

ERZURUM OVASI TOPRAKLARININ KIVAM LİMİTLERİ VE SIKIŞABİLİRLİĞİ ÜZERİNDE BİR ARAŞTIRMA

İbrahim DEMİRALAY (1)
Yusuf Z. GÜRESİNLİ (2)

ÖZET

Bu çalışmada Erzurum ovasından alınan 40 toprak örneğinin kıvam limitleri (aşağı plastik limit, yukarı plastik limit ve plastiklik indiksi) ve sıkışma parametreleri (maksimum kuru densite ve optimum nem) ve ilâveten maksimum kuru densiteye tekabül eden toplam porozite ile bazı toprak özellikleri (kil, silt, kum, organik madde ve kireç miktarı) arasındaki ilişkileri incelenmiş ve toprakların işlenmeye uygunluk ve sıkışabilirlik bakımından değerlendirilmesi yapılmıştır.

Casagrande plastiklik diyagramına göre, toprakların % 25'i az, % 65'i orta ve % 10'u yüksek derecede plastikliğe sahip bulunmuştur.

Topraklar sıkışabilirlik yönünden kullanılan sıkıştırma testi ile elde edilen maksimum kuru densite $< 1,5 \text{ g/cm}^3$ olduğunda "düşük", $1,5-1,7 \text{ g/cm}^3$ arasında olduğunda "orta" ve $> 1,7 \text{ g/cm}^3$ olduğunda ise "yüksek" olarak sınıflandırılmışlardır. Buna göre, toprakların % 10'u düşük, % 68'i orta ve % 22'si yüksek derecede sıkışabilirliğe sahip bulunmuşlardır.

I. GİRİŞ

Tarımsal amaçlar için genellikle toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından kantitatif olarak değerlendirilmesi yeterli bulunagelmis

ve mekaniksel toprak özellikleri üzerinde pek durulmamıştır. Buna karşılık, toprak mekaniksel özellikleri mühendislik alanında en çok ihtiyaç duyulan

(1) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak İlmî Bölümü Doçenti.

(2) Karayolları 12. Bölge Müdürlüğü Araştırma Şefi (Dr.)

bir husus olmuştur. Tarımsal alanda, hiç olmazsa, toprak işlemeye ve toprak sıkışmasına ilişkin mekaniksel toprak özelliklerine gereken önemi vermek yararlı olacaktır.

Toprak işleme tarımsal faaliyetin başlangıcını teşkil etmesine rağmen, toprak işlemenin başlıca sorunlarından biri olarak "toprağın işlenmeye uygunluğu" veya "uygun toprak işleme zamanı" bakımından toprakların kantitatif olarak değerlendirilmesi üzerinde en azından yeterince durulmadığı anlaşılmaktadır. Bilindiği gibi topraklar, toprağın tipine göre değişen uygun nem koşuluna sahip oldukları zamanlarda işlenmeleri gerekir. Topraklar, işlenmeye uygunluk kıvamının dışında yanı normalinden daha ıslak iken işlendiklerinde balçıklaşmalarına ve daha kuru iken ise toz ve kesek oluşmasına sebep olunmaktadır. Her iki durumda da toprakta bitki yetişmesi için uygun olmayan koşullar ortaya çıkmaktadır. Böylece toprak işleme amacından uzaklaştırılmış olmakta ve toprak mahsüldarlığının azalması ile sonuçlanmaktadır. Ayrıca, ıslak veya kuru iken toprak işlendiğinde, gerekli çeki gücü de artmaktadır.

Toprakların işlenmeye uygunluk bakımından değerlendirilmesinde kullanılabilir yegane ölçü olarak toprak kıvam limitleri (yaygın adı ile Atterberg limitleri) akla gelmektedir.

Öte yandan, tarımsal mekanizasyondaki ilerlemenin bir sonucu olarak

gittikçe artan çiftlik trafiği altında toprak sıkışması tarımsal bir sorun olmaya başlamıştır. Toprak sıkışması da toprağın bitki için uygunluk durumunu bozmakta ve toprak işleme için gerekli çeki gücünü arttırmaktadır. Henüz olmasa bile, yakın gelecekte tarım makina ve aletlerinden ortaya çıkacak sıkışma derecesini önceden tahmin edebilmek amacı ile toprakların birbirleriyle karşılaştırılmasına gereksinme duyulması olasıdır. Bunun için, toprak sıkışabilirliği bir ölçü olabilecektir. Toprakların sıkışabilirliğinin tayini sayesinde sıkışmaya karşı alınacak en uygun önlemlerin tesbiti de mümkün olacaktır.

Özellikle dünya nüfusunun hızla artmakta oluşu, tarımsal faaliyetlerin toprak işlemeden itibaren her kademesinde en bilimsel yolları uygulayarak en yüksek ürün verimini garantilemeye zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışmada, Erzurum ovasından alınan toprak örneklerinin kıvam limitleri (aşağı plastik limit, yukarı plastik limit ve plastiklik indeksi) ve sıkışma parametreleri (maksimum kuru daniye ve optimum nem) tayin edilmiştir. Bu mekaniksel toprak özellikleri ile diğer bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler incelenmiş ve toprakların işlenmeye uygunluk ve sıkışabilirlik bakımından bir değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışma, Mayıs 1977'de alınan toprak örnekleri üzerinde yürütülmüştür.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Toprak kıvam limitleri

2.1.1. Toprak kıvam limitlerinin genel tanıtımı

Toprak kıvam limitleri, ilk olarak Atterberg adında İsveç'li bir toprak bilim adamı tarafından 1911'de deney-

sel olarak ortaya konmuşlardır. Bunlar aşağı plastik limit (plastik limit), yukarı plastik limit (likit limit) ve plastiklik indeksi (plastiklik sayısı) olup "Atterberg limitleri" olarak bilinmektedirler. Atterberg, bu limitleri killerin plastikliğini ölçmek için geliştirmiştir.

Kıvam limitleri, Terzaghi ve Peck (1967) tarafından Atterberg'e atfen, toprağın kıvam halleri (kurudan ıslağa doğru katı-plastik - alıskan) arasındaki sınırlara tekabül eden nem miktarları olarak tanımlanmaktadır.

Bu limitler, killerin plastikliğinin kantitatif olarak değerlendirilmesinde ve toprakların mühendislik yönünden sınıflandırılma sistemlerinin çoğunda kullanılmaktadırlar. Ayrıca bu limitler ile killerin önemli bazı mühendislik özellikleri arasında ilişkiler bulunduğu da tesbit edilmiştir. (Sowers, 1965; Baver, 1966; Terzaghi ve Peck, 1967).

Atterberg limitleri toprakların işlenmeye uygunluğunun indeksleri olup, ince toprak materyali ile elde edilen toprak macunu üzerinde laboratuvarında tayin edilmektedirler. Böylece bir toprağın tarlada en kötü strüktürel koşula sahip olduğu zaman işlendiğinde göstereceği muhtemel davranışın bir göstergesi temin edilmektedir (Tinsley, 1967).

2.1.2. Aşağı plastik limit

Aşağı plastik limiti (APL) bir toprak macununun yaklaşık 1/8 inç veya 3 mm. çapında bir buçuk şeklinde yuvarlandığında çatlamaya veya uflanmaya başladığı andaki nem miktarı olarak tanımlanmaktadır (Sowers, 1965)

APL, toprağın furda veya dağılabilir olduğu yumuşak kıvamdan plas-

tik kıvama geçtiği nem miktarını temsil etmektedir. Bir başka deyişle, APL, toprağın plastiklik özelliği gösterdiği minimum nem miktarıdır. Wehr (Baver, (1966), APL'i toprağın kültüvasyon ile balçıklaşma tehlikesinde olduğu minimum nem miktarı olarak değerlendirmiştir. Buradan, APL'in toprağın işlenmeye en uygun olduğu nem aralığının üst sınırı olarak kabul edilebileceği ortaya çıkmaktadır.

