

**KAZOVA TOPRAKLARININ DEPO POTASYUM,
KİL MİNERALOGİSİ ve SPESİFİK YÜZEY ALANI
ETKİLEŞİMLERİNİN GEOİSTATİSTİKSEL
ANALİZİ**

Nurullah ACİR
Y.Lisans Tezi
Toprak Anabilim Dalı
Doç. Dr. Hikmet GÜNAL
2010
Her hakkı saklıdır

T.C.
GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

Y.LİSANS TEZİ

**KAZOVA TOPRAKLARININ DEPO POTASYUM, KİL MİNERALOGİSİ ve
SPESİFİK YÜZEY ALANI ETKİLEŞİMLERİNİN GEOİSTATİSTİKSEL
ANALİZİ**

Nurullah ACİR

TOKAT
2010

Her hakkı saklıdır

**Bu Araştırma TUBİTAK TOVAG 107 O 879 nolu Hızlı Destek Projesi Kapsamında
TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.**

Doç. Dr. Hikmet GÜNAL danışmanlığında, Nurullah ACİR tarafından hazırlanan bu çalışma 21.01.2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Toprak Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Doç. Dr. Hikmet GÜNAL

İmza:

Üye: Doç. Dr. Kenan KILIÇ

İmza:

Üye: Doç. Dr. Engin ÖZGÖZ

İmza:

Yukarıdaki sonucu onaylarım

İmza

Prof. Dr. Metin YILDIRIM

Enstitü Müdürü

...../...../2010

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Nurullah ACİR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KAZOVA TOPRAKLARININ DEPO POTASYUM, KİL MİNERALOGİSİ ve SPESİFİK YÜZEY ALANI ETKİLEŞİMLERİNİN GEOİSTATİSTİKSEL ANALİZİ

Nurullah ACİR

Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hikmet GÜNAL

Potasyum bitki gelişiminde hayati öneme sahip en temel besin elementlerinden birisi olup toprakta suda çözünür, değişebilir, değişmez (depo) ve kristal yapı içerisinde mineral formlar olmak üzere dört ayrı formda bulunmaktadır. Toprak analiz laboratuvarlarında yapılan potasyum analizleri çoğunlukla toprağın yarayırlı (kolaylıkla değişebilir) haldeki potasyum içeriğini belirlemeye yöneliktir ve topraktaki depo potasyumu kapsamamaktadır. Bu çalışmada, TÜBİTAK projesi kapsamında (TOVAG 105 O 617) Tokat-Kazova'da (20 656 ha) 400 noktadan alınan yüzey topraklarının (0-30 cm) yarayırlı ve depo potasyum içerikleri, kil mineralojileri ve toprakların spesifik yüzey alanları analiz edilerek haritalanmış ve potasyum açısından hassas olan alanlar belirlenmiştir. Örneklem noktalarının belirlenmesinde "rastgele örnekleme" metodu kullanılmıştır. Çalışılan özelliklerin değişkenliklerini ifade etmede ve haritalanmasında son yıllarda yaygın olarak kullanılan jeostatistik teknikleri kullanılmıştır. Yarayırlı potasyum kil içeriği ve katyon değişim kapasitesi ile pozitif korelasyona sahip iken, kum içeriği ile hem depo hem yarayırlı potasyum arasında negatif bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Bu ilişki jeostatistiksel yöntemlerle hazırlanan toprak haritalarında da açık bir şekilde gözlemlenmektedir. Ovada potasyum içeriğinin en düşük olduğu alanlar genellikle nehir kıyısında yer alan ve kum içeriği yüksek olan arazilerin topraklarıdır. Ana materyaller açısından bakıldığında en düşük depo ve yarayırlı potasyum içeriğine sahip topraklar sağ sahilde yer alan serpantinli şist koluviyal materyaller üzerinde gelişen topraklardır. Potasyum içeriği en yüksek olan topraklar ise sol sahilde yer alan kireçli koluviyal depozitleri üzerinde gelişmiş olan topraklardır. Ortalama yarayırlı potasyum içeriği 30,13 kg/da ve depo potasyum içeriği 186,5 kg/da olarak bulunmuştur. Bununla birlikte, çalışma alanından alınan örneklerin yarıdan fazlasında bitkisel üretimde sorunsuz verim artışı sağlamaya yetecek kadar yarayırlı potasyum olmadığı görülmüştür. Tüm çalışma alanında baskın olan kil minerali, smektit olup bunu sırası ile illit ve kaolinit takip etmektedir. Kil mineralojisi haritalarının zenginliğinin artırılması amacı ile kil mineralojisi ile diğer toprak özellikleri arasındaki uzaysal ilişki modellenmiştir. Kil mineralojisi analizlerinin yapılmadığı örneklerin kil mineralojilerini belirleyebilmek amacı ile ortak krigleme uzaysal tahmin metodu kullanılmıştır. Kil tipleri ile en yüksek korelasyon katyon değişim kapasitesi ve depo potasyum ile elde edilmiştir. Kil tipleri ile ilişkisi olması beklenen spesifik yüzey alanı ile bir ilişki bulunamamıştır. Ancak spesifik yüzey alanı ile katyon değişim kapasitesi arasında güçlü bir ilişkinin olduğu görülmüştür. Kazova topraklarının kil mineralojisi yönünden karakterizasyonu sadece topraktaki potasyumun

değerlendirilmesi için değil daha birçok konuda (sulama projelerinde, gübreleme programlarında, tarımsal inşaatlarda vb.) kullanıcılara hizmet edebilecektir.

Anahtar Kelimeler: Depo potasyum, yarayışlı potasyum, kil mineralojisi, illit, jeoistatistik, yüzey alanı, ko-kriging.

2010, 87 sayfa

ABSTRACT

Master Thesis

GEOSTATISTICAL ANALYSIS OF NONEXCHANGEABLE POTASSIUM, CLAY MINERALOGY AND SPESIFIC SURFACE AREA INTERRACTIONS in KAZOVA SOILS

Nurullah ACİR

Gaziosmanpaşa University
Graduate School of natural and Applied Sciences
Department of Soil Science

Sepervisor: Assoc. Prof. Dr. Hikmet GÜNAL

Potassium is one of the most important and essential plant nutrition. Four different forms of potassium are found in soils as water soluble, exchangeable, non exchangeable (reserve) and mineral forms respectively. Plant available potassium (easily exchangeable) is mostly determined in soil analyses laboratory, and however, reserve potassium of soils are not determined. In this study, plant available and non exchangeable potassium contents, clay mineralogy and specific surface area of soils collected from Kazova Plain (20 656 ha) located in Tokat Province were and mapped. Thus, areas sensitive to potassium fertilization were determined. The soil samples were collected from soil surface (0-30 cm) during a a previous TUBITAK project (TOVAG 105 O 617). “Random sampling method” was used to determine the sampling locations. Geostatistical techniques which have been widely used for such purposes were used to identify the variability of soil properties and prepare the related maps. Soils, lowest in potassium content occurred in the areas adjacent to Yesilirmak River. Soils developed over serpentine shist colluvial materials located in left side slopping areas possessed the lowest reserve and exchangeable potassium levels. Soils located in right side sloppy areas formed over calcareous colluvial deposits contained the highest potassium content. Average plant available potassium content is 30,13 kg K/da and reserve potassium is 186,5 kg/da. However, more than half of the soil samples collected in the study area didn't contain enough available potassium to sustain the plant growth without any yield loss. The dominant clay mineral in the study area is smectite, and illite and kaolinite clay minerals are the other clay minerals observed. In order to enhance the details of the maps prepared for clay mineralogy, spatial relations between clay mineralogy and other soil characteristics were modeled. Co-kriging spatial interpolation method was used to predict the mineralogy of soil samples in which mineralogical analyses were not conducted. Cation exchange capacity and the reserve potassium had the highest correlation with clay types, thus they were used in co-kriging. No significant relationship was obtained between specific surface area and clay minerals. While, a statistically significant ($P<0,01$) relationship was occurred between specific surface area and cation exchange capacity. Characterization of clay mineralogy in Kazova soils is useful for the other users from different field of interest who deals with irrigation projects, fertilizer programmers, and agricultural building constructors and so on).

Keywords: Reserve/unexchangeable potassium, plant available potassium, clay mineralogy, illite, geostatistics, surface area, co-kriging.

2010, 87 pages

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesi aşamasından savunma aşamasına kadar her aşamada bilgi, görgü ve deneyimini her zaman yanımda hissettiğim danışmanım Doç. Dr. Hikmet GÜNAL'a ve Ailesine sonsuz teşekkür ederek başlamak istiyorum. Kendisinin teşviki olmadan bu tezin bitirilmesi ve bugün bu çatı altında beraber olmamız mümkün olmazdı. Bu uzun çalışma da tüm laboratuvar işlerimde bana herhangi bir karşılık beklemezsiniz destek olan Ziraat Yük. Mühendisi ve aynı zamanda Öğretim Görevlisi Mesut BUDAK, Ziraat Mühendisi Murat BİROL, Ziraat Mühendisi Fatih GÖKMEN'e de minnettarlığımı belirtmek isterim. Uzaysal modellemelerin yapılmasında bana destek olan hocam Dr. Fevzi AKBAŞ'a sonsuz teşekkür ederim. Bu tez çalışması TUBİTAK TOVAG 107 O 879 nolu Hızlı Destek Projesi kapsamında yapıldığından dolayı, toprak örnekleme ve toprakların fiziksel ve kimyasal analizleri bu projenin bütçesinden karşılanmıştır. Bu ölçekte çalışma yapma imkânı tanıdığı için desteklerinden dolayı TUBİTAK'a teşekkür ederim. Bu yoğun tez döneminde bana her türlü desteğini esirgemeyen Aileme de sonsuz şükranlarımı iletir ve ellerinden öperim, aynı zamanda burada belki ismini anmadığım fakat emeği geçen ve bana sürekli destek veren tüm arkadaşlarıma da sonsuz teşekkür ederim.

Nurullah ACİR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1 Potasyum	4
2.2. Spesifik Yüzey Alanı	10
2.3. Kil Mineralojisi	13
2.4. Arazideki Değişkenlik	14
3. MATERYAL ve YÖNTEM	17
3.1. Materyal	17
3.1.1. Çalışma Alanı	17
3.1.2. Çalışma Alanının İklimi	17
3.2 Yöntem	19
3.2.1. Toprak Analizleri	19
3.2.2. Potasyum İçeriğinin Sınıflandırılması	20
3.2.3. Kil Mineralojisi	21
3.2.4. Spesifik Yüzey Alanı	23
3.2.5. İstatistiksel Analizler	24
3.2.6. Jeostatistiksel Analizler ve Haritalamalar	27
4.ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	28
4.1. Araştırma Alanı Topraklarının Genel Özellikleri	28
4.2. Toprakların Potasyum İçerikleri	29
4.2.1. Topografya ve Ana Materyale Göre Potasyum İçeriğindeki Değişimler	35
4.3. Spesifik Yüzey Alanı	38
4.4. Kil Mineralojisi	46
4.5. Jeostatistiksel Analizler ve Haritalamalar	55
4.5.1. Depo ve Yarayışlı Potasyum	56
4.5.2. Spesifik Yüzey Alanı	60

4.5.3. Kil Minerallerinin Dağılımlarının Haritalanması	62
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	70
KAYNAKLAR	74
EKLER	82
ÖZGEÇMİŞ	87

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Yavaş yararlı (değişmez) ve değişebilir (bitkiye yararlı) potasyumun kil minerallerindeki pozisyonları.....	5
Şekil 2.2. Mineral oluşumu esnasında potasyumun serbest kalması (Havlin ve ark., 1999).....	6
Şekil 2.3. Kil içeriği aynı ancak kil mineralojileri farklı olan iki toprağın değişebilir potasyum ve çözültideki potasyum içerikleri arasındaki ilişki (Havlin ve ark., 1999).....	9
Şekil 2.4. Bir sferik, izotropik model için variogram fonksiyonu (nugget varyansı=0.20).....	16
Şekil 3.1. Çalışma alanına ait sayısallaştırılmış olan yükseklik haritası, yollar, drenaj kanalları, yerleşim yerleri ve örnekleme noktalarını gösteren harita.....	18
Şekil 3.2. Kazova'da kil mineralojisi analizi için örneklerin alındığı yerleri gösteren harita.....	22
Şekil 4.1. Kazova'dan alınan toprak örneklerinin (N=400) değişebilir (yararlı) potasyum içeriklerine göre FAO (1990) indeksi kullanılarak gruplandırılması.....	30
Şekil 4.2. Değişebilir potasyum içeriklerinin Cooke (1982) indeksine göre haritalanması.....	31
Şekil 4.3. Değişebilir potasyum içeriklerinin Ülgen ve Yurtseven (1988) indeksine göre haritalanması.....	32
Şekil 4.4. Yararlı K ve Depo K içeriği arasındaki regresyon analizi ve oluşturulan model.....	34
Şekil 4.5. Spesifik yüzey alanı (SYA) ve kum içeriği arasındaki regresyon analizi ve oluşturulan model.....	44
Şekil 4.6. Spesifik yüzey alanı (SYA) ve kil içeriği arasındaki regresyon analizi ve oluşturulan model.....	45
Şekil 4.7. Spesifik yüzey alanı (SYA) ve kation değişim kapasitesi (KDK) arasındaki regresyon analizi ve oluşturulan model.....	46
Şekil 4.8. Düz düze yakın eğimli arazilerde yer alan 168 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonunun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray paternleri.....	47
Şekil 4.9. Düz düze yakın eğimli arazilerde yer alan 132 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonunun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray paternleri.....	48

Şekil 4.10. Düz düze yakın eğimli arazilerde yer alan 202 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray paternleri.....	50
Şekil 4.11. Düz düze yakın eğimli arazilerde yer alan 316 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray paternleri.....	50
Şekil 4.12. Çalışma alanında depo potasyuma ait izotropik semivariogram ve model ile ilgili parametreler.....	58
Şekil 4.13. Oluşturulan semivariogram modelinin kullanımı ile krigleme yöntemi oluşturulan depo potasyum haritası	59
Şekil 4.14. Çalışma alanında yarayıklı potasyuma ait izotropik semivariogram.....	59
Şekil 4.15. Oluşturulan semivariogram modelinin kullanımı ile krigleme yöntemi oluşturulan değişebilir (yarayıklı) potasyum haritası.....	60
Şekil 4.16. Oluşturulan semivariogram modelinin kullanımı ile oluşturulan katyon değişim kapasitesinin (KDK) dağılımını gösteren harita.....	61
Şekil 4.17. Oluşturulan semivariogram modelinin kullanımı ile oluşturulan spesifik yüzeyalanı değerlerinin dağılımını gösteren harita.....	61
Şekil 4.18. Oluşturulan semivariogram modelinin kullanımı ile hazırlanan smektit kil içeriğinin dağılımını gösteren harita.....	64
Şekil 4.19. Katyon değişim kapasitesinin kullanımı ile oluşturulan semivariogram modelinin kullanımı ile hazırlanan smektit kil içeriğinin dağılımını gösteren harita.....	64
Şekil 4.20. Katyon değişim kapasitesi ve depo potasyumun kullanımı ile oluşturulan semivariogram modelinin kullanımı ile hazırlanan smektit kil içeriğinin dağılımını gösteren harita.....	65
Şekil 4.21. Oluşturulan semivariogram modelinin kullanımı ile oluşturulan illit kil içeriğinin dağılımını gösteren harita.....	66
Şekil 4.22. Katyon değişim kapasitesinin kullanımı ile oluşturulan semivariogram modelinin kullanımı ile hazırlanan illit kil içeriğinin dağılımını gösteren harita.....	67
Şekil 4.23. Oluşturulan semivariogram modelinin kullanımı ile oluşturulan kaolinit kil içeriğinin dağılımını gösteren harita.....	68
Şekil 4.24. Katyon değişim kapasitesinin kullanımı ile oluşturulan semivariogram modelinin kullanımı ile hazırlanan kaolinit kil içeriğinin dağılımını gösteren harita.....	69
Ek 1.1. Düz düze yakın eğimli arazilerde yer alan 92 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray paternleri	82

Ek 1.2. Düz düze yakın eğimli arazilerde yer alan 103 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray paternleri	82
Ek 1.3. Sol sahil %2-6 eğimli arazilerde yer alan 142 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray paternleri	83
Ek 1.4. Düz düze yakın eğimli arazilerde yer alan 249 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray paternleri	83
Ek 1.5. %2-6 eğimli arazilerde yer alan 289 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray paternleri	84
Ek 1.6. Sağ sahil %2-6 eğimli arazilerde yer alan 312 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray paternleri	84
Ek 1.7. Sol sahil %2-6 eğimli arazilerde yer alan 330 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray paternleri	85
Ek 1.8. Düz düze yakın eğimli arazilerde yer alan 336 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray paternleri	85
Ek 1.9. Sol sahil %2-6 eğimli arazilerde yer alan 360 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray paternleri	86
Ek 1.10. Düz düze yakın eğimli arazilerde yer alan 379 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray paternleri	86

