

Yarı Yaylı Kültivatörlerde Sarmal Emniyet Yaylarının Tarla Koşullarında Çeki ve Güç Gereksinimlerine Bağlı Olarak Belirlenen Parametreleri

Rasim OKURSOY*

ÖZET

Yarı yaylı kültivatörler, ülkemizde yaygın olarak, pullukla yapılan toprak işleminin ardından tarlaya sokulan bir toprak işleme aletidir. Yarı yaylı kültivatörlerde bir emniyet düzeni olarak çalışan helisel yayların, boyutlarına ve malzeme özelliklerine bağlı olarak belirlenen parametrelerinin doğru bir şekilde saptanabilmesi, bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır. Yarı yaylı tarla kültivatörlerde kullanılan helisel emniyet yaylarında, kültivatörün tarla koşullarında çalışması sırasında karşılaştığı toprak direnci ve bu direnci yenmek için gerekli çeki gücünün büyüklüğüne bağlı olarak, yay teli çapı, yay sarım çapı, yay gerilmesi, yay genleşmesi, yay indeksi, uygun yay tasarımları için aktif halka sayısı ve yay halkalarında oluşan emniyetli gerilme sınırlarının belirlenmesi, bu parametrelerin başında gelmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda, yay parametrelerine ilişkin sayısal büyüklüklerin, kültivatörlerin geometrik boyutlarına, iş derinliğine, iş genişliğine, makinanın içinde çalıştığı toprak cinsine, toprağın yapısına ve fiziksel durumuna, makinanın ayak yapısına ve topraktaki çalışma hızına bağlı olarak modellenebileceği gösterilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Helisel yaylar, Kültivatör, Toprak işleme.

* Doç. Dr., Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü-BURSA.

ABSTRACT

Determination of Helical Safety Springs Parameters on Semi Elastic Cultivators Body Depending upon Draft Force and Power Requirements in Field Condition

Semi elastic body type cultivators are common soil tillage devices in our country that are widely used after the moldboard plough for soil tillage purposes. Determination of the helical safety springs parameters on semi elastic cultivators, depending upon spring dimension and the material characteristics becomes the main base of this research. The spring diameter, spring wire diameter, spring constant, the shear stress of wire and its safety boundaries as well as the total number of spring coils depending on draft and power requirements of the cultivators are important design parameters of helical springs. As the result of this study, it was determined for modeling that the numerical values of spring parameters are related to the cultivator and soil parameters such as machine dimension, type of machine tine, effective machine width, soil depth, soil type and the soil physical condition.

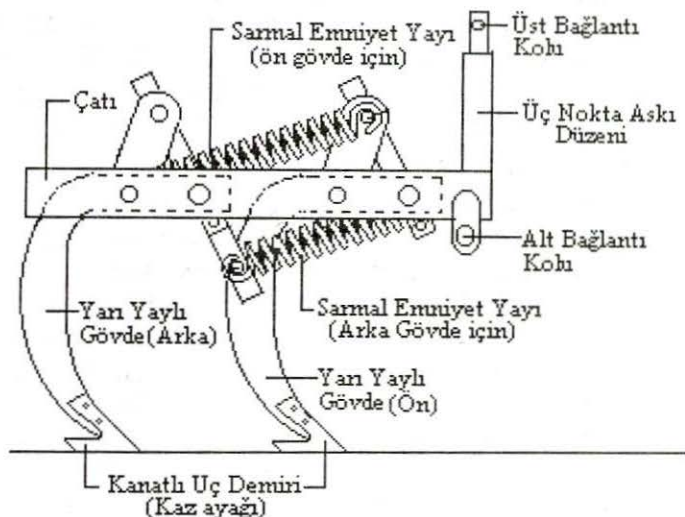
Key Words: Helical springs, Cultivators, Soil tillage

GİRİŞ

Ülkemizde, bölgelerin iklim koşullarına göre yapılan toprak işlemede, çoğu kez pullukla anız bozma işleminden sonra ikileme ya da üçleme için tarlaya sokulan aletlerin başında, bir çok bölgemizde de kazayağı olarak tanımlanan kültivatörler gelmektedir. Teknik anlamda kültivatörler, sahip oldukları uç demirlerinin özelliklerine bağlı olarak sınıflandırılrsa da, yaygın olarak, kültivatör gövde yapısının konstrüktif özelliği ile makine ayaklarının toprağa yapmış olduğu etki göz önünde bulundurularak çeşitli sınıflara ayrılabilir şekilde tanımlanmaktadır (Dilmaç, 1984; Keskin ve ark., 1984).

Birçok kaynakta, eski sınıflamaya göre ikinci sınıf toprak işleme aleti olarak tanımlanan, kültivatörlerin temel görevi, bilindiği gibi, toprağı kabartmak, yırtmak parçalamak, havalandırmak ve yabancı otların köklerini keserek bir çeşit fiziksel yabancı ot kontrolü yapmak, tarla yüzeyine dağıtılmış mineral gübrelerin toprakla iyi karışmasını sağlamak gibi çok çeşitli kültürel işlemleri yapmaktır (Keskin ve ark., 1984; Gökçebay, 1896; Kepner ve ark., 1978). Bazı durumlarda ise bu aletler, şeker pancarı ve patates gibi çapalama işlemi gerektiren yumru bitkilerin tarımında, toprağı, pulluk kullanmadan ve direk olarak ekim işine hazırlamakta kullanılmaktadır (Dilmaç, 1984; Gökçebay, 1986). Kültivatörler, toprak işleme aletlerinden olan kulaklı pullukların aksine, toprağı devirmeden işleyen aletler olması nedeniyle

