

## 1- GİRİŞ

İnsanlık tarihinde kuşkusuz en önemli aşamalardan birisi, insanların göçebeliği bırakıp toprağa bağlanmış olmalarıdır. Bu da toprağın işlenmesi ile sağlanmıştır. İnsanlar 7000 yıldan beri günümüzde de örnekleri görülen toprak işleme metotlarını yaygın olarak kullanmaktadır (Ülger ve Ark. 1996).

Bitki üretiminde toprak koşullarının önemi çok büyüktür. Uygun toprak koşulları verimli üretimin en önemli unsurlarından biridir. Toprak yapısının uygulanan dış etmenler nedeniyle bozulması bitki üretiminde verimliliğin azalması ile kendini göstermektedir.

Toprak yapısının bozulmasının bir çok nedeni vardır. Bunlardan biri de toprak sıkışmasıdır. Modern tarıma geçilmesi ile birlikte artan işçilik giderlerinin azaltılması amacıyla her geçen gün daha büyük, daha ağır makine ve ekipmanlar kullanılması, toprak üzerindeki trafik yükü ve tahribatın artmasına neden olmuştur (Munsuz,1985).

Toprağın kesilme direnci, kesme gerilmesine maruz kalan toprağın deformasyona karşı gösterdiği dirençtir. Kesme gerilmesi ise birim alandaki kesme kuvvetidir (Kayışoğlu,2001).

Toprak sıkışması ile toprağın hacim yoğunluğunun artışı, toprak içine kök penetrasyonunu, oksijen kullanılabilirliğini ve su infiltrasyonunu azaltır, ürün verimini düşürür. Ürün verimi geçiş sayısı, hava koşulları, toprak tipi, makinenin temas basıncına göre değişim gösterir. Ürün verimine etkisi nedeniyle toprağın nemli koşullarında toprak işleme yapılmamalı, verilen bir toprak işleme uygulaması için geçiş sayısı minimumda tutulmalıdır (Lavoie ve Ark., 1991).

Toprak nemi ve geçiş sayısı toprak sıkışması üzerine etkili önemli faktörlerdir. Kumlu tınlı bir toprakta 41 kPa'lık 15 geçişte elde edilen toprak sıkışıklığı 131 kPa'lık tek geçişte elde edilen toprak sıkışıklığından daha fazla bulunmuştur (Mcykes,1985).

Tüm topraklar için genel bir kural olarak en uygun nem oranı, tarla kapasitesinin %40-60'ı kadar olduğu durumdur. Hafif topraklarda bu sınır biraz daha geniş, ağır topraklarda ise biraz daha dar olarak gerçekleşir. Özellikle

nemli toprak işlenmesi daha sonraki yıllarda etkisini verim düşmesi şeklinde ortaya çıkartan strüktür zararlarına neden olur (Ülger ve Ark. 1996).

Toprak sıkıştığında toprak partiküllerinde yeni bir düzen ortaya çıkmakta ve geniş porlarda hacim azalması görülmektedir. Toprak kuru olduğunda sıkışmaya karşı direnç göstermektedir. Su içeriği arttıkça uygulanan kuvvet altında hacim ağırlığı artmaktadır. Çünkü su, partikül içi sürtünmeyi (iç sürtünme) azaltmakta ve partiküller arası kohezyonu zayıflatmaktadır. Maksimum sıkışma yoğunluğunun üzerindeki su içeriklerinde sıkışma ilerledikçe por hacimlerini su doldurmakta ve meydana gelen su basıncıyla ileride oluşacak sıkışmaya karşı direnç gösterilmektedir. İlbaharda ve sonbaharda toprak nemi tarla kapasitesi düzeylerinde olması nedeniyle bu dönemlerdeki tüm tarla işlemleri toprakta yoğun şekilde sıkışma eğilimlerini arttırmaktadır (Yavuzcan,1998).

Traktör veya alet tarafından toprağa kuvvet uygulandığında toprak hareketi oluşur ve toprak zerreleri ya birbirinin üzerinde (toprak/toprak hareketi) ya da aletin veya tekerleğin üzerinde kayarlar (toprak/alet sürtünmesi). Bu toprak hareketi deformasyona neden olan toprak kesilme kuvvetlerini harekete geçirir. Bu nedenle toprağa bir dış kuvvet uygulandığı zaman uygulanan kuvvete eşit ve zıt yönde bir kesilme kuvveti oluşur. Bunun sonucu toprakta bir deformasyon görülür. Uygulanan kuvvet sonucu meydana gelen deformasyon miktarı o toprağın çeşidine durumuna bağlıdır. Uygulanan kuvvetin maksimum kesilme kuvvetine eşdeğer olan bir sınır değeri vardır. Maksimum kesilme kuvveti ise bilindiği gibi iki bileşenden oluşmaktadır. Birincisi kohezyon, ikincisi sürtünmedir. Sürtünme bileşeni esas olarak toprak birim hacim ağırlığının, pürüzlülüğünün, agregat ve zerrelerin birbirine bağlanma kuvvetinin bir fonksiyonudur. Kohezyon ise toprak nemine ve aynı zamanda zerreleri birbirine bağlayan organik bağa dayalı bir özelliktir. Nadir olarak gevşek ve kuru topraklar sadece sürtünme davranışı gösterirler. Plastik killi topraklar sadece kohezyon özelliğine sahiptirler. Bazı topraklar için kohezyon ve iç sürtünme açısı değerleri çizelge 1.1' de verilmiştir (Keçecioğlu ve Gülsoylu-2002).

Çizelge 1.1 Bazı toprakların kohezyon ve iç sürtünme açısı değerleri

	Kumlu Toprak	Kumlu Killi Toprak	Plastik Killi Toprak
İç Sürtünme Açısı	35 <sup>0</sup>	30 <sup>0</sup>	15 <sup>0</sup>
Kohezyon KN/m <sup>2</sup>	1,4	10,0	34,0

Traktörler; toprak işleme, ekim, dikim, gübreleme, ilaçlama, hasat ve taşıma makinalarının çalışmaları sırasında ve özellikle nem oranının yüksek olduğu dönemlerde, toprak sıkışmasına neden olmaktadır (Altay ve Tok 1989; Wood ve Ark., 1991; Yeşilsoy, 1992).

Yavuzcan (1998) 'in bildirdiğine göre Pierce ve Ark. 1983' ün belirlediği değişik toprak sınıfları için bitki kök gelişimini sınırlandırmayan, kritik ve kök gelişimini sınırlandıran hacim ağırlığı değerleri çizelge 1.2' de verilmiştir.

Çizelge 1.2 Kök gelişimi bakımından farklı tekstüre sahip toprakların hacim ağırlığı değerleri (Pierce ve Ark. 1983)

Toprak Sınıfı	Hacim Ağırlığı ( g/cm <sup>3</sup> )		
	Kök Gelişimini sınırlandırmayan	Kritik Değer	Kök Gelişimini sınırlandıran
Kumlu	1,60	1,69	1,85
Kaba Tınlı	1,50	1,63	1,80
İnce Tınlı	1,46	1,67	1,78
Kaba siltli	1,43	1,67	1,79
İnce siltli	1,34	1,54	1,65
Killi (% 35-45)	1,40	1,49	1,58
Killi ( > % 45 )	1,30	1,39	1,47

Toprakta oluşan sıkışma bitki gelişimini engellerken, yüzey akışlarına neden olmasıyla erozyon faktörünü de arttırmaktadır.

Tüm toprak sınıflarının ve koşullarının öngörülen sıkışma kuvvetine aynı tarzda ve sınırdaki tepki göstermediğinden ve yine tüm ürünlerin de aynı tepkiyi vermediğinden hareketle mevcut arazi ve üretilmesi istenen ürün için gerekli alet ve makinaların sıkıştırma potansiyelleri saptanmalı ve özellikle toprak işleme sistemi en uygun sıkışma koşullarını yaratacak şekilde belirlenmelidir (Yavuzcan 1998).

Kök gelişimi açısından kritik kabul edilen farklı sıkışma değerleri bulunmaktadır. Yavuzcan (1998) 'e göre bu değer  $150 \text{ N/cm}^2$  iken, Tekin ve Okursoy (2001) 'de bu değer  $80 \text{ N/cm}^2$  olarak belirtilmektedir.

Bu araştırmada tarım işletmelerinde yaygın olarak kullanılan traktör büyüklüğü kullanılmış, farklı toprak yapılarında farklı toprak nem düzeyinde, farklı sayıda tekerlek trafiği yaratılarak, toprakta oluşan kesilme direncinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Toprak sıkışması; toprak granülleri üzerine suyun veya toprakta çalışan insan, hayvan veya makinelerin etki etmesi sonucunda, boşlukların azalması ve toprağın hacim ağırlığının artması olarak tanımlanabilir. Toprak sıkışması iki şekilde oluşmaktadır. Birincisi, yanlış toprak işleme sonucunda kök yatağının aşırı sıkışması; ikincisi ise, toprak işleme derinliği altında sert bir taban taşının teşekkül etmesidir. Taban taşı da, trafik taban taşı ve doğal olarak oluşan genetik taban taşı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Tarımsal üretimin ilk aşaması olan toprak işlemeden hasada kadar olan her aşamada tarımsal mekanizasyonun hızlı gelişmesi ve büyük güç üniteleri ve ekipmanlarının yoğun şekilde kullanılması, büyük yararların yanı sıra bazı sorunları da beraberinde getirmiştir. Örneğin; orta güçlü bir traktörle tarlaya gübre verilmesi, çift kat diskaro, ekim ve merdane ile bastırma sırasında, tarla yüzeyinin en az %91'i traktör tekerlekleri tarafından sıkıştırılmaktadır. (Önal, 1978)

Rickman ve Chanasky (1988), yaptıkları araştırmada traktör geçiş sayısının toprağın 20 cm derinliğindeki hacim ağırlığı ve penetrasyon direncini attırdığını, topraktaki en fazla sıkışmanın traktörün ilk geçişi sonunda meydana geldiği ortaya koymuşlardır.

Tekerlek trafiği tarım topraklarının strüktür ve yoğunluğu üzerinde önemli etkiye sahiptir. Yoğun tarımsal üretim yapılan alanlarda toprak yüzeyi yılda 5 kereden fazla tekerlek trafiğine maruz kalabilmektedir. Aşırı toprak sertliği, ıslah ve granülsüz toprak, etkili olmayan drenaj ve düzensiz bitki gelişimi sıkışmanın belirtileri olarak tanımlanmaktadır. (Jacopsen ve Dexter, 1989).

Hill ve Montalvo (1990), yaptıkları araştırmada toprak işlemeli konularla, toprak işlemesiz konuları karşılaştırmış, traktör trafiğine maruz kalan alanlarda toprak direncinin, trafiğin olmadığı alanlara göre %50 daha fazla olduğunu ve toprak direnci değerleri arasındaki farkın derinlik arttıkça azaldığını 0,30 m derinlikten itibaren birbirine yakın değerler aldığını bildirmiştir.

Tarla trafiği sonucu oluşan toprak sıkışması, tarımsal üretimde dünyanın geniş bir kısmını ilgilendirmektedir. Özellikle yoğun tarımın yapıldığı alanlarda,

yılda birkaç kez tekerlek geçişine maruz kalan topraklarda, sıkışma sorunu çok ciddi boyutlara ulaşmıştır. Tarla trafiği toprak sıkışmasına etki eden en önemli faktörler arasındadır (Barone; 1990, Wood ve Ark., 1991).

Bicki ve Siemens (1991), yaptıkları araştırmada 30 cm den daha fazla derinlikte tekerlek yükünün etkisinin azaldığını ve en yüksek penetrasyon direncinin tüm tarla yüzeyinde tekerlek trafiğinin olduğu durumda 15-23 cm derinlikte oluştuğunu, genellikle ikincil toprak işlemenin 10 cm derinlikteki sıkışmayı ortadan kaldırdığını bildirmişlerdir.

Manor ve Ark. (1991), toprak işleme veya tarla trafiği uygulanmamış toprak tabakalarında koni indeksinin (toprak direncinin) fazla değişmediğini saptamışlardır. Bu işlemlerin uygulandığı toprak tabakalarında ise, koni indeksleri bakımından önemli farklılıklar bulmuşlardır .

Khalilian ve ark. (1991), buğday ve soya fasulyesi yetiştirilen bir sistemde uygun sonbahar toprak işlemlerini saptamak amacıyla üç yıl süreyle bir deneme yürütmüşlerdir. Çalışmada, çeşitli toprak işleme sistemleri ve kontrollü trafiğin soya fasulyesi verimi, büyümesi ve toprak sertliği oluşumuna etkilerini saptamışlardır. Özellikle E horizonunda ikinci derece toprak işleme kullanımı, toprak sıkışmasını önemli derecede azaltmıştır. Her toprak işleme sisteminde; trafiksiz sıralarda, toprak işlemeden iki ve sekiz ay sonra ölçülen koni indeksi değerleri arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır.