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Yarayışlı (değişebilir) potasyum içeriğine göre Cooke (1982) tarafından geliştirilen sınıflama sistemi ve bu topraklar için önerilen gübre uygulama önerileri.....	20
Çizelge 3.2. Değişebilir potasyum içeriklerine göre toprakların FAO (1990) sınıflandırılmaları.....	21
Çizelge 3.3. Değişebilir potasyum içeriklerine göre toprakların Ülgen ve Yurtseven (1988) sınıflandırılmaları.....	21
Çizelge 3.4. Araştırmada ele alınan (kil mineralojisi haricindeki) toprak özelliklerinin logaritmik dönüşüm yapılmadan önceki ve sonraki değerleri için yapılan normal dağılım testi ve yatıklık değerleri	26
Çizelge 4.1. Araştırma alanından alınan toprak örneklerine ait (0-30 cm) bazı temel toprak özellikleri ile ilgili tanımlayıcı istatistik verileri (N=400) (Günal ve ark., 2008).	29
Çizelge 4.2. Tüm alana ait toprak örneklerinin çeşitli potasyum formlarına ait tanımlayıcı İstatistik parametreleri	30
Çizelge 4.3. Düz düze yakın, %0-2 Eğimli (N=294) ait toprak örneklerinin çeşitli potasyum formlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri	36
Çizelge 4.4. Sağ Sahil sulama kanalı altında yer alan %2-6 eğimli arazilerden alınan toprak örneklerine (N=43) ait çeşitli potasyum formlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri	37
Çizelge 4.5. Sol Sahil sulama kanalı altında yer alan %2-6 eğimli arazilerden alınan toprak örneklerine (N=63) ait çeşitli potasyum formlarına ait tanımlayıcı İstatistik verileri.....	38
Çizelge 4.6. Analizi tamamlanan örneklerin spesifik yüzey alanlarına ($m^2 g^{-1}$) ait tanımlayıcı istatistik parametreleri	38
Çizelge 4.7. Kazova'dan örneklenen toprakların bazı toprak özellikleri ve spesifik yüzey alanları arasındaki korelasyonlar (N=400).....	39
Çizelge 4.8. Farklı fizyografik birimlerden örneklenen toprak özelliklerinin normal dağılım* testlerine ilişkin veriler	41
Çizelge 4.9. Ana materyallerine göre gruplandırılmış toprakların depo ve yarayışlı potasyum içerikleri için uygulanan ANOVA testi sonuçları.....	41
Çizelge 4.10. Ana materyallerine göre gruplandırılmış toprakların kil mineralojileri için uygulanan DUNCAN testi sonuçları.....	42
Çizelge 4.11. Kazova'da %0-2 eğimli arazilerden örneklenen toprakların bazı toprak özellikleri ve spesifik yüzey alanları arasındaki korelasyonlar N=293	42
Çizelge 4.12. Kazova'da sol sahilde yer alan %2-6 eğimli arazilerden alınan toprakların bazı toprak özellikleri ve spesifik yüzey alanları arasındaki korelasyonlar N=63	43

Çizelge 4.13. Kazova’da sağ sahilde yer alan %2-6 eğimli arazilerden alınan toprakların bazı toprak özellikleri ve spesifik yüzey alanları arasındaki korelasyonlar N=43	43
Çizelge 4.14. Kil mineralojisi için seçilen örneklerin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları	48
Çizelge 4.15. Farklı ana materyaller üzerinde yer alan toprakların kil içeriklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri	51
Çizelge 4.16. Araştırma alanından alınan ve kil mineralojisi için seçilen toprak örneklerinin (N=96) smektit, illit ve kaolinit içerikleri ile bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyonlar	53
Çizelge 4.17. Ana materyallerine göre gruplandırılmış toprakların Kil mineralojileri için uygulanan ANOVA testi sonuçları.....	54
Çizelge 4.18. Ana materyallerine göre gruplandırılmış toprakların kil mineralojileri için uygulanan DUNCAN testi sonuçları.....	54
Çizelge 4.19. Çalışılan özelliklerin uzaysal bağımlılığını modelleyen modellere ait parametreler.....	57
Çizelge 4.20. Smektit kil tipinin dağılımının KDK ile ortak krigleme yoluyla tahmin edilmesinde kullanılan çapraz değerlendirme (cross-semivariogram) parametreleri	63

1. GİRİŞ

Topraktaki potasyumun (K) dinamiği ile ilgili bilgilerin geliştirilmesi birçok ekosistemin verimliliğinin ve sürdürülebilirliğinin daha iyi anlaşılabilmesi açısından oldukça önemlidir (Tripler ve ark., 2006). Bu bilgi aynı zamanda K'un etkin kullanımını teşvik edecek ve küresel K kaynakları için daha sürdürülebilir bir geleceği temin etmemize de yardımcı olacaktır (Öborn ve ark., 2005).

Yerkabuğu genel olarak %2-3 arasında K içermekte olup, bu potasyumun çok büyük bir bölümü kil minerallerine bağlı olarak bulunmaktadır ve bu nedenle kil minerallerince zengin topraklar genellikle potasyumca da zengindir (Güzel ve ark., 2002). Mineral toprakların K içerikleri genellikle %0,04-3 arasında değişir. Toprak profilinin yüzey kısmında K içeriği 3 ile 100 kg ha⁻¹ arasında değişir. Bu toplam potasyumun %98'i mineral formlarda ve geriye kalan %2'si toprak çözeltisi içerisinde değişebilir formlarda bulunmaktadır (Schroeder, 1979; Bertsch ve Thomas, 1985; Sparks, 1987). Toprakta K'un konsantrasyonu diğer makro veya ikincil besin elementlerinin konsantrasyonlarından daha yüksektir ve bu durum çoğunlukla toprak ana materyali içerisindeki potasyum konsantrasyonunun göstergesidir. Mağmatik kayalardan granit ve syenit 46 ile 54 g K kg⁻¹, bazalt 7 g K kg⁻¹ ve peridodite'ler 2 g K kg⁻¹ potasyum içerirler. Tortul kayalardan killi şeyl 30 g K kg⁻¹ içerirken, kireç taşı sadece 6 g K kg⁻¹ içerir (Sparks, 1987).

2008 yılı Temmuz ayında tamamlanan bir TÜBİTAK projesi (TOVAG 105 O 617) kapsamında sürdürülebilir tarım için gerekli güncel veri tabanının oluşturulması amacı ile yoğun bir şekilde toprak örneklemeleri yapılmış ve birçok fiziksel ve kimyasal toprak özelliğini belirlemeye yönelik analizler yapılmıştır. TUBİTAK TOVAG 107 O 879 nolu bir başka TUBİTAK destekli proje ile tamamlanan bu tez çalışması, toprakların yarayışlı ve depo potasyum içerikleri, kil mineralojilerinin analizi ve birçok toprak özelliğinin indikatörü olarak bilinen spesifik yüzey alanları belirlenerek bu veri tabanına katkı yapılmıştır.

Çiftçilere gübreleme için genellikle alınabilir formdaki besin elementlerinin analizi yapılarak gerekli olan gübre miktarları ve çeşitleri önerilir. Ancak topraklarımızda çok yüksek konsantrasyonda olmasına rağmen bitkiler için küçük bir kısmı yarayışlı formda olan potasyumun depo formundaki miktarının da bilinmesi özellikle uzun vadeli gübre

planlamalarının yapılabilmesi için gereklidir. Minerallerin ayrışması esnasında toprağa bir miktar K salıverilmektedir, ancak yoğun tarımsal faaliyetlerin yapıldığı alanlarda dışarıdan gübre olarak K uygulanmadığı takdirde ayrışma ile toprağa katılan K bitkilerin gereksinimini karşılamaya yetecek kadar fazla değildir. Potasyum için bir diğer önemli konuda toprakta bulunan vermikülit gibi kil minerallerinin çözültideki potasyumu fikse ederek yarayışsız forma dönüştürme potansiyelinin olmasıdır. Ovakı toprakların kil mineralojisinin belirlenerek jeostatistiksel olarak analiz edilmesi ve uzaysal dağılım haritalarının oluşturulması ile potasyum gübrelemesinde dikkat edilmesi gereken alanlar daha doğru biçimde belirlenmiştir. Kil mineralojisi analizlerinin yapılması uzun zaman ve finansman gerektirdiğinden dolayı tüm toprak örneklerinin kil mineralojisini yapabilmek mümkün değildir. Ancak kil mineralojisi ile yüksek miktarda korelasyonu olan toprak özelliklerinin ilişkilerinin modellenmesi ile çalışma alanına ait daha güvenilir kil haritaları oluşturulmuştur.

Kil mineralojisi ve potasyum içerikleri ile kil mineralojisi ve diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin incelendiği çalışmalar yeni değildir. Ancak bu etkileşimlerin (ilişkilerin) uzaysal olarak incelendiği bir başka çalışmaya literatürde rastlanamamıştır. Bu yönü ile de ayrıca özgünlüğü olan bu çalışma sonuçlarının konu ile ilgili literatüre de önemli katkılar yapacak niteliktedir.

Araştırma sonuçlarından birinci derecede faydalanacaklar yörede tarımsal faaliyetler ile ilgilenen çiftçilerimiz olacaktır. Tüm ova topraklarının yarayışlı ve depo potasyum içeriklerinin analiz edilerek haritalanması ile hangi bölgelerin potasyum gübrelemesine ihtiyacı olacağı belirlenmiş olacaktır. Bu sonuç ise gübre kullanım tavsiyesi ve planlaması yapan kişi ve kuruluşlarca dikkate alındığında potasyum eksikliğinin olduğu bölgelere yeterli kullanımı sağlayacağından veya fazlalık olan yerlere fazla kullanımı önlemede etkili olacağından ekonomik kazanç sağlamış olacaktır. Çalışma alanı topraklarının kil mineralojileri belirlenip haritalandıktan sonra potasyum fiksasyonu açısından hassas olan alanlar belirlenecek ve bu arazilerde potasyumlu gübre kullanımı ile ilgili önerilerin dikkate alınması tavsiye edilecektir. Bitkisel üretimde bu kadar önemli bir yeri olan potasyum gübrelemesinin doğru yapılabilmesi bölge çiftçisinin ürün miktarını arttırmasına ve kaliteli ürün elde etmesine yardımcı olacaktır.

Kil mineralojisinin belirlenmesi sadece bu çalışma kapsamında ilişkilendirdiğimiz depo potasyum açısından değil, aynı zamanda diğer birçok besin elementinin yarayışlılıklarına

etkisi, pestisit kullanımı, yüzey ve yüzey altı sularının kirlenme potansiyellerinin belirlenmesi gibi çalışmaları ve sulama projelerinin planlamasına olan katkılarından dolayı da önemli bir veri sağlayacaktır.

Bu çalışmanın, aynı alanda tamamlanan geniş kapsamlı bir çalışmaya ilave olarak yapılması, buradan elde edilecek verilerin aynı topraklar için analizi yapılmış diğer toprak özellikleri ile etkileşimlerinin değerlendirilebilmesi açısından da son derece önemlidir. Toprak sıkışması, tuzluluk, alkalilik ve çeşitli fiziksel ve kimyasal özelliklerin daha önceden belirlenmiş olması kil mineralojisi ile bu özelliklerinin ilişkilendirilmesini sağlayacak ve sürdürülebilir tarım için önerilecek tedbirlerde kil mineralojisinin de dikkate alınmasını sağlayacaktır.

Çalışmadan beklenen çıktıları aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür;

1) Öncelikle yoğun bir şekilde tarımsal faaliyetlerin yürütüldüğü ancak tüm Türkiye’de olduğu gibi yetersiz potasyum gübrelemesinin yapıldığı Kazova topraklarının potasyum içeriği (yarayışlı ve depo) tüm ovayı temsil edecek şekilde alınmış örnekler kullanılarak araştırılacaktır. Çalışma sonunda oluşturulacak haritalar yardımı ile ovada potasyum için hassas olan alanlar belirlenebilecektir.

2) Potasyum gübrelemesinde ve idaresinde önemli hususlardan bir tanesi de potasyumun özellikle mika grubu kil mineralleri tarafından daha az yarayışlı bir konumda bağlanıyor olmasıdır. Kil mineralojisi ile ilgili haritalar oluşturulduğunda, potasyum fiksasyonuna hassas olan alanlar kolaylıkla belirlenmiş olacaktır.

3) Kil mineralojisi ve spesifik yüzey alanı arasında çok güçlü bir ilişkinin olduğu daha önce yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur. Spesifik yüzey alanı (özellikle mineral kökenli olan) toprağın çok zor değişen özelliklerinden bir tanesidir. Ova topraklarının spesifik yüzey alanlarının belirlenmesinden sonra geoistatistiksel yöntemler ile kil mineralojisi yapılmayan noktalar için yapılacak kil mineralojisi tahminlerinin güvenilirliğinin kontrol edilebilme olasılığı doğacaktır.

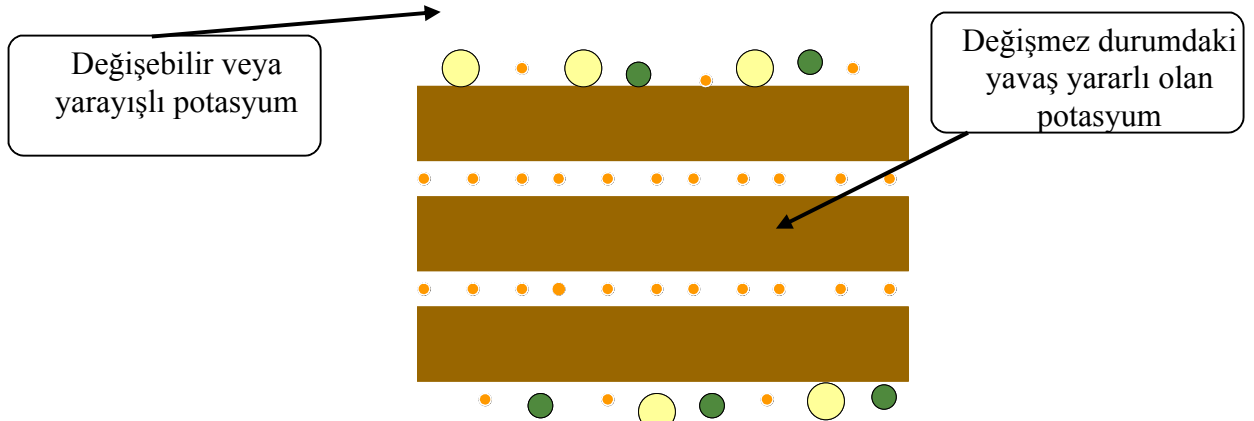
4) Daha ucuz bir şekilde belirleyebildiğimiz toprak özellikleri (yarayışlı potasyum, depo potasyum ve spesifik yüzey alanı) ile kil mineralojisi arasındaki geoistatistiksel analizler diğer ovalarımızda veya tarım alanlarımızdaki toprakların ilişkili özelliklerinin haritalanmasında da kullanılabilir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Potasyum

Potasyum, yerkabuğunun, toprakların ve bitkilerin temel bileşenidir. Yer kabuğunda en fazla bulunan yedinci elementtir. Litosferde ortalama 25,9 g K kg⁻¹ potasyum bulunur (Hurlbut ve Klein 1977). Toprakta potasyumun bulunduğu aralık ise 0,4-30 g K kg⁻¹ (Helmk,2000). Temel ve ikincil besin elementleri içerisinde K, genelde toprakta en yaygın olan besin elementidir (Sparks ve Huang,1985). Bitkiye gerekli olan mineral katyonlar içerisinde K boyut olarak en iri olanıdır, bu nedenle mineral yapılarında K ile koordine olan oksijen iyonlarının sayısı fazladır. Bunun sonucunda da her bir K-O bağı oldukça zayıftır. Potasyum NH₄⁺,Rb⁺,Cs⁺ ve Ba⁺²,dan daha düşük polariteye sahiptir. Bunun aksine K, Ca, Mg, Li ve Na iyonlarına oranla daha yüksek polariteye sahiptir. Daha yüksek polariteye sahip olan iyonlar, iyon değişim reaksiyonlarında daha fazla tercih edilirler (Helfferrich,1962). Bundan dolayı tabakalar arası boşlukta çok az şişmeye (genişlemeye) neden olurlar (Huang,2005).