genelde, toprak yüzeyine yakın bölgelerde çalışırlar. Bu özellikleri nedeniyle kültivatörler, ülkemizde, zaman zaman anız bozma işinde de kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar, kültivatör uç demirlerinin toprakta oluşturduğu etkilerden en önemlisi olan ve toprak yüzeyinden maksimum 15 cm derinliğe doğru gevşek bir toprak yapısı bırakması nedeniyle, bir çok durumlarda anız bozmada anız pulluğu yerine başarı ile kullanılabilindiğini göstermiştir (Dilmaç, 1984). Şekil 1.'de traktör üç nokta askı sistemine bağlanabilen asılır tip, yarı yaylı gövdeye ve kanatlı uç demirine sahip bir kültivatörün yan görünüşü ile ana elemanları verilmiştir.



Şekil 1.

Yarı yaylı asılır tip bir kültivatörün ana elemanları.

Kültivatörlerde, en önemli organ, toprakla temas halinde bulunan toprak işleyici organdır. İşleyici organlar, çoğu kez işleyici ayak, ya da uç demiri olarak tanımlanmaktadır. Kültivatör uç demirlerinin, toprakta, kesme yırtma, parçalama ve kabartma gibi birçok fiziksel işlemin tamamını ya da bir kısmını kolayca yapabilmesi için değişik konstrüktif yapıda olacak şekilde tasarlandığı bilinen bir gerçektir. Bu uç demirleri içerisinde, kenarları keskinleştirilmiş kanatlı ve kaz ayağı biçiminde olanlarla, iki taraflı düz dar uçlu, ve ağır topraklarda kullanılan kültivatörler için ok biçiminde olan uç demirleri yaygın olarak üretilmektedir (Kepner ve ark., 1978). Dar uç demirlerinin her iki ucu da toprağı işleyebilecek şekilde keskinleştirilerek yapılmaktadır. Çift taraflı yapılan ve kesme genişliği en fazla 5.5 cm olan bu uç demirlerinin bir ucu aşındığında, diğer ucu kullanılmak üzere değiştirile-

rek makine ömrü iki katına çıkarılmaktadır. Kanatlı uç demirleri, ülkemizde yaygın bir biçimde kazayağı olarak adlandırılmakta ve kuru tarım bölgelerinde oldukça sık kullanılan bir toprak işleme aleti olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu aletlerle çalışmada en iş derinliği en fazla 25 cm'ye kadar çıkabilmektedir. Ne var ki, yarı yaylı gövde yapısına ve kanatlı uç demirine sahip kültivatörlerde, etkili çalışmanın gerçekleştirilmesi için, iş derinliğinin en fazla 15 cm civarında olması önerilmektedir (Dilmaç, 1984; Gökçebay, 1986).

Kültivatörler, her ne kadar tarla koşullarında kullandıkları enerji kaynakların göre, insan gücü ile çalışanlar, hayvanla çekilenler ve traktör ile çekilenler olmak üzere üç ana sınıf altında toplansa da, ülkemizde, traktörün üç nokta bağlantı düzenine asılarak çalışan kültivatörlerin, ikinci sınıf toprak işleme aleti olarak kullanımları oldukça yaygındır (Keskin ve ark., 1984). Bu tip kültivatörlerin bazılarında toprak işleme sırasında aşınmaya maruz kalan işleyici ayaklar değiştirilebilir şekilde üretilmektedir.