APL'in tayin yöntemi Atterberg tarafından kullanılan orijinal şeklini korumaktır (Baver, 1966).

2.1.3. Yukarı plastik limit

Yukarı plastik limit (YPL) bir toprak macununun küçük bir dış kuvvetin etkisi altında akışa başladığı anda ihtiva ettiği nem miktarıdır (Tinsley, 1967).

YPL, toprağın plastiklik özelliği gösterdiği maksimum nem miktarıdır.

YPL'in tayin yöntemi, Atterberg tarafından kullanılan orijinal şeklini prensip olarak muhafaza etmekte olup, Casagrande (1932) tarafından özel bir alet geliştirilerek standartlaştırılmış bulunmaktadır. Son senelerde özel penetrometrelerin bu amaçla kullanılması üzerinde durulmuşsa da (Sowers ve ç,a, 1960) henüz Casagrande aleti kullanırlılığını korumaktadır.

2.1.4. Plastiklik indeksi

Plastiklik indeksi (PI), YPL ile APL arasındaki sayısal fark olarak tanımlanmaktadır (Sowers, 1965).

PI, toprağın plastiklik özelliği gösterdiği nem aralığının bir ölçüsü olarak mühendislik, açısından çok önemlidir. Tarımsal bakımda, PI küçükse bal-

çıklaşmaya yol açmadan toprak işleme mümkün olabilir. Pİ'nin büyük olması ise, önemli derecede balçıklaşma tehlikesini ifade eder.

2.1.5 Kıvam limitleri ile bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler

Bu konuda tesbit edilmiş bulunan araştırma sonuçları Baver (1966) ve Terzaghi ve Peck (1967) tarafından özetlenmiştir. Bunlara göre; toprak kil miktarı arttıkça YPL büyük ve APL küçük ölçüde ve dolayısıyla Pİ artmaktadır. Kil miktarı %15'ten daha az olan topraklar genellikle plastik değildirler.

Kil minerallerinin tipi de toprak kıvam limitlerini etkilemektedir. Levhasal strüktüre sahip olan minerallerin toprak kıvam limitlerini artırdıkları tesbit edilmiştir. Bu etki, levhasal strüktürün daha büyük yüzey ve daha fazla temas noktası sağlamasına atfedilmektedir.

Montmorillonitik killerin kaolinitik killere nazaran daha yüksek kıvam limitlerine sahip oldukları tesbit edilmiştir (Atanur, 1973; Kawano ve Holmes, 1958).

Toprak organik madde miktarı YPL ve APL'in her ikisini çok büyük ölçüde etkilemektedir. Bu ilişki pozitifdir. Ancak Pİ'ni aynı ölçüde etkilememektedir.

Topraktaki değişebilir katyonun tabiatı da toprak kıvam limitlerini önemli ölçüde etkilemektedir. Değişebilir katyonların etkisi toprağın kil miktarı ve tipine göre değişen büyüklüklerde olmaktadır. Örneğin; kaolinit kil mineralinin YPL'i için $Fe > Mg >$

$H = Na > K > Ca$, APL'i için $Fe > Na > Mg > K > Ca > H$ ve Pİ'i için $H > Mg > Fe > Na > K > Ca$; montmorillonit kil mineralinin YPL'i ve Pİ'i için $Na > K > Ca > H > Mg$ Fe ve APL'i için $K > Ca > Fe > Mg > Ha > Na$; illit kil mineralinin YPL'i için $Na = K > Fe > Ca + H > Mg$, APL'i için $K > Na > Fe > Mg > Ca$ ve Pİ'i için ise $Na > K = Fe > Ca = N > Mg$ olmak üzere değişebilir katyonların kıvam limitlerini etkiledikleri bulunmuştur (Atanur, 1973).

Toprak kireç miktarı arttıkça, az plastik veya plastik olmayan topraklarda YPL ve APL artmakta ve Pİ azalmakta; çok plastik topraklarda ise YPL azalmakta ve APL artmakta ve dolayısıyla Pİ azalmaktadır (Atanur, 1973).

2.2. Toprak sıkışması

2.2.1. Toprak sıkışması ve sıkışabilirliğin tanımı

Toprak sıkışması dinamik bir yük altında toprak danelerinin tertip şeklinin bozularak birbirlerine daha yakın bir şekilde tertiplenmeleri sonucunda toprak kütle yoğunluğunun artması veya toprak boşluk oranının azalması olarak tanımlanabilir.

Toprak sıkışabilirliği ise, bir toprağın sıkışmaya eğilimini ifade etmektedir (Bruce, 1955). Bir başka deyimle, belli bir dinamik yük altında az sıkışma gösteren bir toprağın sıkışabilirliği düşük ve fazla sıkışma göstereninki ise yüksek demektir. Laboratuvarında sıkışma testi ile tayin edilen maksimum kuru densite değeri toprağın sıkışabilirliği için bir ölçü teşkil etmektedir.

2.2.2. Toprak sıkışmasının mekanizması ve toprağın sıkışma parametreleri

Proctor (1933), mühendislik çalışmaları bakımından ilk olarak belli bir sıkıştırma enerjisi altında bir toprağın göstereceği sıkışma derecesinin toprak nem miktarına sıkı bir şekilde bağlı olarak değiştiğini ve söz konusu sıkıştırma enerjisinin söz konusu toprağa kazandırabileceği azami sıkışmanın ancak belli bir nem miktarında elde edilebileceğini saptamıştır.

Toprak nem miktarı çok düşük olduğu zaman toprak-su çözeltisinin, yüksek viskozitesi veya toprak daneleri arasındaki kohezyonun yüksek oluşu sebebiyle sıkıştırma enerjisi, toprak danelerine yer değiştirmekte fazla etkili olamayacak ve dolayısıyla düşük seviyede bir sıkışma elde edilecektir. Toprak nem miktarı tedricen artırıldığında sıkıştırma enerjisinin sağlayacağı sıkışma gittikçe azalan nisbetlerde artmaktadır. Ancak, bakiye toprak havası ile birlikte su miktarı daha ileri bir sıkışmaya müsaade etmeyecek derecede gözenek basıncı gelişince azami sıkışma elde edilmektedir. Bu maksimum sıkışmanın elde edildiği nemden daha yüksek nem miktarlarında satürasyon noktasına kadar gittikçe azalan sıkışma ile sonuçlanmaktadır. Satürasyon noktasında sıkışma sıfır olmaktadır.

Belli bir sıkıştırma enerjisi altında bir toprağın kazanabildiği en yüksek kütle yoğunluğuna "maksimum kuru densite" ve bunun sağlandığı nem miktarına da "optimum nem" denilmektedir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma Erzurum ovası topraklarının pulluk tabakasından (0-20

cm.) alınan 40 adet toprak örneği üzerinde yürütülmüştür. Toprak örnekleri-

dir ki bunlar toprağın sıkışma parametrelerini teşkil etmektedirler.

Farklı topraklar, belli bir sıkıştırma enerjisi altında farklı sıkışma parametreleri ve belli bir toprak ise farklı sıkıştırma enerjileri altında farklı sıkışma parametreleri vermektedir. Bir toprak için sıkıştırma enerjisi arttıkça maksimum kuru dansite artmakta ve optimum nem azalmaktadır (Bruce, 1955; Proctor, 1933).