Toplam potasyum içeriği yüksek olmasına rağmen çoğu topraklarda gelişme döneminde bitkiler için iyi bir ürün almaya yetecek kadar potasyum serbest hale geçmemektedir. Fazla miktarda potasyum içeren topraklarda, toprağa potasyumlu bir gübrenin verilmesi verim artışına neden olmaktadır (Havlin ve ark., 1999). Toprakta K formları çözültide bulunan, değişebilir formda bulunan, fikse olmuş ve mineral yapıdaki K şeklindedir (Şekil 2.1). Çözültideki ve değişebilir K genellikle topraklardaki toplam potasyumun küçük bir bölümü olarak kabul edilir. Potasyum içeren mikalar ve feldspatlar toprağın temel K rezervleridir (Huang,1989). Muskovit, biotit, mikroklin ve ortoklas topraklarda bulunan temel K içeren minerallerdir. Diğer mikalar ve feldspatlar ile bazı minarelerde önemli miktarda K içerirler. Mika, vermikülit, allofan ve zeolitin ayrışma reaksiyonları ile K toprağa salıverilir. Potasyum topraklarda fikse olmuş formda da bulunur. Gübrelenen bölgenin hemen yakınında K Alüminyum hidroksitler ve asit fosfat çözültileriyle reaksiyona girerek, taranakit oluşumuna neden olurlar (Liu ve ark., 2002). Topraktaki K formlarının biyolojik olarak yararlılık sıralaması şöyledir: Çözültideki K> değişebilir K> fikse olmuş (değişmez haldeki) K> yapıdaki K şeklindedir (Sparks, 2000). Topraktaki K'un çoğunluğu toprak çözültisinden kök bölgesine difüzyon ve kitle hareketiyle taşınır.

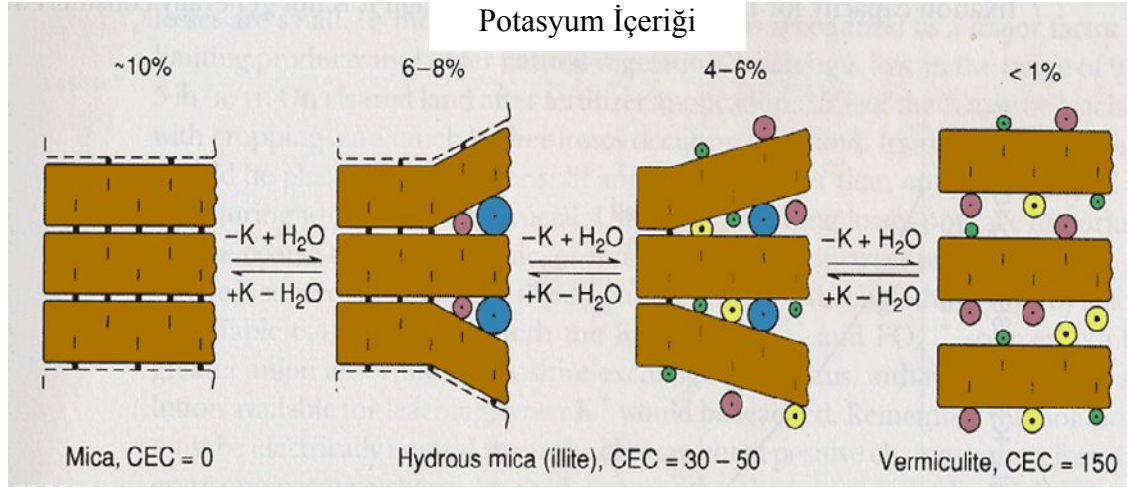


Şekil 2.1. Yavaş yararılı (değişmez) ve değişebilir (bitkiye yararılı) potasyumun kil minerallerindeki pozisyonları (Havlin ve ark., 1999).

Potasyumun çözeltideki formu, bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından doğrudan alınabilir ve topraklarda yıkanmaya en uygun olan formdur. Yağışlı bölgelerde tarım topraklarında toprak çözeltisindeki K konsantrasyonu 2-5 mg K lt⁻¹ arasında değişir. Bir gelişim sezonu boyunca toprak çözeltisindeki K miktarı genellikle bitkilerin gereksinimini karşılayacak seviyede değildir. Potasyumun çözünürlüğünün düzeyi K formları arasındaki dinamikler ve dengelerle belirlenir. Bu durum toprak nemi, çözeltideki ve değişim bazlarındaki katyonlar, inorganik ve organik ligantların çözünmesi, bitkiler tarafından uzaklaştırılma, mikrobiyal aktivite, gübreleme ve yıkanma gibi faktörler tarafından etkilenir (Huang, 2005).

Değişebilir K formu kil minerallerinin seski oksitlerin ve organik maddenin yüzeylerinde dış çeper kompleksi olarak elektrostatik bir bağla bağlı bulunan potasyumdur. Mineral yüzeyler ve K arasındaki bağlanma gücü bireysel K iyonları arasındaki hidrasyon güçlerinden daha büyük olduğunda K fikse olur. Bu kristal yapının kısmen bozulmasına neden olur ve K iyonları çeşitli düzeylerde fiziksel olarak hapsolür. Bu durum potasyumun difüzyonla kontrol edilen bir işlemle yavaş bir şekilde serbestlenmesine neden olur. Fikse olmuş K çeşitli toprak bileşenlerinde bulunabilir, fikse K aynı zamanda ayrışan mikaların ve vermikulitlerin açılan bölgelerinde de bulunabilir (Rich, 1972). Potasyumdan daha küçük olan katyonlar (NH₄⁺ ve H₃O⁺) açılan bölgedeki potasyumla değişim yapabilirler (Şekil 2.2). Hidrate çapı daha geniş olan katyonlar (Ca, Mg gibi) açılan bölgeye sığmazlar ve fikse olan K'ü serbest hale geçiremezler. Yavaş yararılı (fikse) olan potasyumun yararılı forma dönüşmesi çok çeşitli toprak parametrelerine bağlı olduğundan bitkilere orta derecede veya çok az miktarda yararılı halde olduğu kabul edilir (Goulding, 1987; Sparks ve Huang, 1985). Fikse K'un

değişebilir K'a dönüşmesi bitki alımı, mikrobiyal aktivite ve yıkanma ile değişebilir ve çözültideki K'un miktarlarının azalmasıyla gerçekleşir (Sparks,2000).



Şekil 2.2. Mineral oluşumu esnasında potasyumun serbest kalması (Havlin ve ark., 1999).

Holmqvist ve ark. (2003), Norveç'te farklı arazilerde yaptıkları araştırmalarda, ayrışma sonucu toprağa bırakılan K miktarının 3 ile 82 kg K/ha olduğunu ve bu 20 katlık farkın toprakların tekstür, yüzey alanı ve mineralojik kompozisyonu gibi özelliklerinin farklılığından kaynaklandığını bildirmişlerdir. Ayrışmanın fazla olduğu arazilerde kil büyüklüğündeki minerallerin fazla olması spesifik yüzey alanlarının da fazla olmasına neden olmaktadır. Araştırmacılar yüksek spesifik yüzey alanı ile fazla ayrışma arasında yüksek oranda ilişki bulduklarını rapor etmişlerdir. Havlin ve ark. (1999)'da mikanın tabakaları arasındaki potasyumun yavaş yavaş saliverilmesi ile illit (susuz mika) ve sonunda vermikulit kil mineralinin oluştuğunu bildirmişlerdir. Bu durumda kil mineralleri su alır ve tabakalar şişmeye başlarlar. Mikanın değişimi ve ayrışımı esnasında spesifik yüzey alanı ve katyon değişim kapasitesinde de artış meydana geldiği bildirilmiştir (Şekil 2.2).

Vermikulit kil mineralinin tabakaları arasında bulunan K iyonlarından dolayı büyük miktarda boşluk bulunmaz. Ortamda yeterince serbest K olduğunda vermikulit kil mineralleri yeniden mika'ya dönüşebilirler. Page ve Baver (1939), potasyumun kil mineralleri tarafından fiksasyonunu şu şekilde açıklamışlardır:

Smektit ve montmorillonit gibi genişleme özelliği olan kil minerallerinin tabakaları arasındaki yüzeyler, altıgen olarak dizilmiş bir oksijen tabakası içerirler ve bu altıgen boşluğun çapı 2,8

Å'dur. Toprak kurumaya başladığı zaman tabakalar arasındaki boşluk azalır ve katyonların etrafında bağlı bulunan su molekülleri uzaklaşmaya başlar. Bu durumda katyonlar dehidrate durumdaki yarıçaplarına eş değer büyüklüktedir. Dehidrate çapları kristal kafeslerdeki bu boşluklara uyan katyonlar, girdikleri bu boşluklarda sıkı bir şekilde bağlanırlar. Bu boşluğa giren katyonların boyutlarının boşluğa olan mükemmel uyumlarının yanında kristal yapı içerisindeki negatif yüke daha yakın olmaları tabakaların birbirlerine yakınlaştırılmasını sağlar. Bu boşluğa giremeyen diğer katyonlar ise ancak tabakalar arasında tutunabilirler. Normalden daha küçük olan katyonlar ise boşluğa girebilmelerine rağmen kolayca bu boşluktan çıkabildikleri için potasyum veya amonyum kadar güçlü tutunamazlar (Sağlam, 1997).

Topraktaki toplam K'un çok büyük bir kısmı yapıdaki K'dur ve genellikle feldspatlar ve mikalar gibi K içeren primer minerallerin yapısında bulunurlar. Yapısal K genellikle çok az bitkiye yararlı olarak kabul edilir (Sparks, 2000). Karan ve ark (1990), topraktaki potasyum salınımının toprağın kil mineralojisinin bir fonksiyonu olduğunu ve bunun ana materyal ile ilişkili olduğunu rapor etmişlerdir. Araştırmacılar çalışma alanlarında yer alan ana materyallerden potasyum salınımını, şeyl ve dolomitik kireç taşı>şeyl, şist ve filitler>kum taşı ve konglomera şeklinde sıralamışlardır. Araştırmacılar illit ve kloritçe zengin olan şeyl ve lakustrin depozitleri üzerinde gelişmiş olan topraklardaki mineral formdaki K miktarının %31,1-35,7 arasında ve kaolinitin baskın olduğu diğer ana materyaller üzerinde gelişen topraklarda ise bu oranın %15-20,7 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Değişebilir veya suda eriyebilir katyonların herhangi bir nötr tuz çözeltisi ile ekstrakte edilmeyecek şekilde toprağın değişim materyallerine bağlanmasa fiksasyon denir. K, NH₄, Rb, Cs ve Ba gibi katyonlar toprakta fikse edilirler. Bunlar içerisinde bitki beslenmesi açısından en önemli olanlar K ve NH₄ olduğundan dolayı bu güne kadar yapılmış çalışmaların çoğunda bu iki katyon ele alınmıştır (Sağlam, 1997). Potasyum fiksasyonu ve serbestlenmesi toprakta bulunan minerallerin çeşidi ve miktarı, solusyon fazındaki potasyumun miktarı, mineral parçacıkların ayrışma derecesi ve büyüklüğü, toprak pH'sı, yağış ve sıcaklık, hayvan gübresinin uygulanması, toprak yapısı, donma çözünme ve ıslanma-kuruma, mikrobiyolojik aktivite ve organik asitlerin kompleksleşme miktarı, toprağın redoks potansiyeli ve bitki kökleri tarafından etkilenmektedir (Rich, 1972, Goulding, 1987, Sparks, 1987). Bu nedenle potasyum fiksasyonu tüm topraklarda aynı miktarda gerçekleşmemektedir. 2:1 tipi kil

minerallerinden illitin yüksek olduğu topraklarda fiksasyon çok daha yüksektir. Bununla birlikte kaolinit gibi 1:1 tipi killer potasyumu fikse etmezler (Havlin ve ark., 1999).

Potasyum fiksasyonu gübrelemenin etkinliğini değiştirdiğinden dolayı toprak-bitki sisteminde önemli bir rol üstlenmektedir. Toprakların fiksasyon kapasitelerini etkileyen en önemli faktörler; kil mineralojisi ve toprağın nem içeriğidir (Sadri ve Csitari, 1998). Potasyum fiksasyonu özellikle ince tekstürlü olan topraklarda daha baskındır. Mika bakımından zengin olan topraklar K^+ açısından önemli bir kaynak olarak gösterilirken, vermikulit bakımından zengin topraklarda potasyum fikse olduğu için vermikulitin zengin olduğu topraklar da yarayışlı potasyum sıkıntısı görülebilmektedir (Officer ve ark., 2006).

Tüm bu faktörler içerisinde toprağın mineralojisi ve toprak çözeltisi içerisindeki K'un seviyesi K'un bağlanması ve serbestlenmesi üzerine en fazla etki eden faktörlerdir. Bu nedenle kil mineralojisi dâhil toprakta potasyumun yarayışlılığına etki eden faktörlerin herhangi birindeki değişkenlik toprakların yarayışlı potasyum içeriğine de etki edecektir. Pal ve ark. (2002), güney batı Avustralya'da tekstür bileşenlerinin toprağın depo potasyum içeriğine olan etkilerini belirlemek için yaptıkları bir araştırmada, kum, silt ve kil fraksiyonlarının 1 M HNO_3 ile tepkimesi sonunda sırası ile %0,4 – 3,4, %2,6 – 36,3 ve %11,2 – 51,4 arasında toplam K'un serbestlendiğini rapor etmişlerdir. Bunun farklı boyuttaki mineral parçacıkların mineralojik bileşimlerinin farklılığından kaynaklandığını bildirmişler ve kum fraksiyonunda düşük K serbestlenmesinin feldspatca zengin olan kum parçacıkları içerisinde K'un sıkı bir şekilde bağlanmış olması ile açıklamışlardır. Sarkar ve ark. (1993) ise toplam potasyumun ince kum ve silt fraksiyonlarında yoğunlaştığını, yararlanılabilir potasyumun %55 - 90'nının ise kil fraksiyonundan kaynaklandığını, potasyum fiksasyonunun ise mevcut kil minerallerinin miktar ve tipine bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

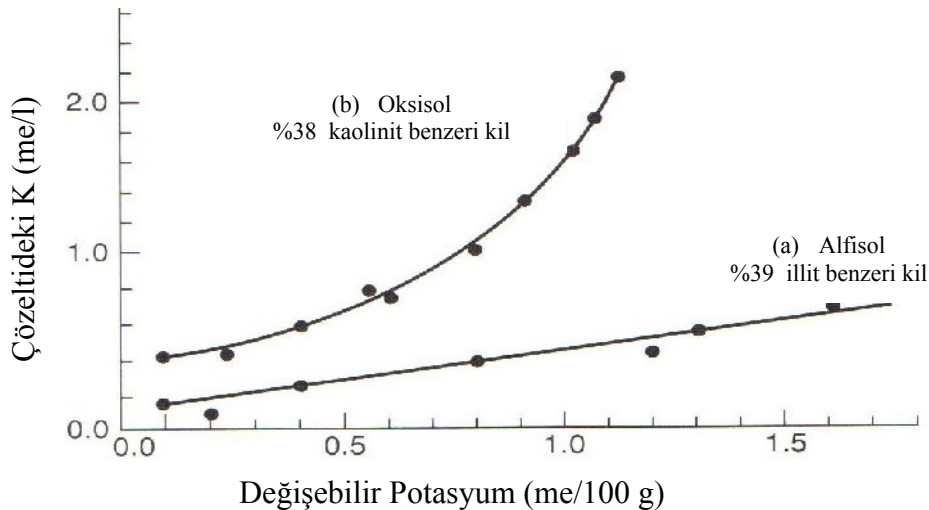
Toprak neminin az olduğu durumlarda, toprak parçacıklarının etrafındaki su filmleri ince ve kesikli bir haldedir. Bu durumda köklere potasyumun ulaşması oldukça zor olur. Toprak içerisinde K'un taşınmasında suyun çok büyük bir rolü vardır. Toprak nem içeriğinin %10'dan %28'e yükseltilmesi ile taşınma toplam olarak %175 oranında artmakta olduğu rapor edilmiştir.

pH'nın düşük olduğu koşullarda değişebilir Al^{+3} ve Mn^{+2} 'un toksik seviyelerde bulunması, kök etrafında bitki besin elementlerinin alımı için uygun olmayan şartların oluşmasına neden olacaktır. Asit karakterli topraklar kireçlendikleri zaman değişebilir haldeki Al^{+3} çözünmez

formda olan $\text{Al}(\text{OH})_3$ 'a dönüşür. Değişebilir Al^{+3} un azalması K^+ ile olan rekabetin azalmasına yol açar ve bu da değişebilir bölgeler için K^+ un Ca^{+2} ile rekabet edebilmesini sağlar. Bunun bir sonucu olarak, katyon değişim yüzeylerinde daha yüksek oranda K^+ adsorbe olunur. Bu durumda yıkanma ile olacak K kayıpları da büyük oranda azaltılmış olur (Havlin ve ark., 1999).