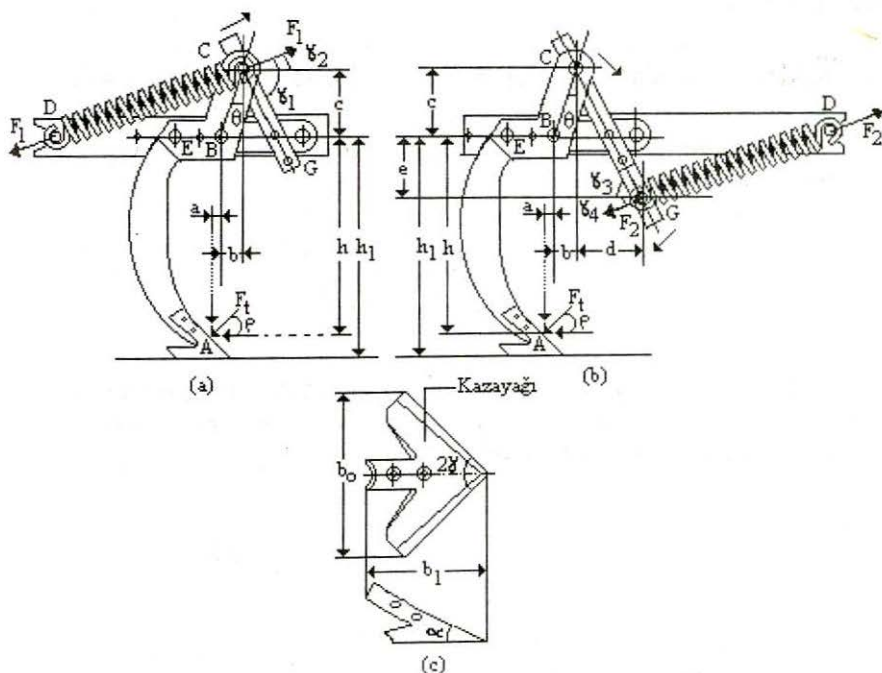
Kültivatörlerin gövde yapıları, yaylı, yarı yaylı ve sabit gövdeler olacak şekilde tasarlanmaktadır. Ülkemizde, çiftçimiz tarafından asılır tip, yarı yaylı ve kanatlı uç demirine sahip kültivatörler fazlaca tercih edilmektedir. Bu makinalarda genel olarak gövdelerin yüksekliği, hafif kültivatörlerde 45-50 cm, ağır kültivatörlerde ise, 60-90 cm arasında değişmektedir. Yarı yaylı ayaklar, yaylı ayaklara göre, doğal olarak, toprakta daha az titreşim yaptıklarından ağır toprak koşullarında toprağı yırtma işlemini daha iyi yapabilmektedir. Yarı yaylı kültivatör ayakları altta ayakların bağlandığı bir gövdeden, üstte ise helisel ya da sarmal yayların çeşitli şekillerde çatıya bağlandığı kısımlardan oluşmaktadır. Yarı yaylı ayaklarda, çalışma sırasında uç demirinin, aletin olası bir zararda bulunabilecek bir engele takılması sırasında ayak, geriye doğru esnemekte ve engelden kurtularak aletin kesintisiz çalışmasını sağlamaktadır. Bu işlem, ayak üzerinde yer alan sarmal emniyet yayları tarafından yapılmaktadır. O halde, yarı yaylı kültivatörlerde kullanılan sarmal yaylar, kültivatör ayakları için bir emniyet organıdır. Çoğu yarı yaylı kültivatörler için bir ayak üzerinde simetrik olarak yerleştirilmiş iki adet sarmal yay bulunmaktadır. Dolayısı ile, çalışma sırasında ayağı gelen engellerin yarattığı ve emniyet yayını eksenel olarak açmaya zorlayan direnç, yay çiftine eşit olarak dağıldığından yay analizlerinde bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu çalışmada, yarı yaylı gövdeli ve kanatlı uç demirine sahip olan kültivatörlerin, çeşitli toprak koşullarında çalışılması sırasında işleyici organa gelen toprak dirençlerinin büyüklüğüne bağlı olarak belirlenen çeki kuvveti ve çeki gücünün, helisel emniyet yaylarında oluşturabileceği eksenel yük, esneme ve buna bağlı olarak ise gerilme değerlerine ilişkin parametreler saptanmış, yay malzemesi, tel çapı ve yay sarım çapı gibi değerler de göz

önünde bulundurulmuş çeşitli kültivatörler için uygun olabilecek sarmal emniyet yayları önerilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmanın materyali ülkemizde üretimi yapılan yarı yaylı gövdeye ve kanatlı uç demirine sahip 9 ayaklı asılır tip bir kültivatördür. Şekil 1.'de ana elemanları verilen bu kültivatördeki ön ve arka sıra ayaklarının sahip olduğu sarmal emniyet yaylarının temel tasarım parametrelerinin, toprak ve makina değerlerine bağlı olarak belirlenmesi çalışmanın yöntemini oluşturmaktadır. Şekil 2.'de yarı yaylı bir kültivatörün ön sırada ve arka sırada olmak üzere iki çeşit toprak işleyici ayağının, tarla koşullarında çalışması sırasında etkisinde kaldığı toprak direnci ile bu dirence buna bağlı olarak oluşan sarmal emniyet yayına gelen kuvvetlerin şematik gösterimi verilmiştir. Şekil 2.'de ayrıca, kanatlı ayak profili ile temel ayak parametreleri de görülmektedir. Şekil 2. (a)'da görüldüğü gibi, bir ön sıra kültivatör



Şekil 2.

Yarı yaylı ve kanatlı işleyici organlara sahip kültivatörlerde kuvvet analizi için yapılabilmeye yönelik serbest kütle diyagramı ve ayak parametreleri.

(a) ön ayak sırası (b) Arka ayak sırası (c) Kazayağı.

ayağının yüzeyine gelen F_1 toprak kuvveti, yatay ve düşey bileşenlerine ayrılabilir. Burada, vektörel olarak gösterilen toprak direnci ile onun yatay bileşeni arasındaki açı, toprak ile metal arasındaki sürtünme açısıdır ve ρ ile gösterilmiştir. Toprak işlemede, toprak ile işleyici organlar arasındaki etkileşim üzerinde yapılan çalışmalar bu açının sayısal büyüklüğünün, toprak yapısına nem durumuna, ve işleyici organın yüzey düzgünlüğüne bağlı olarak 20° - 30° arasında değiştiği bildirmektedir. Bu çalışmada, bu açı ortalama olarak 25° alınmıştır (McKyes, 1985; Okursoy, 1992).

Her bir ayağa gelen toplam toprak direncinin yatay ve düşey yöndeki bileşenleri sayısal büyüklüklerine ve çatı geometrisine bağlı olarak, ayağı B noktası etrafında geriye doğru dönmeye zorlamaktadır. B noktası etrafında ayağın geriye doğru hareket etmesi durumunda ise oluşan moment sarmal emniyet yayının gergi kuvvetini yenerek yayın sabitlendiği C noktasını öne doğru hareket ettirmektedir. Bu durumda B noktasına göre moment dengesi yazıldığında, sarmal yayı açmaya zorlayan F_1 kuvveti, toprak direncine ve kültivatör ayağının geometrisine bağlı olarak hesaplanabilmektedir (Jensen, 1975). Bir başka deyimle,

$$\sum M_B = 0 \Rightarrow hF_t \cos \rho - aF_t \sin \rho + cF_1 \cos \gamma_2 - bF_1 \sin \gamma_2 = 0 \quad (1)$$

denklemini yazılabilir. Burada gerekli düzenlemeler yapılarak, F_1 yay eksenel kuvveti şu şekilde hesaplanabilmektedir.

