



Bıçerdöverlerde Tasarım Parametreleri Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi

Metin GÜNER

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Dışkapı, Ankara, Türkiye
metguner@gmail.com

Alındığı tarih (Received): 08.08.2016

Online Baskı tarihi (Printed Online): 29.08.2016

Kabul tarihi (Accepted): 22.08.2016

Yazılı baskı tarihi (Printed): 31.08.2016

Öz: Bıçerdöverler hasat, harman, ayırma ve temizleme işlemlerini bir arada yapan, aynı anda daneyi depolayan ve taşıyan kombine bir makinedir. Buğday, çavdar, arpa, yulaf, mısır, ayçiçeği, kanola, keten, soya fasulyesi vb. tarımsal ürünlerin hasadında kullanılan bıçerdöverlerin günümüzdeki önemi tartışılmazdır. Bıçerdöverlerin karmaşık bir yapıya sahip olması nedeniyle görevlerini iyi yapabilmeleri için işleyici organları arasında belirli ilişkilerin olması gerekir. Bu ilişkiler değişik literatürlerde verilmeye çalışılmış, ancak bu ilişkilerin uygulamadaki bıçerdöverlerle olan ilişkisi incelenmemiştir. Bu çalışmada farklı marka ve model bıçerdöverlerin tasarım parametreleri arasındaki ilişkiler incelenmiş ve uygulamadaki parametrelerin teorik verilerle karşılaştırılması yapılmıştır. İncelenen bıçerdöverlerde bir bıçerdöver modeli hariç dolap çevre hızları 2.7 m/s'yi geçmemiştir. Dolap indeksi en düşük 0.45 ve en büyük 1.77 bulunmuştur. Dolap yükseklikleri 1.17 m ile 2.11 m arasında değişmiştir. Biçme genişliği, batör uzunluğu, kontrbatör yüzey alanı, sarsak alanı ve toplam elek alanı oranı (B/L/A/S/E) 1/0.27/0.19/1.16/1.03 olarak belirlenmiştir. Güç/genişlik oranları genel ortalama değeri 39.70 kW/m saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Bıçerdöver, hasat, harman, temizleme, ayırma

Investigation of Relationship Between Design Parameters in Combine Harvesters

Abstract

A combine harvester is a machine used to harvest grains such as wheat, rye, barley, oats, corn, sunflower, canola, flax, soybean, etc. It is used instead of using separate machines for harvesting, threshing, separation, cleaning procedures and at the same time stores and carries grain. This harvester machine combines all these functions into one machine. It is indispensable for agriculture. Due to a complex structure of tasks there must be a relationship between the parts of combines for doing their tasks well. These relationships have been tried to give in different literature but has not been studied in relation to the application with the combine harvester. In this study the relationship between the design parameters of different combine brands and models are examined and compared with the theoretical data. Except for a combine harvester model examined the reel peripheral speeds are lower than 2.7 m/s. The lowest reel index is 0.45 and the biggest on is 1.77. The reel height ranged from 1.17 m to 2.11 m. Cutting width, cylinder length, concave surface area, straw walkers area and sieve area ratio (B/L/A/S/E) are determined as 1/0.27/0.19/1.16/1.03. The ratio of power to cutting width is 39.70 kW/m.

Key words: Combine harvester, harvest, threshing, cleaning, separation

1.Giriş

Bilindiği gibi bıçerdöverler buğday, çeltik, arpa, yulaf, mısır, soya, keten vb. gibi tarımsal ürünlerin hasat, harman, ayırma ve temizleme işlemlerini bir arada yapan, daneyi depolayan ve taşıyan kombine bir makinedir. Bıçerdöverlerde 4

ana organ vardır. Bunlar hasadı yapan biçme tablası, harmanlamada görev alan batör ve kontrbatörden oluşan harmanlama ünitesi, ayırma işlemi yapan sarsak ve temizleme işlemi yapan eleklerdir. Materyal, dolap tarafından biçme düzeni önüne yatırılmakta, kesilmesine yardımcı

olmakta ve kesilen ürünün tabla helezonuna iletilmesini sağlamaktadır. Biçerdöverin ürünle karşılaşan ilk parçalarından biridir. Dolabın devri ve çapı bunlara bağlı olarak çevre hızı, dolabın yüksekliği, pervaz sayısı, parmakların durumu dolabın görevini yerine getirmesinde önemli olan tasarım parametreleridir. Dolap devri ile ekinin sık ve seyrek olması ve ilerleme hızı arasında belirli ilişkinin bulunması beklenmektedir (Güner ve Keskin 2011). Dolabın yanlış tasarlanması, dane ve başak dökülmesine yol açacak, daha baştan biçerdöverin işlevinde aksamalara neden olacaktır. Dolabın hızlı dönmesi dane dökülmesine ve yavaş dönmesi ise başak kaybına yol açacaktır. Materyalin biçimini ya da kesilmesini sağlayan biçme düzeninin belirli ortalama hıza sahip olması, parmaklar arasındaki mesafenin biçme yüksekliğini etkilediğinin bilinmesi gerekir. İlerleme hızı ile dolap çevre hızı ve bıçak ortalama hızı arasında bir ilişki vardır (Güzel 1998, Srivastava ve ark. 1993). Tabla helezonunun devri, çapı, kanatların durumu, taban ve arka sac ile olan açıklığı; dane kırılması, dökülmesi ve materyalin boğaz elevatörüne yedirilmesi açısından önemlidir. Boğaz elevatöründeki açıklık ayarları; hem kırılmayı, hem de akışın düzenle olmasını etkiler. Batörün devri, uzunluğu, çapı, kontrbatörün yüzey alanı, batör ve kontrbatörün tipi harmanlamada çok önemli faktörlerdir. Biçme genişliği, batör uzunluğu ve kontrbatör yüzey alanı arasında belirli bir oranın olması gerekir (Kanafojski ve Karwowski 1972). Sapların içerisinde danelerin ayrılmasını sağlayan sarsakların devri ile sarsak krank yarıçapı arasındaki ilişki daneleri saptan ayırmaya etkili önemli faktörlerdendir. Yine sarsak genişliği ve elek genişliği arasında da bir ilişki vardır.