Kaba tekstürlü toprakların haricindeki toprakların çoğunluğunda K'un yıkanma ile kaybı çok düşük düzeydedir. Ancak yağışlı tropik bölgelerde, K'un yıkanması bitkisel üretimi sınırlandıran en önemli etkenlerdendir. Gübre olarak K, hem organik hem de inorganik formlarda bulunabilir. Organik atıklar içerisindeki (hayvan gübresi ve atık çamurunda) K gübreleri genellikle çözünebilir inorganik formlardadır. Hayvan atıklarında, kuru madde içerisinde K miktarı, %0,2 - 2 arasında değişmektedir (Havlin ve ark., 1999).

Potasyumun yararıllığına etki eden diğer faktörler ise; kolloitin tipi, sıcaklık, ıslanma-kuruma, donma-çözünme ve toprak pH'sıdır. Bitkilerin kullanımı ve kaba tekstürlü topraklardaki yıkanmadan dolayı potasyum sürekli olarak topraktan eksilir. Bu durumlarda, sürekli ancak yavaş bir şekilde primer minerallerde bulunan potasyum değişebilir ve bitkilere yavaş yararlı potasyum formuna dönüşür. Kaolinit kil içeriğinin yüksek olduğu topraktaki dik eğim tamponlama kapasitesinin düşük olduğuna işaret eder (Havlin ve ark., 1999) (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Kil içeriği aynı ancak kil mineralojileri farklı olan iki toprağın değişebilir potasyum ve çözeltideki potasyum içerikleri arasındaki ilişki (Havlin ve ark., 1999).

2.2. Spesifik Yüzey Alanı (SYA)

Toprakların spesifik yüzey alanı, su tutma kapasitesi, katyon değişimi, kimyasal ayrışma ve adsorpsiyon gibi özelliklerle yakından ilişkili olan önemli bir fiziksel özellik olmakla beraber kil minerallerine ve tanecik büyüklük dağılımına bağlı olarak büyük değişkenlik gösterir (Filgueira ve ark., 2006). Toprak özelliklerinin belirlenmesinde kil minerali tiplerinin toprak bileşimindeki miktarlarının belirlenmesi önemlidir. Şayet kil fraksiyonu yüzdesi çok düşük bir seviyede ise, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine bu kil mineralinin etkisi çok yüksek olmayabilir. Bu sebepten dolayı killerin toprak bileşimindeki miktarının bilinmesi ziraat ve zemin mühendisliği gibi birçok bilim dalı tarafından önem teşkil etmektedir (Yılmaz, 2001).

Topraktaki fiziksel ve kimyasal süreçleri ve toprakların genel tarımsal ve mühendislik amaçlı kullanımları üzerine toprakların şişme ve büzülme süreçleri çok önemli bir etkiye sahiptir (Bronswijk, 1989). Kahramanmaraş Bölgesinde yer alan toprak ordoları üzerinde yapılan araştırmada, vertisol ve inceptisol ordoları basta olmak üzere katyon değişim kapasitesi ve yüzey alanı yüksek olan smektit ve vermikulit mineralleri fazla bulunan toprakların, zemin açısından sorun teşkil edeceği, bu sebepten bu alanlarda gerekli kültürel önlemlerin alınması ve zemin mekaniği araştırmalarının daha detaylı yapılması önerilmiştir (Yılmaz, 2001).

Kil minerallerinin topraktaki miktarı, agregat stabilitesi, yüzey alanı, katyon değişim kapasitesi, yük yoğunluğu, dispersiyon, şişme büzülme ve organik karbon gibi toprak özellikleri üzerinde önemli etkiye sahiptir (Dimoyiannis ve ark., 1998; Schulten ve Leinweber, 2000). Kil mineralleri tabakalı yapıda kristalin ya da kristalin olmayan amorf yapıda bulunmaktadır. Kristalin olmayan amorf yapıdaki killer (volkanik tüfler gibi) agregat oluşumunda büyük öneme sahiptir. Allofan yapıda kristalin olmayan kil mineralleri yüksek yüzey alanları ve pH'ya bağımlı yükleri nedeniyle agregatlaşmayı artırır (Powers ve Schlesinger, 2002). 1:1 tipi kaolinit gibi şişme ve büzülme özelliği düşük kil mineralleri, katyon değişim kapasitelerinin düşük olması ve yüzey alanlarının az olması nedeniyle agregatlaşmayı azaltmaktadır. Bunun aksine şişme ve büzülme özelliği yüksek olan 2:1 tipi smektit grubu killer, yüksek yüzey alanı, yüksek katyon değişim kapasitesi ve yüksek organik karbon içeriği nedeniyle agregatlaşmayı artırır (Seta ve Karathanasis, 1996; Schulten ve Leinweber, 2000; Six ve ark., 2000).

Kil minerallerinin özgül yüzey alanı ve katyon değişim kapasiteleri (KDK) incelendiğinde, smektit kil minerallerinin yüzey alanı 800 m²/g, vermikulit 750 m²/g ve kaolinit 30 m²/g bulunurken, vermikulitin katyon değişim kapasitesi 150 me/100g, smektitin 100 me/100g ve kaolinitin 6 me/100g bulunmuştur (Sayın, 1983).

Hepper ve ark., (2006)'nın yaptıkları bir çalışmada, spesifik yüzey alanı hem volkanik küllerce fakir topraklarda hem de kül bakımından zengin olan topraklarda önemli seviyede silt içeriğiyle ilişkili bulunmuştur. Kil fraksiyonu spesifik yüzey alanının sadece % 9'u ile ilişkilendirilmiştir. Spesifik yüzey alanı üzerindeki siltin etkisi ise silt fraksiyonu içindeki 2:1 tipi kil minerallerin varlığına bağlanmıştır. Bu sonuçlara göre, ayrıca volkanik küllerin spesifik yüzey alanını çok önemli düzeyde etkilemediğini de göstermiştir. Katyon değişim kapasitesi, volkanik küllerce zengin olan killer ve külsüz topraklardaki organik madde ile önemli düzeyde ilişki bulunmuştur.

Toprakların organik karbon içeriğinin spesifik yüzey alanı ile pozitif yönde ilişkili olduğu, ancak organik madde içeriğinin çok yüksek olması durumunda BET (Brunauer-Emmet-Teller) yöntemiyle belirlenen spesifik yüzey alan değerinin düştüğü bildirilmiştir (Kaiser ve Guggenberger, 2003). İllit kil mineralince zengin killi toprağa organik maddenin % 15 gibi yüksek seviyede uygulanması spesifik yüzey alanı ve agregat stabilitesinin azalmasına ve toprakta dispersiyona sebep olmuştur (Malkawi ve ark.,1999). Topraklardaki organik madde içeriğindeki artışa bağlı olarak su tutma kapasitelerinde beklenen artış, kil miktarı ve spesifik yüzey alanının su tutma kapasitesi üzerine olan etkisine göre daha düşük olmaktadır (Zhu, 1983).

Lear ve Stucki (1989), smektitin strüktürel yapısındaki demirin abiyotik azalması smektitin spesifik yüzey alanını azalttığını belirtmiştir. Benzer durum Kostka ve ark. (1999), tarafından Fe'in biyotik olarak azaltılması sonucunda da doğrulanmıştır. Smektit katmanlarının demirin azalmasıyla ortaklaşa yıkımı spesifik yüzey alanını etkilemesinin yanında çok belirgin bir şekilde diğer önemli toprak özelliklerini de etkilemektedir. Demirin azalmasıyla katmanların çökmesi sonucu katmanlarda buluna katyonlar daha az değişken duruma gelmektedir (Stucki ve Kostka, 2006). Bu durum abiyotik olarak yüzey alanı azaltılan smektit mineralinde K⁺, Ca⁺², Cu⁺², Zn⁺² ve Na⁺ için doğrulanmıştır (Lear, ve Stucki, 1989; Khaled ve Stucki, 1991).

Busehiazzo ve Taylor (1993), Güney Amerika'nın yarı kurak, geniş ve ağaç olmayan alanlarındaki toprakların kil içeriğinin toprak yönetimini çok fazla etkilediğini, rüzgar ve su

erozyonunun yüzey toprağını uzaklaştırmasına bağlı olarak toprak yönetimi için en iyi özelliklerin ortadan kaldırdığından hem spesifik yüzey alanı hem de katyon değişim kapasitesinde önemli değişikliklerin meydana geldiğini bildirmişlerdir. Goldberg (1988), Kaliforniya'nın kurak bölgesindeki topraklarda toprak agregat stabilitesi ve kil dispersiyonun hem spesifik yüzey alanı hem de katyon değiştirme kapasitesiyle tamamen bağlantılı olduğunu belirtmiştir. Bunun yanı sıra, katyon adsorpsiyonunun ve kil içeriğinin artması ile 2:1 tipi kil minerallerinin miktarının (Martel ve ark., 1978) ve topraktaki organik madde içeriğinin (Thompson ve ark., 1989) arttığı da bilinmektedir.

Toprak işleme, toprakların su tutuma kapasiteleri, gübreleme ve ürün için ihtiyaç duyulan kimyasalların toprağa eklenmesi, toprakların spesifik yüzey alanları ile ilişkilidir. Spesifik yüzey alanı ile ilişkili olarak gübre ve bitki artıkları gibi organik materyallerin etkilerini değerlendirmek amacıyla, ahır gübresi ve kompostla ıslah edilmiş toprakların spesifik yüzey alanıyla, ticari gübrelerle ıslah edilen toprakların spesifik yüzey alanı karşılaştırılmıştır. Ahır gübresi ve kompost uygulaması sonucu elde edilen spesifik yüzey alanı değerleri ticari gübre uygulamalarına göre oldukça yüksek bulunmuştur (Fournier ve ark., 2002).

Li ve Shao (2006), Çin'in Loess Platosundaki bir çalışmalarında, vejetasyon farklılığına bağlı olarak yüzey katmanlarındaki toprakların hacim ağırlıklarının azaldığını, porozite, su tutma kapasitesi, agregat stabilitesi ve hidrolik iletkenlik değerlerinin önemli seviyede arttığını bildirmişlerdir. Vejetasyonda meydana gelen bu değişimin toprak strüktürünün ıslahında bir gösterge olarak kullanılabileceği, buna karşılık toprak tekstürü ve spesifik yüzey alanı gibi özelliklerde belirgin bir değişime sebep olmadığını belirtilmişlerdir. Bu durum tekstür ve spesifik yüzey alanı gibi özelliklerin ana materyal kaynaklı olduğunu ve değişimlerinin zor olduğunu göstermiştir.

Munsiri ve ark., (1995), 2, 23 ve 52 yıllık gibi farklı toprak yığınları üzerinde yaptıkları bir çalışmada, toprak derinliğinde artışa bağlı olarak çoğu fiziksel ve kimyasal özelliklerin değiştiğini belirtmişlerdir. Orijinal sıkışmış alt topraklarla üst topraklar karşılaştırıldığında, üstteki materyalin daha fazla nem bulundurduğu, daha düşük hacim ağırlığına (<1.49g/cm) sahip olduğu, daha yüksek silt ve kil yüzdesi içerdiği, daha yüksek gözeneklilik, spesifik yüzey alanı, katyon değişim kapasitesi, daha fazla organik madde ve bitki besin elementi içerdiğini gözlemlemişlerdir.

Petersen ve ark., (1996), spesifik yüzey alanının toprak tekstürü, katyon değişim kapasitesi, su tutma kapasitesi ve hidrolik iletkenlik değerleri ile ilişkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, spesifik yüzey alanının toprağın kil içeriği ile önemli pozitif korelasyon verdiğini, organik madde içeriği ile negatif korelasyon verdiğini belirtmişlerdir. Hepper ve ark., (2006), spesifik yüzey alanı ile toprakların kil ($r^2=0.449$, $p<0.001$, $n=24$), Al-oksit ($R^2=0.333$, $p<0.01$, $n=24$) ve silt ($r^2=0.70$, $p<0.001$, $n=24$) içerikleri arasında önemli pozitif ilişkiler bulmuşlardır. Regresyon analizlerinde bağımsız değişkenler olarak gösterilen Al-oksitler ve silt+kil spesifik yüzey alanındaki değişimin %82'sini kapsadığını belirtmişlerdir.

2.3. Kil Mineralojisi

2:1 tipi Mikalar 2:1 tipi filosilikatlerdir. Bunların dengelenmemiş bir yükü vardır ve bu yük sıkıca tutunmuş ve hidrate olmamış tabakalar arasındaki bir katyon ile doyurulur. Potasyum içeren mikalarda tabakalar arasındaki katyon çoğunlukla K'dur. 2:1 tipi killer 2 tetrahedral tabakanın arasında oluşan bir oktahedral tabakadan oluşmuşlardır. Biotit gibi trioktahedral mikalarda her 3 oktahedral pozisyonda doldurulmuştur. Muskovit gibi dioktahedral tabakalarda bu 3 oktahedral katyon yerinden 2 tanesi doldurulmuştur.

Mikalar hemen hemen her jeolojik ortamda bulunurlar. Şeyl, slate, şist, gnays, granit ve sedimentlerden oluşan kayalarda bol miktarda bulunur (Olson ve ark., 2000). Muskovit ve biotit mağmatik ve metamorfik kayalarda çok yaygın olarak bulunan mikalardır. Toprakta bulunan mikalar çoğunlukla ana materyalden kalıntıdır. Kayaçlarda ve topraklarda bulunan en yaygın mika grupları muskovit, biotit ve filogopittir. Muskovit gibi dioktahedral olan mikalar biotit ve filogopit gibi trioktahedral mikalara göre ayrışmaya karşı daha dirençlidirler. Bu nedenle, çoğu topraklarda kil büyüklüğündeki mika baskın olarak dioktahedraldir (Huang, 2005). İllit kil minerali genellikle dioktahedraldir, muskovitten farkı oktahedral tabakasından muskovitteki nazaran daha fazla Fe^{+2} ve Mg^{+2} ve daha az Al^{+3} içermesidir. İllitin her formül birimi için tabaka yükü yoğunluğu -0,6 ile -0,8 mol_c arasındadır. Bu değer biotit ve muskovitten daha düşüktür. Daha düşük negatif tabaka yükü olduğundan dolayı illitin K içeriği muskovit ve biotitten düşüktür. İllit çoklukla tortul kayaçlardaki kil mineralidir.

Vermikulit de 2:1 tipi kil mineralidir. Tabakalar arasında hidrate olmuş değişebilir katyonlar bulunur. Vermikulitler smektitlerden daha yüksek olan tabaka yüklerinden dolayı ayrılırlar (Bailey, 1980). Vermikulitler tüm toprak ordolarında bulunmalarına rağmen çoğunlukla

subtropik iklimlerin topraklarında daha yaygındırlar. Vermikulitler ince kil ile kaba kum arasındaki tüm parçacık büyüklüğü fraksiyonlarında bulunurlar. Tüm vermikulitlerin, mikaların ve kloritlerin ayrışma ürünü olduklarına inanılır. Topraklarda trioktahedral vermikulitlere göre dioktahedral vermikulitler daha yoğundur. Trioktahedral vermikulit toprakların kum ve silt fraksiyonlarının önemli bir bileşeni iken, dioktahedral vermikulit çok nadiren 5 μ m'den büyük kristaller halinde bulunur. Smektitler mika ve vermikulitin yapısına benzerdir, oktahedral ve tetrahedral tabaklarında katyon değişimi vardır. Montmorillonit, beidellit ve nontronit gibi dioktahedral smektitler mika ve vermikulitin ayrışma ürünü olarak oluşurlar. Hektorit (Li'ca zengin), saponit (Mg'ca zengin) ve sausonit (Zn'ca zengin) trioktahedral smektitler ana materyalden kalıntıdırlar ve topraklarda nadiren bulunurlar (Huang, 2005). Smektit ve vermikulitler buldukları toprakların katyon değişim kapasitesinin yüksek olmasına neden olurlar (Olson ve ark., 2000).

Kil mineralojisinin belirlenmesi oldukça pahalı ve zaman isteyen bir iştir, ancak günümüze kadar yapılan araştırmalar göstermektedir ki kil mineralojisi ile depo potasyum arasında yüksek bir ilişki vardır. Bu nedenle araziden alınan örneklerde depo potasyumun belirlenmesi yoluyla az masraflı bir şekilde kil mineralojisinin tahmin edilmesi mümkündür (Officer ve ark., 2006).