$$F_1 = \frac{F_t(a \sin \rho - h \cos \rho)}{c \cos \gamma_2 - b \sin \gamma_2} \quad (2)$$

Eşitlik (2)'de yer alan γ_2 açısı, Şekil 2. (a)'da görüldüğü gibi, yayın eksenel kuvvetinin (F_1) yatay eksenle yapmış olduğu açıdır. Makine geometrisine bağlı olarak bu açının büyüklüğü,

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{b}{c} \right) \quad \text{ve} \quad \gamma_2 = \gamma_1 + \theta - 90 \quad (3)$$

ile hesaplanabilmektedir (Jensen, 1975). Eşitliklerde belirtilen a , b , c , d ve e gibi diğer parametreler, makine geometrisine bağlı parametrelerdir. Bu çalışmada kullanılan standart yarı yaylı kültivatör ve çatısı için a , b , c , d , e değerleri sırasıyla her iki ayak gurubu için 10 cm, 20 cm, 15 cm, 10 cm ve 15 cm olarak alınmıştır. Aynı şekilde eşitliklerde yer alan γ_2 , γ_3 , γ_4 ve θ açıları hesaplanmış, γ_1 açısı ise, 90° olarak alınmıştır. Bir diğer parametre ola-

rak, toprak direncinin etki doğrultusunun, çatı üzerinde yer alan ve kuvvet analizlerinin yapıldığı B noktasına olan uzaklığı ise 40 cm alınarak hesaplamalara katılmıştır.

Kültivatör ayaklarına gelen toprak direncinin (F_t) büyüklüğü toprak yapısı ve bünyesi, iş derinliği, iş genişliği ve çalışma hızı gibi birçok değişkenlerle yakından ilgilidir. Yapılan çalışmalar, toprak direncinin, toprak mekaniğinin bilimsel metotlarından hareketle geliştirilen kuramsal ve karmaşık denklemler yardımı ile hesaplanabildiğini gösterdiği gibi, deneysel sonuçlara dayalı amprik eşitlikler yardımı ile kolayca hesaplanabildiğini göstermektedir (Dilmaç, 1984; McKyes, 1985). Amprik eşitliklerde, kültivatörlerin 1 m/s çalışma hızı için farklı toprak koşullarında gösterdikleri özgül toprak direnci değerlerinden yararlanılmaktadır. O halde, bu çalışma için tek bir ayağa gelen ve bilinmesi gereken toprak direnci,

$$F_t = a_d b_o \omega \sqrt{v} \quad (4)$$

denklemleri ile bulunabilmektedir (Gökçebay, 1986; Keskin ve ark., 1984) Bu eşitlikte a_d iş derinliği (dm), b_o ayak genişliği (dm), v çalışma hızı (m/s), ve ω ise kg/dm^2 olarak özgül toprak direncidir. Hesaplamalarda, ayak genişliği 15 cm, çalışma hızı 2 m/s ve çalışma derinliği ise en az 5 cm, en fazla 30 cm olarak her 5 cm'de bir hesaplanacak şekilde alınmıştır. Her ne kadar bu toprak işleme aletleri ile 30 cm derinliğe kadar fazlaca inilemiyorsa da, kültivatör emniyet yayları için geliştirilmesi düşünülen hesaplama abağında bir sınır değeri olarak 30 cm'lik iş derinliği de kullanılmıştır. Aynı şekilde özgül toprak direnci, hafif topraklar için 12 kg/dm^2 , orta bünyeli topraklar için 15 kg/dm^2 , orta-ağır bünyeli topraklar için 20 kg/dm^2 ve çok ağır bünyeli topraklar için ise 25 kg/dm^2 olarak alınmıştır (Keskin ve ark., 1984).

Yarı yaylı kültivatörlerde, arka sıra ayak geometrisi, ön sıra ayak geometrisinden biraz farklıdır. Bu nedenle, Şekil 2. (b)'de verilen arka sıra gövdelerine ilişkin kuvvet analizinin de ayrıca yapılması gerekmektedir. Ön sıra ayaklarında olduğu gibi, burada da B noktasına göre alınan toplam moment dengesinden hareketle arka sıra ayaklarına ilişkin sarmal emniyet yaylarının etkilendiği F_2 eksenel kuvvetler bulunabilmektedir (Jensen, 1985). Bir başka deyimle, Şekil 2 (b)'de ki B noktasına göre alınan momentlerin dengesi,

$$\sum M_B = 0 \Rightarrow hF_t \cos \rho - aF_t \sin \rho + eF_2 \cos \gamma_4 + bF_2 \sin \gamma_4 = 0 \quad (5)$$

olmaktadır. Burada gerekli düzenlemeler yapılarak, F_2 yay eksenel kuvveti şu şekilde hesaplanabilmektedir:

$$F_2 = \frac{F_t(a \sin \rho - h \cos \rho)}{e \cos \gamma_4 + d \sin \gamma_4} \quad (6)$$