2.2.3 Toprağın sıkışma parametreleri ile bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler

Belli bir sıkıştırma enerjisi altında, toprak tekstürü kabadan inceye doğru değişirken maksimum kuru dansite azalmakta ve optimum nem artmakta (Fadl, 1968; Terzaghi ve Peck, 1967); toprak organik madde miktarı arttıkça maksimum kuru densite azalmakta ve optimum nem artmakta (Free ve çalışma arkadaşları, 1947; Kawano ve Holmes, 1958); toprağın suya dayanıklı agregat miktarı arttıkça maksimum kuru densite azalmakta ve optimum nem miktarı artmakta (Bruce, 1955; Demiralay, 1974; Fadl, 1968); toprağın kireç miktarı arttıkça maksimum kuru densite azalmakta ve optimum nem artmakta (Atanur, 1973) ve toprak pH'sı (4-8 aralığında) toprağın sıkışma parametrelerini önemli derecede etkilememektedir (Demiralay, 1974). Toprağın montmorillonitik veya kaolinitik kil ihtiva etmesinin toprak sıkışmasını etkilemediği tesbit edilmiştir (Kawano ve Holmes, 1958).

rinin alındığı mahaller şekil 1'de gösterilmiştir.

Toprak örnekleri laboratuvarında oda sıcaklığında kurutulmuş, ezilmiş ve 2 mm. lik elekten geçirilmiştir. Tüm analiz ve tayinlerde 2 mm. den küçük toprak materyali kullanılmıştır. Toprak tekstürü Hidrometre yöntemi (Boyoucos, 1951) ile, dane yoğunluğu (özgül ağırlık) Piknometre yöntemi (Black, 1965) ile organik madde miktarı ıslak yakma (Smith - Weldon) yöntemi (Hocaoğlu, 1966) ile serbest karbonat miktarı Scheibler kalsimetresi (Hızalan ve Ünal, 1966) ile, pH: 1:1

toprak: su oranında cam elektrodlu pH metre (Jackson, 1958) ile, Atterberg limitleri (aşağı plastik limit, yukarı plastik limit ve plastiklik indeksi) standart yöntemleri (Black, 1965) ile ve sıkışma parametreleri (maksimum kuru densite ve optimum nem) standart Proctor yöntemi (Black, 1965) ile tayin edilmiş, sıkıştırma testinden elde edilen maksimum kuru densiteye tekabül eden toplam porozite ise dane yoğunluğu ve maksimum kuru densite değerlerinden hesap edilmiş (Baver, 1966) ve istatistiksel değerlendirmeler "asgari kareler" yöntemine göre (Düzgünes, 1963) yapılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Tayini yapılan toprak özelliklerine ait sonuçlar

Araştırma konusu toprak örneklerinin tekstür, dane yoğunluğu, pH, kireç miktarı ve organik madde miktarı tayin sonuçları çizelge 1'de ve aşağı plastik limit, yukarı plastik limit, plastiklik indeksi, plastiklik sınıfı, maksimum kuru densite, optimum nem ve maksimum kuru densiteye tekabül eden toplam poroziteye ait tayin sonuçları da çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1'den görüleceği gibi, toprak örneklerinin kum miktarı % 16-67, silt miktarı % 14-55, kil miktarı % 10-45, dane yoğunluğu (özgül ağırlık) 2,48 - 2,72 g/cm³, pH'sı 6,9-9,0, kireç miktarı % 0,1-16,8 ve organik madde miktarı % eser-12,1 arasında değişmektedir.

Çizelge 2'den görüleceği gibi, toprak örneklerinin aşağı plastik limiti 14,0-38,2; yukarı plastik limiti 20,8-58,8; plastiklik indeksi 5,6-36,2; mak-

simum kuru densitesi 1,33-1,92 gr/cm³; optimum nemi % 12,8-32,4 ve maksimum kuru densiteye tekabül eden toplam porozitesi % 28,6-49,0 arasında değişmektedir.

4.2. Toprakların kıvam limitleri yönünden değerlendirilmesi

4.2.1. Toprakların aşağı plastik limit, yukarı plastik limit ve plastiklik indeksi ile kil, silt, kum, kireç ve organik madde miktarı arasındaki ilişkiler

4.2.1.1. Kil miktarı

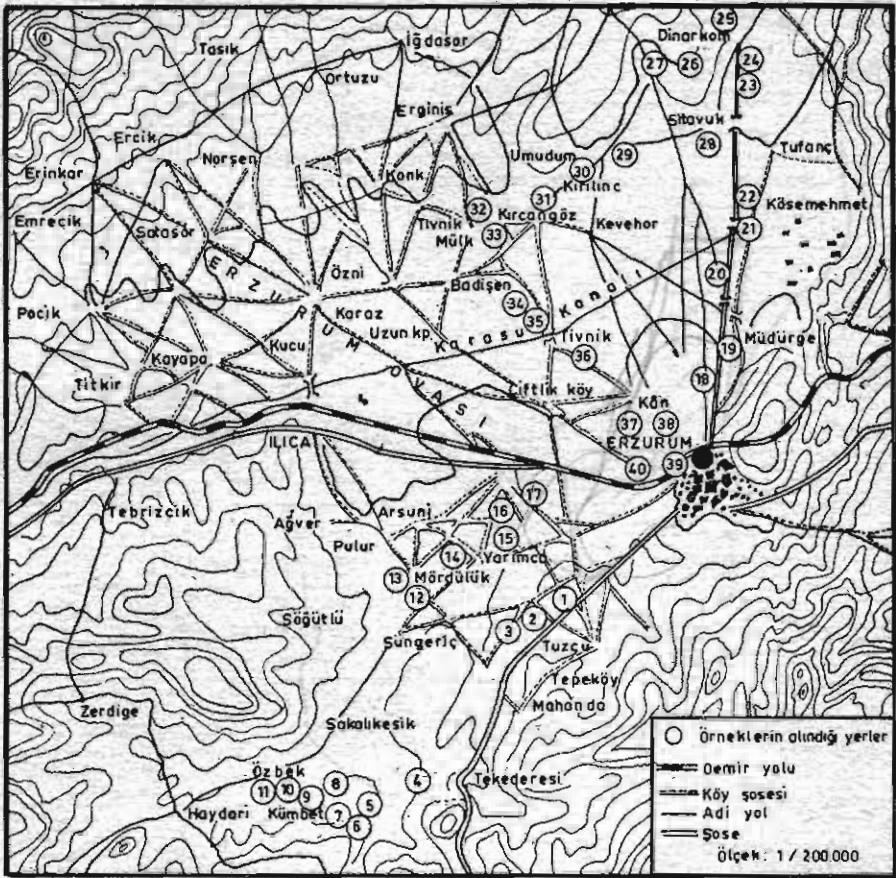
Toprakların kil miktarı ile aşağı plastik limiti ($r = 0,5147$), yukarı plastik limiti ($r = 0,6463$) ve plastiklik indeksi ($r = 0,5816$) arasında yüksek seviyede önemli pozitif ilişkiler bulunmuştur (Çizelge 3; şekil 2a, 3a, 4a). Buradan kil miktarının her üç limiti de önemli ölçüde etkilediği, ancak kil miktarı arttıkça aşağı plastik limitin küçük, yukarı plastik limitin büyük öl-

Çizge 2. Toprakların kıvam limitleri, plastiklik diyagramına göre plastiklik sınıfı, sıkışma parametreleri, maksimum kuru densiteye tekabül eden toplam porozite ve sıkışabilirlik sınıfı tayin sonuçları