2.4. Arazideki Değişkenlik

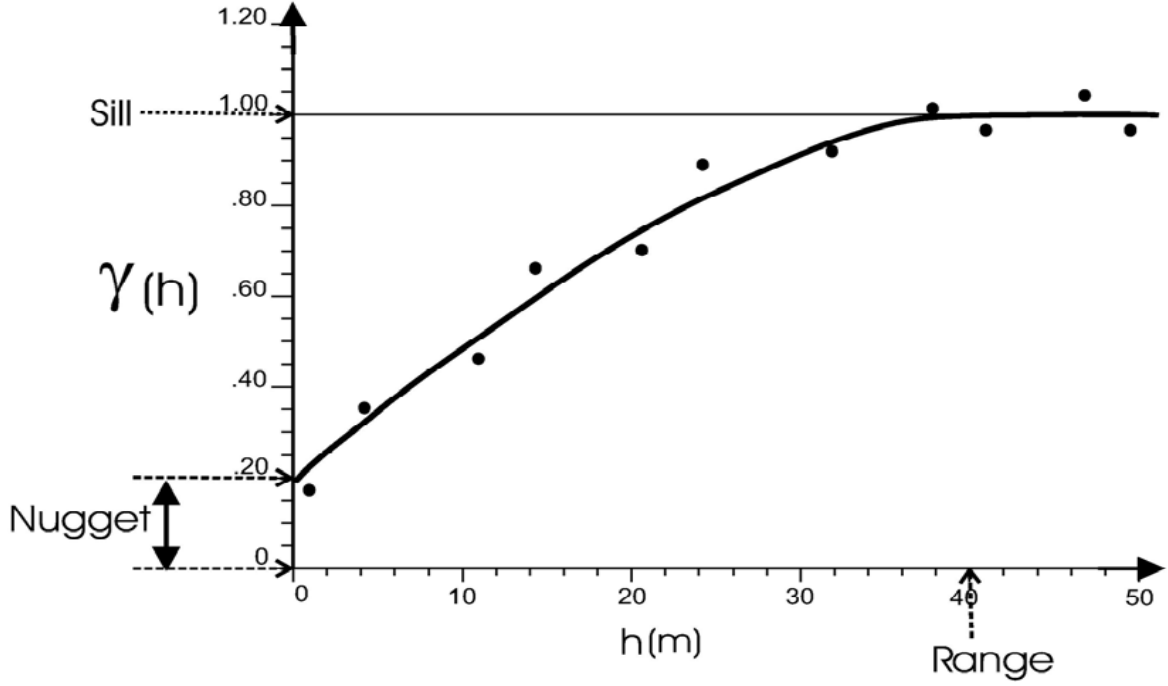
Topraklar, ana materyallere bitki örtüsü ve iklimin (sıcaklık ve yağış) çeşitli topoğrafyalarda bir zaman dilimi içerisinde etki etmesi sonucu oluşmuşlardır. Ana materyal, iklim, bitki örtüsü ve topoğrafyada meydana gelen farklılıklar, toprakların özelliklerinin değişmesine neden olmuştur. Toprak oluşum faktörlerinin toprak özellikleri üzerine etkisi ile ortaya çıkan toprak değişkenliğinin yanında insanlar tarafından uygulanan amenajmanlardaki farklılık ta topraklardaki değişkenliğin önemli nedenlerindedir (Mulla ve McBratney, 2000).

Klasik istatistikte toprakların mesafeye bağlı değişimleri ile ilgili gerçekler dikkate alınmadan istatistiksel analizler yapılır ve değişkenlikler tanımlanmaya çalışılır. Ancak günümüze kadar yapılmış birçok çalışmada çok açık bir şekilde toprak özelliklerinin mesafeye bağlı olarak değişim gösterdiği ortay konulmuştur. Günümüzde toprak özelliklerinin mesafeye bağlı değişimi temel istatistiğin uygulamalı bir alt dalı olan Jeostatistik yardımı ile tanımlanmaktadır. Jeostatistikte örneğin bağımsız olduğu ve örneklenen alanın homojen

olduğu varsayımları reddedilmektedir (Upchurch ve Edmonds, 1991). Burada örneklerin bağımlılık dereceleri ölçülmekte ve çoğunlukla madencilikte ve petrol çıkarma çalışmalarında kaynakların miktarlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Son yıllarda ise toprak biliminde kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır (Bourgault ve ark., 1997; Goovaerts, 1998; Isaaks ve Srivastava, 1989).

Toprak özelliklerinin uzaysal dağılımlarının modellenmesinde araziden alınan örnek noktalarına ait çiftlerdeki çalışılan özelliğe ait değerlerin farklarının karesinin örnek sayısının iki katına bölünmesi ile semivaryans değerleri elde edilir. Semivaryans değerleri ilgili örnekleme aralıkları (lag mesafesi) için grafiklendiğinde uzaysal modellemenin temeli olan variogram elde edilmiş olur. Variogram analizi farklı mesafelerde ve yönlerde yapılan gözlemlerin karşılaştırılması ile yapılabilir. Toprakta bulunan bitki besin elementlerinin değişkenlikleri oldukça yüksektir. Çeşitli araştırmalarda bu mesafe pH için 4 m, fosfor için 32 km, elektriksel iletkenlik için 120 m ve potasyum için 10 ve 32 km olarak rapor edilmiştir (Trangmar ve ark., 1985; Gallichand ve ark., 1992; Yost ve ark., 1982). Variogram modelleri haritalama amaçlı olarak kullanılırlar. Noktalar deneysel variogramın hesaplanmış noktalarını temsil eder, kesintisiz çizgi ise model variogramı ifade eder (Deutsch ve Journel, 1998) (Şekil 2.4).

Elde edilen variogramlarda genelde birbirine yakın örnek çiftleri için hesaplanan semivaryans değerlerinin birbirlerinden uzakta olan örnek çiftlerine ait semivaryanslardan (γ) daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 2.4). Nugget ölçüm hatası ve/veya çok küçük mesafelerdeki uzaysal değişkenlik kaynaklarından dolayı ortaya çıkan ve açıklanamayan varyasyonu temsil eder. Ayrım mesafesi (range) dediğimiz mesafeden daha fazla arttıkça, varyans değerleri değişmez ve sabit bir değer alır ve bu değer sill olarak bilinir (Deutsch ve Journel, 1998). Semivariogramların ayrım mesafesi değerleri gözlemlerin alınma ölçeğine bağlıdır.



Şekil 2.4. Bir sferik, izotropik model için variogram fonksiyonu (nugget varyansı=0,20).

Krigleme, örneklenmeyen noktalardaki değerlerin enterpolasyon ile tahmini için jeostatistiksel yaklaşımı tanımlayan bir terimdir. Örneklenmeyen alanların tahmininde aynı alan için modellenmiş semivariogram fonksiyonunun bilinmesi gereklidir. Krigleme bilinen değerlerin ağırlıklı ortalaması alınarak yapılan, bilinen en iyi doğrusal tahmin metodudur (Goovaerts, 1998).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

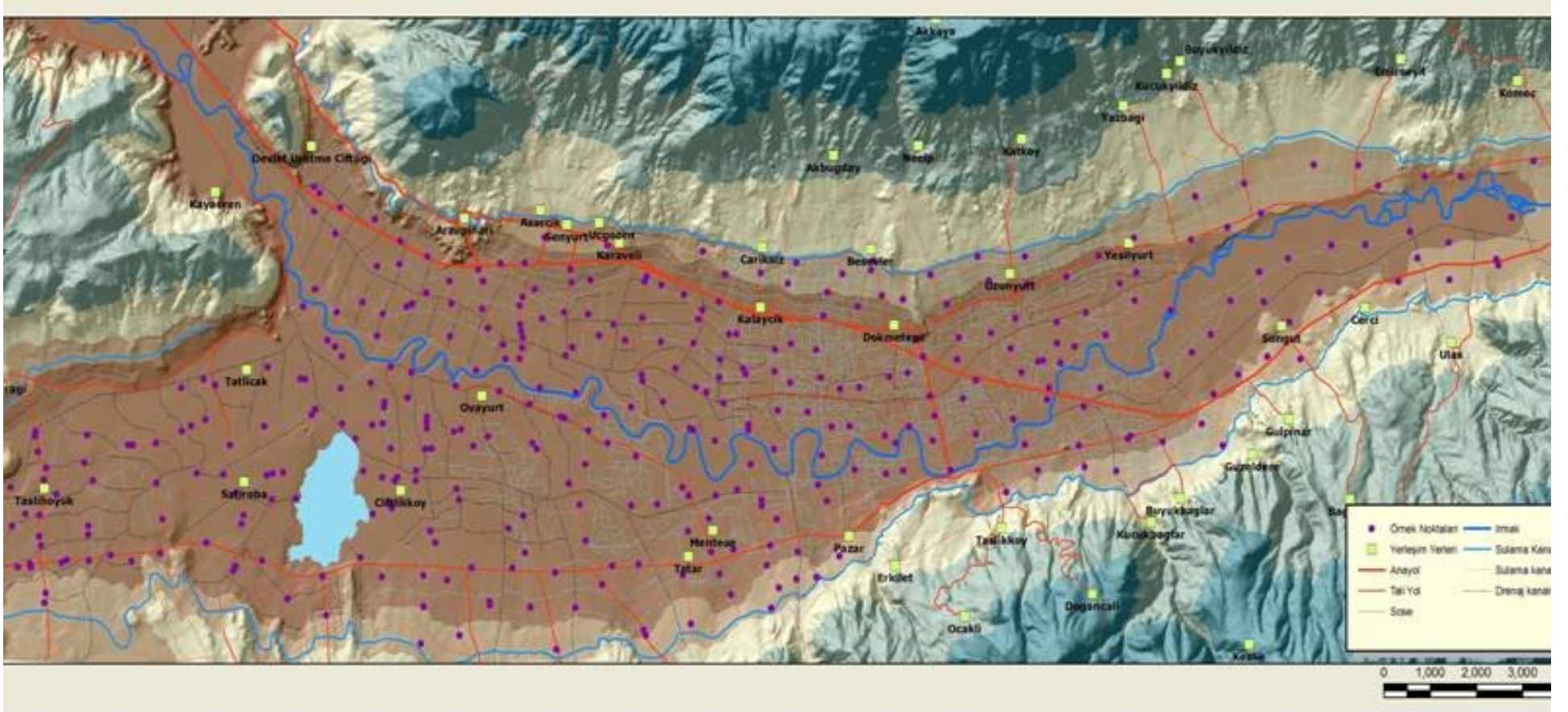
3.1. Materyal

3.1.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı Tokat şehir merkezi ile Turhal şehir merkezi arasında yer almaktadır. Yeşilirmak nehrinin eğimli arazileri terk edip düzlüğe girdiği noktada iki ayrı kanala alınan sular çalışma alanımızın sınırlarını oluşturmaktadır. Sulama kanalları ile yaklaşık olarak 20 656 ha'lık bir arazinin sulanmasına neden olmaktadır. Çalışma alanının büyük çoğunluğu Yeşilirmak nehrinin çok uzun yıllar taşkınlar ile depoladığı birikintilerin yer aldığı düz-düze yakın arazilerden oluşmaktadır. Ayrıca çalışma alanının güney ve kuzeyindeki dağlık arazilerin yamaçlarında kanalların altında kalan yaklaşık %2-6 eğimli arazilerde bu çalışma esnasında örneklenmiştir. Daha önce tamamlanan bir TÜBİTAK projesi kapsamında (TÜBİTAK TOVAG 105 O 617), Kazova'yı temsil edecek şekilde 400 noktadan toprak örneği (0-30 cm) alınmıştır. Coğrafi koordinatları GPS yardımıyla belirlenmiş olan örnekleme noktalarının belirlenmesinde "rastgele örnekleme metodu" kullanılmıştır.

3.1.2 Çalışma Alanının İklimi

Tokat İli Orta Karadeniz bölümünün iç kısımlarında yer almaktadır. Bu nedenle hem Karadeniz iklim özellikleri, hem de İç Anadolu'daki step (kara) ikliminin etkisi altındadır. Bu özelliği ile Tokat iklimi, Karadeniz iklimi ile İç Anadolu'daki step iklimi arasında geçiş özelliği taşır. Tokat Meteoroloji İstasyonu kayıtları esas alındığında son 54 yıllık istatistiklere göre ilin yıllık ortalama sıcaklığı 12,4 °C'dir. Yıllık ortalama yağış miktarı ise 446 mm'dir. (Anonim, 2007). Bu değerler dikkate alındığında toprak sıcaklık rejimi Mesic ve nem rejimi de Ustic olarak sınıflandırılmaktadır (Soil Survey Staff, 1999).



Şekil 3.1. Çalışma alanına ait sayısallaştırılmış olan yükseklik haritası, yollar, drenaj kanalları, yerleşim yerleri ve örnekleme noktalarını gösteren harita.

3.2 YÖNTEM

Kazova'dan getirilen toprak örnekleri oda sıcaklığında kurutulduktan sonra 2 mm'lik elekten geçirilerek gerekli fiziksel ve kimyasal analizler için laboratuara çıkarılmıştır. Toprak TÜBİTAK projesi (TOVAG 105 O 617) kapsamında tekstür, agregat stabilitesi, organik madde, toplam azot, değişebilir katyonlar, katyon değişim kapasitesi, kireç, toprak reaksiyonu, toprak tuzluluğu ve yarıyıllı fosfor analizleri laboratuarda geleneksel yöntemlere göre yapılmıştır. Bu tez çalışmasında ise aynı örneklerin değişebilir ve değişmez (yavaş yararlı veya depo) potasyum içerikleri, spesifik yüzey alanları ve seçilecek bazı örneklerin kil mineralojileri belirlenmiştir. Aşağıda bu analizlere ilişkin gerekli literatür bilgileri verilmiştir.

3.2.1. Toprak Analizleri

Toprak Tekstürü; toprakların % kil, silt ve kum içeriklerini belirlemek için Hydrometer metodu kullanılmıştır (Gee ve Bauder, 1986).

Toprak Reaksiyonu (pH); toprak örneklerinden 20 gram alınıp 40 ml saf su ile (1:2 oranında) sulandırılıp süspansiyon cam baget yardımıyla ara sıra karıştırılarak 30 dakika bekledikten sonra cam elektrodlu Neel pH'metresi ile belirlenmiştir (Hendershot ve ark., 1993).

Elektriksel İletkenlik (EC); toprak örneklerinin EC'sini belirlemek üzere hazırlanmış saf su ile 1:2 oranında sulandırılmış süspansiyonda pH ölçümü yapıldıktan sonra aynı süspansiyonda dijital EC metre ile ölçüm yapılmıştır (Janzen, 1993).

Kalsiyum Karbonat (%); 0,5 gram toprak örneği tartılarak % 10'luk hidroklorik asit yardımıyla Scheibler kalsimetresinde karbondioksit çıkış hacmine göre kireç içeriği belirlenmiştir (Kacar, 1996).

Katyon Değişim Kapasitesi (KDK); 1 N Sodyum asetat (pH = 8.2) yöntemine göre yapılmıştır (Kacar, 1996).

Değişebilir Katyonlar (Ca, Mg, Na, K): 1 N amonyum asetat (pH = 7.0) ile ekstrakte edilmiştir. Daha sonra fleymfotometre yardımıyla ekstraksiyon çözeltisinin Ca, Mg, Na ve K miktarı belirlenip hesaplanılmıştır (Kacar, 1996).

Toplam N tayini; Kjeldal yöntemi kullanılarak yapılmıştır (Chapman ve Pratt, 1961).

Fosfor (P) Analizi: Sodyum bikarbonat yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Olsen ve ark., 1954).

Değişmez (Yavaş Yararlı) Potasyumun Belirlenmesi: Yavaş yararlı durumdaki potasyumu belirlemek için çok çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlar; HNO₃ ile kaynatma, sıcak HCl, elektro ultra filtrasyon, EDTA ile Na-tetrafenil ve hidrojen ve kalsiyum gibi iyonlar ile doygun haldeki reçine ile iyon değişimi gibi yöntemlerdir. Bu yöntemler içersinde en fazla kullanılan HNO₃ ile kaynatma yöntemi olup bu çalışmada da aynı yöntem kullanılmıştır (Helmke ve Sparks, 1996).

3.2.2. Potasyum İçeriğinin Sınıflandırılması

Toprakların yarayışlı potasyum içeriklerinin gruplandırılmasında yaygın olarak Cooke (1982) kullanılmaktadır. Bu sınıflamada topraklar yarayışlı potasyum içeriklerine göre 10 sınıfa ayrılmaktadır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Yarayışlı (değişebilir) potasyum içeriğine göre Cooke (1982) tarafından geliştirilen sınıflama sistemi ve bu topraklar için önerilen gübre uygulama önerileri.