Pınar ve Ark. (1992), Samsun ve yöresinde kullanılan 6 alternatif toprak işleme yöntemlerinin; toprak sertliği, toprak parçalanması ve kesek oluşumu ile volüm ağırlığı ve poroziteye etkilerini araştırmışlardır

Toprak sıkışması, toprağın bir statik durum özelliğidir. Özel bir toprak için; sıkışma durumu değiştiği zaman, materyal özellikleri genellikle değişmez, yalnızca statik durum değişir. Sıkışma durumundaki bir değişiklik, davranış özelliklerindeki olası bir değişikliği gösterir. Bu nedenle, kullanım amacı ne olursa olsun, toprak sıkışmadan etkilenir (Schafer ve ark., 1992).

Toprak sıkışması, doğal özellikleri ve dış kuvvetlerin etkisine bağlı olarak değişmektedir. Bir toprağın sıkışabilirliği; nem değeriyle, içerdiği kum, silt , kil ve organik madde miktarlarına bağlıdır. Bu faktörlerin yanı sıra tarım alet ve makinaların sebep olduğu bazı önemli faktörler de vardır. Bunlar;

traktör tekerleği, toplam yük, lastik tipi, lastik hava basıncı, geçiş sayısı, ve tekerlek basıncıdır (Munsuz, 1985; Barone, 1990; Yeşilsoy, 1992).

Douglas ve Ark. (1992), tekerlek trafiğinden kaynaklanan toprak yapısı değişikliklerini inceledikleri araştırmalarında, üç farklı temas basıncında (0 kPa, 40 kPa, 100 kPa ) elde ettikleri kesilme direnci ve hacim ağırlığı değerlerinin en küçük temas basıncından en yükseğe doğru artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Meek ve Ark. (1992), Çiftçilerin toprağa mümkün olan en kuru durumda mekanizasyon uygulayarak toprak sıkışmasında meydana gelebilecek artış azaltabileceklerini savunmuşlardır.

Çarman (1992), tarımda kullanılan çeşitli traktör lastiklerinin ilk 30 cm derinlikteki değişen lastik yükü ve iç basıncının ortalama temas basıncı üzerine etkilerini incelemiş, potansiyel sıkıştırma indeksi değerlerinin yüzeyden derinlere gidildikçe istatistiki olarak önemli ölçüde azaldığını belirlemiştir.

Spugnoli ve Ark. (1993), Toprağa kompost uygulamasının sıkıştırmaya etkisini araştırmak amacıyla yaptıkları bir çalışma içerisinde, tohum yatağı hazırlığından hemen sonra traktörle farklı geçiş sayıları uygulamışlar ve bunun toprak sıkışmasına farklı seviyelerde etkisinin olduğunu saptamışlardır

Bir tarım arabası trafiğinin, toprağın fiziksel özelliklerine etkileri araştırılmış, tek ve dört geçiş uygulanan çalışmada; dört geçiş sonucunda 20-40 cm derinlikteki porozite ve hava geçirgenliğinin, tek geçişin etkisi ile karşılaştırıldığında %50 kadar azaldığı saptanmıştır (Wood ve Ark., 1993).

Taşer ve Metinoğlu (1997), Tokat yöresinde tahıl tarımında dört farklı tohum yatağı hazırlama yöntemi kullanarak, toprak penetrasyon direnci, hacim ağırlığı, porozite ve nem ve toprak agregasyon indeksi değişimlerini incelemiş, toprağı sıkıştırmadan işleyen toprak işleme yöntemlerinin toprak agregasyon indekslerinin daha büyük olduğunu belirlemişlerdir.

Yıldız ve Çarman (1998), lastiğin toprakta meydana getirdiğı iz derinliğinin lastik yükü ve geçiş sayısına bağlı olarak değişimini incelemiş, lastik yükünün ve geçiş sayısının artışının iz derinliği üzerindeki etkisinin  $P < 0.01$  düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğu saptamışlardır. Ayrıca toprağın kesme gerilmesinin lastik yükü ve geçiş sayısına bağlı olarak değişimi

de İncelenmiş, alınan kontrollü değişkenlere bağlı olarak kesme gerilmesi üzerinde lastik yükü ve geçiş sayısının etkisinin  $P<0.01$  düzeyinde istatistiksel olarak önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Yavuzcan (1998), farklı toprak işleme sistemlerinin toprağın penetrasyon direnci ile kesilme direncine olan etkisini araştırmış, her iki direncin birbiriyle ilişkili olduğunu ve kesilme direnci değerlerinin, penetrasyon direnci değerlerinden daha düşük olduğunu bildirmiştir. En fazla sıkışmanın 10-30 cm arasındaki derinlikte oluştuğunu, ilk 10 cm derinlikteki sıkışmanın toprak işleme ile ortadan kaldırıldığını ifade etmekle birlikte , daha derinlerde sıkışmanın etkisinin daha fazla olduğunu bildirmiştir.

Çakır ve Ark. (2001), toprakta sıkışma sonucu sert tabaka oluşumunun önlenmesi için, yüksek yoğunluk oluşturan nem oranlarında, yüksek tonajlı toprak işleme ekipmanları, anız bozma ve balya toplama gibi trafik işlemlerinden kaçınılması gerektiğini bildirmiştir.

Servedio ve Ark. (2001), İtalya' da yaptıkları bir araştırmada 179 KW gücünde ve 11 814 kg ağırlığa sahip traktörün killi topraklarda yaratılan trafik sonucu toprağın 0-35 cm derinlikteki kesilme direncinde oluşan değişimleri incelemiş, en fazla kompaksiyonun 6 cm derinlikte meydana geldiğini bulmuşlardır.

Servedio ve Ark. (2004), yaptıkları araştırmada 4 tekerleği de muharrik bir traktörün eşit toprak koşullarında hem iki tekerleğin muharrik, hem de dört tekerleğin muharrik olduğu durumda toprağın kesilme direncindeki değişimleri incelemiş, dört tekerleğin muharrik olduğu tekerlek trafiğinde kesilme direncinin daha çok arttığını bildirmişlerdir.

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1 Materyal**

##### **3.1.1 Araştırma yerinin tanımı**

Kırklareli İli Marmara Bölgesinin Trakya kesiminde 41' 14" – 42' 00" kuzey enlemleri ile 26' 53" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Deniz seviyesinden yüksekliği 203 m' dir. Kuzeyde; Bulgaristan, doğuda; Karadeniz, güneydoğuda; İstanbul, güneyde; Tekirdağ, batıda; Edirne İlleri ile çevrilidir (Anonim, 1999).

Kırklareli ili asıl olarak Trakya'ya özgü karasal iklimin etkisi altında olmakla birlikte, yağışlı Karadeniz ikliminin de belirli etkisi göze çarpmaktadır. Bu anlamda kışları yağışlı ve soğuk, yazları kurak ve sıcak bir iklime sahiptir. İlde yağışın büyük kısmı yağmur bir kısmı da kar şeklindedir. Yıllık ortalama yağış 593,7 mm, dir (Anonim 1984).

Araştırma yılında ise yıllık yağış miktarı 579 mm ve mevsimlere göre dağılımı %39,13 sonbahar, %21,52 kış, %19,48 ilkbahar, %19,86 Yaz şeklindedir (Anonim 2002).

İklim, topografya ve ana madde farklılıkları nedeniyle Kırklareli' de çeşitli büyük toprak grupları oluşmuştur. Bu araştırma çalışması 34 500 ha alan ile Kırklareli İli'nin toprak kaynaklarının % 5,2' sini oluşturan alüviyal topraklar üzerinde yürütülmüştür (Anonim 1991).

#### **3.1.2 Deneme Alanı**

##### **3.1.2.1 Deneme alanının toprak özellikleri**

Deneme parselleri Kırklareli Atatürk Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü araştırma ve deneme arazileri üzerinde kurulmuştur. Deneme kurulan arazinin toprak yapısı alüviyal karakterdedir. Farklı tekstür sınıfına giren alanlar önceden tespit edilmiş, deneme parsellerinde toprağın fiziksel yapısına ait değerler çizelge 3.1, 3.2, 3.3, kimyasal yapısına ait değerler çizelge 3.4 ' de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Deneme yerinin fiziksel yapısı

Toprak Tipi	Derinlik (cm)	Organik Madde (%)	Tekstür (%)			
			Kum	Silt	Kil	Sınıfı
L	0 -15	1,61	56,75	27,79	15,46	Tın
	15 -30	0,81	57,72	28,27	14,01	
	30 - 45	0,71	56,86	26,80	16,34	
SCL	0 -15	1,61	44,76	30,92	24,32	Kumlu Killi Tın
	15 -30	1,06	44,58	28,56	26,86	
	30 - 45	0,31	45,85	24,99	29,16	
CL	0 -15	1,21	43,14	19,10	37,76	Killi Tın
	15 -30	1,16	43,50	21,08	35,42	
	30 - 45	1,56	43,57	21,06	35,37	

Çizelge 3.2 Deneme alanına ait hacim ağırlığı değerleri (g/cm<sup>3</sup>)

Derinlik (cm)	Toprak Tipi		
	L	SCL	CL
0 -15	1,43	1,49	1,44
15 -30	1,54	1,45	1,55
30 - 45	1,55	1,55	1,54

Çizelge 3.3 Deneme yeri toprağının tarla kapasitesi ve solma noktası

Toprak Tipi	Derinlik (cm)	Tarla Kap. (%)	Solma Noktası (%)
L	0 -15	18,95	7,32
	15 -30	17,27	6,98
	30 - 45	15,46	6,55
SCL	0 -15	18,26	7,45
	15 -30	18,74	7,54
	30 - 45	18,42	7,64
CL	0 -15	20,53	8,63
	15 -30	20,57	8,66
	30 - 45	24,21	11,89

Çizelge 3.4 Deneme yeri toprağının kimyasal yapısı

Toprak Tipi	Derinlik (cm)	pH	Total Tuz (%)	Fosfor Kg/da	Potasyum Kg/da
L	0 -15	7,7	0,030	6,48	116,3
	15 -30	7,7	0,047	6,48	105,7
	30 - 45	7,7	0,045	10,92	85,8
SCL	0 -15	7,7	0,044	5,77	81,9
	15 -30	7,7	0,045	7,20	58,1
	30 - 45	7,7	0,047	5,07	56,8
CL	0 -15	7,8	0,044	5,77	79,3
	15 -30	7,7	0,058	5,07	68,7
	30 - 45	7,7	0,076	5,07	56,8

### 3.1.2.2 Deneme parsellerindeki nem düzeyleri

Araştırma çalışması dört farklı dönemde ve nem düzeyinde yapılmıştır. Bu nem düzeyleri tespiti deneme yerinin tarla kapasitesi ve solma noktasına yakın değerlerde ve bunların dışında, ortalama nem düzeylerinde yapılmıştır. En yüksek nem düzeyi nisan ayında, en düşük nem eylül ayında ve ortalama nem koşulları da haziran ve kasım aylarında elde edilmiştir. Deneme uygulamaları da aynı dönemlerde yapılmıştır. Araştırmanın yapıldığı nem düzeyleri Çizelge 3.5 ' de verilmiştir.