Yarı yaylı kültivatör ayaklarının sahip oldukları sarmal emniyet yaylarına ilişkin parametrelerin belirlenmesinde standart helisel yay denklemleri kullanılabilmektedir. Bu parametrelerin başında eksenel yük altında kalmıŐ bir sarmal yaydaki esneme miktarı ile yay malzemesinde oluşan kayma ya da burulma gerilmesi gelmektedir (Deutschmann, 1975; Shigley ve ark., 1983). Eksenel yükler altında uzamaya maruz kalan bir sarmal emniyet yayının malzemesinde oluşan burulma gerilmesi Őu eŐitlikle hesaplanmaktadır:

$$\tau = K_s \frac{8FD}{\pi d_c^3} \quad (7)$$

Burada, F newton cinsinden eksenel y ktur.  n ve arka ayaklara ait sarmal emniyet yayları için bu yük sırasıyla F_1 ve F_2 'e eŐittir. EŞitlikte ayrıca, D, yayın sarım çapı (mm), d_c , yay telinin çapı (mm), K_s ise Wahl düzeltme fakt rudur. Yay tasarımı hesaplarında yaygınca kullanılan Wahl düzeltme faktörü, yay sarım çapı ile yay telinin çapı arasındaki orana bağlı olarak hesaplanmaktadır (Spotts, 1978). Yay sarım çapı ile tel çapı arasındaki oran C ile gösterilirse veya $C=D/d$ olarak alınırsa, Wahl düzeltme faktörü Őu eŐitlikle bulunmaktadır:

$$K_s = \frac{4C - 1}{4C - 4} + \frac{0.615}{C} \quad (8)$$

Temel yay parametrelerinden bir diğeri ise, yük altındaki yayda meydana gelen esneme miktarıdır. Eksenel yüklü ve açılmaya çalışan helisel yaylarda, yüke bağlı olarak meydana gelen esneme miktarı üzerinde, yaydaki aktif halka sayısı, yay malzemesinin özelliği, sarım çapı ve yay teli çapının büyük etkisi vardır (Spotts, 1978; Shigley ve ark., 1983; Deutschmann, 1975). O halde bu çalışmada kullanılan sarmal emniyet yaylarının  elik malzemeden yapıldığı ve kesme modülü değerinin $8 \cdot 10^4$ MPa olduğu bilindiğine (Shigley ve ark., 1983) göre, esneme miktarı,

$$k = \frac{Gd_c^4}{8ND^3} \quad (9)$$

denklemleri ile hesaplanmaktadır. Eşitlikte ayrıca, N yaydaki aktif sarım sayısı, G yay malzemesinin kesme modülü (MPa), k ise milimetre olarak ise yüklü yaydaki esneme miktarıdır.

Helisel yayların tasarım parametrelerinin belirlenmesinde son aşama, malzemenin kalıcı deformasyon sınırı ile akma sınırına bağlı olarak yüklenebileceği maksimum aksenal kuvvet sınırının belirlenmesi ve gerektiğinde bu sınır göz önünde bulundurularak sarmal yayların sistemdeki aksenal yüklerin büyüklüklerine bağlı olarak boyutlarının ne olması gerektiğine karar vermektir. Bu amaçla, bir helisel yayda, maksimum yüklenme sınırında oluşan ve kalıcı deformasyon sınırını belirleyen gerilme değeri ile S_{ut} , ve emniyetli tasarım için akma sınırına ilişkin S_{sy} değeri MPa olarak,

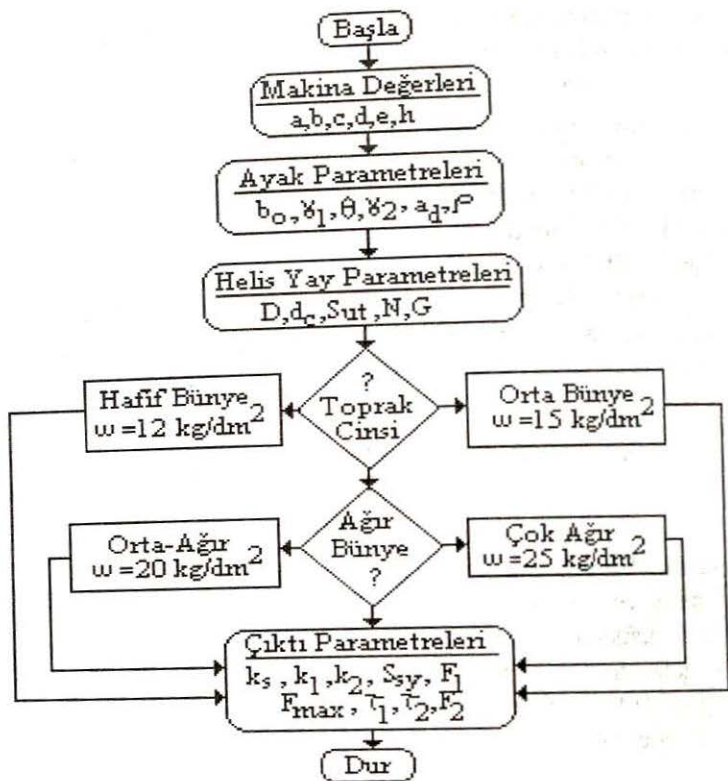
$$S_{ut} = \frac{A}{d_c^m} \quad \text{ve} \quad S_{sy} = (0.43)S_{ut} \quad (10)$$

ile verilmektedir. Burada, A, MPa olarak malzemenin laboratuvar koşullarında belirlenmiş ve literatürde yaygın olarak kullanılan tasarım gerilmesi değeri, m ise bir katsayıdır. Bu değerler, kültivatör yayları gibi katı çekilmiş çelik yaylar için sırasıyla 1750 MPa ve 0.192 olarak alınabilmektedir (Shigley ve ark., 1983). O halde akma sınırına kadar, yaylarda izin verilebilen en fazla aksenal yük F_{max} ise,

$$F_{max} = \frac{\pi S_{sy} d_c^3}{8K_s D} \quad (11)$$

eşitliği ile hesaplanabilmektedir. Bu değer aynı zamanda, kültivatör ayaklarında kullanılan sarmal emniyet yaylarının emniyetli çalışma sınırlarını belirlemede kullanılabilir.

