmaya başladığı ve doğal dengenin gereği türünü devam ettirmek için bir yarış içinde olduğu aylardır. Doğanın ev sahipliğinde birçok ortakçı kendi türünün devamını sağlamak için kıyasıya bir mücadele içindedir. Bu ortakçaların büyük çoğunluğunu oluşturan yabancı otlar, diğer kültür bitkilerinin bulunduğu ortamlarda hızla gelişerek bu bitkilerin gelişimini veya yaşam ortamını istenmeyen yönde etkilemektedir. Yabancı otlar, özellikle belli bir nem oranının altında daha kolay alevlenebilmekte ve çevre için tehdit

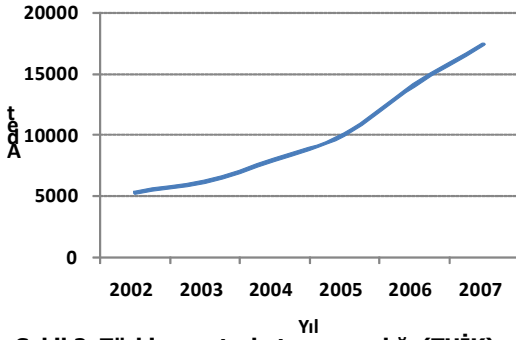
oluşturmaktadır. Sayılan nedenlerde dolayı otlar biçilerek gelişimlerinin sonlandırılması gerekmektedir.

Otların biçilmesi sırasında kullanılan yöntemler ve araçlar çeşitlilik göstermekle beraber en belirleyici faktör, otların bulunduğu alandaki zemin şekli, alanda yerleşik olan bitki örtüsü ve diğer nesnelere. Bu amaçla ülkemizde taşınabilir olarak en yaygın kullanılan araç bir çeşit uzun saplı orak olan kosadır (şekil 1).



Şekil 1. Kosa

Son yıllarda kosa'nın yerini motorlu tırpanlar almaya başlamıştır. TÜİK, bu amaçla kullanılan taşınabilir motorlu tırpanları, 2002 yılından itibaren tarım makinaları listesine almıştır. Şekil 2, 2002-2007 yılları arasındaki motorlu tırpan sayısındaki artışı açık bir biçimde ortaya koymaktadır. Bu sayının günümüzde değeri, artış oranına bağlı olarak hesaplanırsa, yaklaşık 25 bin olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 2. Türkiye motorlu tırpan varlığı (TÜİK)

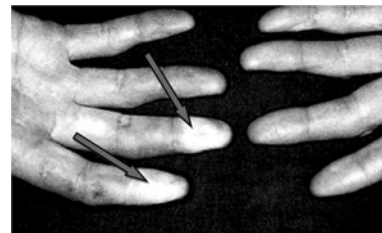
Motorlu tırpan sayısındaki hızlı yükselişe iki temel neden etkili olmuştur;

- Motorlu tırpanın belli güvenlik kuralları dışında kullanmak için önemli bir tecrübe gerektirmediği,
- Kosa ile karşılaştırıldığında iş kapasitesinin ve kalitesinin daha tatmin edici olması.

Motorlu tırpanlar, yüksek kapasiteli oluşları, taşınabilirliği ve biçme sırasında yüksek güç gereksinimleri nedeniyle içten yanmalı motorlarla tahrik edilmektedir. Böylece biçme işini yapan operatör veya çiftçi, kosa ile sağladığı çalışma ortamına göre çok daha gürültülü ve titreşimli bir ortamda çalışmak zorunda kalmaktadır. Bu çalışma; iki farklı komuta kontrol sistemine sahip