Çizelge 3.5 Araştırma Uygulamalarının Yapıldığı Nem Düzeyleri (%)

Toprak Tipi	Derinlik	I. Uygulama	II. Uygulama	III. Uygulama	IV. Uygulama
L	0 -15	7,9	10,2	11,6	15,1
	15 -30	9,1	11,8	13,0	17,2
	30 - 45	8,4	10,7	12,1	15,4
	Ortalama	<b>8,5</b>	<b>10,9</b>	<b>12,2</b>	<b>15,9</b>
SCL	0 -15	7,4	10,2	11,7	16,3
	15 -30	8,9	11,1	13,6	18,1
	30 - 45	8,3	10,8	13,1	17,5
	Ortalama	<b>8,2</b>	<b>10,7</b>	<b>12,8</b>	<b>17,3</b>
CL	0 -15	8,1	10,4	11,9	16,6
	15 -30	9,2	11,0	13,3	18,8
	30 - 45	9,1	9,8	12,8	18,4
	Ortalama	<b>8,8</b>	<b>10,4</b>	<b>12,7</b>	<b>17,9</b>

### 3.2.1 Araştırmada kullanılan makine ve ölçüm aletleri

#### 3.2.1.1 Araştırmada kullanılan traktörün teknik özellikleri

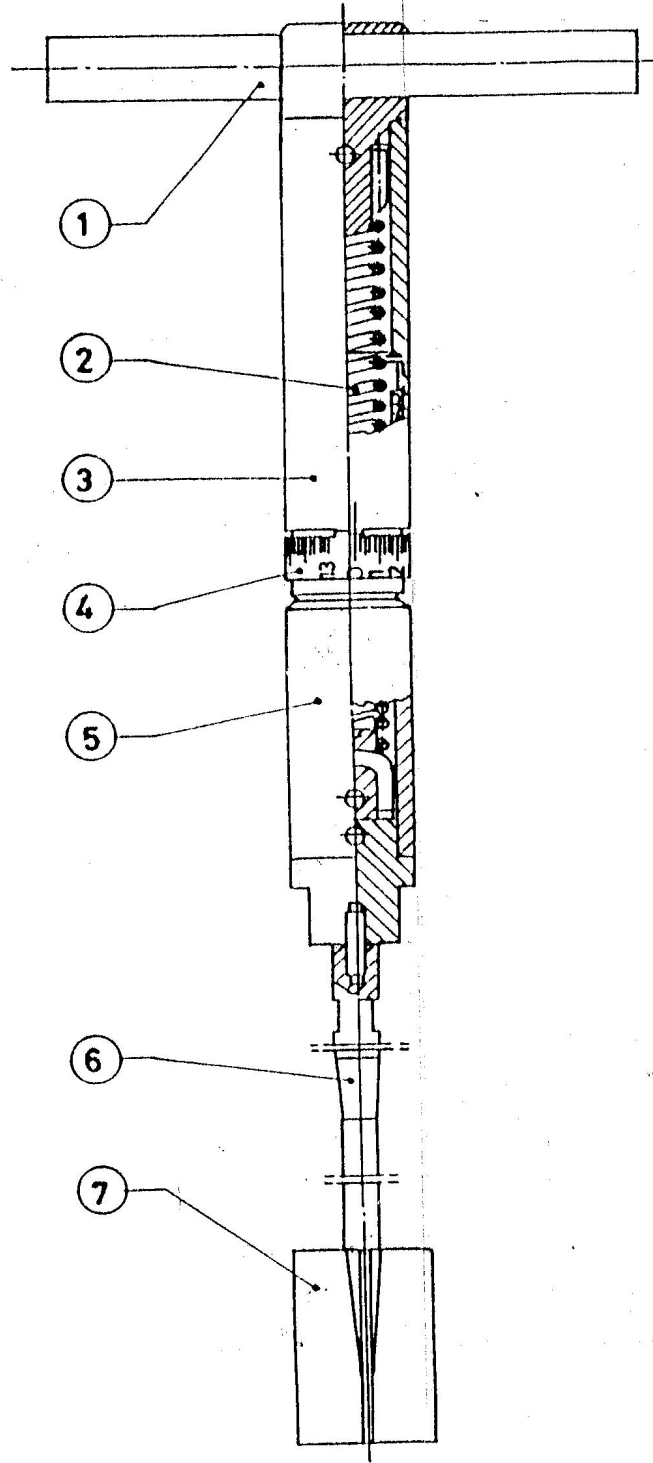
Araştırmada, 4 tekerleği muharrik ve bölgedeki çiftçiler tarafından yaygın olarak kullanılan traktör tiplerinden biri seçilmiştir. Bunun amacı bölge topraklarında trafik yaratan traktörün ağırlığının, tekerlek genişliklerinin ve çeki gücünün benzer olmasını sağlamaktır. Araştırmada kullanılan traktörün bazı özellikleri çizelge 3.6 'da verilmiştir.

Çizelge 3.6 Araştırmada kullanılan traktörün sahip olduğu bazı özellikler

TEKNİK ÖZELLİK	DEĞERİ
Silindir Sayısı	4 Adet
Silindir Hacmi	3,86 litre
Motor Gücü	61 Hp
Motor Torku	Max. 1400 d/dk.
Hidrolik Gücü	55 Hp
Ön Lastik Ebatları	11 2R 24
Ön Lastik Hava Basıncı	2,5 Bar
Arka Lastik Ebatları	16 9R 30
Arka Lastik Hava Basıncı	1,6 Bar
Yakıt Tankı	105 Litre
Toplam Ağırlığı (Kabin İle)	3 396 kg

#### 3.2.1.2 Araştırmada kullanılan ölçüm aletinin teknik özellikleri

Araştırmada kanatlı kesme aleti (VEYN) kullanılmıştır. Kanatlı Kesme Aleti'nin maksimum ölçme aralığı 0-2600 N/cm<sup>2</sup> dir. VEYN aletinin kısımları Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Ölçüm setinde üç adet farklı çap ve yükseklikte uç bulunmaktadır ve bu uçların özellikleri çizelge 3.7' de verilmiştir.



Şekil 3.1 Kanatlı Kesme (VEYN) Aleti (Yavuzcan,1998)

(1-Tutaç, 2-Spiral Yay, 3-Gövde Üst Kısmı, 4-Kesilme Direnci Ölçüm Skalası, 5-Gövdenin Alt Kısmı, 6-Uzatma Çubuğu Takmak İçin Ara Bağlantı, 7-Kanat)

Çizelge 3.7 Kanatlı kesme aletinde kullanılan uçların özellikleri (Yavuzcan, 1998)

Uç Ölçüsü (mm) (Çap x Yükseklik)	Ölçüm Aralığı (N/cm <sup>2</sup> )	Okuma Katsayısı	Alan Oranı (%)
16 x 32	0 - 2600	2	14,0
20 x 40	0 - 1300	1	16,5
25,4 – 50,8	0- 650	0,5	24,0

## 3.2 Yöntem

### 3.2.1 Deneme yöntemi

Araştırma, 3 farklı toprak tipinde (Tınlı, Kumlu Killi Tın, Killi Tın) Tesadüf Parselleri deneme deseni' ne göre yürütülmüştür. Her toprak tipi 3 parselden oluşmuştur. Traktör trafiği her parselde eşit şekilde oluşturulmuş, ölçüm değerleri her parseldeki traktör tekerleği izinden alınmış ve değerlendirilmiştir.

Bütün deneme parselleri pulluk ile 30 cm derinlikte işlenmiştir. Farklı nem koşullarında traktörün deneme parselindeki aynı noktalardan sırasıyla 1, 2, 3, 4 kez geçirilmesiyle elde edilen sıkışmanın kesilme direncine olan etkisi, 0-15 cm, 16-30 cm ve 31-45 cm derinlikler için ayrı ayrı belirlenmiştir. Bu ölçümler traktör tekerleği izinde Veyn aleti ile birbirine yakın noktalardan en az üç tekerrürlü olarak yapılmıştır. Bu işlemler 4 ayrı nem koşulunda tekrarlanmıştır.

Parsel ölçüleri 50 m x 12 m' = 600 m<sup>2</sup> dir. Parseller arasında 3 m ara bırakılmıştır (Kayhan ve Ark. 2002).

### 3.2.2 Deneme konuları

Traktör trafiği aşağıdaki şekilde kodlanmıştır.

G.0 = Traktör geçisi yok.

G.1 = Traktörün 1 kez geçişi

G.2 = Traktörün 2 kez geçişi

G.3 = Traktörün 3 kez geçişi

G.4 = Traktörün 4 kez geçişi

### 3.2.3 Toprakla ilgili bazı özelliklerin saptanması

Deneme alanına ait toprağın fiziksel ve kimyasal yapısını belirlemek için kullanılan yöntemler şunlardır;

- Toprağın Kesilme Direnci : Kanatlı kesme (VEYN) aleti ile ölçme
- Toprak Tekstürü : Bouycous hidrometre yöntemi Richards,1954 (Tüzüner,1990)
- Toprağın Hacim Ağırlığı : Bozulmamış toprak örneklerinde Richards, 1954 (Tüzüner,1990)
- Toprak Nemi : Gravimetrik nem tayini Richards 1954'e göre (Tüzüner,1990)
- Tarla Kapasitesi : Bozulmuş toprak örneklerinde Richards 1954 'e göre (Tüzüner,1990)
- Solma Noktası : 1/3 Atm. Basınç altında , poroz levhalı basınç aleti ile Richards 1954 'e göre (Tüzüner,1990)
- Toprağın Organik Maddesi : Walkley Black Yöntemi ile Richards 1954 'e göre (Tüzüner,1990)

### 3.2.4 Elde edilen sonuçların değerlendirilmesi

Araştırma sonucu elde edilen kesilme direnci değerleri üzerinde Microsoft Office Excel paket programı ile Varyans ve Regrasyon Analizi (Yurtsever ,1984) yapılarak, traktör trafiği, toprak derinliği, toprağın nem içeriği ve toprağın tekstürü arasındaki ilişkiler grafik olarak ortaya konmuş ve en uygun regrasyon modeli saptanmıştır.

## 4 ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1 Tınlı Toprakta Elde Edilen Kesilme Direnci Değerleri

Tınlı topraklarda elde edilen kesilme direnci değerleri Çizelge 4.1' de verilmiş ve Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1 incelendiğinde tınlı toprak tipinde % 8,5 nem düzeyinde 0-15 cm derinlikte konulara göre kesilme direnci birinci geçiş sonrasında % 359 artış göstermiştir. İkinci geçişte ise artış sadece % 6 düzeyinde olmuş, üçüncü ve dördüncü geçişlerin etkisi olmamıştır. 16-30 cm derinlikte ise birinci geçişte % 265 artış, ikinci geçişte %14 artış meydana gelmiş diğer geçişlerin etkisi önemsiz olmuştur. 31-45 cm derinliklerde ise yapılan ölçümlerde traktör trafiği sonucu kesilme direnci değerlerine önemli etkisi olmamıştır. Ancak 31-45 cm derinlikte önceden herhangi bir toprak işlemesi yapılmamış olması doğal kesilme direncini ifade ederken, 30 cm' ye kadar toprak işlemesi yapıldığı halde, 0-15 cm derinlikteki kesilme direnci değerleri ile kıyaslandığında traktör 'ün üçüncü ve dördüncü geçişinden sonra 30 cm derinlikteki değerlere ulaştığı görülmektedir.

% 10,9 nem düzeyinde, birinci geçiş sonucunda 0-15 cm derinlikte kesilme direnci 22 kat artış gösterirken, ikinci geçiş sırasında birinci geçişe göre yaklaşık % 17 artış göstermiştir. Üçüncü geçişte % 20 artış olurken, dördüncü geçişin etkisi oldukça sınırlı kalmıştır. 16-30 cm derinlikte ise birinci geçişte kesilme direnci 8 kat artış gösterirken, ikinci geçişte % 3' lük bir artış, üçüncü geçişte %13 lük bir artış meydana gelmiştir. Dördüncü geçişte ise artış % 8 olmuştur. 31-45 cm derinlikte ise traktör trafiğinin kesilme direncine etkisi olmamıştır.

%12,2 nem düzeyinde 0-15 cm derinlikte birinci geçiş sonrasında kesilme direnci 26 kat artmıştır. İkinci geçişte % 43, üçüncü geçişte % 8 artış olmuş, dördüncü geçişte ise sadece %5 lik artış gerçekleşmiştir. 16-31 cm derinlikte ise birinci geçişte kesilme direnci 7 kat artmıştır. İkinci geçişte % 9, üçüncü geçişte % 42, dördüncü geçişte % 7 lik bir artış meydana gelmiştir. 31-45 cm derinlikte ise traktör trafiğinin kesilme direncine etkisi olmamıştır.