Helisel yaylara sahip yarı yaylı kültivatör gövdelerindeki ön ve arka sıra ayaklarına gelen toprak direnci ile bu direncin büyüklüğüne bağlı olarak belirlenmiş aksenal yay yükleri ve diğer yay tasarım parametreleri, Visual Basic yazılım paketi kullanılarak hazırlanmış bir bilgisayar programında hesaplanmış, ve programa verilen girdi parametreleri doğrultusunda sonuçlar değerlendirilerek bir hesaplama nomogramı oluşturulmuştur (Potter, ve ark., 1993; Richard, 1981). Tasarlanan bilgisayar programının bilgi akış diyagramı Şekil 3.'te verilmiştir.



Şekil 3.

Bilgisayar programının bilgi akış diyagramı.

Şekil 3'te verilen bilgi akış diyagramına göre, ilk aşamada bilgisayar programına, program girdisi olarak makina parametreleri girilmektedir. Makine değerleri olarak, ayağa etki eden kuvvetlere ait etki doğrultularının, mekanik denge koşullarının yerine getirilmesi sırasında alınacak moment referans noktasına olan uzaklıkları, bu grupta yer almaktadır. Daha sonraki aşama, ayaklara ait, ayak açıları ile iş genişliği, iş derinliği, toprak ve metal arasındaki sürtünme açısı gibi parametrelerin yüklenmesidir. Geliştirilen bilgisayar programının çalışabilmesi ve istenen sonuçları üretebilmesi için, kültivatör ayaklarında yer alan helisel emniyet yaylarına ilişkin, sarım çapı, tel çapı, yay malzemesindeki akma ve kopma sınırları, kesme modülü ve yaydaki aktif sarım sayısı gibi değerlerin programa girilmesi üçüncü aşamayı oluşturmaktadır. Toprak cinsi ve buna bağlı olarak ise özgül toprak direncinin seçiminde kullanıcıya seçenek sunularak hesaplamaya esas olacak toprak parametreleri seçilmektedir. Akış diyagramında da belirtildiği gibi,

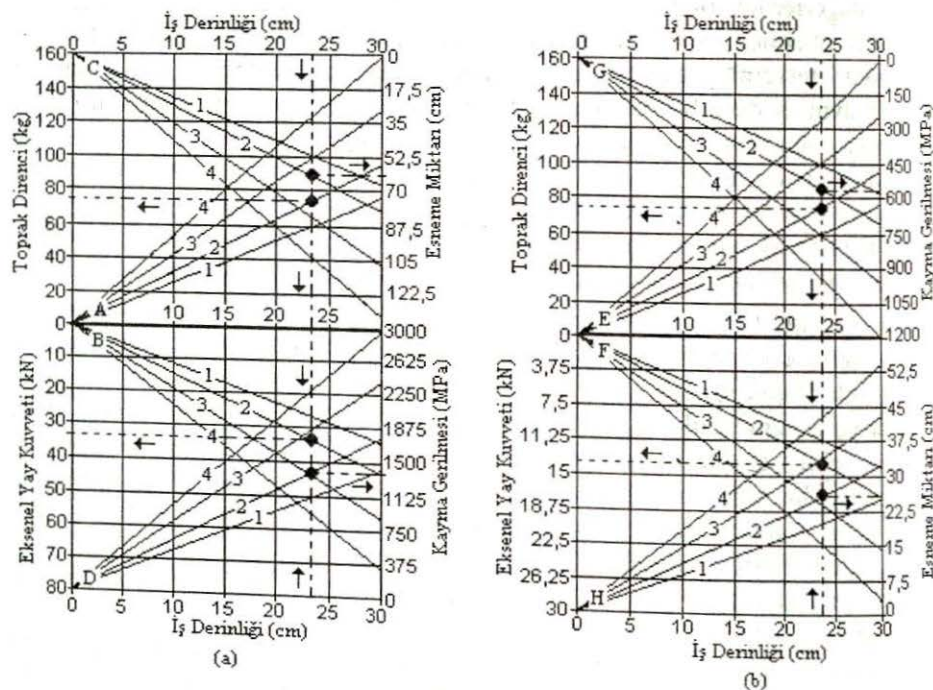
programdaki bilgi akışında son aşama, temel yay değerlerinin hassas bir şekilde hesaplanarak kullanıcıya sunulmasıdır. Temel yay parametreleri içerisinde, toprak yüküne bağlı olarak yaydaki eksenel yükleme, burulma gerilmesi ve esneme miktarı yer almaktadır. Bunun yanında, kalıcı deformasyon yapabilen maksimum eksenel yükün büyüklüğü de belirlenebilmektedir. Diğer yandan, makinadaki toplam ayak sayısına bağlı belirli bir hızda ve belirli iş derinliği için gereksinim duyulan çeki kuvveti ve çeki gücünün doğru olarak hesaplanabilmesi programdaki bilgi akışının son aşamasını oluşturmaktadır.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada yarı yaylı kültivatör ayaklarına gelen toprak direncinden hareketle ayakların sahip olduğu sarmal emniyet yaylarının karşılaşılabileceği eksenel yük ve buna bağlı olarak ise yaydaki burulma gerilmesi ve yay esneme değerini pratik olarak tahminine yönelik bir nomogram geliştirilmiştir. Yarı yaylı kültivatörlerin sahip oldukları sarmal emniyet yaylarına ilişkin değerlerden olan eksenel yük, burulma gerilmesi ve yay esnemesi değerleri üzerinde, kültivatörlerin içinde çalıştığı toprağın özellikleri ve makinanın tasarım parametrelerinin etkisi oldukça fazladır. Aynı makina için ve aynı iş derinliğinde çalışılması durumunda, toprak yapısının hafif bünyeden, ağır bünyeye doğru değişmesiyle, ayaklara gelen toprak yükü veya direnci doğrusal bir şekilde artmakta, bu ise sarmal emniyet yayını uzatmaya yönelik eksenel yükü aynı oranda artırmaktadır. Çizelge I.'de, hesaplanmış yay parametrelerinin yer aldığı program çıktısı, Şekil 4'te ise, program çıktısından hareketle hazırlanmış hesaplama abağı verilmiştir.