motorlu tırpanın titreşim ve gürültü yönüyle operatör üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu tip motorlu tırpanların seçilmesinin nedeni, ülkemizde de yaygın olarak kullanılmasıdır. Motorlu tırpanlarda hem titreşim hem de gürültünün ana kaynağı içten yanmalı motordur. Biçme sırasında ortaya çıkan mekanik titreşimler makinanın hareketli parçaları tarafından da oluşturulmaktadır. Makinada oluşan titreşimlerin tamamı, makine ile temas halinde olan insan vücudunu büyük oranda etkilemektedir. Bu etki, operatörün iş sırasında taşımak zorunda olduğu makinanın ağırlığıyla daha da artmaktadır. TS EN ISO 5349-1'e göre çalışma sırasında oluşan el-kol titreşim sendromunun ortaya çıkış derecesi; titreşimin frekansına, genliğine, el ve vücudun pozisyonuna, operatörün titreşime maruz kalma süresine ve titreşimin ele iletilme doğrultusuna bağlıdır (Anonim 2005). Özellikle yüksek devirlerde çalışan bu makinalarda biçme sırasında oluşan titreşim, operatörün sağlığını en azından çalışma rahatlığını olumsuz yönde etkilemektedir.

Operatörün motorlu tırpan ile çalışırken günlük olarak maruz kaldığı el-kol titreşimleri, uzun yıllar sonra "beyaz parmak sendromu" olarak bilinen kalıcı fiziksel hasara ya da bilek ve dirsekte bulunan eklem ve kaslarda rahatsızlıklara neden olabilmektedir (Şekil 3). Beyaz parmak endromu, ileri safhalarında elin ,yumuşak dokularındaki sinir ve arterlerin hasar görmesiyle parmak uçlarından başlayan beyazlama olarak karakterize edilmektedir (Anonim 2006). Bu şekilde hasar gören el, hassas hareketlerini kaybetmektedir.



Şekil 3. Beyaz parmak sendromu

Motorlu tırpanın biçme işini etkin bir şekilde yapabilmesi öncelikle biçme ünitesinin çalışma devrine bağlıdır. Yüksek biçme devri elde etmek için motor devri artırılmakta, devir artışına bağlı olarak ses basınç düzeyi de artmaktadır. Maruz kalınan gürültü operatörün çalışma etkinliğini doğrudan etkilemektedir. Gürültü, insan vücudunda farklı rahatsızlık ve arazlara neden olabilmektedir. Çalışma ortamındaki ses basınç düzeyinin 66-85 dB(A) aralığında olması fiziksel ve otonom sinir sistemi rahatsızlıklarını ortaya çıkarmaktadır. Çalışma ortamındaki gürültü düzeyinin 86-115 dB(A) aralığında oluşması ise işitme hücrelerinde hasar oluşması gibi belli rahatsızlıklara yol açabilmektedir (Ragni ve arkadaşları, 1999).

MATERYAL ve METOD

Bu çalışmada elde taşınabilir iki ayrı komuta ve kontrol sistemine sahip motorlu tırpanın titreşim ve gürültü düzeyleri, ilgili standartlar dikkate alınarak saptanmıştır. Taşınabilir motorlu tırpanları birbirinden farklı kılan temel özellik, makinaların kontrolünde kullanılan komuta sistemlerinin pozisyonlarıdır. Bunlar, materyal olarak denemeye alınan tırpanlar için bisiklet kolları (BK) ve yandan tutmalı (YT) olarak tanımlanmıştır (Şekil 4A, 4B). BK, operatörün giydiği bir askı sistemine bir kanca yardımıyla takılarak, YT ise operatörün sırtına asılarak kullanılmaktadır. Makinalarda kuvvet kaynağı

olarak iki zamanlı içten yanmalı otto motor kullanılmıştır. Bu makinalara ilişkin teknik veriler çizelge 1’de verilmiştir.



Şekil 4. Bisiklet kolları (BK) motorlu tırpan



Şekil 5. Yandan tutmalı (YT) motorlu tırpan

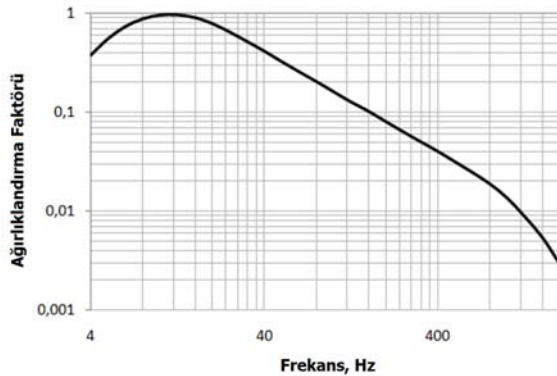
Çizelge 1. Çalışmada kullanılan motorlu tırpanlara ait bazı teknik veriler