Çizelge 4.1 Tınlı toprakta değişik nem düzeylerinde geçiş sayısına bağlı kesilme direnci değerleri (N/cm<sup>2</sup>)

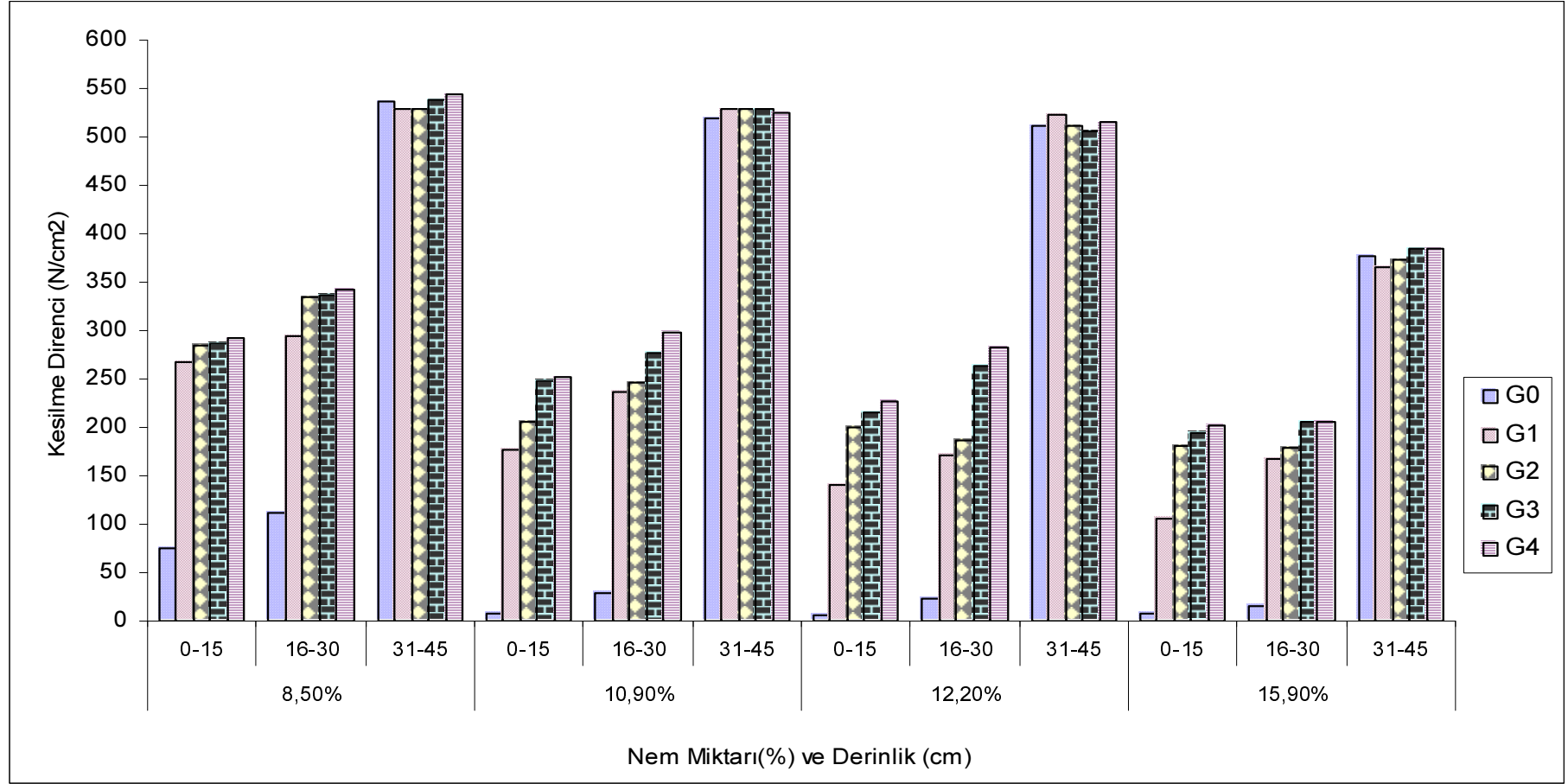
Nem (%)	Derinlik (cm)	Traktör Trafığı				
		G0	G1	G2	G3	G4
8,5	0-15	74,7 <b>b</b>	268,0 <b>a</b>	284,0 <b>a</b>	286,7 <b>a</b>	292,0 <b>a</b>
	16-30	111,3 <b>b</b>	294,3 <b>a</b>	334,7 <b>a</b>	337,3 <b>a</b>	342,7 <b>a</b>
	31-45	536,0	528,0	529,3	538,7	544,0
10,9	0-15	8,0 <b>c</b>	176,0 <b>b</b>	206,7 <b>ab</b>	248,0 <b>a</b>	252,0 <b>a</b>
	16-30	29,3 <b>c</b>	237,3 <b>b</b>	245,3 <b>b</b>	276,0 <b>a</b>	297,3 <b>a</b>
	31-45	520,0	528,0	529,0	528,7	524,3
12,2	0-15	5,3 <b>d</b>	140,0 <b>c</b>	200,0 <b>b</b>	216,0 <b>ab</b>	226,7 <b>a</b>
	16-30	24,0 <b>c</b>	170,7 <b>b</b>	186,7 <b>b</b>	264,0 <b>a</b>	282,7 <b>a</b>
	31-45	512,0	524,0	510,7	506,7	516,0
15,9	0-15	8,0 <b>c</b>	106,7 <b>b</b>	180,0 <b>a</b>	194,7 <b>a</b>	201,3 <b>a</b>
	16-30	14,7 <b>c</b>	168,0 <b>b</b>	178,7 <b>b</b>	205,3 <b>a</b>	206,7 <b>a</b>
	31-45	377,3	365,3	373,3	385,3	384,0

**P < 0,01**

Not : Aynı harfi taşıyan ortalamalar aynı gruba girmektedir.

Tarla kapasitesine yakın düzeyde olan % 15,9 nem düzeyinde 0-15 cm derinlikte birinci geçiş sonunda kesilme direnci 13,5 kat artmıştır. İkinci geçişte % 69, üçüncü geçişte % 8, dördüncü geçişte ise sadece % 4' lük bir artış olmuştur. 16-30 cm derinlikte birinci geçişte % 11,5 kat artış olurken, ikinci geçişte % 6,3, üçüncü geçişte % 14,7 lik bir artış meydana gelmiştir. Dördüncü geçişin kesilme direnci üzerinde bir etkisi olmamıştır. 31-45 cm derinlikte ise traktör trafiğinin kesilme direnci üzerinde herhangi bir etkisine rastlanmamıştır.

Şekil 4.1 incelendiğinde, kesilme direncinin birinci geçişte çok yüksek oranda arttığı, diğer geçişlerde ise kesilme direncindeki artış oranının giderek azaldığı, hatta üçüncü ve dördüncü geçişlerin neredeyse etkisini olmadığı görülmektedir. En düşük nem düzeyinde traktör trafiğinin etkisi sadece birinci geçişte olmaktadır. Bu nem düzeyinde traktör trafiğinin 16-30 cm derinlikte



Şekil 4.1 Tınlı toprakta değişik nem düzeylerinde geçiş sayısına bağlı kesilme direnci değerleri (N/cm<sup>2</sup>)

etkili olmadığı görülmektedir. Diğer nem koşullarında ise etkinin ilk geçişte çok yüksek olduğu, diğer geçişlerde ise giderek azaldığı görülmektedir.

31-45 cm derinlikte ise traktör trafiğinin kesilme direncine etkisi olmadığı görülmekle birlikte, nem koşullarının etkisi göze çarpmaktadır. En yüksek nem değerinde kesilme direnci değerleri diğerlerinden oldukça düşük olmaktadır.

#### **4.2 Kumlu Killi Tınlı Toprakta Elde Edilen Kesilme Direnci Değerleri**

Kumlu Killi Tınlı karakterde (SCL) yapıya sahip olan deneme alanında incelenecek toprak derinlikleri 0-15 cm, 16-30 cm, 31-45 cm olarak belirlenmiştir. Bu derinliklerde tarla kapasitesi ve solma noktası dikkate alınarak bu değerler içerisinde kalan dört farklı nem düzeyi tespit edilmiştir ve dört farklı nem düzeyinde araştırma çalışmasının beş deneme konusu uygulanmıştır. Elde edilen kesilme direnci değerleri Çizelge 4.2' de verilmiş ve Şekil 4.2' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 ve şekil 4.2 incelendiğinde % 8,2 nem düzeyinde 0-15 cm derinlikte birinci geçiş sonrasında kesilme direnci % 50 artmıştır. İkinci geçişte ise %21 lik bir artış olmuştur. Üçüncü geçişte bu artış % 10,1 olmuştur. Dördüncü geçişteki artış oldukça düşük düzeyde olmasından dolayı önemsiz kabul edilebilir. Şekil 4.2' de bu artış oranları açıkça görülmektedir. 16-30 cm derinlikte ise traktör trafiği incelendiğinde birinci geçiş sonrası kesilme direnci 3 kat artmıştır. Diğer geçişlerin etkisi ise sırasıyla % 9, %9, ve % 5 olarak gerçekleşmiştir. Bu nem düzeyinde 31-45 cm derinlikte ise traktör trafiğinin kesilme direncine etkisi olmamıştır.

% 10,7 nem düzeyinde 0-15 cm derinlikte birinci geçiş sonrasında kesilme direncinde 5 kat artış meydana gelmiştir. İkinci geçişte artış miktarı % 34 olmuştur. Üçüncü geçişte artış oranı %5 ve dördüncü geçişte artış oranı %10 olarak gerçekleşmiştir. 16-30 cm derinlikte ise birinci geçiş sonrasında kesilme direnci 9,7 kat artmıştır. İkinci geçişte % 9,2 üçüncü ve dördüncü geçişte ise ortalama artış oranı %4 olarak gerçekleşmiştir. 31-45 cm derinlikte ise kesilme direncinde herhangi bir artış olmamıştır.

Çizelge 4.2 Kumlu Killi Tın toprakta değişik nem düzeylerinde geçiş sayısına bağlı kesilme direnci değerleri (N/cm<sup>2</sup>)

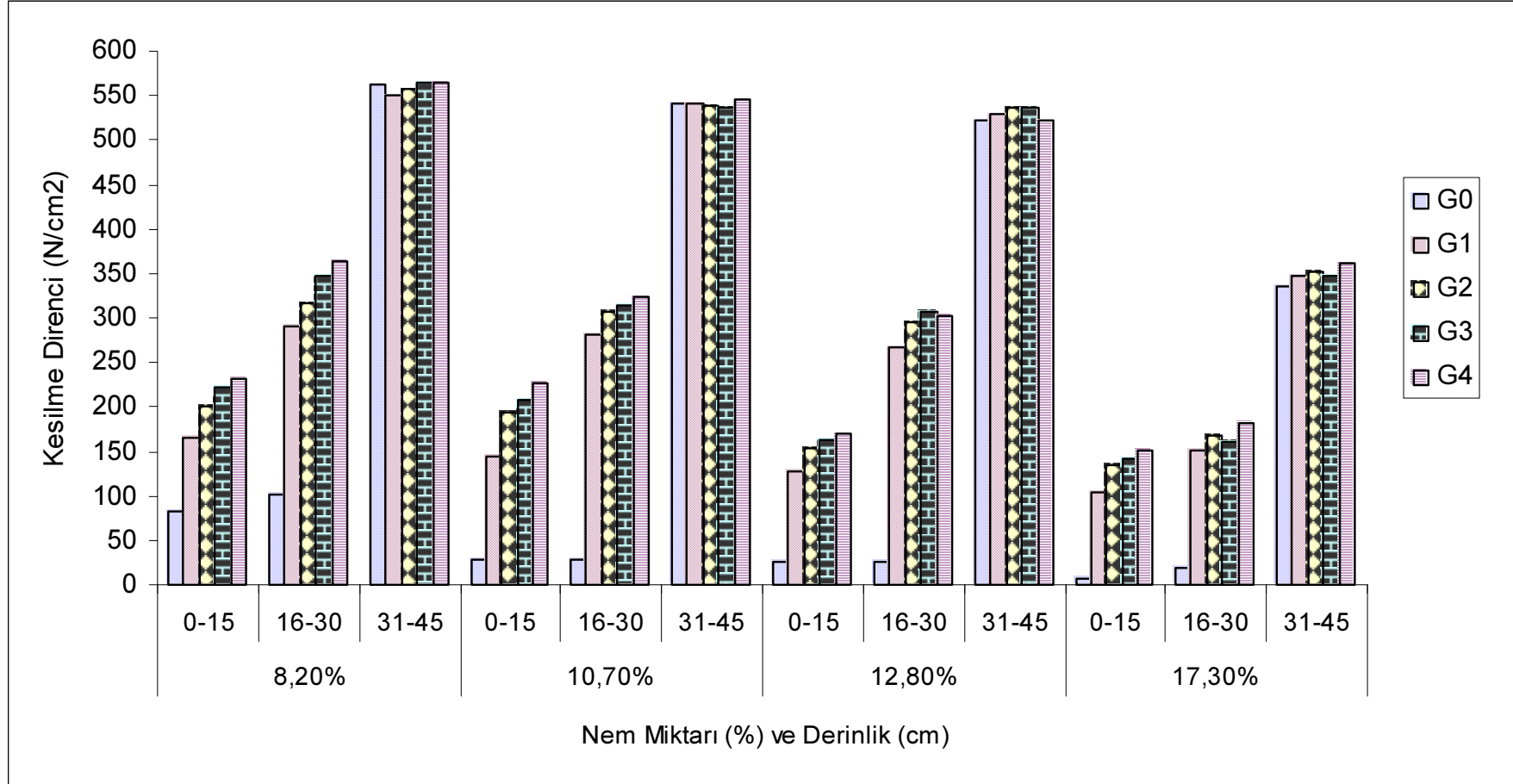
Nem (%)	Derinlik (cm)	Traktör Trafığı				
		G0	G1	G2	G3	G4
8,2	0-15	82,7 <b>c</b>	165,3 <b>b</b>	200,0 <b>ab</b>	221,3 <b>ab</b>	230,7 <b>a</b>
	16-30	100,9 <b>c</b>	290,7 <b>b</b>	316,7 <b>ab</b>	346,7 <b>ab</b>	362,7 <b>a</b>
	31-45	561,3	549,3	557,3	565,3	564,0
10,7	0-15	29,3 <b>c</b>	144,0 <b>b</b>	193,3 <b>ab</b>	206,7 <b>ab</b>	226,7 <b>a</b>
	16-30	29,3 <b>b</b>	280,0 <b>a</b>	306,7 <b>a</b>	314,7 <b>a</b>	322,7 <b>a</b>
	31-45	541,3	540,0	538,7	536,0	545,3
12,8	0-15	26,7 <b>c</b>	126,7 <b>b</b>	153,3 <b>a</b>	164,0 <b>a</b>	169,3 <b>a</b>
	16-30	26,7 <b>c</b>	267,0 <b>b</b>	296,0 <b>a</b>	306,7 <b>a</b>	303,3 <b>a</b>
	31-45	521,3	530,0	536,0	536,0	522,7
17,3	0-15	6,7 <b>d</b>	104,7 <b>c</b>	133,7 <b>b</b>	142,0 <b>ab</b>	151,0 <b>a</b>
	16-30	19,3 <b>b</b>	150,7 <b>a</b>	167,7 <b>a</b>	161,7 <b>a</b>	182,3 <b>a</b>
	31-45	334,7	346,7	352,00	348,0	361,3