Yukarıda ifade edilen biçerdöver tasarım parametreleri arasındaki ilişkilere yönelik yerli ve yabancı kaynaklarda formüller ve tasarım parametreleri verilmiştir. Ayrıca biçerdöverler üzerine pek çok çalışma yapılmıştır (Gümüş 2006, Karaağaç ve Aykanat 2010, Eroğlu 2010, Say ve ark. 2010, Kassa ve Abdi 2014). Ancak uygulamada imalatı yapılan biçerdöverlerin tasarım parametreleri ve bu parametreler

arasındaki ilişkilerin düzeyi bilinmemektedir. Bu çalışmada biçerdöverin tasarımına yönelik literatürlerde verilen ilişkiler incelenmiş, bu ilişkiler uygulamadaki biçerdöver verileriyle karşılaştırılmış ve uygulamadaki biçerdöverlerin verilerinden yararlanılarak parametreler arasındaki ilişkiler belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada biçerdöver tasarımına yönelik temel eşitlikler, dünyada yaygın olarak kullanılan biçerdöverlerin teknik özellikleri ve uygulamada biçerdöverlerle yapılan saha çalışma sonuçları kullanılmıştır. Uygulamadaki biçerdöverlerin tasarım parametreleri ele alınmış, aralarındaki ilişkiler incelenmiş, biçerdöver tasarım ve imalatında kullanılabilecek genel ve ortak parametre ilişkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

Araştırmada *New Holland*: TX30 (teğetsel, çift batörlü), 1530 (Teğetsel, tek batörlü), 1545 (Teğetsel, tek batörlü), 8040 (Teğetsel, tek batörlü), 8060 (Teğetsel, tek batörlü), TC5.80 (Teğetsel, tek batörlü), CX 5090 (Teğetsel, tek batörlü, ikinci batör tercihe bağlı), CX 6080 (Teğetsel, tek batörlü, ikinci batör tercihe bağlı), CX 6090 (Teğetsel, tek batörlü, ikinci batör tercihe bağlı), CX 8070 (teğetsel, çift batörlü), CR 9080 (Aksiyal, ikiz rotorlu); *John Deere*: JD630 (teğetsel, tek batörlü), JD955 (teğetsel, tek batörlü), JD1166 (Teğetsel, tek batörlü), T550 (Teğetsel, çift batörlü), W540 (Teğetsel, tek batörlü), W550 (Teğetsel, tek batörlü), W550 HM (Teğetsel, tek batörlü), W650 (Teğetsel, tek batörlü), S670 (Aksiyal, tek rotorlu), S680 (Aksiyal, tek rotorlu); *Massey Ferguson*: ACTIVA S 7347 (Teğetsel, iki batörlü), ACTIVA S 7347 MCS (Teğetsel, iki batörlü), ACTIVA S 7345 (Teğetsel, iki batörlü), ACTIVA S 7345 MCS (Teğetsel, iki batörlü), BETA 7360 (Teğetsel, çift batörlü), BETA 7370 (Teğetsel, çift batörlü), BETA 7360 PL (Teğetsel, çift batörlü), BETA 7370 PL (Teğetsel, çift batörlü); *Claas* Mega 218 (Teğetsel, tek batörlü) biçerdöver marka ve modelleri olmak üzere 21 biçerdöver modeli kullanılmıştır.

2.1.Dolap Tasarımı

Biçme yüksekliği, dolabın ve parmaklarının konumu, dolap pervaz sayısı ile dolap hızının ilerleme hızına göre değişimi biçerdöverlerde tabla kayıplarını etkileyen faktörlerin başında gelmektedir. İyi bir biçmenin yapılabilmesi için dolap pervazları, sapa başağın altında çarpmalı ve sapları biçme düzenine yatırmalıdır. Biçerdöverlerle çalışmada istenilen biçmenin gerçekleştirilmesi için dört değişik dolap ayarı yapılmalıdır (Erol 1982). Bunlar;

- Dolap parmaklarının eğim ayarı
- Dolap yükseklik ayarı
- Dolap durum yani ileri-geri ayarı
- Dolap hız ayarıdır.

Parmakların eğim ayarı ürünün durumuna göre yapılır. Dik ürünler için parmakların düşey olması istenir. Yatık ürün için parmaklar arkaya doğru eğimli olmalı, ancak eğer ürün makinaya doğru yatıksa parmaklara öne doğru hafif bir eğim vermek gereklidir. Kısa ürünlerde arkaya doğru eğim verilmelidir.