İndeks grubu	Değişebilir Potasyum mg kg ⁻¹ (ppm)	Yorumlar
0	0-50	Potasyumlu gübre kullanılmadığı takdirde tarla ve çayır bitkilerinde potasyum noksanlığı görülür.
1	51-100	
2	101-200	Potasyum gübreleme yapılmadığı takdirde sera bitkileri yeterli gelişmeyi gösteremez.
3	201-333	
4	334-500	
5	501-750	Patates ve sebzeler için potasyumlu gübreleme azaltılabilir veya minimum düzeye indirilebilir.
6	751-1250	
7	1251-2000	Sera bitkileri için potasyumlu gübreleme gerek yok
8	2001-3000	Toprakta potasyum düzeyi çok yüksek olup, bu nedenle verimde azalma görülebilir.
9	>3000	

Bunun yanında FAO (1990) tarafından geliştirilen ve toprakları yarayışlı potasyum açısından beş sınıfa ayıran ve ülkemizde Ülgen ve Yurtseven (1988), tarafından yapılan ve toprakları yarayışlı potasyum açısından dört sınıfa ayıran sınıflamalarda çeşitli araştırmacılar tarafından kullanılmıştır (Aydın, 2001) (Çizelge 3.2 ve 3.3).

Çizelge 3.2. Değişebilir potasyum içeriklerine göre toprakların FAO (1990) sınıflandırılmaları.

İndeks Grubu	Değişebilir Potasyum mg kg ⁻¹ (ppm)	Yorumlar
1	< 50	Çok az
2	51-140	Az
3	141-370	Yeterli
4	371-1000	Fazla
5	>1000	Çok Fazla

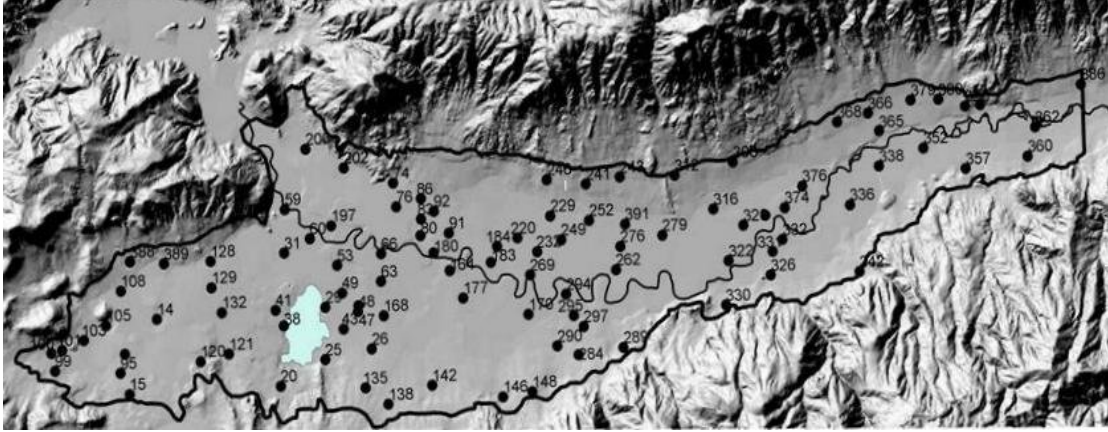
Çizelge 3.3. Değişebilir potasyum içeriklerine göre toprakların Ülgen ve Yurtseven (1988) sınıflandırılmaları.

İndeks Grubu	Değişebilir Potasyum mg kg ⁻¹ (ppm)	Yorumlar
1	< 84	Az
2	85-249	Yeterli
3	250-415	Fazla
4	>416	Çok Fazla

3.2.3 Kil Mineralojisi

Tüm ovoidan alınan toprak örneklerinde (400 örnekte) kil mineralojisi analizlerinin yapılması çok zaman, işgücü ve finansman gerektirdiğinden, farklı jeomorfolojik yüzeylerde ve kullanımlar altında yer alan topraklar ile farklı ana materyaller üzerinde gelişmiş toprakları temsil edebilecek 96 adet toprak örneğinde kil mineralojisi analizleri yapılmıştır. Aluviyal arazilerde, taşkın ovasında materyallerin yatay derecelenme özellikleri dikkate alınarak nehrin hemen yakınındaki nehir bankı fizyografik ünitesi, daha ilerisindeki nehir terasları ve en uzaktaki kil depoları ayrı ayrı örneklenmiştir. Bu kapsamda %0-2 eğimli olan arazileri temsilen toplam 72 adet toprak örneğinde kil mineralojisi belirlenmiştir. Örneklerin arazideki dağılımları Şekil 3.2’de verilen Kazova haritasında gösterilmektedir. Ovanın güney (kireç taşı) ve kuzeyinde (serpantinik şist) bulunan ve %2 - 6 arasında eğime sahip koluviyal arazilerinde yer alan toprakların ana materyalleri farklı olduğundan dolayı bu toprakları temsil eden 24 örnekte kil

mineralojisi analizi yapılmıştır. Bu örneklerden 11 tanesi serpantin ana materyalinin baskın olduğu sağ sahil ve 13 tanesi kireç taşı ana materyalinin baskın olduğu sol sahil diye adlandırdığımız %2-6 eğimli arazilerden alınmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Kazova'da kil mineralojisi analizi için örneklerin alındığı yerleri gösteren harita.

Kil mineralojisi için seçilen örnekler ovada toprak örnekleme esnasında tespit ettiğimiz farklı tarımsal kullanımlar (mera, kültür bitkileri (ayçiçeği, pancar, buğday, mısır, domates v.s) ve meyvelikler) altında bulunan arazileri de temsil edecek şekilde seçilmiştir. Özellikle meralarda bu güne kadar herhangi bir tarımsal işlem yapılmadığından dolayı (toprak işleme, sulama, gübreleme v.b) 15 örnekte kil mineralojisi analizleri yapılmıştır. Daha sonraki çalışmalarda tarımsal uygulamaların toprakların kil mineralojilerine etkisinin değerlendirilmesi istenildiğinde bu veriler rahatça kullanılabilir. Örnekleme zamanı buğday, mısır ve şeker pancarı gibi çeşitli kültür bitkilerinin ekili olduğu veya domates ve fasulye gibi sebze yetiştiriciliğinin yapıldığı arazilerde rotasyon uygulandığından dolayı bu alanlardan alınan örneklerde yetiştiricilik ile kil mineralojisi arasında bir ilişki kurmaya çalışmak çok anlamlı olmayacaktır. Ancak meralarda tarımsal üretim bugüne kadar yapılmamış olmasından dolayı bu alanlar farklılık arz etmektedir.

Kil mineralojisi analizleri Jackson (1975) tarafından tarif edilen yöntemle yapılmıştır. Kil fraksiyonu ayırt edilen toprak örneklerinin detaylı kil mineralojilerini belirleyebilmek amacı ile her bir farklı kullanım, ana materyal ve fizyografik birim için temsili seçilen bazı örneklerde oda sıcaklığında kurutulan ve Mg ile doyurulmuş kil preparatlarının (Mg-25°C) yanında, K-25°C ve Mg-EGME muameleleri uygulanmıştır.

Bu farklı uygulamalar özellikle vermikulit ve smektit grubu kil minerallerini ayırt edebilmek amacı ile yapılmıştır.

Kil mineralojisi için seçilen örneklerde dispersiyonun iyi bir şekilde sağlanabilmesi amacı ile flokülasyonu sağlayan organik madde hidrojen peroksit (H_2O_2) ile kalsiyum karbonat sodyum asetat (NaOAc) ile ve demir bileşikleri sodyum bikarbonat ditionit ile uzaklaştırılmıştır. Örneklerin kum içerikleri ıslak eleme ile ve silt içerikleri sifonlama yöntemleri ile birbirlerinden ayrılmıştır. Yukarıda da bahsettiğimiz gibi örneklerin tamamı Mg ile doyurulmuş ve X-Ray Difraktometresinde okunacak şekilde petrografik cam slaytlar üzerine serilmiştir. Ayrıca 15'er örnekte de potasyum ile doyurularak oda sıcaklığında kurutma işlemi yapılmıştır. Vermikulit ve smektit kil minerallerinin ayrımlarının daha doğru yapılabilmesini sağlayabilmek amacı Mg ile doyurulmuş örneklerden bir kısmı sonradan EGME ile doyurulmuş ve X-Ray desenleri çekilmiştir.

X-Ray difraktometresinde tarama işlemleri TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi'nde ücret karşılığı yaptırılmıştır. Kil fraksiyonunun analiz edildiği örneklerimiz 2θ 'da 2° ile 15° arasında taranmıştır. Kil miktarları ile ilgili yarı-nicel analizler X-Ray piklerinin yoğunluklarına bakılarak yapılmıştır (Ransom, 1984).

3.2.4 Spesifik Yüzey Alanı (SYA)

Toplam yüzey alanına, toprağın hem organik hem de inorganik fazları katkı yapmaktadır. Sadece inorganik fazdan gelen katkının belirlenmesi mümkün olmakla birlikte (önce organik madde uzaklaştırılıp daha sonra yüzey alanı yapılırsa), organik parçacıkların katkısının belirlenmesi o kadar kolay olmamaktadır. Spesifik yüzey alan belirlemede kullanılan kimyasallar organik bileşiklerin yüzeyini kaplamakta ve kemi-sorpsiyon ve organik moleküllerin çözünmesine neden olmaktadır (Pennel ve ark., 1995). Kaiser ve Guggenberger (2003), mineralojik kompozisyonuna bağlı olmakla birlikte toprakta organik madde miktarı arttıkça spesifik yüzey alanının azaldığını ve organik maddenin uzaklaştırılması ile SYA'nın arttığı rapor etmişlerdir. Araştırmacılar, bu durumun toprak organik maddesinin kil minerallerinin mikro gözenekliliğini

azaltmasına ve kil minerallerini birbirine bağlayarak daha büyük parçacıkların oluşturulmasına bağlamışlardır.

Toprakların spesifik yüzey alanının (SYA) belirlenmesine yönelik olarak çeşitli metotlar geliştirilmiştir (düşük sıcaklıkta uygulanan N₂ ve su buharı gibi gaz absorpsiyonu veya etilen glikol mono etilen eter (EGME), etilen glikol (EG), metilen mavisi metotlarında olduğu gibi polar moleküllerin absorpsiyonu). Ancak her metodun diğerlerine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır (Jury ve ark., 1991). Azot gazı polar olmayan bir moleküldür ve tabakalar arasına girmediğinden dolayı sadece dış yüzeylere ait SYA verir. Bu nedenle silikat killerinin iç yüzeylerini de belirleyebilmek için EGME, EG veya su buharı gibi polar moleküller kullanılmaktadır (Yükselen ve Kaya, 2006). Bu çalışmada, toprakların SYA'nı polar bir molekül (EGME) yardımı belirlenmiştir. Polar özellikte olan bu molekül parçacıkların etrafında sadece bir kat film oluşturmaktadır. Kullanılan EGME miktarı toplam yüzey alanının bir sonucu olarak algılanmakta ve gerekli hesaplamalar yardımı ile, örneğin spesifik yüzey alanı hesaplanmaktadır (Carter ve ark., 1986).

Bir kat film oluşturarak 1 m²'lik bir alanı kaplayacak kadar kullanılan EGME miktarı $2,86 \cdot 10^{-4}$ g'dır. Bu durumda spesifik yüzey alanı aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanabilmektedir.

$$SYA = (W_a / 0,000286 W_s) \quad (1)$$

Eşitlik 1'de verilen SYA; spesifik yüzey alanı (m² g⁻¹), W_a; örnekte absorbe olan EGME miktarı; 0,000286; Bir gram toprakta tek bir tabaka EGME oluşturmak için kullanılan EGME'nin ağırlığı; ve W_s; tartılan toprağın ağırlığıdır (g).

3.2.5 İstatistiksel Analizler

Değişebilir ve değişmez (depo) durumdaki potasyum içeriklerinin, kil mineralojilerinin ve spesifik yüzey alanlarının çalışma alanındaki değişkenliklerinin ifade edilmesinde ve haritalanmasında son yıllarda yaygın olarak kullanılan jeostatistik tekniklerden faydalanılmıştır (Goovaerts, 1998; Mulla ve Mc Bratney, 2000). Verilerin tanımsal analizleri SPSS 12 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Korelasyon katsayılarının hesaplanmasından önce verilerin normal dağılım gösterip göstermediklerini belirlemek

için Kolmogorov-Smirnov normal dağılım testi uygulanmıştır ve her bir değişken için histogramlar çıkarılmıştır.

Çizelge 3.4’de görüldüğü gibi incelenen toprak verilerinden sadece silt içeriği normal dağılım gösterirken, diğerlerinin tamamı normal dağılım göstermemektedir. Aslında bu toprak verileri için beklenen bir durumdur, zira toprak verilerinin genellikle sağa yatık bir dağılım gösterdiği bilinen bir gerçektir (Brejda ve ark., 2000; Webster, 2001; Akbaş, 2004). Verilerimizi normal dağılıma uydurabilmek için tüm değişkenlere ait verilerin 10 tabanında logaritması alınmıştır. Bu işlem sonunda, daha önce normal dağılım göstermeyen değişebilir potasyum (DK), kation değişim kapasitesi (KDK), spesifik yüzey alanı (SYA) ve yarıyıllı fosfor içeriklerine ait verilerin normal dağılım göstermeye başladığı, dönüşüm yapılmadan önce normal dağılım gösteren silt içeriğinin normal dağılımdan bir miktar uzaklaştığı ve diğer verilerin ise normal dağılım göstermedikleri Kolmogorov-Smirnov(a) testinden anlaşılmaktadır. Tüm verinin aynı dönüşüm ile normallik testlerine göre normal dağılım göstermesini sağlamak oldukça zor görünmektedir.

Normal dağılım ile ilgili olarak Webster (2001), toprak verilerinde normal dağılımla ilgili en ciddi ayrılma göstergesinin yatıklık değeri olduğunu ifade etmiştir. Avrupa Toprak Bilimi Dergisinin İstatistik konusunda danışmanlığını da yürüten Webster (2001), eğer yatıklık değeri 0,5’den küçük ise veriye dönüşüm uygulamaya gerek olmadığını belirtmiştir. Eğer yatıklık değeri $> 0,5$ ve $\leq 1,0$ ise bu durumda karekök alınarak verinin normale dönüştürülebileceği ve eğer yatıklık değeri $>1,0$ ise bu durumda da logaritmik dönüşümün uygulanabileceğini ifade etmiştir. Değerlendirmeye alınan özelliklerden silt içeriği (yatıklık=-0,006) haricindeki özelliklerin tamamının yatıklık değerinin normal dağılım için yüksek olduğu görülmektedir. Webster (2001) dikkate alınarak tüm verinin 10 tabanında logaritması alınmıştır. Herhangi bir veri uzaklaştırması yapılmadan çalışılan toprak özelliklerinden birçoğu için elde edilen logaritmik değerlerin yatıklığı normal dağılım kabul edilebilecek sınırlar içinde olduğu görülmüştür (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Araştırmada ele alınan (kil mineralojisi haricindeki) toprak özelliklerinin logaritmik dönüşüm yapılmadan önceki ve sonraki değerleri için yapılan normal dağılım testi ve yatıklık değerleri

	Tüm Veri			Uç Değerler Çıkarıldıktan Sonra		
	Kolmogorov-Smirnov(a)		Yatıklık	Kolmogorov-Smirnov(a)		Yatıklık
	N	Önem		N	Önem	
DepoKmeq	400	0,000	1,217			
logDepoKMeq	400	0,003	0,100			
DKmeq	400	0,000	2,496			
logDKmeq	400	0,054	0,156			
Cameq	400	0,000	-0,712	380	0,118	-0,063
logCa	400	0,000	-1,538	380	0,001	-0,463
Mgmeq	400	0,000	1,099			
logMgmeq	400	0,049	-0,191			
Nameq	400	0,000	7,928	386	0,000	2,552
logNameq	400	0,000	1,161	386	0,096	0,345
Kum	400	0,000	0,514	389	0,000	0,571
Logkum	400	0,000	-0,509	389	0,000	-0,329
Kil	400	0,000	0,502			
Logkil	400	0,015	-0,192			
Silt	400	0,058	-0,006	393	0,009	0,131
Logsilt	400	0,000	-0,648	391	0,000	-0,364
OrgMat	400	0,000	2,064	391	0,000	1,560
logOrgMad	400	0,002	0,416	391	0,101	0,291
EC	400	0,000	3,915	392	0,000	1,509
logEC	400	0,000	1,080	392	0,196	0,320
pH	400	0,000	0,688			
logpH	400	0,000	0,381			
Azot	400	0,000	2,716	391	0,000	1,537
logAzot	400	0,000	0,749	391	0,000	0,184
Kirec	400	0,000	1,565			
logKirec	400	0,000	-0,335			
KDK	400	0,000	0,863			
logKDK	400	0,200(*)	0,026			
SYA	400	0,000	0,811			
logSYA	400	0,200(*)	-0,256			
Fosfor	400	0,000	1,007			
Logfosfor	400	0,170	-0,206			

* Korelasyon $P < 0,01$ seviyesinde önemlidir. a) Lilliefors Önem Korelasyonu

Logaritması alındıktan sonra dahi yatıklığı 0,5'den fazla olan değişkenlere ait veri seti içerisindeki uç değerler (en yüksek ve en düşük) belirlenmiştir. Bu değerler teker teker

veri setinden çıkarılarak yatıklık değerinin nasıl değiştiği kontrol edilmiştir. Yatıklık değeri 0,5'in altına düştüğünde veri çıkarma işlemi durdurulmuştur. Veri çıkarma işlemi maksimum %5 olacak şekilde yapılmıştır. En fazla veri %5 ile (20 adet veri) değişebilir Ca içeriğine ait veri setinden çıkarılmıştır. Korelasyon katsayıları hesaplanırken veriler bu son halleri ile değerlendirmeye alınmıştır. Kil mineralojisi ile ilgili analiz sonuçları için de benzer işlemler yapılmıştır.