Çizelge I.'de verilen değerlerden hareketle çizilen ve Şekil 4.'te verilen nomogram yardımı ile bir kültivatör ayağına gelen toprak direnci ve buna bağlı olarak sarmal emniyet yayında oluşan eksenel yük, burulma gerilmesi ve esneme miktarı saptanabilmektedir. Şekil. 4 (a)'da ön sıra ayak yayları, Şekil.4 (b)'de ise arka sıra ayak yaylarına ilişkin çizilmiş nomogram yer almaktadır. Nomogramlarda, hafif bünyeli topraklar için (B), yayda oluşan esneme miktarı için (C) ve son olarak burulma gerilmesine ilişkin değerler olarak hafif topraklar için (1), Orta bünyeli topraklar için (2), Orta-ağır bünyeli topraklar için (3) ve çok ağır bünyeye sahip topraklar için ise (4) numaralı doğrular kullanılmaktadır. Kültivatör ön ayakları için çizilen nomogramda ise, toprak direnci (A), eksenel yay yükü de (D) simgesi ile belirtilen grafiklerden okunabilmektedir. Aynı şekilde, grafikler üzerindeki oklardan da anlaşılacağı gibi, Şekil.4 (b)'de verilen arka sıra ayak yaylarında toprak yükü (E), eksenel yay yükü (F), burulma gerilmesi (G) ve yay esneme miktarı (H) simgeli grafiklerden elde edilebilmektedir. Nomogramların çiz-

zimi için yay değerlerini hesaplamakta kullanılan bilgisayar programında girdi değerleri olarak 2 m/s'lik kültivatör çalışma hızı kullanılmıştır. Kültivatör yaylarına ilişkin geometrik parametreler ise Çizelge I'de de görüldüğü gibi sabit tutulmuştur. Ne var ki, geliştirilen bilgisayar programında, farklı çalışma hızları için de toprak dirençleri hesaplanabilmekte ve değişik yay boyutlarına ve malzeme özelliklerine bağlı olarak yay tasarım parametreleri belirlenebilmektedir. Bunun yanında, malzemenin akma sınırındaki değerlere bağlı olarak yayların kalıcı deformasyona uğramadan çalışabileceği yüklem sınırları da ortaya konabilmektedir. Bu çalışmada, Çizelge I'de verilen girdi parametreleri doğrultusunda söz konusu kültivatör emniyet yaylarının kalıcı deformasyona uğramadan çalışabileceği maksimum aksel yükün 12 kN olduğu hesaplanmıştır. Bu ise, özellikle çok ağır bünyeli topraklarda çalışma sırasında bu yayların kolayca kalıcı deformasyona uğrayacağını göstermiştir. Özellikle ön sıra ayak yaylarında, hafif bünyeden ağıra doğru gidildikçe bu durum oldukça belirgindir. O halde bu çalışmada, Şekil 4'te verilen pratik hesaplama abağının kaynağını oluşturan yazılımdaki girdi parametrelerinin farklı çalışma koşulları için, doğru verilmesi kaydıyla çe-



Şekil 4.

Yarı yaylı kültivatör ayaklarındaki sarmal emniyet yaylarına ilişkin tasarım parametrelerinin hesaplanmasında kullanılacak nomogram.
(a) Ön sıra ayak yayları, (b) Arka sıra ayak yayları.

şitli hesaplamalar yapılarak verilen koşulları tanımlayan nomogramlar elde edilebilmektedir. Çalışmanın son aşaması kültivatörler için ortalama çeki kuvveti ve çeki gücüne ilişkin parametreleri ortaya koymaktır. Bilindiği gibi, çeki kuvveti ayak sayına iş derinliğine ve etkili iş genişliğine bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışmada kullanılan 9 ayaklı, ve üzerinde kanatlı uç demirleri bulunan ve yarı yaylı bir gövdeye sahip bir kültivatör için çalışma derinliğine ve çalışma hızına bağlı olarak gereksinim duyulan çeki gücü en fazla 50 BG'ne kadar çıkabilmektedir.

Çizelge I.