Bazı Teknik Veriler	Motorlu Tırpan BK (Bisiklet Kolları)	Motorlu Tırpan YT (Yandan Tutmalı)
Motor Tipi	2 zamanlı	2 zamanlı
Kullanılan Yakıt	Benzin (1/25 Yağ katkılı)	Benzin (1/25 Yağ katkılı)
Silindir Adedi ve Konumu	1, Eğik Konumlu	1, Eğik Konumlu
Silindir Hacmi (cm³)	51,7	51,7
Güçü (kW/BG)	2,2 / 3	2,2 / 3
İlk Hareket	Elle, İpli	Elle, İpli
Maks. Devir Sayısı (min⁻¹)	7570±10 min ⁻¹	7470±20 min ⁻¹
Kavrama	İki pabuçlu, 78 mm , ağır hizmet tipi	İki pabuçlu, 78 mm, ağır hizmet tipi
Antivibrasyon sistemi	Var, (kavrama kutusu içinde)	Var, (esnek mil ile şasi arasında)
Ateşleme	Elektronik	Elektronik
Yakıt Deposu Hacmi (L)	1,1	1,1
Soğutma Sistemi	Hava soğutmalı	Hava soğutmalı
Hava Filtresi	İki aşamalı kuru tip	İki aşamalı kuru tip
Ağırlık (kg)	9,5	11,5

Taşınabilir motorlu tırpanlar ile yapılan çalışmada maruz kalınan titreşimin ölçülmesi ve değerlendirilmesi amacıyla TSE EN ISO 5349-1 ve TSE EN ISO 5349-2 (Anonim 2004, Anonim 2005) standartlarında verilen farklı analiz yöntemleri kullanılmıştır. Bu standartlarda belirtilen ve operatör eliyle vücuda iletilen titreşim genliğini belirtmekte kullanılan ana büyüklük, m/s^2 olarak frekans ağırlıklı ivmenin k.o.k (kareler ortalamasının karekökü) değeridir. Buna göre standart, frekans ağırlıklı ivmenin ölçülmesinde frekans ağırlıklandırma bant filtrelerin uygulanmasının gerekliliğini bildirmektedir. Bu amaçla 1/3 oktav bant ivme değerlerinin frekans ağırlıklı ivmelere dönüştürülmesinde aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır;

$$a_{hw} = \sqrt{\sum_i (W_{hi} * a_{hi})^2} \quad (1)$$

Burada a_{hw} frekans ağırlıklı ivmenin k.o.k değeri, W_{hi} 1/3 oktav bant için ağırlıklandırma faktörü (Şekil 6) ve a_{hi} (ms^{-2}) cinsinden i'nci 1/3 oktav bant içinde ölçülen k.o.k ivme değeridir.



Şekil 6. Ağırlıklandırma faktörlerinin frekansa bağlı olarak logaritmik ölçekte değişimi

TSE EN ISO 5349-1, motorlu el aletleri üzerinden ele geçen titreşimin üç yönde yapılan titreşim ölçümleri sonucunda hesaplandığını ve üç yönün her birindeki titreşimin eşit seviyede zararlı olduğunu kabul etmektedir. Bu nedenle ölçmeler üç yönde ayrı ayrı yapılmıştır.

İlgili standart, maruz kalınan titreşimin değerlendirmesinde ölçüm yapılan üç eksenelde elde edilen titreşim verilerinin kombinasyonu ile hesaplanan bir büyüklüğü dikkate almaktadır. Bu büyüklük toplam titreşim değeridir ve üç bileşen değerinin kareler toplamının karekökü olarak tanımlanmaktadır.

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hw_x}^2 + a_{hw_y}^2 + a_{hw_z}^2} \quad (2)$$

Eşitlikte a_{hw_x} , a_{hw_y} , a_{hw_z} her eksen için frekans ağırlıklı ivme değerlerini ifade etmektedir.