**P < 0,01**

Not : Aynı harfi taşıyan ortalamalar aynı gruba girmektedir.

%12,8 nem düzeyinde 0-15 cm derinlikte birinci geçiş sonrasında kesilme direncinde 4,7 kat artış meydana geldiği görülmektedir. İkinci geçişte artış miktarı % 21 olmuştur. Üçüncü geçişte ve dördüncü geçişte artış oranları sırasıyla % 7 ve % 3 olarak gerçekleşmiştir. 16-30 cm derinlikte ise birinci geçiş sonrasında kesilme direnci 10 kat artmıştır. İkinci geçişte %10,8 artış olurken, üçüncü ve dördüncü geçişte ise artış oranları önemsiz düzeylerde gerçekleşmiştir. 31-45 cm derinlikte ise kesilme direncinde herhangi bir artış bulunamamıştır.

% 17,3 nem düzeyinde 0-15 cm derinlikte birinci geçiş sonrasında kesilme direncinde 15,5 kat artış meydana gelmiştir. İkinci geçişte artış miktarı % 28 olmuştur. Üçüncü ve dördüncü geçişte artış oranları ortalama % 3 olarak gerçekleşmiştir. 16-30 cm derinlikte ise birinci geçiş sonrasında kesilme direnci 8 kat artmış, diğer geçişlerin kesilme direncini artırıcı etkisi önemli düzeyde olmamıştır. Yine 31-45 cm derinlikte kesilme direncinde herhangi bir artış bulunamamıştır.



Şekil 4.2 Kumlu Killi Tınlı toprakta değişik nem düzeylerinde geçiş sayısına bağlı kesilme direnci değerleri (N/cm<sup>2</sup>)

Bu toprak tipinde de dört geçişli traktör trafiğinin 30 cm' den daha derin toprak katmanında etkisi olmamıştır. Bulunan kesilme direnci değerleri ölçüldükleri nem düzeyindeki doğal kesilme direnci değerleridir.

Şekil 4.2 incelendiğinde, kesilme direncinin birinci ve ikinci geçişlerde arttığı, üçüncü ve dördüncü geçişlerde ise kesilme direncindeki artış oranının giderek azaldığı görülmektedir. Ayrıca nem miktarı arttıkça kesilme direnci azalırken en yüksek nem miktarının etkisi çok belirgin görülmektedir.

31-45 cm ise traktör trafiğinin kesilme direncine etkisi olmadığı görülmekle birlikte, bu toprak tipinde de nem koşullarının etkisi göze çarpmaktadır. En yüksek nem değerinde kesilme direnci değerlerinin diğerlerinden oldukça düşük olduğu görülmektedir.

### **4.3 Killi Tınlı Toprakta Elde Edilen Kesilme Direnci Değerleri**

Killi Tınlı karakterde olan III. deneme alanında incelenecek toprak derinlikleri diğer lokasyonlarda olduğu gibi 0-15 cm, 16-30 cm, 31-45 cm olarak belirlenmiştir. Yine tarla kapasitesi ve solma noktası dikkate alınarak bu değerler içerisinde kalan dört farklı nem düzeyi tespit edilmiş ve dört farklı nem düzeyinde araştırma çalışmasının beş deneme konusu uygulanmış, elde edilen kesilme direnci değerleri Çizelge 4.3,' de ve Şekil 4.3 'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 ve şekil 4.3 incelendiğinde % 8,8 nem düzeyinde 0-15 cm derinlikte birinci geçiş sonrasında kesilme direnci % 5 kat artmıştır. İkinci geçişte ise %6,3 lük bir artış olurken, üçüncü geçişte bu artış % 13,3 olmuştur. Dördüncü geçişte kesilme direncindeki artış önemsiz sayılabilir. 16-30 cm derinlikte ise birinci geçişle birlikte 3 kat artış olmuş, diğer geçişlerde ise artış sırasıyla %7,3, %7,3 ve %9,2 olarak gerçekleşmiştir. Bu nem düzeyinde 31-45 cm derinlikte de traktör trafiğinin kesilme direncine etkisi görülmemiştir.

%10,4 nem düzeyinde 0-15 cm derinlikte birinci geçiş sonrasında kesilme direncinde 5,7 kat artış meydana gelmiştir. İkinci geçişte artış miktarı % 25 olmuştur. Üçüncü geçişte artış oranı % 30 ve dördüncü geçişte artış oranı % 7 olarak gerçekleşmiştir. 16-30 cm derinlikte ise birinci geçiş sonrasında kesilme direnci 6,6 kat artmıştır. İkinci geçişte % 12,8 artış, üçüncü geçişte artış olmazken, dördüncü geçişte ise artış oranı % 8,6 olarak gerçekleşmiştir. 31-45 cm derinlikte ise traktör trafiğinin kesilme direncine bir etkisi olmamıştır.

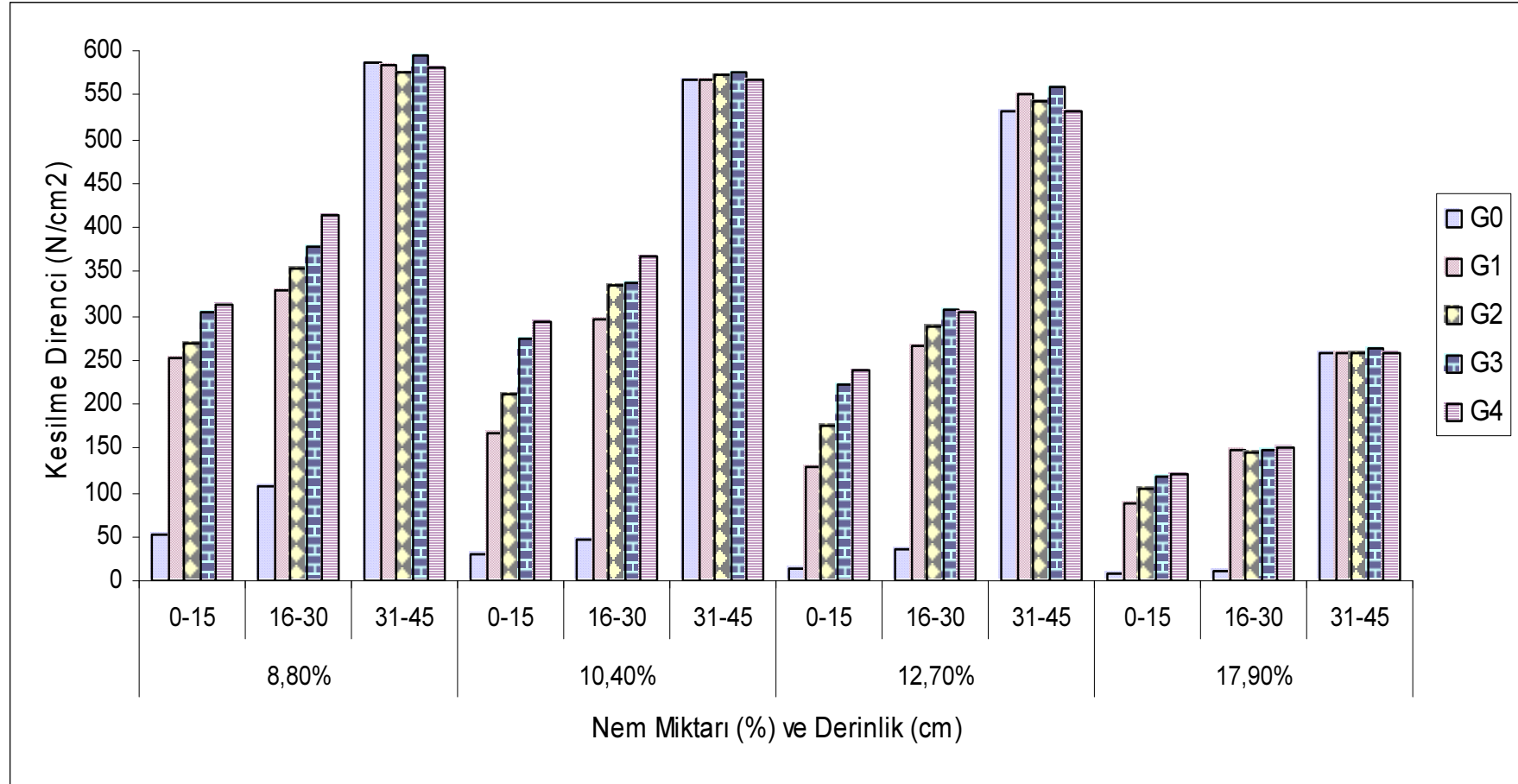
Çizelge 4.3 Killi Tın toprakta değişik nem düzeylerinde geçiş sayısına bağlı kesilme direnci değerleri (N/cm<sup>2</sup>)

Nem (%)	Derinlik (cm)	Traktör Trafiği				
		G0	G1	G2	G3	G4
8,8	0-15	52,7 <b>c</b>	253,3 <b>b</b>	269,3 <b>b</b>	305,3 <b>a</b>	312,0 <b>a</b>
	16-30	105,7 <b>d</b>	328,0 <b>c</b>	353,0 <b>bc</b>	378,7 <b>ab</b>	413,3 <b>a</b>
	31-45	586,7	566,7	576,0	574,7	581,3
10,4	0-15	29,3 <b>c</b>	168,0 <b>b</b>	210,7 <b>b</b>	273,3 <b>a</b>	292,0 <b>a</b>
	16-30	45,7 <b>c</b>	296,0 <b>b</b>	334,7 <b>ab</b>	337,3 <b>ab</b>	366,7 <b>a</b>
	31-45	568,0	584,0	573,3	594,7	566,7
12,7	0-15	14,7 <b>d</b>	128,3 <b>c</b>	176,3 <b>b</b>	221,0 <b>a</b>	237,3 <b>a</b>
	16-30	36,0 <b>c</b>	264,7 <b>b</b>	288,7 <b>a</b>	306,3 <b>a</b>	304,3 <b>a</b>
	31-45	532,0	552,0	562,7	528,0	561,3
17,9	0-15	9,3 <b>b</b>	88,0 <b>a</b>	104,0 <b>a</b>	118,7 <b>a</b>	120,0 <b>a</b>
	16-30	11,7 <b>b</b>	148,0 <b>a</b>	144,0 <b>a</b>	146,7 <b>a</b>	152,0 <b>a</b>
	31-45	257,3	257,3	258,7	262,0	256,7

**P < 0,01**

Not : Aynı harfi taşıyan ortalamalar aynı gruba girmektedir.