Toprak no.	Kıvam limitleri			Plastiklik sınıfı	Sıkışma parametreleri		porozite (%)	Sıkışabilirlik sınıfı
	Aşağı plastik limit	Yukarı plastik limit	Plastiklik indeksi		Maksimum kuru (g/cm ³)	Optimum nem (%)		
1	20,5	29,7	9,2	Az	1,72	16,0	35,1	Yüksek
2	20,0	38,8	18,5	Orta	1,63	22,4	39,0	Orta
3	19,8	29,0	9,2	Az	1,74	18,8	33,3	Yüksek
4	22,6	58,8	36,2	Yüksek	1,64	24,6	36,2	Orta
5	21,7	36,2	14,5	Orta	1,59	18,4	38,6	Orta
6	20,5	34,3	13,8	Orta	1,70	17,6	35,6	Yüksek
7	26,5	38,5	11,5	Orta	1,57	20,0	39,8	Orta
8	24,9	33,4	7,5	Orta	1,57	19,6	36,7	Orta
9	17,3	24,1	6,8	Az	1,65	17,6	33,7	Orta
10	22,8	32,3	9,5	Orta	1,62	20,0	37,2	Orta
11	21,9	33,5	11,6	Orta	1,62	23,5	37,0	Orta
12	16,4	22,9	4,6	Az	1,83	14,6	29,6	Yüksek
13	26,4	41,4	15,0	Orta	1,49	32,4	42,7	Düşük
14	23,4	34,8	11,4	Orta	1,64	22,4	39,2	Orta
15	14,0	20,8	6,8	Az	1,92	12,8	28,6	Yüksek
16	18,0	33,7	15,7	Orta	1,87	17,9	30,8	Yüksek
17	32,1	48,6	16,5	Orta	1,61	26,5	39,7	Orta
18	16,4	24,8	8,4	Az	1,73	15,4	34,7	Yüksek
19	34,9	56,7	21,5	Yüksek	1,40	31,2	45,5	Düşük
20	38,2	56,7	18,5	Yüksek	1,60	30,0	36,3	Orta
21	32,1	52,9	20,8	Yüksek	1,38	29,0	45,2	Düşük
22	25,8	41,3	15,5	Orta	1,59	24,0	38,4	Orta
23	25,9	34,8	1,9	Orta	1,53	23,8	40,7	Orta
24	25,8	45,0	19,2	Orta	1,53	22,8	40,7	Orta
25	26,0	38,8	12,8	Orta	1,52	23,2	40,4	Orta
26	16,6	24,8	8,2	Az	1,67	17,2	36,0	Orta
27	21,8	30,6	8,8	Orta	1,61	21,5	38,3	Orta
28	21,6	27,7	6,1	Az	1,72	22,2	34,1	Yüksek
29	27,6	36,9	9,3	Orta	1,54	25,9	41,0	Orta
30	25,3	43,6	18,3	Orta	1,54	23,2	41,0	Orta
31	23,5	31,7	8,2	Orta	1,66	26,4	36,2	Orta
32	21,0	27,4	6,4	Az	1,65	20,0	38,2	Orta
33	23,1	32,9	9,8	Orta	1,49	22,0	38,1	Orta
34	22,5	30,3	7,8	Orta	1,64	21,4	37,2	Orta
35	26,6	35,8	9,2	Orta	1,49	21,6	38,6	Orta
36	27,2	36,3	9,1	Okta	1,62	20,5	42,0	Orta
37	29,7	48,1	18,4	Orta	1,33	24,5	49,0	Düşük
38	25,2	38,8	13,6	Orta	1,55	22,1	42,2	Orta
39	20,6	28,5	7,9	Az	1,75	19,0	34,7	Yüksek
40	23,2	31,7	8,5	Orta	1,66	18,0	39,0	Orta

Çizelge. 1. Toprak örneklerinin tekstür, dane yoğunluğu, pH, kireç ve organik madde tayin sonuçları.

Toprak No.	T e k s t ü r				Dane yoğunluğu (g/cm ³)	pH	Kireç (%)	Organik madde (%)
	% Kum (20-0,05 mm)	% Silt (0,05-0,002 mm)	% Kil (<0,002 mm)	Tekstür sınıfı				
1	29	52	19	Siltli tın	2,65	7,0	7,0	eser
2	32	40	28	Killi tın	2,67	6,9	0,1	0,6
3	44	34	22	Tın	2,61	7,1	0,2	eser
4	26	29	45	Kil	2,57	7,1	1,1	2,2
5	35	37	28	Killi tın	2,49	7,1	0,2	1,3
6	35	33	32	Killi tın	2,64	6,9	0,1	eser
7	29	36	35	Killi tın	2,61	7,4	0,2	1,0
8	55	29	18	Kumlu tın	2,48	7,7	0,3	1,6
9	48	30	22	Tın	2,49	7,9	0,8	1,3
10	39	24	37	Killi tın	2,58	8,1	12,0	5,5
11	38	32	30	Killi tın	2,57	7,3	0,2	1,2
12	57	30	13	Kumlu tın	2,60	7,7	0,5	eser
13	20	37	43	Killi tın	2,60	7,6	3,4	4,7
14	31	36	33	Killi tın	2,70	7,8	1,1	0,6
15	67	23	10	Kumlu tın	2,69	7,9	2,2	eser
16	54	30	16	Kumlu tın	2,68	7,9	2,4	0,9
17	27	55	18	Siltli tın	2,67	7,8	0,2	1,5
18	37	38	25	Tın	2,65	7,5	0,2	eser
19	16	40	44	Siltli kil	2,57	8,1	16,8	12,1
20	33	34	33	Killi tın	2,51	8,3	2,6	4,2
21	24	41	35	Killi tın	2,52	8,2	4,6	6,7
22	41	37	22	Tın	2,58	8,1	2,8	0,8
23	27	34	35	Killi tın	2,58	8,1	4,5	3,8
24	29	39	32	Killi tın	2,58	7,6	0,1	1,8
25	47	28	25	Tın	2,55	7,3	0,2	1,7
26	65	14	21	Kum.killi tın	2,61	9,0	1,8	0,6
27	35	40	25	Tın	2,61	8,4	3,0	1,8
28	28	45	27	Killi tın	2,61	8,0	1,0	1,0
29	34	31	35	Killi tın	2,61	8,3	1,7	1,9
30	33	29	38	Killi tın	2,61	7,7	0,3	1,4
31	36	30	34	Killi tın	2,60	8,2	4,9	3,3
32	38	39	23	Tın	2,67	8,5	1,4	0,8
33	39	37	24	Tın	2,57	8,1	0,2	0,9
34	28	46	26	Tın	2,61	8,6	1,5	1,2
35	33	45	22	Tın	2,49	8,0	4,0	3,0
36	36	44	20	Tın	2,62	8,0	0,9	1,2
37	15	42	43	Siltli kil	2,61	8,1	7,1	7,1
38	24	40	36	Killi tın	2,68	7,9	2,9	2,7
39	43	34	23	Tın	2,68	7,8	0,2	eser
40	42	35	23	Tın	2,72	7,4	0,1	0,1



Şekil 1. TOPRAK ÖRNEKLERİNİN ALINDIĞI YERLERİ GÖSTERİR ERZURUM OVASI TOPOĞRAFİK HARİTASI.

çüde arttığı ve dolayısıyla plastiklik indeksinin arttığı ortaya çıkmaktadır. Bu bulgular mevcut literatür bilgilerini doğrulamaktadırlar.