Titreşime maruz kalma, titreşimin genliğine ve maruz kalma süresine bağlıdır. Farklı titreşim genlikleri bulunan çalışmalarda titreşime maruz kalma, 8 saatlik enerjiye eşdeğer olan frekans ağırlıklı toplam titreşim değeri ile ifade edilmektedir. Motorlu tırpanlarda yapılan çalışmada makine durdurulmadan zamanın yarısı boşta yarısı yükte olacak şekilde hesaplama yapılmıştır (Anonim 2004 b). Bu amaçla aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır;

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 T_i} \quad (3)$$

a_{hvi} = i'nci çalışma için toplam titreşim değeri,
 n = her bir titreşime maruz kalma sayısı,
 T_i ; i'nci çalışma süresi (saat).

Motorlu tırpanla çalışma sırasında titreşime maruz kalan kişilerin % 10'unda parmaklardan kan çekilmesi durumunun oluşmasını tahmin etmek amacıyla, günlük titreşime maruz kalma süresi $A(8)$ kullanılarak kişinin toplam (ömür boyu) titreşime maruz kalma süresi D_y (yıl) hesaplanabilmektedir. Bunun için aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır;

$$D_y = 31,8[A(8)]^{-1,06} \quad (4)$$

Motorlu tırpan ile çalışırken oluşan titreşim sinyallerinin alınabilmesi için operatörün sağ elinin makinayı kavradığı tutamak üzerine sabit olarak yerleştirilen üç eksenli piezoelektrik ivme algılayıcı kullanılmıştır. Titreşim sinyalleri gerçek

zamanlı frekans analizörü kullanılarak 1/3 oktav bandında işlenmiş ve kaydedilmiştir.

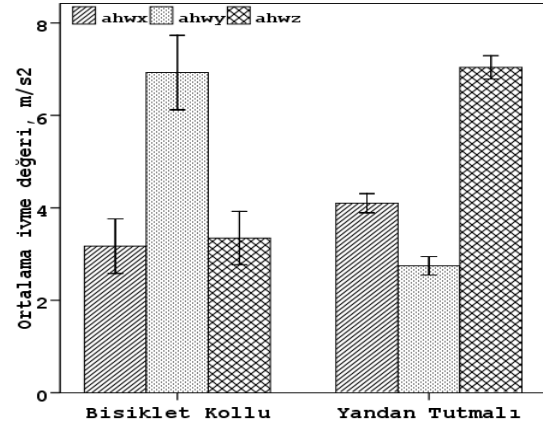
Motorlu tırpanlarla çalışma sırasında maruz kalınan gürültü düzeyinin ölçülmesi ve değerlendirilmesi TS ISO 5131 standardında verilen direktifler kullanılarak yapılmıştır (Anonim 2003). Bu standart, mikrofonun operatör kulak seviyesinde ve yönünün gürültü kaynağına doğru olması gerektiğini bildirmektedir. Alınan gürültü sinyalleri önce bir ön yükselticiden geçirilmiş, gerçek zamanlı olarak 1/3 oktav bandında işlenmiş ve çalışma süresinde operatörün maruz kaldığı ses basınç seviyesi "A ağırlıklı" filtreleme sonrasında dB (A) olarak ölçülmüştür. Titreşim ve gürültü ölçümlerinde kullanılan sistem; bilgisayar dışında, Brüel&Kjaer ürünlerinden oluşan ivmeölçer, mikrofon ve bunların bağlandığı ve gelen sinyallerin ölçümüne olanak sağlayan yazılım ve donanıma sahip analizör ve bağlantı elemanlarından oluşmaktadır. Çalışmada Brüel&Kjaer marka 4520-002 model 3 eksenli piezoelektrik ivmeölçer ve 4189 model mikrofon, B&K 3560-C model analizör kullanılmıştır. Ölçümler Mayıs 2009'da E.Ü.Ziraat Fakültesi deneme bahçelerinde gerçekleştirilmiştir. Motorlu tırpanların çalışması sırasında aynı alanda tesadüf olarak belirlenmiş parsellerde biçme işlemi gerçekleştirilmiştir. Pala ve misinalı biçme düzenleriyle yapılan biçme işlemlerinin herbirinde motorlu tırpanlar tam yükte çalıştırılmış ve her deneme 20 s sürelerle beş tekerrür olarak yapılmıştır. Her denemede titreşim ve ses sinyalleri aynı anda kaydedilmiş ve gerçek zamanlı olarak analizi gerçekleştirilmiştir. Elden edilen verilerin analizi α : 0,95 düzeyinde SPSS V15 programı kullanılarak yapılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