Dolap yükseklik ayarı biçilmekte olan ürünün sapın yüksekliğine göre yapılan ayardır. Dolap yüksekliği dolap ekseninin biçme düzeninden olan düşey mesafesini verir. Dolap yüksekliği 3 farklı yöntemle hesaplanır. Birinci yöntemde; dolap yüksekliği sapın ağırlık merkezi, başaktan itibaren biçilmiş sap boyunun 1/3'ü kadar aşağıda olması gerektiği kuralına göre hesaplanır (Erdoğan ve Keskin 1984).

Buna göre dolap yüksekliği (C);

$$C = \frac{D}{2} + \frac{2}{3}(H - h) \text{ olarak hesaplanabilir.}$$

İkinci yöntemde; dolabın sapa başaktan itibaren 30 cm aşağıdan çarpması istenir. Buna göre dolap yüksekliği aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$C = \frac{D}{2} + (H - (h + 0.30))$$

Üçüncü yöntemde; dolap yüksekliği ayrıca biçerdöverin ilerleme hızı ve dolap çevre hızı dikkate alınarak da hesaplanabilir.

$$C = (H - h) + \frac{D}{2} \times \frac{V_m}{V_d}$$

C = Bıçaklardan itibaren dolap merkezi yüksekliği (m)

H = Sap yüksekliği (m)

h = Anız yüksekliği (m)

D = Dolap çapı (m)

V_m = Biçerdöverin ilerleme hızı (m/s)

V_d = Dolap çevre hızıdır (m/s).

Dolap durum (ileri-geri) ayarı, dolap ekseninin bıçak ağzından olan uzaklığının ayarıdır. Yatık ürünlerde dolap kanatlarının önden sapa çarparak kaldırabilmesi için dolabın ileri ve dik üründe geri alınması gerekir. Ürün durumuna göre dolap eksenini bıçak ağzından 20–30 cm önde olmalıdır.

Dolabın çevre hızı başak ve danenin dökülmesi açısından önemlidir. Dolap hızı ile dolap çapı, ilerleme hızı ve ürünün sıklığı arasında bir ilişki vardır. Bu ilişki ürün sıklığına ve ilerleme hızına bağlı olarak iki biçimde verilebilir.

Birinci yöntemde ilerleme hızı ve dolap çapına bağlı olarak değişik koşullarda dolap çevre hızı için aşağıdaki bağıntılar yazılabilir.

Sık ve dökülme tehlikesi olan ürünlerde:

$$V_d = \frac{2 \times \pi}{15} V_m$$

$$\text{Orta derecede sık ürünlerde: } V_d = \frac{3 \times \pi}{20} V_m$$

$$\text{Seyrek üründe ve hızlı biçimde: } V_d = \frac{\pi}{6} V_m$$

V_d = Dolap çevre hızı (m/s)

V_m = Makinanın ilerleme hızı (km/h)

n = Dolap devri (d/d)

D = Dolap çapı (m) dir.

Dolap çevre hızının belirlenmesinde kullanılan ikinci yöntemde dolap indeksi kullanılır. Dolap indeksi; dolap çevre hızının makine ilerleme hızına oranıdır. Bu oran 1.25-1.50 olarak kabul edilir (Öztekın ve ark. 2006, Kepner ve ark. 1972).

$$R_i = \frac{V_d}{V_m} = 1.25 \dots 1.50$$

R_i =Dolap indeksi (-)

V_d =Dolap çevre hızı (m/s)

V_m =Makine ilerleme hızı (m/s),

Biçerdöverlerde pervaz sayısı da tasarım parametresi olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolabın pervaz sayısı (z) aşağıdaki bağıntıyla hesaplanabilir (Güzel 1990, Kadayıfçılar 1991, Özmerzi ve ark. 2004, Ülger ve ark. 2011).

$$z = \frac{S}{b \cdot \eta} = \frac{\pi}{\left[\sin \varphi - \frac{\pi}{2} + \sqrt{\frac{1}{a^2} - a} \right] \cdot \eta}$$

$$s = 2\pi R \frac{V_m}{V_d}$$

$$a = \frac{1}{R_i} = \frac{V_m}{V_d} = \sin \varphi$$

Burada: S: Dolap adımı ya da dolabın bir devrinde makinenin aldığı yol (m)

R: Dolabın yarıçapı (m)

V_m : Makinenin ilerleme hızı (m/s)

V_d : Dolabın ilerleme hızı (m/s)

z= Dolabın pervaz sayısı (adet)

b: Trahoid (uzamış sikloid) buklesinin genişliği (m)

η : Pervaz etkisinin yayılma katsayısı ya da pervazın ekin saplarına yaptığı sıkıştırma alanı.

Bu katsayı ekinin yoğunluğuna; yüksekliğine, pervazın ekinin içine dalma derinliğine, ekin kütesinin yükseklik bakımından homojenlik derecesine vb. bağlı olarak $\eta=1.0\dots 2.6$ arasında değişir.) φ : Pervazın ekin içine girdiği durumdaki pervaz yarıçapının yatay düzlemle yaptığı açı (°),

a= Hız oranı olup dolap indeksinin tersidir. Makine ilerleme hızının dolap çevre hızına oranıdır.