3.2.6. Jeostatistiksel Analizler ve Haritaların Oluşturulması

Çalışma alanı topraklarının değişebilir ve değişmez (depo) potasyum içerikleri, spesifik yüzey alanı ve kil mineralojisi bileşenlerine (smektit, vermikulit ve kaolinit) ait semivariogramlar ve uygun kuramsal modeller (izotropik ve anizotropik) elde edilen semivariogramlara uydurularak kullanılacak modeller belirlenmiştir. Bu modeller yardımı ile krigleme haritaları oluşturulmuştur (Isaaks ve Srivastava, 1989). TÜBİTAK projesi kapsamında belirlenen toprakların fiziksel (parçacık büyüklük dağılımı, hacim ağırlığı ve hidrolik iletkenliği) ve kimyasal (pH, EC, değişebilir katyonlar, organik madde ve katyon değişim kapasitesi) özellikleri ile bu çalışmada belirlenecek olan değişebilir ve yavaş yararlı potasyum içerikleri, spesifik yüzey alanları ve kil mineralojisi arasındaki ilişkiler kalitatif ve kantitatif yöntemler ile açıklanmıştır.

Çalışma alanında kil mineralojisine hangi toprak özelliklerinin hassas oldukları basit korelasyon testleri yardımı ile belirlenmiştir. Daha sonra kil mineralojisi ile bu özellik/özellikler arasındaki çapraz semivariogramlar kullanılarak ortak krigleme yapılmış ve kil mineralojisi analizi yapılmayan alanlar için tahminler yapılmıştır. Ortak Krigleme (Cokriging) bir enterpolasyon tekniğidir. Bu teknik eğer iki değişkenden biri diğerinden daha sıklıkla örneklenmiş ise seyrek örneklenen değişkenin örneklenmeyen noktadaki değerinin tahmin edilmesine yardımcı olur. Eğer ana değişkenin örneklenmesi veya analiz edilmesi zor veya pahalı ise, bu durumda ana değişken çok sıklıkla örneklenip analiz edilmeden tahmin edilebilir. Örneğin; toprağın karbon içeriğinin ölçümü uranyuma oranla çok daha kolaydır. Daha önce yapılan çalışmalar bu iki değişkenin birbirleri ile büyük oranda korelasyonunun olduğunu göstermiştir. Aralarında var olan bu yüksek korelasyon kullanılarak, uranyum haritasının zenginleştirilmesi için analizi daha kolay olan toprak karbonu kullanılabilir (Anonim, 2009).

4.ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1 Araştırma Alanı Topraklarının Genel Özellikleri

Kazova'da sulama kanalları arasında kalan yaklaşık 20 656 ha'lık alanda sulanan tarım arazisinden 400 noktadan alınan toprakların bazı özellikleri Çizelge 4.1'de verilmektedir (Günel ve ark., 2008). Değişebilir katyonlar içerisinde en baskın olan katyon kalsiyum olup ortalama Ca içeriği 42,00 me/100 g'dır. Çok değişken tekstür sınıflarına ait topraklardan oluşmuş olan Kazova'da kil içeriği %12,5 ile %77,5 arasında ve kum içeriği ise %6,3 ile %65 arasında değişmektedir. Koluviyal ve aluviyal malzemeler üzerinde gelişmiş olan topraklar farklı ana materyaller ve fizyoğrafyalarda yer almaktadır. Tokat-Turhal arasında kalan sol sahildeki eğimli arazilerin hemen eteklerinde yer alan topraklar, Paleozoik kireç taşının ve bunların üzerinde gelişmiş toprakların eğimin ve suyun etkisi ile eğim boyunca taşınması sonucunda oluşmuşlardır. Kireçli ana materyalin etkisi altında gelişen bu topraklar Kazova'da bulunan ve diğer ana materyaller üzerinde gelişen topraklara göre daha kırmızı renktedirler. Kireç içerikleri ovada yer alan diğer topraklara oranla daha yüksek olup tekstürleri çoğunlukla killidir (Günel ve ark., 2008; Yayla, 2008).

Yeşilirmak Irmağının taşkınları ile düz düze yakın alanlarda depolanan materyaller üzerinde oluşmuş topraklar, depolanma rejiminin etkisi ile farklılaşmışlardır. Nehir yatağına yakın yerlere daha kaba tekstürlü materyaller depolanır ve nehirden uzaklaştıkça silt ve kil büyüklüğündeki materyaller biriktirilir. Tektonizmaya ve nehrin debisine bağlı olarak yatağının değişmesinden dolayı çalışma alanının bazı bölümlerinde bu depolama deseni görülememiştir. Hemen nehre yakın arazilerde killi toprakların yer alması veya nehrin uzağında görülen kumlu materyaller nehrin yatak değiştirdiğinin açık kanıtıdır.

Çalışma alanımızda bulunan köylerin önemli miktarda mera arazileri bulunmaktadır. Bu arazilerde işlemeli tarım yapılmadığından dolayı organik madde içeriği işlemeli tarımın yapıldığı arazilere göre yüksektir. Tüm çalışma alanından alınan toprak örneklerinin

organik madde içeriği ortalama %2 civarında olmasına rağmen organik madde %0,59 ile %6,78 arasında değişim göstermiştir.

Toprakların kireç içerikleri %1,79 ile 28,05 arasında değişmektedir. Ortalama kireç içeriği ise %8,43'dür. Özellikle sol sahilde %2–6 eğimli arazilerde yer alan toprakların kireç içerikleri diğer alanlardakilerden daha yüksektir. Katyon değişim kapasitesi (KDK) toprakların kil ve organik madde içerikleri ile direk ilişkili olan önemli bir toprak özelliğidir. Katyon değişim kapasitesinin yüksek olması toprakların verimliliklerinin de bir göstergesidir. Çalışma alanı topraklarının katyon değişim kapasitesi 8,34 me/100 g ile 47,61 me/100g arasında değişmektedir ve ortalama 22,56 me/100 g'dır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Araştırma alanından alınan toprak örneklerine ait (0-30 cm) bazı temel toprak özellikleri ile ilgili tanımlayıcı istatistik verileri (N=400) (Günel ve ark., 2008).

	En küçük	En büyük	Aritmetik ortalama	Standart Sapma	VK*	Yatıklık	Basıklık
Ca me/100 g	16,6	76,9	42,00	10,80	25,72	0,34	-0,37
Mg me/100 g	1,57	19,62	6,61	3,28	49,57	1,10	1,48
Na me/100 g	0,01	10,94	0,40	0,88	220,12	7,94	77,16
Kum %	6,25	65	26,55	11,82	44,52	0,52	-0,084
Kil %	12,5	77,5	40,93	12,46	30,44	0,50	-0,27
Silt %	12,5	57,5	32,52	7,75	23,82	0,05	-0,29
Org. Mad %	0,59	6,78	2,02	0,90	44,44	2,08	6,00
EC mikromhos/cm	126,1	1720	333,68	193,22	57,90	3,83	19,85
pH	7,07	9,47	8,16	0,26	3,14	0,67	5,04
Azot %	0,04	0,46	0,12	0,05	44,18	2,72	10,42
Kirec %	1,79	28,05	8,43	4,13	48,96	1,56	3,85
KDK me/100 g	8,34	47,61	22,56	7,73	34,26	0,82	0,49
Yarayırlı P ppm	1,54	40,52	14,18	8,47	59,71	1,02	0,38

*VK: Varyasyon Katsayısı (%)

4.2. Toprakların Potasyum İçerikleri

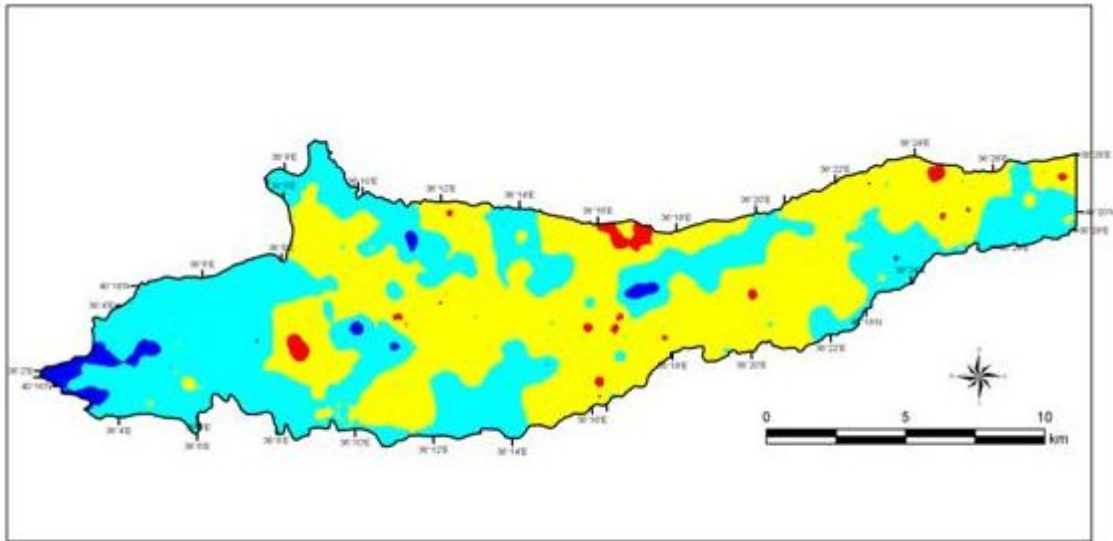
Toprakların depo ve yarayırlı potasyum içerikleri belirlenmiş ve yarayırlı (değişebilir) potasyum içerikleri Cooke (1982), FAO (1990) ve Ülgen ve Yurtseven'e göre

haritalanmıştır (Şekil 4.1, 4.2, 4.3). Tüm alana ait toprakların depo ve yarıyıllı potasyum içerikleri oldukça geniş bir aralıkta bulunmaktadır. Depo potasyum 45,69 kg K/da ile 627,08 kg K/da arasında değişirken ortalama 184,5 kg K/da'dır. Yarıyıllı potasyum olarak da adlandırılan değişebilir potasyum ise 3,42 kg K/da ile 215,75 kg K/da arasında değişmekte ve Kazova topraklarında ortalama olarak 30,13 kg K/da yarıyıllı potasyum bulunmaktadır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Tüm alana ait toprak örneklerinin çeşitli potasyum formlarına ait tanımlayıcı İstatistik parametreleri

	En Küçük	En Büyük	Orta	Standart Sapma	VK*	Yatıklık	Basıklık
Depo K me/100g	0,58	8,02	2,36	1,24	52,50	1,22	1,67
Depo kg K/da	45,69	627,08	184,50	96,85	52,50	1,22	1,67
Depo K ₂ O kg/da	55,04	755,38	222,24	116,67	52,50	1,22	1,67
Değişebilir K me/100g	0,04	2,77	0,39	0,31	79,62	2,49	10,92
Değişebilir K kg/da	3,42	215,75	30,13	23,99	79,62	2,49	10,92
Değişebilir K ₂ O kg/da	4,12	259,90	36,30	28,90	79,62	2,49	10,92

* VK: Varyasyon Katsayısı (%)

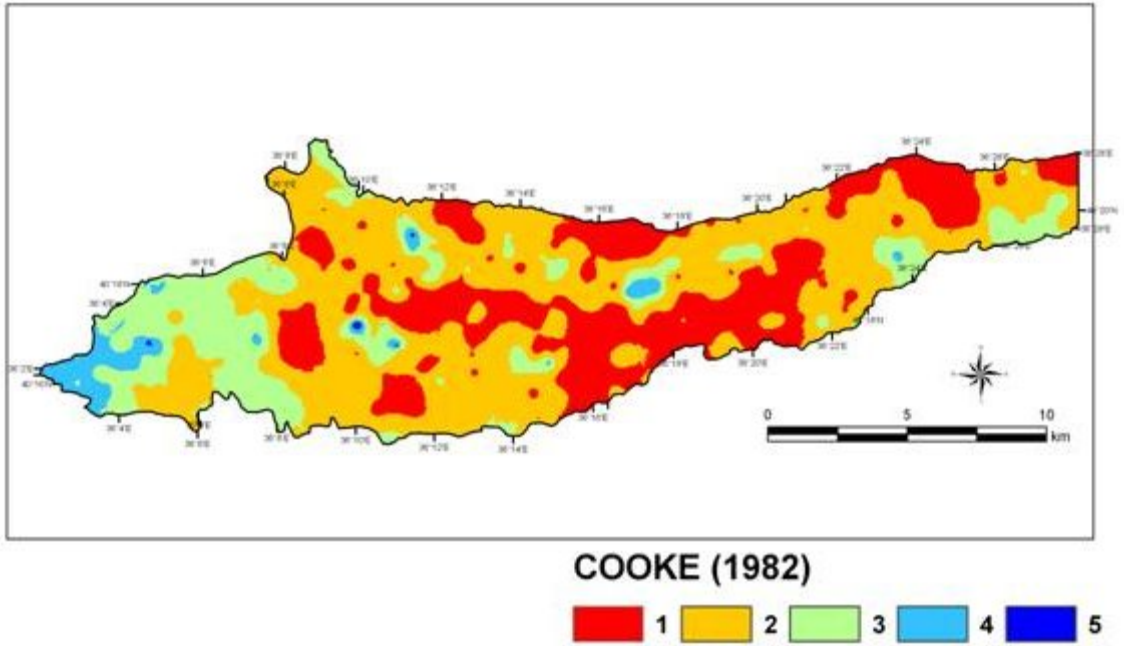


FAO (1990)

Çok Az Az Yeterli Fazla

Şekil 4.1. Kazova'dan alınan toprak örneklerinin (N=400) değişebilir (yarayıllı) potasyum içeriklerine göre FAO (1990) indeksi kullanılarak gruplandırılması (Yayla, 2008).

Ortalama yarayışlı potasyum içeriği FAO (1990), Cooke (1982) ve Ülgen ve Yurtseven (1988) sınıflamalarına göre tarla bitkilerinin yetiştiriciliği açısından yeterlidir. Ancak ortalama değerler dikkate alınarak yapılan bu değerlendirme yanılmamıza neden olmaktadır. Zira örnek noktalarının potasyum içeriklerinin dağılımları dikkate alındığında Cooke (1982) indeksine göre 40 noktada örneklerin potasyum içerikleri 10 kg K/da'dan düşük olduğundan tarla ve çayır bitkilerinin yetiştiriciliğinde mutlaka yapılması gereken sınıfta yer almaktadır. Örneklenen noktalardan 130 tanesi ise 1. kategori olarak sınıflanan ve ortalama 10-20 kg K/da yarayışlı potasyum içeren grupta yer almaktadır ve birçok kültür bitkisi potasyumlu gübreye gereksinim duymaktadır. FAO (1990) sınıflamasına göre de benzer bir durum söz konusudur. Ortalama yarayışlı potasyum içeriği her ne kadar yeterli gibi gözükse dahi, analiz edilen 400 örnekten 241 tanesinde potasyum 28 kg K/da'dan daha düşük olduğuna için az olarak sınıflandırılmaktadır.