Kültivatör yaylarının belirlenmiş tasarım parametreleri

Ön Sıra Ayak Yayları						Arka Sıra Ayak Yayları					
Çalışma Hızı: $v=2$ m/s ve $\rho =25^\circ$ $D_c=8$ mm, $D=8$ cm ve $N=15$ adet Yay Malzemesi: Karbon Çeliği						Çalışma Hızı: $v=2$ m/s ve $\rho =25^\circ$ $d_c=8$ mm, $D=8$ cm ve $N=15$ adet Yay Malzemesi: Karbon Çeliği					
Hafif Bünyeli Toprak ($\omega=12$ kg/dm ²) Çalışma Derinliği (cm)						Hafif Bünyeli Toprak ($\omega=12$ kg/dm ²) Çalışma Derinliği (cm)					
Değerler	5	10	15	20	25	Değerler	5	10	15	20	25
F_1 (kg)	12.7	25.4	38.2	50.9	63.8	F_1 (kg)	12.7	25.4	38.2	50.9	63.8
F_1 (kN)	5.7	11.4	17.1	22.8	28.6	F_2 (kN)	2.3	4.6	6.9	9.2	11.5
τ_1 (MPa)	238	477	715	954	1193	τ_2 (MPa)	96	192	288	384	480
k_1 (cm)	10.7	21.4	32.1	42.8	53.5	k_2 (cm)	4.3	8.6	12.9	17.2	21.5
Orta Bünyeli Toprak ($\omega=15$ kg/dm ²) Çalışma Derinliği (cm)						Orta Bünyeli Toprak ($\omega=15$ kg/dm ²) Çalışma Derinliği (cm)					
Değerler	5	10	15	20	25	Değerler	5	10	15	20	25
F_1 (kg)	15.9	31.8	47.7	63.6	79.5	F_1 (kg)	15.9	31.8	47.7	63.6	79.5
F_1 (kN)	7.1	14.3	21.4	28.6	35.7	F_2 (kN)	2.9	5.7	8.6	11.5	14.4
τ_1 (MPa)	298	596	894	1193	1491	τ_2 (MPa)	120	240	360	480	600
k_1 (cm)	13.3	26.8	40.2	53.6	66.9	k_2 (cm)	5.4	10.8	16.2	21.5	32.3
Orta-Ağır Bünyeli Toprak ($\omega=20$ kg/dm ²) Çalışma Derinliği (cm)						Orta-Ağır Bünyeli Toprak ($\omega=20$ kg/dm ²) Çalışma Derinliği (cm)					
Değerler	5	10	15	20	25	Değerler	5	10	15	20	25
F_1 (kg)	21.2	42.4	63.6	84.8	106	F_1 (kg)	21.2	42.4	63.6	84.8	106
F_1 (kN)	9.5	19.1	28.6	38.1	47.6	F_2 (kN)	3.8	7.7	11.5	15.3	19.2
τ_1 (MPa)	397	795	1193	1591	1988	τ_2 (MPa)	160	320	480	640	800
k_1 (cm)	17.8	35.7	53.5	71.4	89.2	k_2 (cm)	7.2	14.4	21.5	28.7	35.9
Ağır Bünyeli Toprak ($\omega=25$ kg/dm ²) Çalışma Derinliği (cm)						Ağır Bünyeli Toprak ($\omega=25$ kg/dm ²) Çalışma Derinliği (cm)					
Değerler	5	10	15	20	25	Değerler	5	10	15	20	25
F_1 (kg)	26.5	53.0	79.5	106	132	F_1 (kg)	26.5	53.0	79.5	106	132
F_1 (kN)	11.9	23.8	35.7	47.6	59.5	F_2 (kN)	4.8	9.57	14.4	19.2	23.9
τ_1 (MPa)	497	994	1491	1988	2486	τ_2 (MPa)	200	400	600	800	1000
k_1 (cm)	22.3	44.6	66.9	89.2	111.6	k_2 (cm)	9.0	17.9	26.9	35.8	44.9

Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen bulgular, kùltivatörler için uygun çeki gücü ve emniyet yaylarına ilişkin tasarım parametrelerinden oluşmaktadır. Özellikle geliştirilen abaklar, yarı yaylı kùltivatörler için sarmal emniyet yayları tasarlayacak araştırmacılara pratik bazı yay tasarım değerlerini sunabilmektedir.

KAYNAKLAR

- Deutschmann, A. D., Mitchels, W.J., ve Wilson, E.C., 1975. Machine Design. Theory and Practice. MacMillan Publishing Company. New York, USA.
- Dılmaç, M., 1984. Toprak İşleme Aletlerinin Teori Hesap ve Konstrüksiyonu. Türkiye Ziraat Kurumu Mesleki Yayınları. Yayın No: 36. Miki Matbaası. Ankara.
- Gökçebay, B., 1986. Tarım Makinaları I. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. No: 979. Ankara.
- Jensen, A., ve Chenoweth, H., 1975. Statics and Strength of Materials. 3rd Edition. Mc-Graw Hill Book Inc. New York, USA.
- Keskin, R., ve Erdoğan, D., 1984. Tarımsal Mekanizasyon. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. No: 927. Ankara.
- Kepner, B.A., Bainer, R., ve Barger, E.L. 1978. Principles of Farm Machinery. 3rd Edition. Avi Publication Company. Westport, Connecticut, USA.
- McKyes, E., 1985. Soil Cutting and Tillage. Elsevier Science and Publishing Company. 52, Vanderbilt Avenue. New York, USA.
- Okursoy, R., 1992. Toprak İşleme Aletlerinin Dizaynında Toprak Parametreleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tarımsal Mekanizasyon 14. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı. Sayfa: 20-27. Samsun.
- Potter, B., Maxwell, T., ve Scott, B., 1993. Visual Basic Super Bible. 2nd Edition. The Waite Group Press. Corte Madera, California, USA.
- Richard, M. J., 1981. Introduction to Computer Application Using Basic. Mc-Graw Hill Book Inc. New York, USA.
- Shigley, J. E., ve Mitchell L.D., 1983. Mechanical Engineering Design. Mc-Graw Hill Book Inc. New York, USA.
- Spotts, M. F., 1978. Design of Machine Elements. The 5th Edition. Prentice Hall Inc., Englewoods Cliffs. New Jersey, USA.