Dolap pervaz sayısının belirlenmesinde; Kassa ve Abdi (2014) aşağıdaki bağıntıyı önermiş ve tef bitkisinin hasadı için dolap pervaz sayısını hesaplamıştır.

$$z = \frac{2\pi}{\alpha}$$

$$\alpha = \omega t - \cos^{-1} \left(\frac{Z_r}{R} + \cos \omega t \right)$$

$$\omega t = \sin^{-1} \left(\frac{R_0}{R} \sin \varphi \right) + \frac{\pi}{2} - \varphi$$

$$R_0 = V_m / \omega$$

z=Pervaz sayısı

α =Pervazlar arasındaki açısal yer değiştirme (°)

ω = Dolap açısal hızı (rad/s)

Z_r = Pervazın yataydaki izdüşümü (38...40 cm)

R = Dolap yarıçapı (cm)

V_m = Biçerdöver ilerleme hızı (m/s).

Bu çalışmada biçerdöver hızı 5 km/h (1.39 m/s) alınmış ve hesaplamalar bu değer üzerinden yapılmıştır. Dolap yüksekliğinin hesaplanmasında bitki boyu H=120 cm ve anız boyu 20 cm alınmıştır. Dolap yüksekliği 3 farklı yöntemle hesaplanmıştır. Birinci yöntemde dolap yüksekliği sapın ağırlık merkezinin başaktan itibaren biçilmiş sap boyunun 1/3 'ü kadar aşağıda olması gerektiği kuralı esas alınmıştır. İkinci yöntemde dolabın sapa başaktan itibaren 30 cm aşağıdan çarpması kullanılmıştır. Üçüncü yöntemde dolap yüksekliği, biçerdöverin ilerleme hızı ve dolap çevre hızı dikkate alınarak bulunmuştur. Biçerdöverlerde olması gereken dolap pervaz sayısının hesaplanmasında

$$a = \frac{1}{R_i} = \frac{V_m}{V_d} = \sin \varphi \text{ kullanılmıştır.}$$

η : pervaz etkisinin yayılma katsayısı ekinin yoğunluğuna; yüksekliğine, pervazın ekinin içine dalma derinliğine, ekin kütesinin yükseklik bakımından homojenlik derecesine vb. bağlı

olarak $\eta=1.0...2.6$ arasında değişmekte ve hesaplamalarda ortalama bir değer olarak $(1+2.6)/2=1.8$ alınmıştır.

2.2. Biçme Genişliği, Batör Uzunluğu Ve Kontrbatör Yüzey Alanı Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi

Biçerdöverlerde etkin bir hasat işleminin yapılabilmesi için biçme genişliği (B), batörün uzunluğu (L), kontrbatörün yüzey alanı (A) arasında belli bir oranın olması gereklidir. Bu oran Kanofojski ve Karwowski (1976)' ya göre normal koşullarda ve ortalama bir değer olarak $B / L / A = 1 / 0.36 / 1.2$ değerindedir.

Biçme genişliği 2,1 m den küçük ise; $B / L / A = 1 / 0.37 / 0.8$

Biçme genişliği 2.25 - 3 m arasında ise; $B / L / A = 1 / 0.36 / 1$

Biçme genişliği 3 m den büyük ise ; $B / L / A = 1 / 0.36 / (1.25 - 1.50)$

değerleri kullanılır.

Burada; B= Biçerdöverin biçme genişliği (m)

L= Batör uzunluğu (m)

A=Kontrbatör yüzey alanı (m²)' dir.

2.3. Biçme Genişliği ve Motor Gücü İlişkisi

Farklı biçerdöverlerde biçme genişliği ve motor gücü arasındaki ilişki, birim biçme genişliği başına düşen güç değeri bulunarak araştırılmıştır. Bu amaçla Çizelge 3'de de görülebileceği gibi, 21 farklı biçerdöver modelinde motor gücü ve biçme genişliğine bağlı olarak birim biçme genişliği başına düşen güç gereksinimi bulunmuştur.

2.4. Batör- Kontrbatör Parametreleri Arasındaki İlişki

Sabit harman makinelerinde, kontrbatörün çevre uzunluğu $L = (0,4...0,45) D$ ve biçerdöverlerde ise bu oran $L = (1,01,2) D$ olabilmektedir. Batör pervazlarının sayısı en uygun harman etkisine göre seçilir. Batörün en uygun harman etkisi birbirini izleyen iki pervazın ekine çarpma anları arasında geçen zamana göre belirlenir. Bu zaman süresi $\Delta t = 0,0045...0,0065$ saniye ortalama 0.00555 s alınabilir. Pervazlı batörlerde pervaz sayısı aşağıdaki bağıntıyla hesaplanabilir (Kadayıfçılar 1991).

$$z_{bs} = \frac{\pi D_b}{V_b \Delta t}$$

$$\text{Batör çevre hızı } V_b = \frac{\pi D_b n_b}{60}$$

ve $\Delta t = 0.00555$ s alınırsa

$$\text{yukarıdaki formül } z_{bs} = \frac{10811}{n_b} \text{ halini alır.}$$

z_{bs} = Hesaplanan batör pervaz sayısı (adet)

D_b = Batör çapı (m)

V_b = Batör çevre hızı (m/s)

n_b = Batör devri (d/d)

Δt = Birbirini izleyen iki pervazın ekine çarpma anları arasında geçen zaman olup ortalama 0.00555 s alınabilir.