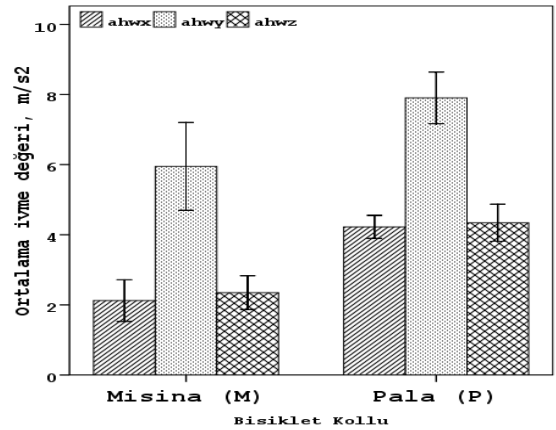
Tırpanların titreşim değerleri:

Çalışmada kullanılan motorlu tırpanlarla yapılan denemelerden elde edilen sonuçların değerlendirilmesi; tırpanların komuta ve kontrol yöntemine bağlı olarak ve iki ayrı grup halinde

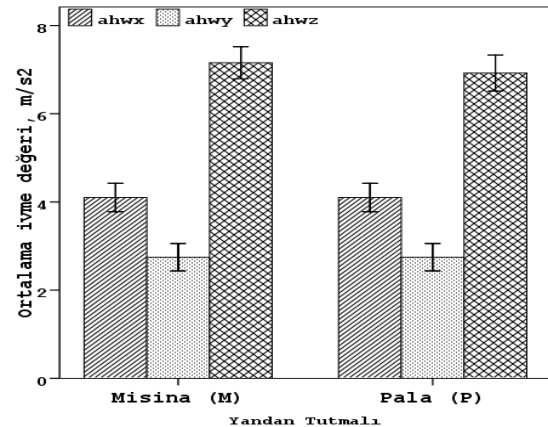
yapılmıştır. Sonuçlar, motorlu tırpanlara takılan biçme düzenlerine göre ayrıca incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.



Şekil 7. Motorlu tırpanlarda operatörün sağ elinden vücuda geçen ortalama eksenel ivme ve standart hata değerleri.



(a)

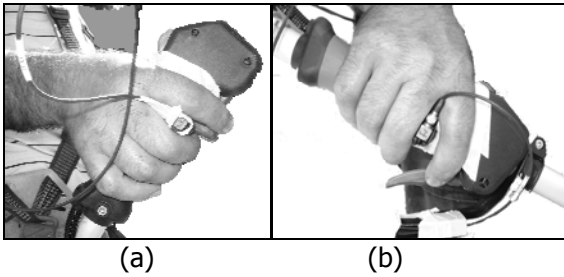


(b)

Şekil 8. (a) Bisiklet kollu ve (b) yandan tutmalı motorlu tırpanlarda misinalı ve palalı biçme düzeni ile çalışmada operatörün sağ elinden vücuda geçen ortalama eksenel ivme ve standart hata değerleri.

Motorlu tırpanlarla yapılan çalışma sırasında her iki makinede ölçülen en büyük ve en küçük Eksenel ivme değerleri Şekil 7'de görülmektedir. En yüksek ivme değeri bisiklet kollu tırpan için "y" ekseninde $6,9 \text{ ms}^{-2}$, yandan tutmalı tırpan için "z" ekseninde $7,0 \text{ ms}^{-2}$ olarak belirlenmiştir. Eksenel ortalama ivme değerleri tırpanlarda kullanılan misinalı ve palalı biçme düzenlerine göre karıştırıldığında benzer sonuçlar görülmektedir (Şekil 8 a, b).

Motorlu tırpanlarda kullanılan misinalı ve palalı biçme düzenlerinde saptanan eksenel ivme değerlerinin eksenlere göre değişim göstermesinin temel nedeni, operatör elinin makineyi tutma pozisyonunda farklılıktır (Şekil 9).



Şekil 9. (a) Bisiklet kollu ve (b) yandan tutmalı motorlu tırpanda operatörün sağ elinin makineyi tutma pozisyonu.