%12,7 nem düzeyinde 0-15 cm derinlikte birinci geçiş sonrasında kesilme direncinde 8,8 kat artış meydana geldiği görülmektedir. İkinci geçişte artış miktarı %37,5 olmuştur. Üçüncü geçişte ve dördüncü geçişte artış oranları sırasıyla % 25,6 ve % 7,2 olarak gerçekleşmiştir. 16-30 cm derinlikte ise birinci geçiş sonrasında kesilme direnci 7,3 kat artmıştır. İkinci geçişte %9,3 üçüncü geçişte %6,2 artış olmuş ve dördüncü geçişte ise etki olmamıştır. 31-45 cm derinlikte ise kesilme direncinde herhangi bir artış bulunamamıştır.



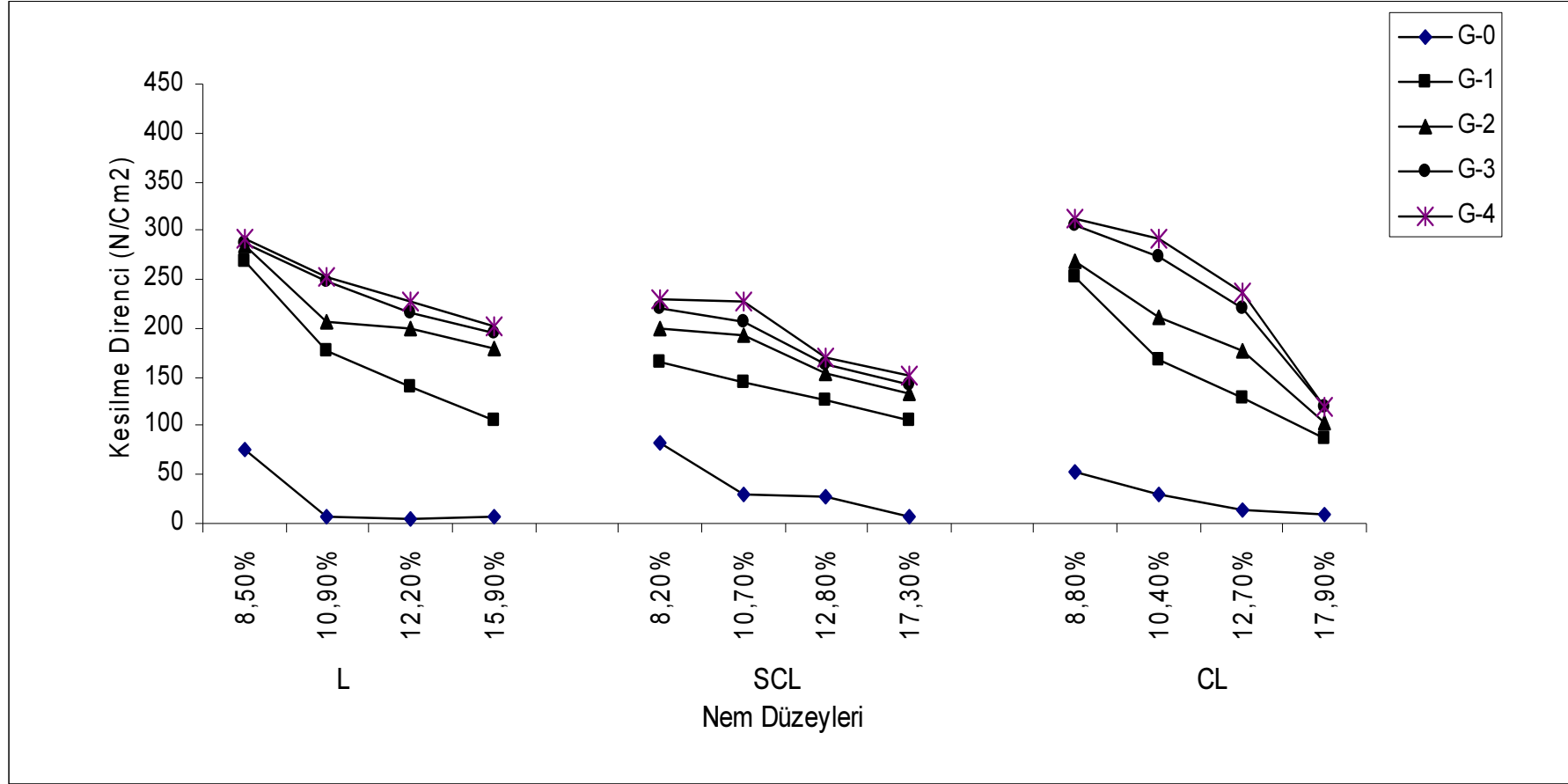
Şekil 4.3 Killi Tınlı toprakta değişik nem düzeylerinde geçiş sayısına bağlı kesilme direnci değerleri ( $N/cm^2$ )

%17,9 nem düzeyinde 0-15 cm derinlikte birinci geçiş sonrasında kesilme direncinde 9,4 kat artış meydana gelmiştir. İkinci geçişte artış miktarı %18 olmuştur. Üçüncü geçişte %13,4 ve dördüncü geçişte ise kesilme direncinde herhangi bir artış olmamıştır. 16-30 cm derinlikte birinci geçiş sonrasında kesilme direncinde 12,8 kat artış meydana gelmiş, diğer geçişlerin kesilme direncinde herhangi bir etkisi olmamıştır. 31-45 cm derinlikte kesilme direncinde herhangi bir artış bulunamamıştır. Ancak bu nem düzeyindeki kesilme direnci değerleri diğer nem düzeylerinkinden oldukça düşüktür. Bu tip topraklarda da nem düzeyi arttıkça kesilme direnci değerleri düşmektedir.

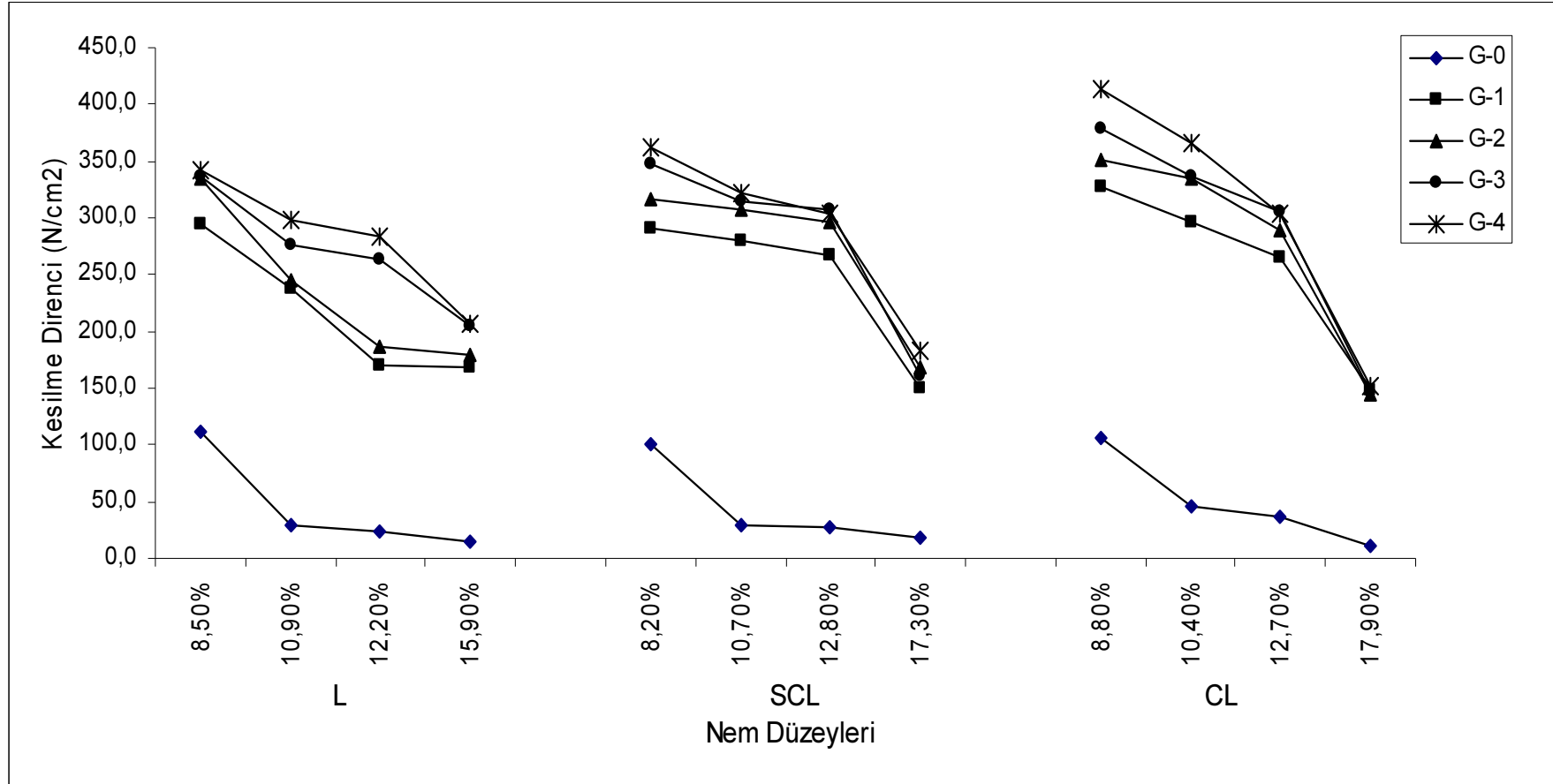
Şekil 4.3 incelendiğinde, Killi tınlı topraklarda kesilme direncinin birinci ve ikinci geçişlerde arttığı, üçüncü ve dördüncü geçişlerde ise kesilme direncindeki artış oranının giderek azaldığı görülmektedir (Wood ve Ark., 1993). Dört nem düzeyinde de traktör trafiğinin etkisi 0-15 cm derinlikte ve 16-30 cm derinlikte en çok birinci geçişte olmaktadır.

31-45 cm derinlikte ise traktör trafiğinin kesilme direncine etkisi olmadığı görülmekle birlikte, bu toprak tipinde de nem koşullarının etkisi görülmektedir. En yüksek nem değerinde kesilme direnci değerlerinin diğerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir.

Üç farklı karakterdeki toprakta dört farklı nem koşulunda 0-15 cm derinlikte konulara göre kesilme direnci değerleri Şekil 4.4' de, 16-30 cm derinlikteki kesilme direnci değerleri Şekil 4.5' de, diğer toprak tipleri ile kıyaslanmıştır.



Şekil 4.4 Toprak tiplerine göre 0-15 cm derinlikteki Toprak Nemi – Traktör Trafığı ilişkisi



Şekil 4.5 Toprak tiplerine göre 16-30 cm derinlikteki Toprak Nemi – Traktör Trafiği ilişkisi

#### 4.4 Elde Edilen Sonuçların Analizi

Elde edilen verilerle toprak derinliği ve nemine bağlı olarak traktör trafiğinin kesilme direnci ile ilişkisi, Regrasyon Analizi yapılarak ortaya konulmuştur. Analiz sonuçları Çizelge 4.4' de verilmiştir.