3. Sonuçlar ve Tartışma

Çizelge 1'de 3 farklı biçerdöver markası için dolap devri, dolap çapı, dolap çevre hızı, dolap indeksi, ürünün sıklığına göre biçerdöver ilerleme hızı, dolap pervaz sayısı ve dolap yükseklik değerleri verilmiştir. Çizelge 1'de 3 biçerdöverdeki dolap çevre hızları; dolap devri ve çapına bağlı olarak hesaplanmıştır. Dolabın maksimum çevre hızının 2.7 m/s yi geçmemesi gerektiği denemelerle ortaya konulmuştur. Yüksek dolap hızı biçilen materyalin tablaya iyi yayılmasına yardımcı olur, ancak dane kayıplarını artırır. İncelenen 3 biçerdöverde New Holland 57 d/d dolap devri hariç dolap çevre hızları 2.7 m/s'yi geçmemiştir. Biçerdöver ilerleme hızı; ürünün yoğunluğu, sapın hacmi, ürünün çeşidi ve biçme yüksekliği gibi faktörlere bağlıdır. İlerleme hızı, motoru aşırı yüklemeyen ve makineyi tıkamayan, maksimum debiyi elde edecek şekilde seçilmiş olmalıdır. Tarla çalışma hızı 2-6 km/h kadar ve ortalama olarak 3.5-4 km/h olmaktadır. Yol hızı ise 20 km/h'e çıkabilmektedir (Kadayıfçılar 1991). Say ve ark. (2010), buğday hasadında ideal ilerleme hızını 5 km/h olarak belirlemişlerdir. Karaağaç ve Aykanat (2010)'a göre; normal biçim sırasında bir biçerdöverin ilerleme hızı yaklaşık olarak 4-6 km/saat arasında olmalıdır. Eroğlu (2010), Konya bölgesinde kullanılan biçerdöverlerde hassas tarım teknolojileri yardımıyla dane kayıplarının

denetlenmesi imkânlarının araştırılması adlı biçerdöver hızı 5 km/h alınmış ve hesaplamalar doktora çalışmasında biçerdöver ilerleme hızlarını bu değer üzerinde yapılmıştır. 2.5-5.5. km/h arasında almıştır. Bu çalışmamızda

Çizelge 1. Bazı biçerdöverlerde dolap tasarım parametreleri

Table 1. The design parameters of reel of some combine harvesters

	John Deere			New Holland		Claas
	630	955	1166	TX 30	1530-1545-8040-8060	(Mega 218)
Dolap devri (d/d)	12-37	21-55	14 – 30	13 – 38	12-57	12 – 47
Dolap çapı (m)	1.10	1.10	1.10	1.07	1.07	1.00
Dolap çevre hızı (m/s) ($V_d = \frac{\pi D n}{60}$)	0.69-2.13	1.21-3.17	0.80 – 1.70	0.73– 2.13	0.67-3.19	0.63– 2.46
Dolap indeksi ($R_i = \frac{V_d}{(V_m=1.39)}$)	0.50-1.53	0.87-2.28	0.58-1.22	0.53-1.53	0.48-2.29	0.45-1.77
Sık ve dökülme tehlikesi olan ürünlerde biçerdöver ilerleme hızı (km/h): $V_m = \frac{15}{2 \times \pi} V_d$	1.65-5.08	2.89-4.06	1.91-4.06	1.74-5.08	1.60-7.61	1.50-5.87
Orta derecede sık ürünlerde biçerdöver ilerleme hızı (km/h): $V_m = \frac{20}{3 \times \pi} V_d$	1.46-4.52	2.57-6.73	1.70-3.61	1.55-4.52	1.42-6.77	1.34-5.22
Seyrek üründe ve hızlı biçimde biçerdöver ilerleme hızı (km/h): $V_m = \frac{6}{\pi} V_d$	1.32-4.07	2.31-6.05	1.53-3.25	1.39-4.06	1.28-6.09	1.20-4.70
Dolap pervaz hız oranı ($a = \sin \varphi = \frac{1}{R_i}$)	2-0.65	1.15-0.44	1.72-0.82	1.89-0.65	2.08-0.44	2.22-0.56
Hesaplanan pervaz sayısı (adet) $z = \frac{\pi}{\left[\sin \varphi - \frac{\pi}{2} + \sqrt{\frac{1}{a^2} - a} \right]} \times 1.8$	1.0-4.5	8.4-1.7	1.3-26.0	1.6-4.5	1.0-1.7	2.0-0.6
Dolap yüksekliği (m) $C = \frac{D}{2} + \frac{2}{3}(H - h)$	1.22	1.22	1.22	1.20	1.20	1.17
Dolap yüksekliği (m) $C = \frac{D}{2} + (H - (h + 0.30))$	1.25	1.25	1.25	1.24	1.24	1.20
Dolap yüksekliği (m) $C = (H - h) + \frac{D}{2} \times \frac{1.39}{V_d}$	2.11-1.36	1.63-1.24	1.96-1.45	2.02-1.35	2.11-1.23	2.10-1.28