4.2.1.12 Silt miktarı

Toprakların silt miktarı ile aşağı plastik limiti arasında % 5 seviyesinde önemli pozitif ($r = 0,3787$), yukarı plastik limiti arasında önemsiz pozitif ($r = 0,2510$) ve plastiklik indeksi arasında ise önemsiz pozitif ($r = 0,0738$)

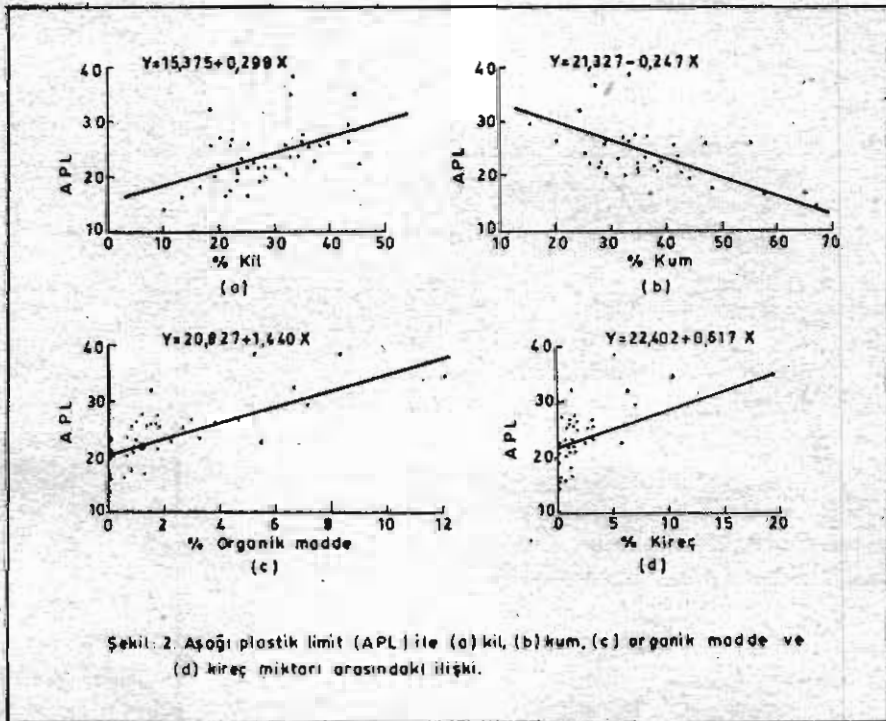
bir ilişki elde edilmiştir (Çizelge 3). Bu bulgulardan silt miktarının yukarı plastik limit ve plastiklik indeksini etkilemediği ve aşağı plastik limiti ise az miktarda etkileyebildiği anlaşılmaktadır.

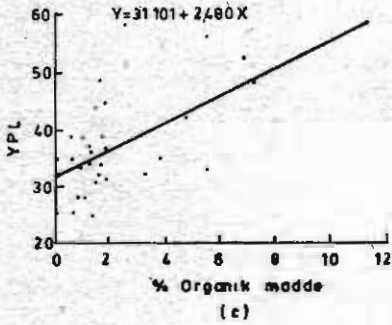
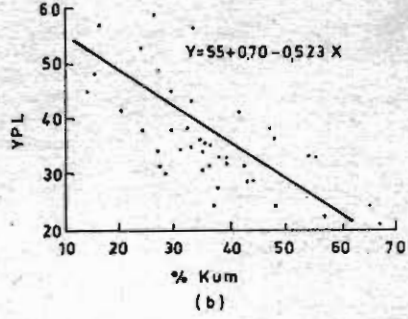
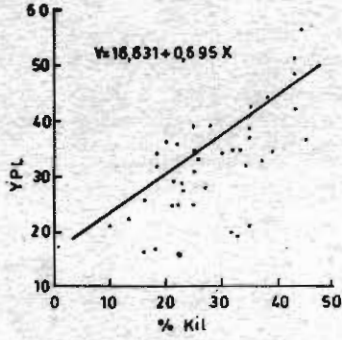
4.2.1.3. Kum miktarı

Toprakların kum miktarı ile aşağı plastik limiti ($r = 0,63,51$), yukarı plastik limiti ($r = -0,6495$) ve plastiklik indeksi ($r = -0,4842$) arasında yüksek

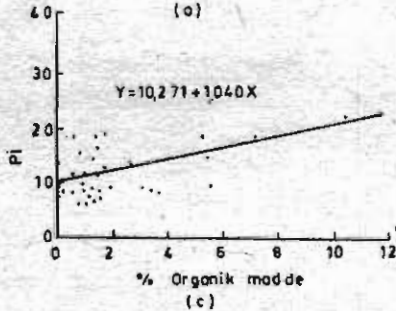
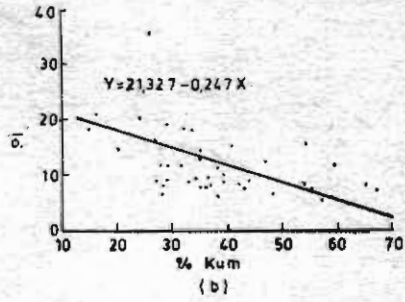
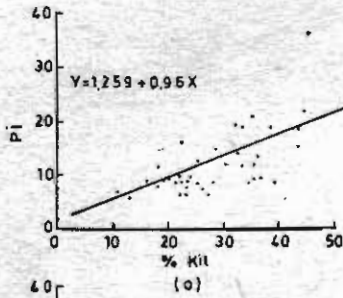
Cizelge 3 Toprakların aşağı plastik limit, yukarı plastik limit ve plastiklik indeksi ile Tekstürel fraksiyonlar, organik madde ve kireç miktarı arasındaki ilişkiler.

Bağımlı değişken	Bağımsız değişken	Örnek adedi (n)	Korelasyon katsayısı (r)	Standart hata (Sr)	't' değeri	Önemlilik durumu
Aşağı plas.limit	% kil	40	0,5147	0,1391	3,70	% 1
	% silt	"	0,3787	0,1501	2,42	% 5
	% kum	"	-0,6351	0,1253	4,05	% 1
	% organik madde	"	0,6970	0,1163	4,99	% 1
	% kireç	"	0,4064	0,14212	2,74	% 1
Yukarı plas.limit	% kil	"	0,6463	0,12328	4,22	% 1
	% silt	"	0,2510	0,1570	1,60	Önemsiz
	% kum	"	-0,6495	0,1234	4,27	% 1
	% organik madde	"	0,6472	0,1237	4,23	% 1
	% kireç	"	0,3468	0,1422	2,28	% 5
Plastiklik indeksi	% kil	"	0,4816	0,1320	4,41	% 1
	% silt	"	0,0738	0,1618	0,46	Önemsiz
	% kum	"	-0,4142	0,1419	3,41	% 1
	% organik madde	"	0,4214	0,1466	2,92	% 1
	% kireç	"	0,2017	0,1419	1,27	Önemsiz





Şekil.3. Yukarı plastik limit (YPL) ile (a) kil, (b) kum ve (c) organik madde arasındaki ilişkiler.



Şekil.4. Plastiklik indeksi (PI) ile (a) kil (b) kum ve (c) organik madde miktarı arasındaki ilişki

seviyede önemli negatif ilişkiler bulunmuştur (Çizelge 3; şekil 2 b, 3 b, 4 b). Görüleceği gibi, kum miktarı kıvam limitlerini önemli ölçüde etkilemekte olup, kum miktarı arttıkça aşağı plastik limit küçük ve yukarı plastik limit büyük ölçüde azalmakta ve dolayısıyla plastiklik indeksi de azalmaktadır. Bu bulgular mevcut literatür bilgilerini doğrulamaktadırlar.

4.2.1.4. Organik madde miktarı

Toprakların organik madde miktarı ile aşağı plastik limiti ($r=0.6970$), yukarı plastik limiti ($r=0.6472$) ve plastiklik indeksi ($r=0.4284$) arasında yüksek seviyede önemli pozitif ilişkiler elde edilmiştir (Çizelge 3, şekil 2 c, 3 c, 4 c). Buradan organik maddenin kıvam limitlerini önemli ölçüde etkilediği, organik madde miktarı arttıkça aşağı plastik limitin küçük ve yukarı plastik limitin büyük ölçüde arttığı ve dolayısıyla plastiklik indeksinin de arttığı, ancak plastiklik indeksinin diğer limitlere nazaran daha düşük bir ölçüde etkilendiği anlaşılmaktadır. Bu bulgular mevcut literatür bilgilerini doğrulamaktadırlar.