Her iki makine için yükte ve boşta çalışmada elde edilen ortalama eksenel ivme değerleri (ms^{-2}) çizelge 2'de görülmektedir.

Çizelge 2. Misinalı ve palalı biçme düzeninin boşta ve yükte ortalama eksenel titreşim değerleri (ms^{-2})

		Misinalı Biçme Düzeni			Palalı Biçme Düzeni		
		a_{hwx}	a_{hwy}	a_{hwz}	a_{hwx}	a_{hwy}	a_{hwz}
BK	Boşta	3,99	7,39	3,75	2,20	6,80	2,10
	Yükte	4,46	8,42	4,94	2,05	5,10	2,60
YT	Boşta	3,93	2,70	7,37	3,93	2,70	7,37
	Yükte	4,27	2,79	6,48	4,27	2,79	6,95

Varyans analizlerini içeren çizelge 3, motorlu tırpanların farklı biçme düzenleriyle çalışmasında boşta ve yükte ortaya çıkan ortalama eksenel titreşim değerlerinin arasındaki farkın önemini

ortaya koymaktadır. Çizelgeye göre YT tırpanda biçme düzenleri arasındaki fark önemli bulunmazken, BK tırpan $\alpha:0,95$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 3. Misinalı ve palalı biçme düzeninin boşta ve yükte titreşim üzerine etkisi gösteren varyans analizi a)BK, b)YT

(a)

	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	Sig.
a_{hwx}	22,078	1	22,078	49,269	,000
a_{hwy}	19,121	1	19,121	9,272	,007
a_{hwz}	19,888	1	19,888	39,831	,000

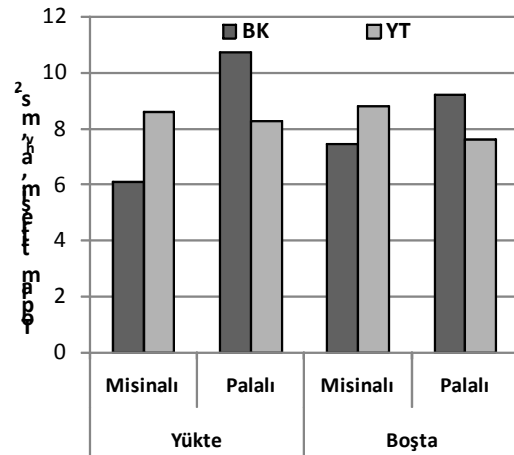
$\alpha:0,95$

(b)

	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	Sig.
a_{hwx}	,000	1	,000	,000	1,00
a_{hwy}	,000	1	,000	,000	1,00
a_{hwz}	,270	1	,270	,924	,349

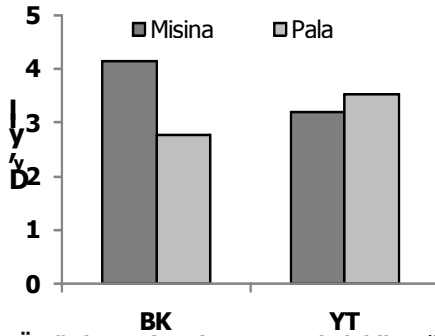
$\alpha:0,95$

Maruz kalınan titreşimin değerlendirmesinde, ölçüm yapılan üç eksenle elde edilen titreşim verilerinin kombinasyonu ile hesaplanan toplam titreşim değeri kullanılmaktadır. Bu değerler her iki tırpan için Şekil 10'da verilmiştir. Bisiklet kollu tırpanın toplam titreşim değerinin yükte ve palalı biçme düzeni ile çalışırken en yüksek değere ($10,7 \text{ ms}^{-2}$) ulaştığı saptanmıştır. Bu durum söz konusu koşullarda çalışma sırasında ve sonrasında çalışan için daha fazla rahatsızlık anlamına da gelmektedir.