Çizelge 1’de dolap indeksinin hesaplanmasında; dolap çevre hızı ve biçerdöver ilerleme hızı (5 km/h=1.39 m/s) kullanılmıştır. Literatürlerde dolap indeksinin 1.25-1.50 arasında değiştiği ifade edilmiştir. Ele alınan 3 biçerdöverde dolap indeksi en düşük 0.45 ve en büyük 1.77 ile Claas (Mega 218) biçerdöverinde tespit edilmiştir. Çeltik hasadında dolap indeksi arttıkça tabla dane kaybının arttığı belirlenmiştir (Bawatharani *et al.* 2015). Ürünün durumuna ve dolap çevre hızlarına göre ilerleme hızlarının belirlenmesinde en düşük biçerdöver ilerleme hızları seyrek üründe bulunmuştur. Eğer elimizde veri yoksa ürünün durumuna ve dolabın çevre hızına bağlı olarak ilerleme hızını hesaplayabilir

ve tarlada bu hız değerini kullanabiliriz. Çizelgede 3 farklı yöntemle göre hesaplanan dolap yükseklik değerleri verilmiştir. Dolap yükseklikleri 1.17 m ile 2.11 m arasında değişmiştir.

3.1. Biçme Genişliği, Batör Uzunluğu ve Kontrbatör Yüzey Alanı Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi

Biçerdöverlerde etkin bir hasat işleminin yapılabilmesi için biçme genişliği (B, m), batör uzunluğu (L, m), kontrbatörün yüzey alanı (A, m²), sarsak ayırma alanı (S, m²) ve toplam elek alanı (E, m²) arasındaki ilişkiler Çizelge 2’deki gibi belirlenmiştir.

Çizelge 2. Biçerdöverlerde biçme genişliği, batör uzunluğu ve kontrbatör yüzey alanı arasındaki ilişki
Table 2. The relationship between cutting width, threshing cylinder length and surface area of concave

Biçerdöver		B (m)	L (m)	A (m ²)	S (m ²)	E (m ²)	B/L/A/S/E
New Holland	TC5.80	4.57	1.30	0.79	5.00	4.32	1/0.28/0.17/1.09/0.95
	CX 5090	5.18	1.30	0.86	5.38	4.32	1/0.25/0.17/1.04/0.83
	CX 6080	5.18	1.56	1.04	6.45	5.21	1/0.30/0.20/1.25/1.00
	CX 6090	6.10	1.56	1.04	6.45	5.21	1/0.26/0.17/1.06/0.85
	CX 8070	6.10	1.56	1.18	5.93	6.54	1/0.26/0.19/0.97/1.07
					Ort.	1/0.27/0.18/1.08/0.94	
John Deere	T550	5.50	1.4	1.31	4.5	---	1/0.25/0.24/0.82/---
	W540	5.50	1.4	1.05	6.4	---	1/0.25/0.19/1.16/---
	W550	6.10	1.4	1.05	6.4	---	1/0.23/0.17/1.05/---
	W550 HM	6.10	1.4	1.05	6.4	---	1/0.23/0.17/1.05/---
	W650	6.10	1.4	1.25	7.7	---	1/0.23/0.20/1.26/---
					Ort.	1/0.24/0.19/1.07/---	
Massey Ferguson	ACTIVA S 7347	4.80	1.60	0.99	6.81	5.81	1/0.33/0.21/1.42/1.21
	BETA 7360	4.80	1.34	0.83	5.73	4.67	1/0.28/0.17/1.19/0.97
	BETA 7370	4.80	1.6	0.99	6.81	5.58	1/0.33/0.21/1.42/1.16
					Ortalama	1/0.31/0.20/1.34/1.11	
Genel ortalama							1/0.27/0.19/1.16/1.03

B: Biçme genişliği (m), L: Batör uzunluğu (m), A: Kontrbatör yüzey alanı (m²), S: Sarsak ayırma alanı (m²), E: Toplam elek alanı (m²)

Çizelgede verilen 13 farklı model biçerdöverin biçme genişliği, batör uzunluğu, kontrbatör yüzey alanı, sarsak alanı ve toplam elek alanı oranlarının

ortalaması alındığında; New Holland biçerdöverleri için B/L/A/S/E=1/0.27/0.18/1.08/0.94, John Deere

biçerdöverleri için B/L/A/S= 1/0.24/0.19/1.07 ve Massey Ferguson biçerdöverleri için B/L/A/S/E=1/0.31/0.20/1.34/1.11 bulunmuştur. Toplamda genel ortalama ise B/L/A/S/E=1/0.27/0.19/1.16/1.03 elde edilmiştir. Kanofjski ve Karwowski (1976)'nin verdiği genel değer $B / L / A = 1 / 0.36 / 1.2$ ile biçme genişliğinin 3 m den daha büyük olduğu biçerdöverlerdeki B/L/A değeri olan 1/0.36/(1.25-1.5) oranlarından daha farklı sonuçlar bulunmuştur. Mevcut biçerdöverlerde birim biçme genişliği başına düşen batör uzunluğu ve kontrbatör yüzey alanı Kanofjski ve Karwowski (1976)'nin verdiği oranlardan küçüktür.