Çizelge 4.4 Regrasyon Analizi

Derinlik	Toprak Tipi	Traktör Geçişi	R <sup>2</sup>	Model
0 - 15	L	G0	0,943	$y = 1910,4 - 441x + 33,66x^2 - 0,85x^3$
		G1	0,946	$y = 453,6 + 24,366x - 8,49x^2 + 0,36x^3$
		G2	0,749	$y = 2363,3 - 502,6x + 38,83x^2 - 0,99x^3$
		G3	0,755	$y = -716,27 + 298,55x - 28,21x^2 + 0,82x^3$
		G4	0,849	$y = -139,56 + 144,56x - 14,81x^2 + 0,45x^3$
	SCL	G0	0,976	$y = 1237,9 - 279,2x + 21,23x^2 - 0,53x^3$
		G1	0,765	$y = 185,2 + 6,589x - 1,51x^2 + 0,05x^3$
		G2	0,825	$y = -804,5 + 274,2x - 23,72x^2 + 0,64x^3$
		G3	0,712	$y = -682,4 + 252x - 22,23x^2 + 0,60x^3$
		G4	0,950	$y = -1370,3 + 433,9x - 37,31x^2 + 1,07x^3$
	CL	G0	0,958	$y = 551,2 - 106,2x + 6,98x^2 - 0,16x^3$
		G1	0,980	$y = 2589,7 - 525,36x + 37,25x^2 - 0,88x^3$
		G2	0,911	$y = 1796,8 - 344,1x + 24,64x^2 - 0,598x^3$
		G3	0,984	$y = 274,2 + 34,68x - 4,62x^2 + 0,123x^3$
		G4	0,985	$y = -231,9 + 155,4x - 13,58x^2 + 0,34x^3$
<16 -30	L	G0	0,976	$y = 2275,9 - 518,5x + 39,473x^2 - 0,992x^3$
		G1	0,881	$y = -2874,4 + 901,8x - 82,399x^2 + 2,37x^3$
		G2	0,892	$y = -1185,9 + 481,76x - 47,96x^2 + 1,45x^3$
		G3	0,928	$y = 1839,7 - 366,48x + 28,91x^2 - 0,78x^3$
		G4	0,917	$y = 1290,6 - 232,68x + 18,74x^2 - 0,53x^3$
	SCL	G0	0,975	$y = 1592,8 - 357,23x + 26,76x^2 - 0,66x^3$
		G1	0,921	$y = 605 - 89,13x + 8,503x^2 - 0,282x^3$
		G2	0,943	$y = 738,2 - 119,7x + 11,32x^2 - 0,365x^3$
		G3	0,969	$y = 1395,6 - 276,49x + 23,76x^2 - 0,69x^3$
		G4	0,936	$y = 1136,4 - 194,47x + 15,96x^2 - 0,457x^3$
	CL	G0	0,974	$y = 2315,6 - 518,4x + 38,69x^2 - 0,95x^3$
		G1	0,986	$y = 1012,6 - 154,95x + 11,49x^2 - 0,31x^3$
		G2	0,987	$y = 65,2 + 82,48x - 6,94x^2 + 0,15x^3$
		G3	0,989	$y = 1582,2 - 284,94x + 22,06x^2 - 0,59x^3$
		G4	0,978	$y = 823,5 - 69,63x + 3,41x^2 - 0,09x^3$

y = Kesilme Direnci

x = % Nem

## 5 SONUÇ

- Üç tip toprakta da nem ve derinlik ile sıkışma arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Özellikle nem düzeyi tarla kapasitesine yaklaştıkça kesilme direnci değerlerinde azalma görülmüştür. Nem ile toprağın kesilme direnci arasında üçüncü dereceden ters bir ilişki bulunmuştur. Nem düzeyi azaldıkça kesilme direnci değerleri artmaktadır.
- Her üç toprak tipinde de 30 cm derinlikten sonra kesilme direncinde bir artış olmamıştır. (Çarman, 1992 ; Wood ve Ark.,1993 ; Yavuzcan,1998 ; Servedio, 2001) yaptıkları araştırmalarda da sıkışmanın ilk 30 cm derinlikte olduğunu gösteren benzer sonuçlar elde etmişlerdir.
- Düşük nem düzeylerinde topraklarda kesilme direncinde en fazla artış ilk traktör geçişiyle olmakta, diğer geçişlerin etkisi oldukça düşük olmaktadır.
- Tav koşullarında her bir traktör geçişinin kesilme direncine etkisi daha belirgin olmuştur. Meek ve Ark. (1992) yaptıkları araştırma eşit yük ve trafik durumunda %6,6 nem içeriğinde  $1,59 \text{ g/cm}^3$  hacim ağırlığı, % 10,2 nem koşullarında  $1,78 \text{ g/cm}^3$  hacim ağırlığı tespit etmişlerdir. Hacim ağırlığındaki artış sıkışmanın oldukça yüksek oranda olduğunu göstermektedir.
- Toprağın sahip olduğu kil miktarı kesilme direncini etkilemektedir. Kil oranı arttıkça kesilme direnci değerlerinde azalma görülmüştür. Nem düzeyinin artması killi topraklarda kesilme direnci değerlerinin düşük çıkmasına neden olmaktadır. Servedio ve Ark. (2001) İtalya'da yaptıkları araştırmada benzer sonuçlar bulmuşlardır.
- Kumlu killi tın ve kil tın karakterine sahip topraklarda yüksek nem miktarındaki kesilme direnci değerlerinin oldukça düşük olması, sıkışmanın tespitinde yanıltıcı olabilir. Servedio ve Ark., 2001; 2004 yaptığı her iki araştırmada da killi topraklarda yüksek nem oranlarındaki traktör trafiğinin risklerine dikkat çekmektedir.
- Kök gelişimine etki eden sıkışma değerleri 0-15 cm ve 16-30 cm derinlikte her üç toprak tipinde ve dört nem koşulunda da birinci geçişten sonra Tekin ve Okursoy (2001)' e göre  $80 \text{ N/cm}^2$  nin üzerine çıkmıştır. Yavuzcan (1998)'e göre ise en yüksek nem düzeyi dışında daha ilk geçiş sonrasında  $150 \text{ N/Cm}^2$  değeri aşılmıştır.

## 6 ÖNERİLER

- Tarlada traktör trafiğini azaltmak için iş genişlikleri fazla kombine aletler kullanılmalıdır.
- Tohum yatağı hazırlanırken ekim derinliğinden daha derin sürüm yapılmamalıdır. Bunun pratik yararı görülmemektedir. Çünkü bu derinliğin altında traktör trafiği sonucu doğal kesilme direnci değerine yakın değerde sıkışma meydana gelmektedir.
- Toprak işleme sırasında toprağın fazla gevşetilmesinin pratik yararı bulunmamaktadır. Trafik sonucu hemen sıkışma oluşmakta ve gereksiz akaryakıt tüketimine neden olmaktadır.
- Alüviyal topraklarda ortalama nem koşullarında, hatta tarla kapasitesine yakın nem değerlerinde toprak işleme yapılabilir. Çünkü nemin fazla olması nedeniyle kesilme direncinin düşük olması, yakıt tüketiminin azaltılmasına katkı sağlayacaktır.
- Killi tın veya kil oranı yüksek topraklarda kil minerallerinin yapısı dikkate alınarak toprak işleme yapılmalı yüksek nem koşullarında ise toprak işlemeden kaçınılmalıdır.

**KAYNAKLAR**

- ALTAY, H. ve TOK, H. H. 1989.** Tarla Trafiğinin Toprak Verimliliği Üzerindeki Etkisi. Tarımsal Mekanizasyon 12. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı: 454-462, Tekirdağ
- ANONYMOUS 1984.** Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Raporları
- ANONYMOUS 1991.** Kırklareli Arazi Varlığı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara
- ANONYMOUS 1999.** Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Kırklareli İl Müdürlüğü 1999 Yılı Çalışma Raporu. Kırklareli.
- ANONYMOUS 2002.** Köy Hizmetleri Atatürk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Meteorolojik Rasat Verileri. KIRKLARELİ
- BARONE, L., 1990.** Wheel Traffic Effect on Soil Compaction. IV. Uluslararası Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, S. 159-165 Adana
- BICKI, T.J., and SIEMENS, J.C. 1991.** Crop Response To Wheel Traffic Soil Compaction. Transaction of The ASAE, 34(3) 909 -913
- ÇAKIR, R., CANGİR, C., KAPUR, S. ve BOYRAZ, D. 2001.** Trakya' daki Tipik Vertisollerin Kil Mineralojileri ve Sulama Planlaması İle Arazi Amenajmanı Kuramları. Trakya Toprak ve Su Kaynakları Sempozyumu. 133-143. Kırklareli.
- ÇARMAN, K. 1992.** Tarımda Kullanılan Lastiklerin Potansiyel Sıkıştırma İndekslerinin Belirlenmesi. 14. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi. S. 494-502
- DOUGLES, J.T. and KOPPI, A.J. and MORAN, C.J. 1992.** Changes in Soil Structure Induced by Wheel Traffic and Growth of Perennial Grass. Soil Tillage and Research
- HILL, R.L. and MONTALVO, M. 1990.** Long Term Wheel Traffic Effects on Soil Physical Properties Under Different Tillage Systems. Soil Science 865-870
- KAYHAN, İ.E., KAMBURUĞLU, İ., ÖZKAN, E., ÇEBİ, U., BAYHAN, Y., GÖNÜLAL, E., KAYIŞOĞLU, B. 2002.** Kırklareli Yöresi Killi Topraklarında Ayçiçeği Tarımında Farklı Toprak İşleme Yöntemlerinin Yakıt Tüketimine ve Maliyete Etkisi. Türkiye V. Tarım Ekonomisi Kongresi Bildiri Kitabı 83-87, 18-20 Eylül, ERZURUM
- KAYIŞOĞLU, B. 2001.** Toprak Mekaniği Yüksek Lisans Ders Notları. Tekirdağ

- KEÇECİOĞLU, G. VE GÜLSOYLU, E. 2002.** Toprak İşleme Makinaları. E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları 545. İzmir.
- KHALILIAN, A. and HOOD, C. E. and PALMER, J.H. and GARNER, T.H. and BATHKE, G.R. 1991.** Soil Compaction and Crop Response to Wheat /Soybean Interseeding. Transaction of the ASAE, 34(6) 2299-2303
- LAVOIE, G., and K. GUNJAL and G. S. V. RAGHAVAN. 1991.** Soil Compaction, Machinery Selection and Optimum Crop Planning. Transactions of the ASAE 34 (1):2-8.
- MANOR, G. and CLARK, R.L. and RADCLIFFE, D.E. and LANGDALE, G.W. 1991.** Soil Cone Index Variability Under Fixed Traffic Tillage Systems. Transactions of the ASAE. 34(5) 1952-1956
- MCYKES, E.1985.** Soil Cutting And Tillage Developments In Agricultural Engineering 7, Elsevier Science Publishers B.V., 1985, Newyork.
- MEEK, B.D. and RECHEL, E.R. and CARTER, L.M. and DETAR, W.R. 1992.** Bulk Density of a Sandy Loam. Traffic, Tillage and Irrigation Method Effects. Soil Science 562-565
- MUNSUZ, N. 1985.** Toprak Mekaniği ve Teknolojisi. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, Ders Kitabı No: 260, Ankara.
- ÖNAL, İ. 1978.** Tarım Topraklarında Sıkışma Sorunu. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 15 (3): 1-27.
- PINAR, Y., UZUN Z., ONUK, V., BAT N. K., ve TEKGÜLER, A. 1992.** Tohum Yatağı Hazırlama Yöntemlerinin Toprağın Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkileri.Tarımsal Mekanizasyon 14. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı: 49-65, Samsun.
- RICKMAN, J.F. and CHANASKY, D.S. 1988.** Traction Effect on Soil Compaction. Conferance on Agricultural Engineering. Hawkesburg Agricultural College. NSW. 103 -108
- SCHAFER, R. L. and JOHNSON, C. E. and KOOLEN, A. J. and GUPTA, S. C. and HORN, R. 1992.** Future Research Needs in Soil Compaction. Transactions of the ASAE 35 (6): 1761-1768.
- SERVEDIO, P. and MARSILI,A. and PAGLIAI M. and PELLEGRINI, S. and VIGNOZZI, N. 2001.** Effect on Some Clay Soil Qualities Following the passage of rubber-tracket and Wheeled Tractors in central Italy. Soil Tillage and Research. 61: 143-155

- SERVEDIO, P. and MARSILI, A. and VIGNOZZI, N. and PELLEGRINI, S. and PAGLIAI M. 2004.** Effect on Some Soil Qualities in Central Italy Following the Passage of Four Wheel Drive Tractor Fitted with Single and Dual Tires. Soil Tillage and Research
- SPUGNOLI, P. and PARENTI, A. and BALDI, F. 1993.** Compaction of Soil Treated With Municipal Solid Waste Compost Using Low-Pressure and Traditional Tyres. J. Agric. Engng. Res. (1993) 56: 189-199.
- TAŞER, Ö.F. ve METİNOĞLU, F. 1997,** Farklı Tohum Yatağı Hazırlama Yöntemlerinin Toprak Sıkışması ve Toprak Nem Düzeyine Etkileri Üzerine Bir Araştırma. Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı 298-309
- TEKİN, Y. ve OKURSOY, R. 2001.** Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı 134-139
- TÜZÜNER, A. 1990.** Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara
- ÜLGER, P., GÜZEL, E., KAYIŞOĞLU, B., EKER, B., AKDEMİR, B., PINAR, Y. ve BAYHAN, Y. 1996.** Tarım Makinaları İlkeleri. T. Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 29, Fakülteler Matbaası, İstanbul.
- WOOD, R. K., and MORGAN, M. T. and HOLMES, R. G. and BRODBECK, K. N. and CARPENTER T. G. and R. C. REEDER. 1991.** Soil Physical Properties as Affected by Traffic: Single, Dual and Flotation Tires. Transactions of the ASAE 34 (6): 2363-2369.
- WOOD, R.K., REEDER, R.C. and MORGAN, M.T. and HOLMES, R.G. 1993.** Soil Physical Properties as Affected by Grain Cart Traffic. Transactions of the ASAE 36 (1): 11-14.
- YAVUZCAN, H. G., 1998.** Farklı Toprak İşleme Sistemlerinin Tarla Trafiği ve Toprak Sıkışması Yönünden Karşılaştırılması. Ç.Ü. Tarım Makinaları Anabilim Dalı Doktora Tezi,
- YEŞİLSOY, M. Ş. 1992.** Toprak Amenajmanı. Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 18, Adana.
- YILDIZ, U. ve ÇARMAN K. (1998)** 7.00-18 Ölçülerindeki Radyal Lastiğin Bazı İşletme Karakteristiklerinin Toprak Sıkışmasına Etkisi. Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi, 355-361. Tekirdağ
- YURTSEVER, N. 1984.** Deneysel İstatistik Metotlar. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No: 121. Ankara

## TEŐEKKÜR

Bu araştırma tezinin hazırlamasının her aşamasında, desteğini, bilgisini ve sabrını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Birol KAYIŞOğLU' na, teşvikleri ve katkıları için Ana Bilim Dalı Başkanımız Prof Dr. Poyraz ÜLGER başta olmak üzere, Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı Öğretim Üyesi hocalarım Prof Dr. Selçuk ARIN' a, Prof Dr. Bülent EKER'e, Prof Dr. Bahattin AKDEMİR' e , her zaman fikirlerinden yararlandığım Yrd. Doç. Dr. Yılmaz BAYHAN'a ve Yrd. Doç. Dr. Erkan GÖNÜLOL' a, çalıştığım Enstitünün değerli yetkililerine ve iş arkadaşlarıma Őükranlarımı sunarım.