4.2.1.5. Kireç miktarı

Toprakların kireç miktarı ile aşağı plastik limiti arasında % 1 seviyesinde önemli pozitif ($r=0.4064$), yukarı plastik limiti arasında % 5 seviyesinde önemli pozitif ($r=0.3468$) ve plastiklik indeksi arasında ise önemsiz pozitif ($r=0.2017$) bir ilişki bulunmuştur (Çizelge 3; şekil 2 d). Bu bulgulardan kireç miktarının aşağı plastik limiti ve yukarı plastik limiti önemli ölçüde etkilediği fakat plastiklik indeksini etkilemediği ortaya çıkmaktadır. Bir baş-

ka deyimle, araştırma konusu topraklarda kireç miktarı arttıkça, aşağı plastik limit ve yukarı plastik limit yaklaşık aynı ölçüde artmakta ve dolayısıyla plastiklik indeksinde önemli bir değişme olmamaktadır. Bu bulgular, çoğunluğu orta ve az plastik karakterde topraklar (Çizelge 2) üzerinde elde edilmiş olup; mevcut literatür bilgilerine uyumaktadırlar. Ancak kireç miktarı artarken plastiklik indeksinde önemli bir değişme olmamıştır.

4.2.2. Toprakların işlenmeye uygunluk yönünden değerlendirilmesi

Mühendislik amacıyla toprağın kıvam limitleri 40 numaralı (0,42 mm.) elek altına geçen toprak materyali üzerinde tayin edilmekte ve topraklar yukarı plastik limiti ve plastiklik indeksi esas alınarak Casagrande tarafından geliştirilmiş olan plastiklik diyagramı kullanılarak plastiklik bakımından sınıflandırılmaktadırlar (Karayolları Genel Müdürlüğü, Araştırma Fen Heyeti Müdürlüğü, 1967; Terzaghi ve Peck, 1967). Bu sınıflandırmada 200 numaralı (0,074 mm.) elekten geçen toprak materyali orijinal toprağın % 50'sinden fazla olduğunda toprak "ince daneli" kabul edilmekte ve plastiklik diyagramı kullanılabilir.

Araştırma konusu topraklar aşağıda açıklandığı şekilde plastiklik sınıfı tesbit edilerek işlenmeye uygunluk yönünden değerlendirilmişlerdir.

Toprak örneklerinin tümünde 200 numaralı elekten geçen materyal miktarı orijinal toprağın % 50'sinden daha fazla olduğundan topraklar ince daneli olarak değerlendirilmişlerdir.

Fiziksel ve kimyasal toprak analizleri için genellikle 10 numaralı (2,0mm.)

elekten geçen toprak materyali kullanılmakta olduğundan, tarımsal amaçlı olan bu çalışmamızda kıvam limitleri 2 mm. den küçük toprak materyali kullanılarak tayin edilmişlerdir. Böylece mühendislik amacıyla yapılan tayine nazaran toprağın kaba kum fraksiyonunun bir kısmı (2,00 - 0,42 mm. arası) da fazladan teste dahil edilmiş bulunmaktadır. Buna rağmen mühendislik amacıyla geliştirilmiş şekli ile plastiklik diyagramı kullanılarak toprakların plastiklik sınıfı tesbit edilmiştir (Çizelge 2). Bu tesbitte tüm toprak örneklerinin inorganik tabiatında olduğu göz önünde tutularak, siltli veya killi şekilde ayırım yapılmaksızın sadece yukarı plastik limit sınır değerleri esas alınmıştır. Yukarı plastik limit değeri < 30 olduğunda toprak "az", 30-50 arasında olduğunda "orta" ve > 50 olduğunda ise "yüksek", derecede plastikliğe sahip olarak değerlendirilmiştir.

Bu sınıflandırmaya göre 40 toprak örneğinin % 25'i az plastik, % 65'i orta derecede plastik ve % 10'u yüksek derecede plastikliğe sahiptirler.

Bu durum karşısında, toprakların % 10'u için ıslakken (plastiklik nem sınırları içerisinde) işlenme olasılığı yüksektir. Bu toprakların tav neminde yani aşağı plastik limitin civarında mümkünse biraz altında işlenmesine önem gösterilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde, az veya çok toprak strüktürünün bozulması ve pulluk tabanı oluşması gibi sorunlar daima ortaya çıkabilecektir.

Toprakların % 65'inde henüz ıslakken işlenme olasılığı ve toprak strüktürü açısından tehlike orta derecede olup, gene de tav neminde işlemeye gayret etmek yararlı olacaktır.

Toprakların % 25'inde ise ıslakken işlenme olasılığı düşük olup, bariz olarak ıslaklık durumunun haricinde tav neminin üzerinde hassasiyetle durulmayabilir.

4.3. Toprakların sıkışabilirlik yönünden değerlendirilmesi

4.3.1 Toprakların maksimum kuru densite, optimum nem ve maksimum, kuru densiteye tekabül eden toplam porozitesi ile kil, silt, kum, organik madde ve kireç miktarı arasındaki ilişkiler

4.3.1.1. Kil miktarı

Toprakların kil miktarı ile maksimum kuru densitesi arasında yüksek seviyede önemli negatif ($r = - 0,7002$), optimum nem miktarı arasında yüksek seviyede önemli pozitif ($r = 0,6781$) ve toplam porozite arasında gene yüksek seviyede önemli pozitif ($r = 0,6680$) bir ilişki bulunmuştur (Çizelge 4; Şekil 5 a, 6 a, 7 a). Görüleceği gibi kil miktarı toprak sıkışabilirliğini önemli ölçüde etkilemekte olup, kil miktarı arttıkça toprak sıkışabilirliği azalmaktadır. Bu bulgular mevcut literatürdeki bilgilere doğrulamaktadırlar.

4.3.1.2. Silt miktarı

Toprakların silt miktarı ile maksimum kuru densitesi arasında önemsiz negatif ($r = - 0,2506$), optimum nem miktarı arasında önemsiz pozitif ($r = 0,2479$) ve maksimum kuru densiteye tekabül eden toplam porozite arasında ise % 5 seviyesinde önemli pozitif ($r = 0,3575$) bir ilişki bulunmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 4. Toprakların maksimum kuru densite, optimum nem ve maksimum kuru densiteye tekabül eden toplam porozitesi ile tekstürel fraksiyonlar, organik madde ve kireç miktarı arasındaki ilişkiler.

Bağımlı değişken	Bağımsız değişken	Örnek adedi (n)	Korelasyon katsayısı (r)	Standart hata (Sr)	't' değeri	Önemlilik durumu
Maksimum kuru densite	% kil	40	-0,7002	0,1158	6,05	% 1
	% silt	"	-0,2506	0,15750	1,60	Önemsiz
	% kum	"	0,6896	0,1175	5,87	% 1
	% organik madde	"	-0,7038	0,1152	6,11	% 1
Optimum nem	% kireç	"	-0,4216	0,1480	2,85	% 1
	% kil	"	0,6781	0,1192	4,69	% 1
	% silt	"	0,2479	0,1572	1,58	Önemsiz
	% kum	"	-0,6713	0,1202	4,58	% 1
Toplam porozite	% organik madde	"	0,7099	0,1143	6,21	% 1
	% kireç	"	0,4327	0,1462	2,95	% 1
	% kil	"	0,6680	0,1207	5,53	% 1
	% silt	"	0,3575	0,1515	2,36	% 5
	% kum	"	-0,7360	0,1098	6,70	% 1
	% organik madde	"	0,6321	0,1257	5,03	% 1
	% kireç	"	0,3935	0,1491	2,64	% 5

Buradan silt miktarının toprak sıkışabilirliğini etkilemediği ortaya çıkmaktadır.