3.2. Biçme Genişliği ve Motor Gücü İlişkisi

Farklı biçerdöverlerde biçme genişliği ve motor gücü arasındaki ilişki, birim biçme genişliği başına düşen güç değeri Çizelge 3'de de

görülebileceği gibi 21 farklı biçerdöver modeli için belirlenmiştir. Güç/Genişlik oranları New Holland için 38.21 kW/m, John Deere için 40.15 kW/m ve Massey Ferguson biçerdöverleri için 42.12 kW/m bulunmuştur. Genel ortalama değer ise 39.70 kW/m'dir. Bu değer biçerdöver tasarımında genel bir fikir vermektedir. New Holland biçerdöverlerinde aksiyal tipte güç/genişlik oranı daha yüksek bulunmuştur. Örneğin New Holland biçerdöverin ortalama Güç/Genişlik oranı 38.21 kW/m iken aksiyal akışlı olan CR 9080 tipi için bu oran 47.24 kW/m olmuştur. Yine John Deere biçerdöveri genel ortalaması 38.76 kW/m iken aksiyal biçerdöverlerden S670 ortalamadan daha küçük orana (38.42 kW/m) sahipken, S680 biçerdöverin güç/biçme genişliği oranı ise 46.45 kW/m olarak elde edilmiştir.

Çizelge 3. Biçerdöverlerde biçme genişliği ve motor gücü arasındaki ilişki

Table 3. The relationship between cutting width and engine power for combine harvesters

Biçerdöver Tipi		Biçerdöver gücü (kW)	Biçme genişliği (m)	Güç/Genişlik (kW/m)
New Holland	TC5.80	152	4.57	33.26
	CX 5090	190	5.18	36.68
	CX 6080	190	5.18	36.68
	CX 6090	220	6.10	36.06
	CX 8070	240	6.10	39.34
	CR 9080	360	7.62	47.24
Ortalama				38.21
John Deere	T550	224	5.50	40.72
	W540	191	5.50	31.31
	W550	224	6.10	36.72
	W550 HM	224	6.10	36.72
	W650	250	6.10	40.98
	S670	292	7.60	38.42
	S680	353	7.60	46.45
Ortalama				38.76
Massey Ferguson	ACTIVA S 7347	203	4.80	42.29
	ACTIVA S 7347 MCS	203	4.80	42.29
	ACTIVA S 7345	179	4.80	37.29
	ACTIVA S 7345 MCS	179	5.50	32.55
	BETA 7360	203	4.80	42.29
	BETA 7370	235	4.80	48.96
	BETA 7360 PL	203	4.80	42.29
	BETA 7370 PL	235	4.80	48.96
Ortalama				42.12
Genel Ortalama				39.70

3.3. Batör-Kontrbatör Parametreleri Arasındaki İlişkiler

Çizelge 4'de pervazlı harmanlama düzenli biçerdöverde batör çapı, batör uzunluğu

(genişliği), batördeki lama sayısı, batör devri, kontrbatör çevre uzunluğu ve genişliği, kontrbatör lama sayısı ile kontrbatör çevre uzunluğu ve batör çapı arasındaki ilişkiler verilmiştir.

Çizelge 4. Batör kontrbatör parametreleri arasındaki ilişki

Table 4. The relationship between parameters of threshing cylinder and concave

Bıçerdöver Tipi	D (m)	B _b (mm)	z _b (adet)	n _b * (d/d)	z _{bs}	L (mm)	B _k (m)	z _k (adet)	L/D	
New Holland	TC5.80	607	1300	8	1037	10	608	1300	14	1.00
	CX 5090	607	1300	---	1140	10	662	1300	---	1.09
	CX 6080	607	1560	---	1140	10	667	1560	---	1.10
	CX 6090	607	1560	---	1140	10	667	1560	---	1.10
	CX 8070	750	1560	10	905	12	750	1560	16	1.00
John Deere	T550	660	1400	10	---	---	750	1400	13	1.14
	W540	660	1400	10	---	---	750	1400	13	1.14
	W550	660	1400	10	---	---	750	1400	13	1.14
	W550H M	660	1400	10	---	---	750	1400	13	1.14
	W650	660	1670	10	---	---	750	1670	13	1.14
Massey Ferguson	ACTIVA S 7347	600	1600	8	1210	8	620	1600	12	1.00
	ACTIVA S 7347 MCS	600	1600	8	1210	8	620	1600	12	1.00
	ACTIVA S 7345	600	1340	8	1100	10	620	1340	12	1.03
	ACTIVA S 7345 MCS	600	1340	8	1100	10	620	1340	12	1.03
	BETA 7360	600	1340	8	1100	10	620	1340	12	1.03
	BETA 7370	600	1600	8	1210	8	620	1600	12	1.03
	BETA 7360 PL	600	1340	8	1100	10	620	1340	12	1.03
	BETA 7370 PL	600	1600	8	1210	8	620	1600	12	1.03
Genel Ortalama	627	1462	9	1123	10	629	1462	13	1.07	

*. Maksimum değerler alınmıştır. D: Batör çapı (m), B_b: Batör genişliği (mm), z_b: Batör lama (pervaz) sayısı (adet), n_b = B atör devri (d/d), z_{bs} = Hesaplanan batör lama (pervaz) (adet), L: Kontrbatör uzunluğu (mm), B_k: Kontrbatör genişliği (mm), z_k: Kontrbatör lama sayısı (adet), L/D: Kontrbatör uzunluğu/batör çapı

Genel ortalama olarak batör çapı 627 mm, batör uzunluğu ya da genişliği 1462 mm, batör lama ya da pervaz sayısı 9, batör devri 1123 d/d, hesaplanan batör lama (pervaz) sayısı 10, kontrbatör uzunluğu 629 mm, kontrbatör genişliği 1462 mm, kontrbatör lama sayısı 13 ve kontrbatör uzunluğu/ batör çapı oranı 1.07 bulunmuştur.