Çalışmam sırasında manevi desteklerinden dolayı eşim Ayfer KAYHAN'a ayrıca sevgili kızım ECE' ye ve oğlum BORA' ya sonsuz teşekkür ederim.

## ÖZGEÇMİŞ

1965 yılında Safranbolu'da doğdu. İlk, orta öğrenimini Safranbolu'da, lise öğrenimini Karabük Endüstri Meslek Lisesinde tamamladı. 1987 yılında T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'nden mezun oldu. 1988 yılında askerlik hizmetini tamamladı. Yerli ve yabancı özel şirketlerin değişik kademelerinde görev yaptı. 1993 yılında Babaeski Belediyesi'nde Park ve Bahçeler Müdürü olarak göreve başladı. 1997 yılı sonunda Köy Hizmetleri Atatürk Araştırma Enstitüsüne naklen atanana kadar aynı görevi sürdürdü. yüksek lisans öğrenimini T.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümünde tamamladı. Çalıştığı enstitünün Yatırım Yönetimi Bölümü'nde tarımsal mekanizasyon alanında toprak mekaniği ve toprak işleme konularında araştırmalar yürütmektedir. Yayınlanmış bir proje sonuç raporu ve çeşitli kongrelerde yayınlanmış 6 Adet bildirisi bulunmaktadır.

Evli ve iki çocuk sahibidir.

Ek Çizelge 1 Tınlı toprakta kesilme direnci değerleri

Derinlik (cm)	Konu	Kesilme Direnci (N/cm <sup>2</sup> )															
		% 8,5 Nem Düzeyi				% 10,9 Nem Düzeyi				% 12,2 Nem Düzeyi				% 15,9 Nem Düzeyi			
		I. Parsel	II. Parsel	III. Parsel	Ort.	I. Parsel	II. Parsel	III. Parsel	Ort.	I. Parsel	II. Parsel	III. Parsel	Ort.	I. Parsel	II. Parsel	III. Parsel	Ort.
0-15	G-0	56,0	84,0	84,0	74,7	12,0	4,0	8,0	8,0	4,0	8,0	4,0	5,3	0,0	16,0	8,0	8,0
	G-1	284,0	256,0	264,0	268,0	184,0	178,0	166,0	176,0	136,0	156,0	128,0	140,0	114,0	108,0	98,0	106,7
	G-2	256,0	276,0	320,0	284,0	204,0	248,0	168,0	206,7	200,0	216,0	184,0	200,0	164,0	184,0	192,0	180,0
	G-3	300,0	284,0	276,0	286,7	246,0	272,0	226,0	248,0	212,0	228,0	208,0	216,0	240,0	176,0	168,0	194,7
	G-4	296,0	292,0	288,0	292,0	244,0	266,0	246,0	252,0	228,0	236,0	216,0	226,7	228,0	208,0	168,0	201,3
16-30	G-0	115,0	116,0	103,0	111,3	38,0	22,0	28,0	29,3	32,0	16,0	24,0	24,0	18,0	14,0	12,0	14,7
	G-1	318,0	312,0	253,0	294,3	236,0	248,0	228,0	237,3	174,0	154,0	184,0	170,7	196,0	156,0	152,0	168,0
	G-2	372,0	348,0	284,0	334,7	246,0	256,0	234,0	245,3	192,0	160,0	208,0	186,7	180,0	172,0	184,0	178,7
	G-3	352,0	316,0	344,0	337,3	276,0	268,0	284,0	276,0	256,0	248,0	288,0	264,0	192,0	216,0	208,0	205,3
	G-4	360,0	344,0	324,0	342,7	298,0	288,0	306,0	297,3	292,0	252,0	304,0	282,7	196,0	220,0	204,0	206,7
31-45	G-0	526,0	536,0	546,0	536,0	498,0	538,0	524,0	520,0	496,0	536,0	504,0	512,0	412,0	372,0	348,0	377,3
	G-1	504,0	552,0	528,0	528,0	504,0	552,0	528,0	528,0	504,0	542,0	526,0	524,0	384,0	356,0	356,0	365,3
	G-2	528,0	508,0	552,0	529,3	528,0	508,0	551,0	529,0	528,0	540,0	464,0	510,7	368,0	376,0	376,0	373,3
	G-3	552,0	536,0	528,0	538,7	524,0	518,0	544,0	528,7	514,0	508,0	498,0	506,7	392,0	360,0	404,0	385,3
	G-4	492,0	544,0	596,0	544,0	516,0	524,0	533,0	524,3	520,0	524,0	504,0	516,0	356,0	424,0	372,0	384,0

Ek Çizelge 2 Kumlu Killi Tın toprakta kesilme direnci değerleri

Derinlik (cm)	Konu	Kesilme Direnci (N/cm <sup>2</sup> )															
		% 8,2 Nem Düzeyi				% 10,7 Nem Düzeyi				% 12,8 Nem Düzeyi				% 17,3 Nem Düzeyi			
		I. Parsel	II. Parsel	III. Parsel	Ort.	I. Parsel	II. Parsel	III. Parsel	Ort.	I. Parsel	II. Parsel	III. Parsel	Ort.	I. Parsel	II. Parsel	III. Parsel	Ort.
0-15	G-0	92,0	80,0	76,0	82,7	24,0	32,0	32,0	29,3	32,0	24,0	24,0	26,7	4,0	8,0	8,0	6,7
	G-1	160,0	184,0	152,0	165,3	160,0	152,0	120,0	144,0	136,0	112,0	132,0	126,7	104,0	110,0	100,0	104,7
	G-2	224,0	192,0	184,0	200,0	180,0	216,0	184,0	193,3	160,0	156,0	144,0	153,3	132,0	142,0	127,0	133,7
	G-3	224,0	216,0	224,0	221,3	192,0	172,0	256,0	206,7	140,0	184,0	168,0	164,0	144,0	146,0	136,0	142,0
	G-4	248,0	220,0	224,0	230,7	224,0	224,0	232,0	226,7	160,0	168,0	180,0	169,3	145,0	156,0	152,0	151,0
16-30	G-0	90,0	108,0	104,0	100,7	32,0	32,0	24,0	29,3	24,0	32,0	24,0	26,7	26,0	18,0	14,0	19,3
	G-1	256,0	288,0	328,0	290,7	284,0	294,0	262,0	280,0	262,0	268,0	271,0	267,0	156,0	152,0	144,0	150,7
	G-2	294,0	312,0	344,0	316,7	280,0	312,0	328,0	306,7	296,0	288,0	304,0	296,0	163,0	172,0	168,0	167,7
	G-3	336,0	344,0	360,0	346,7	302,0	308,0	334,0	314,7	296,0	292,0	332,0	306,7	160,0	170,0	155,0	161,7
	G-4	364,0	324,0	400,0	362,7	308,0	326,0	334,0	322,7	304,0	296,0	310,0	303,3	183,0	168,0	196,0	182,3
31-45	G-0	528,0	532,0	624,0	561,3	536,0	520,0	568,0	541,3	536,0	520,0	508,0	521,3	372,0	348,0	284,0	334,7
	G-1	552,0	544,0	552,0	549,3	508,0	568,0	544,0	540,0	508,0	538,0	544,0	530,0	372,0	344,0	324,0	346,7
	G-2	536,0	584,0	552,0	557,3	464,0	560,0	592,0	538,7	480,0	560,0	568,0	536,0	352,0	360,0	344,0	352,0
	G-3	604,0	532,0	560,0	565,3	508,0	568,0	532,0	536,0	508,0	568,0	532,0	536,0	364,0	344,0	336,0	348,0
	G-4	572,0	536,0	584,0	564,0	556,0	564,0	516,0	545,3	556,0	496,0	516,0	522,7	384,0	332,0	368,0	361,3

Ek Çizelge 3 Killi Tın toprakta kesilme direnci değerleri

Derinlik (cm)	Konu	Kesilme Direnci (N/cm <sup>2</sup> )															
		% 8,8 Nem Düzeyi				% 10,4 Nem Düzeyi				% 12,7 Nem Düzeyi				% 17,9 Nem Düzeyi			
		I. Parsel	II. Parsel	III. Parsel	Ort.	I. Parsel	II. Parsel	III. Parsel	Ort.	I. Parsel	II. Parsel	III. Parsel	Ort.	I. Parsel	II. Parsel	III. Parsel	Ort.
0-15	G-0	58,0	48,0	52,0	52,7	32,0	24,0	32,0	29,3	12,0	12,0	20,0	14,7	8,0	8,0	12,0	9,3
	G-1	264,0	240,0	256,0	253,3	168,0	176,0	160,0	168,0	123,0	134,0	128,0	128,3	84,0	104,0	76,0	88,0
	G-2	248,0	272,0	288,0	269,3	208,0	176,0	248,0	210,7	167,0	186,0	176,0	176,3	92,0	124,0	96,0	104,0
	G-3	292,0	310,0	314,0	305,3	256,0	280,0	284,0	273,3	221,0	228,0	214,0	221,0	112,0	116,0	128,0	118,7
	G-4	314,0	316,0	306,0	312,0	292,0	308,0	276,0	292,0	238,0	244,0	230,0	237,3	104,0	128,0	128,0	120,0
16-30	G-0	116,0	96,0	105,0	105,7	44,0	40,0	53,0	45,7	44,0	32,0	32,0	36,0	13,0	10,0	12,0	11,7
	G-1	326,0	336,0	322,0	328,0	282,0	298,0	308,0	296,0	256,0	266,0	272,0	264,7	160,0	144,0	140,0	148,0
	G-2	336,0	376,0	344,0	352,0	332,0	336,0	336,0	334,7	286,0	284,0	296,0	288,7	148,0	136,0	148,0	144,0
	G-3	372,0	386,0	378,0	378,7	340,0	324,0	348,0	337,3	318,0	302,0	298,0	306,0	164,0	140,0	136,0	146,7
	G-4	404,0	424,0	412,0	413,3	380,0	384,0	336,0	366,7	309,0	296,0	308,0	304,3	176,0	136,0	144,0	152,0
31-45	G-0	540,0	616,0	604,0	586,7	552,0	568,0	584,0	568,0	520,0	552,0	524,0	532,0	268,0	260,0	244,0	257,3
	G-1	592,0	548,0	560,0	566,7	552,0	576,0	624,0	584,0	572,0	524,0	560,0	552,0	252,0	236,0	284,0	257,3
	G-2	628,0	568,0	532,0	576,0	528,0	584,0	608,0	573,3	544,0	568,0	576,0	562,7	272,0	260,0	244,0	258,7
	G-3	596,0	604,0	524,0	574,7	592,0	608,0	584,0	594,7	556,0	504,0	524,0	528,0	274,0	252,0	260,0	262,0
	G-4	552,0	580,0	612,0	581,3	536,0	568,0	596,0	566,7	552,0	528,0	604,0	561,3	262,0	256,0	252,0	256,7