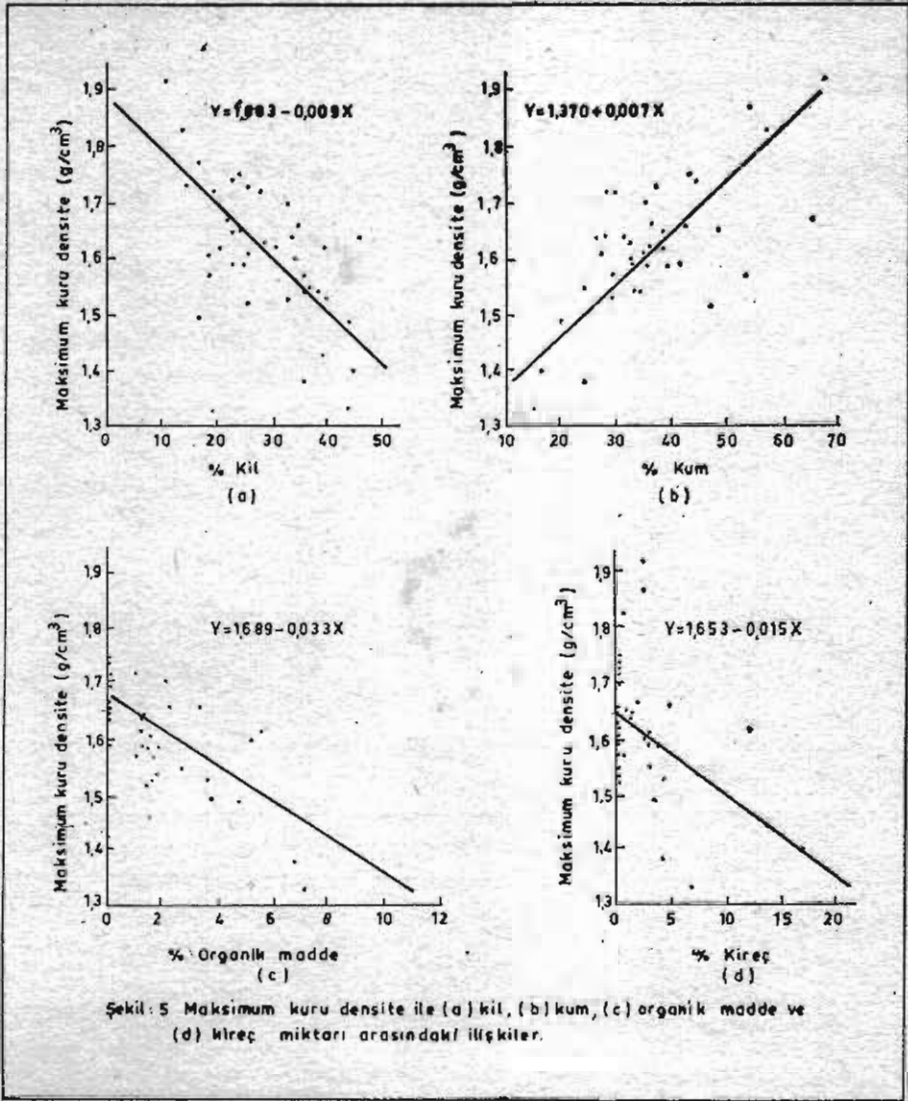
4.3.1.3 Kum miktarı

Toprakların kum miktarı ile maksimum kuru densitesi arasında yüksek seviyede nemli pozitif ($r=0,896$), optimum nem miktarı arasında yüksek seviyede önemli negatif ($r=0,6713$) ve toplam porozite arasında ise yüksek seviyede önemli negatif ($r=-0,7360$) bir ilişki elde edilmiştir (Çizelge, 4; Şekil 5 b, 6 b, 7 b).

Anlaşılabacağı gibi kum, miktarı ile toprak sıkışabilirliği arasında çok sıkı bir ilişki mevcut olup, kum miktarı arttıkça toprak sıkışabilirliği artmaktadır.

4.3.1.1 Organik madde miktarı

Toprakların organik madde miktarı ile maksimum kuru densitesi arasında yüksek seviyede negatif ($r=-0,7035$), optimum nem miktarı arasında yüksek seviyede önemli pozitif ($r=0,7099$) ve toplam porozite arasında yüksek seviyede önemli pozitif ($r=$

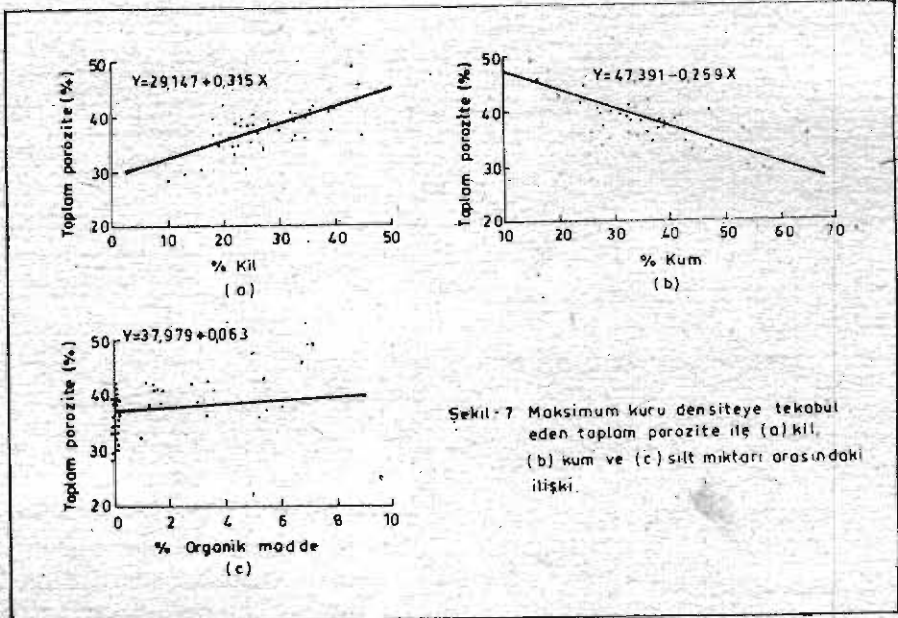
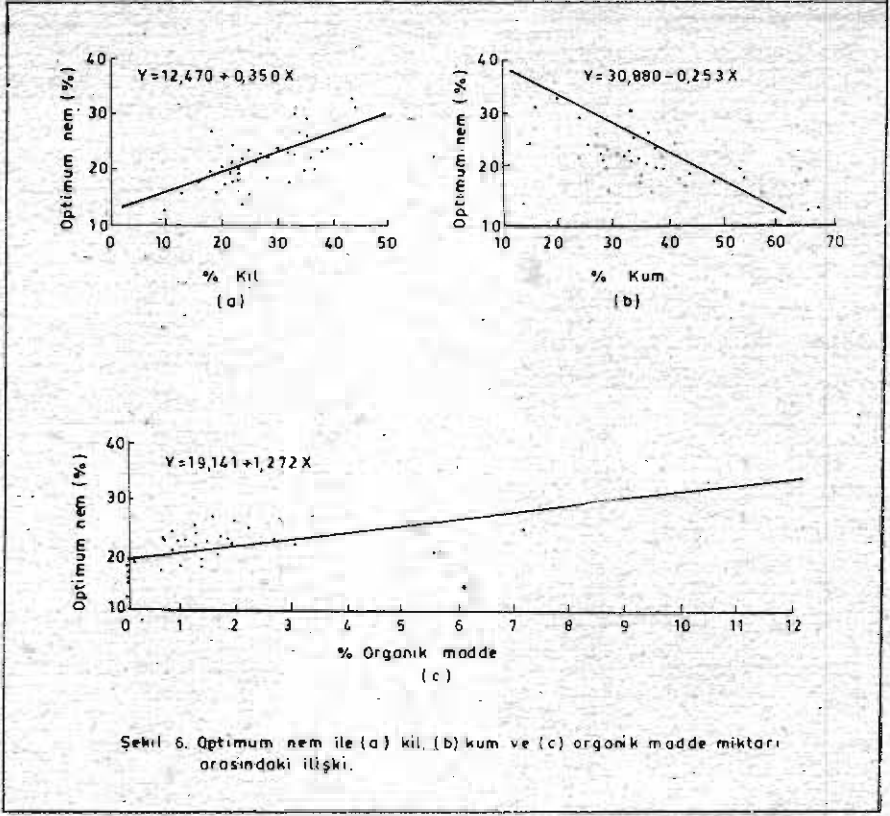


0,6321) bir ilişki bulunmuştur (Çizelge 4; Şekil 6 c, 6 c, 7 c).