Literatürlerde kontrbatör uzunluğu/ batör çapı oranı sabit harman makinelerinde, L/D = 0.4...0.45 ve biçerdöverlerde L/D =1.0 ...1.2 verilmektedir.

Sonuç olarak, literatürlerde biçerdöverlerle ilgili verilen tasarım ilişkileri ile uygulamada

karşılaşılan ilişkiler arasında her zaman uyum olmadığı ve kaynaklarda yeterli veri bulunmadığı belirlenmiştir. Teknik ve teknolojinin gelişmesi ve ilerlemesiyle yeni tasarımlar ortaya çıkmakta, yeni varsayımlar kabul edilmektedir. Biçerdöverlerde biçme genişliği buna bağlı olarak güç ihtiyacı, batör ve kontrbatör boyutları, sarsak ve elek boyutları artmaktadır. Biçerdöverin çok yönlü ve karmaşık bir makine olması tasarımını da etkilemekte, sonuçları her biçerdöverde uygulanabilecek tasarım parametrelerinin ortaya çıkmasını engellemektedir.

Kaynaklar

- Bawatharani R, Jayatissa DN, Dharmasena DAN and Bandara MHMA (2015). Field Performance of a Conventional Combine Harvester in Harvesting Bg - 300 Paddy Variety in Batticaloa, Srilanka. International Journal of Engineering Research, 4(1): 33-35.
- Eroğlu M C (2010). Konya Bölgesinde Kullanılan Biçerdöverlerde Hassas Tarım Teknolojileri Yardımıyla Dane Kayıplarının Denetlenmesi İmkânlarının Araştırılması. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora tezi, Konya.
- Erol MA ve Dilmaç M (1982). Biçerdöverler. TZDK Mesleki yayınları, 120 S, Ankara.
- Gümüş O (2006). Türkiye’de Biçerdöverle Hasat Müteahhitliğinin Teknik ve Ekonomik Analizi. Yüksek lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 162 S, İzmir.
- Güner M ve Keskin R (2011). Hasat Harman Makinaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları: 1587, Ders kitabı: 539, ISBN: 978-975-482-988-4, 447 S, Ankara.
- Kadayıfçılar S (1991). Biçer-Döverlerin Tasarım Esasları. TZDK Genel Müdürlüğü Yayınları, S.86, Ankara.
- Kanafojski Cz and Karwowski T (1972). Agricultural Machines, Theory and Construction. Crop Harvesting Machines, Vol. 2, , pp.934, PWRİL, Warszawa.
- Karaağaç HA ve Aykanat S (2010). Biçerdöverlerde Meydana Gelen Dane Kayıplarının Nedenleri ve Önlenilmesi. Çukurova Tarım Aylık Tarım Dergisi. 1 (4):12-13.
- Kassa E Z and Abdi Z (2014). Design and Modification of Appropriate Reel Mechanism to Harvest Tef Crop. International Journal of research in Mechanical Engineering, 2(1), January-February, 15-25.
- Kepner R A, Bainer R and Barger EL (1972). Principles of Farm Machinery. 3rd Edition, Westport, CT, AVI Publishing Company Inc.
- Keskin R ve Erdoğan D (1984). Tarımsal Mekanizasyon. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 927, Yardımcı Ders Kitabı: 262, 325 S, Ankara.
- Özmerzi A, Yıldız O, Kürklü A, Ertekin C ve Külcü R (2004). Tarım Makinaları İçin Mühendislik El Kitabı.

- Literatür yayınları: 124, Birinci basım, ISBN: 975-04-0261-8, 614 s, İstanbul.
- Öztekin S, Barut Z B, Bozdoğan A M, Bayat A, Özcan M T, Güzel E, İnce A ve Yıldız Y (1998). Tarım Makinaları. Adana Nobel Kitabevi Adnan Kahveci Bulvarı 31/C, ISBN: 975-8561-65-0, 432 S, Adana.
- Say Sait M, İnce A, Uğurluay S ve Soysal A (2010). Buğday Hasadında Kullanılan Klasik ve Yolucu Hasat Başlıklarının Performans Karşılaştırması. Tarım Bilimleri Dergisi- Journal of Agricultural Sciences, 16 (4), 242-253.
- Srivastava A K, Goering C E and Rohrbach R P (1993). Engineering Principles of Agricultural Machines. ASAE Textbook Number 6, Published by the ASAE, Pamela DeVore-hansen, Editor, Books and Journals.
- Ülger P, Güzel E, Eker B, Pınar Y, Aktaş T, Toruk F, Çelen İ H, Kayışoğlu B, Akdemir B, Bayhan Y, Sağlam C ve Gönülol Erkan (2011). Tarım Makinaları İlkeleri. Hiperlink yayınları 19, Gözden geçirilmiş 3. baskı, ISBN: 978-9944-157-16-2, 435 S, İstanbul.