Şekil 10. Toplam titreşim değerleri

Motorlu tırpanla çalışma sırasında titreşime maruz kalan kişilerin % 10'unda parmaklardan kan çekilmesi durumunun oluşmasını tahmin etmek amacıyla, günlük titreşime maruz kalma süresi kullanılarak kişinin toplam (ömür boyu) titreşime maruz kalma süresi D_y (yıl) hesaplanabilmektedir. Motorlu tırpanlar için hesaplanan bu değerler şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11. Ömür boyu titreşime maruz kalabileceği en fazla süre

Bisiklet kolu motorlu tırpanla yapılan biçme işlemi sırasında palalı biçme düzeniyle çalışmanın misinalı biçme düzenine göre operatöre daha fazla rahatsızlık verdiği şekil 10'da görülmektedir

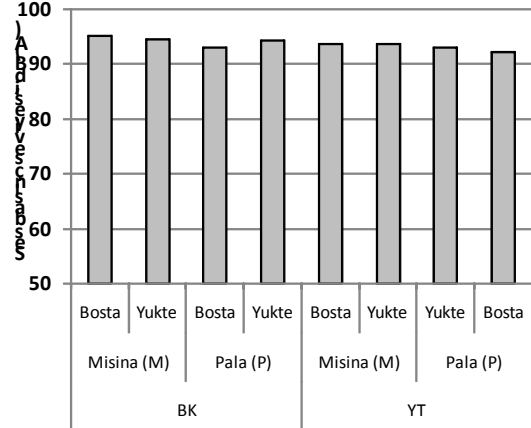
3.2. Tırpanların ses basınç değerleri:

Titreşimin yanında ortaya çıkan ses basınç düzeyi de makinayı kullanan kişiyi son derece rahatsız etmektedir. Çalışmada kullanılan tırpanların hem boşta hem de yükte ses basınç seviyeleri A ağırlık olarak ölçülmüştür. Tüm değişkenlerle yapılan varyans analizi, ses basınç seviyeleri arasındaki farkın önemli olmadığını göstermiştir. Ancak saptanan değerler, dünya çalışma örgütü ILO'nun bildirdiği sekiz saatlik çalışma süresince maruz

LİTERATÜR LİSTESİ

- Anonim 2003, TS ISO 5131 Akustik-Tarım ve Ormancılıkta Kullanılan Traktör ve Makinalar-Operatör Konumunda Gürültünün Ölçülmesi-Gözlem Metodu Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- Anonim 2004 a, TSE EN ISO 5349-2 Mekanik Titreşim-Kişilerin Maruz Kaldığı, Elden Vücuda İletilen Titreşimin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi-Bölüm 2: İş Yerlerinde Ölçme Yapmak İçin Pratik Kılavuz, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- Anonim 2004 b, The European Technical Report CEN/TR 231064, 2004. Guideline for the assessment of exposure to hand-transmitted vibration based on information provided by manufacturers of machinery.

kalınabilecek 85 dB(A) dan daha yüksektir. Her iki makina da sınırı aşmaktadır (Şekil 12).



Şekil 12. Motorlu tırpanlarda operatör kulak hizasında ölçülen ses basınç seviyesi

SONUÇ ve ÖNERİLER

Son yıllarda hızla yayılan ve farklı işletme ve çiftçiler tarafından kullanılan taşınabilir çok sayıda motorlu tırpan ülkemize girmiş durumdadır. Bu çalışmada da görüldüğü gibi yaklaşık aynı özelliklere sahip makinaların insana etkileri çok açık bir biçimde farklılık göstermektedir. Yapılan bu araştırma ile makinaların ergonomik olarak kullanılabilirliği belli standartlara dayandırılarak irdelenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; motorlu tırpanlar içinde, kullanımı sırasında en çok rahatsızlık verici olanı, üzerinde palalı biçme düzeni kullanılan bisiklet kolu tırpanıdır.

- Anonim 2005, TSE EN ISO 5349-1 Mekanik Titreşim-Kişilerin Maruz Kaldığı, Elle İletilen Titreşimin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi-Bölüm 1: Genel Kurallar, T.S.E., Ankara
- Anonim 2009, TÜİK, 2008, Tarım İstatistikleri, Tarımsal Alet ve Makin Sayıları http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb_id=49&ust_id=13
- Ragni L; Vassalini G; Xu F; Zhang L B (1999). Vibration and noise of small implements for soil tillage. Journal of Agricultural Engineering Research, 74, 403-409