Buradan organik madde miktarının toprak sıkışabilirliğini önemli ölçüde etkilemekte olduğu, organik madde miktarı arttıkça toprak sıkışabilirliğinin azaldığı anlaşılmaktadır. Bu bulgular mevcut literatür bilgilerini doğrulamaktadırlar.

4.3.1.5 Kireç miktarı

Toprakların kireç miktarı ile maksimum kuru densitesi arasında % 1 seviyesinde önemli negatif ($r = -0,4216$), optimum nem miktarı arasında % 1 seviyesinde önemli pozitif ($r = 0,4327$) ve toplam porozite arasında ise % 5 seviyesinde önemli pozitif ($r = 0,3935$) bir ilişki bulunmuştur (Çizelge, 4, Şekil 5 d).



Görüleceği gibi, kireç miktarı toprak sıkışabilirliğini kil, kum ve organik maddenin etkilediği kadar olmakla beraber gene de önemli ölçüde etkilemektedir. Kireç miktarı arttıkça toprak sıkışabilirliğinin azaldığı anlaşılmaktadır.

4.3.2. Toprakların sıkışabilirlik yönünden sınıflandırılması

Bu çalışmada kullanılan sıkıştırma testi ile elde edilen maksimum kuru densite değeri $1,5 \text{ g/cm}^3$, den düşük olduğundan "düşük" $1,5-1,7 \text{ g/cm}^3$ arasında değiştiğinde "orta" ve $1,7 \text{ g/cm}^3$ den daha yüksek olduğunda "yüksek" olmak üzere toprak örnekleri sıkışabilirlik yönünden bir sınıflandırmaya tabi tutulmuşlardır.

Bu sınıflandırmaya göre, araştırma konusu toprakların % 10'u düşük, % 68'i orta ve % 22'si ise yüksek derecede sıkışabilirliğe sahip bulunmaktadır (Çizelge 2).

Bu durum karşısında toprakların % 22'sinde tarım makinaları ve hayvanların trafiği altında bitki gelişmesine mekanik engelleme gösterecek derecede sıkışma beklenebilir. Bu topraklarda sıkışabilirliğin azaltılması için organik madde kapsamalarını artıracak önlemlerin alınması önerilebilir.

Toprakların % 68'i sıkışma, yönünden önemli bir sorun göstermeyecek karakterde ise de bazen sıkışmışlıkla karşılaşılabilir.

Toprakların % 10'u ise sıkışma sorunu göstermeyecek karakterdedir.

6. SUMMARY

A STUDY ON THE CONSISTENCY LIMITS AND COMPACTIBILITY OF THE SOILS OF ERZURUM PLAIN

This study was done with the purpose to work out the relationships between the consistency limits (lower plastic limit, upper plastic limit and plasticity index) and some soil properties (clay, silt, sand, organic matter, and lime content), and between the compaction parameters (maximum dry density, optimum moisture and additionally total porosity at the maximum dry density) and the same soil properties and to evaluate the soil in the proper conditions for tillage and in compactibility, using soil samples taken from the Erzurum plain in eastern Turkey.

It was found that there are highly significant positive relationships bet-

ween the three plastic limits and clay content, and highly significant negative relationships between the three plastic limits and sand content. Silt content showed a positive relationship significant at the 5 % level with lower plastic limit, and nonsignificant relationships with upper plastic limit and with plasticity index. Lime content gave positive relationships significant at the 1 % level with lower plastic limit and at the 5 % level with upper plastic limit, and a nonsignificant relationship with plasticity index.

According to the Casagrande plasticity chart, it was found that 25 % of the soils have "low", 65 % of the soils have "medium", and 10 % of

the soils have "high", plasticity. It was evaluated in the following ways; High plasticity means that the possibility of tilling the soil when it is wet and the danger for the soil structure is high and the soil should be tilled when friable. Medium plasticity means that the possibility of tilling the soil when it is wet and the danger for the structure is moderate and it will be beneficial to care in tilling the soil when friable. Low plasticity means that it will be rather easy to catch the soil in friable condition for tilling.

It was found that there are highly significant negative relationships between maximum dry density of the soils and clay content, between maximum dry density and organic matter content, and between maximum dry density and lime content. Maximum dry density showed a highly significant positive relationship with sand content, and a nonsignificant relationship with silt content.

On the other hand, optimum moisture content gave highly significant positive relationships with clay con-

tent, with organic matter content, and with lime content; a highly significant negative relationship with sand content; and a nonsignificant relationship with silt content.

Additionally, total porosity at the maximum dry density showed highly significant positive relationships with clay content, and with organic matter content a highly significant negative relationship with sand content; and relationships significant at the 5 % level with silt content, and with lime content.

The soils were classified in compactibility as "low" when the maximum dry density obtained with the compaction test used, is $< 1.5 \text{ g/cm}^3$, as "medium" with maximum dry densities between $1.5-1.7 \text{ g/cm}^3$; and "high" when the maximum dry density is $> 1.7 \text{ g/cm}^3$.

According to this classification, it was found that 10 % of the soils have low compactibility, 68 % of the soils have medium compactibility, and 22 % of the soils have high compactibility.

KAYNAKLAR

- Adanur, A. 1973. Kireç Stabilizasyonu ve Yol Yapımındaki Tatbikatı. Bayındırlık Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Yayın No: 208.
- Baver, L. D. 1966. Soil Physics. Third Edition. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Black, C. A. (Editor - in - Chief), 1965. Methods of Soil Analysis. Part I. American Society of Agronomy,
- Bouyoucos, G. j. 1951. A calibration of the hydrometer method for making mechanical analyses of soils. Agron. j. 43: 434-438.
- Bruce, R.R. 1955. An instrument for the determination of Soil compactibility. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 19: 253-257.
- Casagrande, A. 1932. Research on the Atterberg Limits of soil. Pub. Roads, 13: 121-130.

- Demiralay, İ. 1974. Suya dayanıklı agregatlar miktarının ve toprak pH'sının toprak sıkışma parametreleri üzerine tesirleri. Toprak İlimi Derneği, 4. 5. ve 6. Bilimsel Toplantı vebliğleri, Sayfa: 104-110.
- Fadl, O. A.A. 1968. Studies in Soil Structure: Aggregation, Porosity and Compression. Ph. D. Thesis. University of Aberdeen.
- Free, G. R., Lamb, j. jnr., and Carleton, A. E. 1947. Compactibility of certain soils as related to organic matter and erosion. j. Amer. Soc. Agron. 39: 1068-1076.
- Karayolları Genel Müdürlüğü Araştırma Fen Heyeti Müdürlüğü, 1967. Toprak Mühendisliği Bilgileri ve Deneyleri. Bayındırlık Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Yayın No: 146.
- Kawano, Y. and Holmes, W. E. 1958. Compaction tests as a means of soil structure evaluation. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 22: 369-372.
- Proctor, R. R. 1933. Fundamental principles of soil compaction. Engr. News. Rec. 3: 245-248, 286-289, 348-351, 372-376.
- Sowers, G. F. Consistency. In Black, C. A. (Editor - in - chief) Methods of Soil Analsis, Part I. American Society of Agronomy, 1965.
- Terzaghi, K. and R. B. Black, 1967. Soil Mechanics in Engineering Practice. Second Edition. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Tinsley, j. 1967. Soil Science Manual of Experiments. Department of Soil Science, University of Aberdeen,