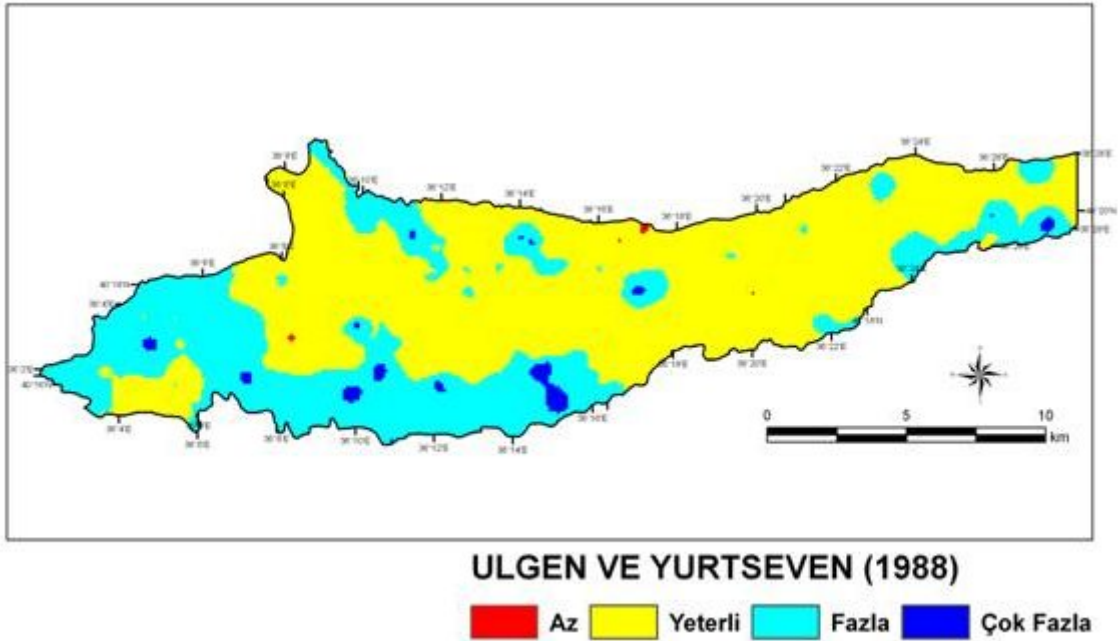


Şekil 4.2. Değişebilir potasyum içeriklerinin Cooke (1982) indeksine göre haritalanması (Yayla, 2008).

Cooke (1982) toprakları yarayışlı potasyum içeriklerine göre sınıflara ayırmış ve her bir sınıf için tavsiyelerde bulunmuştur. Bu sınıflamaya göre ova topraklarının büyük çoğunluğunda potasyum gübrelenmesi yapılmadan istenen düzeyde verim almak zor görünmektedir. Şekil 4.2'ye göre yarayışlı potasyum yer yer yeterli olmakla birlikte

özellikle sebze üretiminin çok yoğun olarak yapıldığı Pazar ilçesi civarındaki araziler ile Yeşilirmak Nehri kıyısındaki arazilerde mutlaka potasyumlu gübreleme yapılması gerektiği görülmektedir.

Şekil 4.2’de, 1 ve 2 kodları ile belirtilen alanların çok büyük çoğunluğu Yeşilirmak nehrinin hemen yakınlarına denk gelen toprak örneklerine aittir. Daha önce yapılan birçok çalışmada da açık bir şekilde kumlu toprakların yarıyışlı potasyum içeriklerinin düşük olduğu ifade edilmiştir. Yapılan bu detaylı çalışmada da, kum içeriği yüksek alanlarda yarıyışlı potasyumun birçok kültür bitkisinin gelişimi için yetersiz olduğu görülmektedir. Bu alanlar Kazova’da sırk domates üretiminin yoğun olarak yapıldığı bölgelere karşılık geldiğine dikkat edilmesi gerekir. Domates bitkisi diğer sebzelere ve birçok kültür bitkisine göre dekardan daha yüksek miktarda potasyum kaldırmaktadır. Potasyumun eksik olduğu durumlarda ise verim ciddi olarak düşmektedir. Havlin ve ark. (1999), ürün artışı ile birlikte topraktan kaldırılan potasyum konsantrasyonunun da önemli miktarda arttığını belirtmektedirler. Bu nedenle potasyumlu gübreleme yapılırken alınması hedeflenen ürün miktarı dikkate alınarak gübre tavsiyesi yapılması gerektiğini belirtmişlerdir.



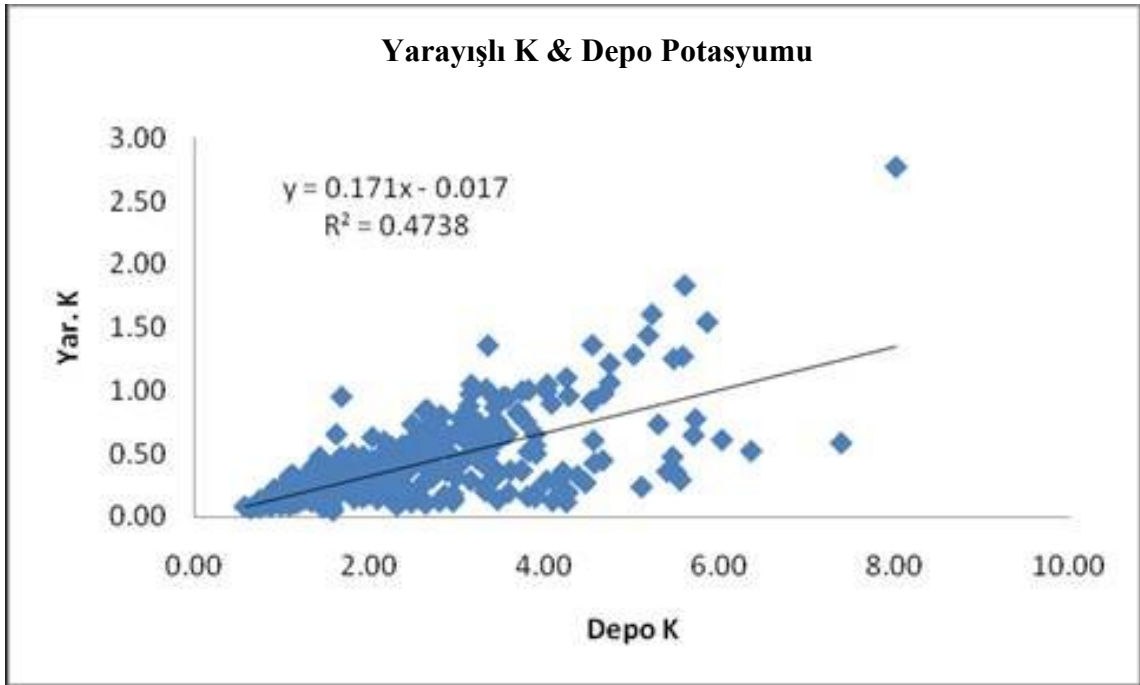
Şekil 4.3. Değişebilir potasyum içeriklerinin Ülgen ve Yurtseven (1988) indeksine göre haritalanması (Ülgen ve Yurtseven, 1988).

Son olarak, Ülgen ve Yurtseven'e göre ise 135 örnek 16,8 kg K/da'dan daha düşük yarayırlı potasyum içermektedir ve yetersiz olarak sınıflandırılmaktadır. Bu üç sınıflama sonuçları dikkate alındığında Kazova içerisinde yarayırlı potasyumun bitki gelişimi için gerekli olan sınırların üzerinde bulunduğu alanlar olmasına rağmen önemli miktarda tarım arazisinde yetiştiriciliği yapılan tarım ürünleri için potasyumlu gübreleme yapılması gerektiği görülmektedir. Bununla birlikte, toprakların depo potasyum içeriği oldukça yüksek olup bu potasyum kil mineralojisine de bağılı olarak zamanla çözeltiye geçebilecek olan önemli bir potasyum kaynağıdır.

Geleneksel istatistikte toprak özelliklerindeki değişkenliğin en iyi ifade şekli varyasyon katsayılarıdır. Farklı ana materyaller ve farklı kullanımlar altındaki 20 656 ha alanda yapılan rastgele örnekleme sonunda depo potasyum içeriğinin varyasyon katsayısı (VK) %52,50 ve değişebilir potasyum içeriğinin VK'si %79,62 olarak bulunmuştur.

Akbaş (2004) Kazova'da yer alan kendi çalışma alanındaki toprakların değişebilir potasyum içeriğinin VK'sini ortalama %31 olarak ifade etmiştir. Varyasyon katsayılarının rapor edildiği önceki çalışmaların tamamı, bu çalışmada taranan alana göre oldukça küçük ölçeklidir. Bununla birlikte bu çalışma da değişebilir potasyum için elde edilen VK (%79,62) diğer birçok çalışmada rapor edilen VK sınırları içerisinde yer almaktadır. Camberdella ve ark. (1994) arazideki toprak özelliğinin değişkenliğini % varyasyon katsayısına göre 3 sınıfa ayırmışlardır: Buna göre %15'den küçük olanlar az değişken, 16-35 arasında olanlar orta derecede değişken ve %36'dan büyük olanlar ise yüksek derecede değişken olarak gruplandırılmıştır. Çalışma alanı toprakları da, bu sınıflama esas alındığında yarayırlı potasyum açısından yüksek değişken grubuna dahil edilmektedir. Değişkenliğin bu kadar yüksek çıkmasının üç temel nedeni olabilir. Bunlardan birincisi, çalışma alanının çok büyük olması (20 656 ha), ikincisi bu alanda yer alan farklı ana materyallerin çeşitliliği ve üçüncüsü bitkisel üretimdeki çeşitliliğidir. Örneğin, aluviyal arazinin kum içeriğinin yüksek olduğu nehir banklarında bir ayırım yapılsa idi durum daha farklı olabilirdi. Bu çalışma kapsamında veri sadece aluviyal ve koluviyal olmak üzere iki ana fizyografyaya ayrılmış ve daha sonra koluviyal araziler kendi içerisinde sağ sahilde kireç taşı sol sahilde ise serpantin şist olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Aluviyal arazi içerisinde nehir bankı, nehir terası ve kil deposu şeklinde daha ileri bir ayırım ise yapılmamıştır.

Toprakların pH, değişebilir sodyum, bitkiye yararılı fosfor ve spesifik yüzey alanı haricinde incelenen tüm toprak özellikleri ile değişebilir potasyum arasında önemli bir ilişkinin bulunduğu görülmüştür. Toprakta bulunan bitkiye yararılı besin elementlerinin miktarının topraktaki yararılı potasyum içeriğini de etkilediği rapor edilmiştir. Çünkü potasyum haricindeki besin elementleri toprağa yeterince uygulanmazsalar, bitkilerin topraktan potasyum alımı da sınırlandırılır. Bunun tam tersi bir durumda ise, yani azot ve fosfor gibi besin elementlerinin fazlaca uygulandığı yerlerde bitki topraktan potasyumu da yüksek oranda kaldırabilir. Çalışma alanı topraklarının en baskın değişebilir katyonu Ca olup, bunu sırası ile Mg, ve Na takip etmektedir. Kil mineralojisi yapılan örneklerin (N=96) yararılı potasyum içerikleri ile kil minerallerinin yüzde içerikleri arasındaki korelasyon analizi sonucuna göre, kil mineralleri ile değişebilir potasyum arasında çok güçlü bir ilişki elde edilememiştir. Yararılı ve depo potasyum arasında önemli bir ilişkinin olduğu Yayla (2008) tarafından rapor edilmiştir. Bu iki değişken arasındaki regresyon analizi bize depo potasyumdaki değişkenliğin yararılı potasyum içeriği tarafından en az %47,38 doğrulukla tahmin edilebileceğini göstermektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Yararılı K ve Depo K içeriği arasındaki regresyon analizi ve oluşturulan model.

Çalışma alanı topraklarının ortalama pH'sı 8,16'dır (Çizelge 4.1). Toprakların pH'sı potasyum içeriklerini etkileyen önemli bir değişkendir. Zira pH değerinin artması ile birlikte potasyum fiksasyonunun arttığı birçok çalışmada rapor edilmiştir. Düşük pH'larda ortamda bulunan H^+ , Fe^{2+} ve Al^{3+} iyonları fiksasyon yüzeylerini kapadıklarından dolayı fiksasyon gerçekleşmemektedir. pH değerinin artması ile birlikte bu kationların konsantrasyonu azaldığından dolayı fiksasyon olayı da önemli olmaya başlamaktadır (Havlin ve ark., 1999). Nommik (1965) yaptığı bir araştırmada, kireçleme ile birlikte artan pH'nın toprakta potasyum fiksasyonunu artırdığı açıkça ortaya konmuştur. Kireçleme öncesi pH değeri 6,0 iken 1,31 me/100g olan fikse olmuş potasyum miktarı, pH'nın bir birim artması ile 1,69 me/100 g'a yükselmiştir. Çalışma alanı topraklarının da pH açısından fiksasyona meyilli oldukları görülmektedir. Havlin ve ark. (1999)'nın ortaya koydukları nedenlerden dolayı ova topraklarının pH değerleri ile değişebilir potasyum içerikleri arasında normalde negatif bir korelasyon beklenmekte idi. Yani artan pH ile birlikte yarayıklı potasyum içeriğinin azalması ve depo potasyum içeriğinin artması beklenirdi. Ancak, çalışma alanı topraklarının değişebilir potasyum ve depo potasyum içerikleri ile pH değerleri arasında bir ilişki elde edilememiştir (Yayla, 2008).

4.2.1 Topografya ve Ana Materyale Göre Potasyum İçeriğindeki Değişimler

Toprak oluşumundaki iki önemli faktör olan topoğrafya ve ana materyal, bu çalışmada konu edilen toprak özelliklerine etkileri açısından değerlendirilmiştir. Çalışma alanı toprakları farklı konumlara göre gruplandırılmış ve en azından ana materyal açısından daha homojen birlikler oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu sayede farklı ana materyaller altındaki toprakların spesifik yüzey alanları ve kil mineralojilerinin değişimleri hakkında bir bilgi sahibi olmamızın mümkün olacağı düşünülmüştür. Yayla (2008), tez çalışmasında depo ve yarayıklı potasyumun ovadaki durumunu detaylı olarak ele aldığından dolayı, tekrar olmaması için bu tezde potasyum içeriklerine ait detaylı analizlere yer verilmemiştir.

Çalışma alanı toprakları Günel ve ark. (2008) tarafından %0-2 eğimli arazilerde yer alan topraklar ve %2-6 eğimli arazilerde yer alan topraklar olmak üzere iki gruba

ayrılmışlardır. Çalışma alanının eğimli etek düzlüklerinde yer alan koluviyal materyallerin kapladığı arazilerin ayrımı sayısal yükselti haritaları ve arazi gözlemleri ile yapılmıştır. Eğimli arazilerde yer alan topraklar, sağ sahilde kireç taşı ana materyali ve sol sahilde çoğunlukla serpantin şist ana materyali üzerinde yer alan topraklar olarak iki ayrı grupta incelenmişlerdir.

Nehrin şu anda aktif olarak aktığı yatağının etrafında çoğunlukla kumlu materyaller yer almaktadır. Nehir yatağından uzaklaştıkça kum içeriğinin azaldığı gözlemlenmektedir. Bununla birlikte şu andaki nehir yatağının oldukça uzağında lokal kum depozitlerine çalışmalarımız esnasında rastlanılmıştır. Araştırmacılar farklı boyuttaki mineral parçacıkların mineralojik bileşimlerinin toprakların depo ve yarayışlı potasyum içeriğine etki eden en önemli faktör olduğunu rapor etmişlerdir. Genelde kum fraksiyonunda düşük olan depo ve yarayışlı potasyum, feldspatlarca zengin olan kum parçacıkları içerisinde potasyumun sıkı bir şekilde bağlanmış olması ile açıklanmıştır. Çalışma alanında kum içeriğinin yüksek olduğu yerlerdeki düşük potasyum içeriği de bunun açık bir göstergesi olarak kabul edilebilir.

Çalışma alanının büyük bir kısmı düz düze yakın arazilerden oluştuğundan dolayı, toprak örneklerinin de yaklaşık olarak dörtte üçü bu arazilerden alınmıştır. Ana materyallerine göre gruplanan toprakların depo potasyum ortalaması en yüksek olan grup sol sahil sulama kanalının altında kalan ve %2-6 arasında değişik eğimlerde yer alan kireç taşı ana materyali üzerinde gelişmiş koluviyal topraklar olup bunu sırası ile aluviyal araziler ve sağ sahil eğimli arazilerinde yer alan topraklar izlemektedir (281.27, 217.24, 168.46 kg K₂O/da) (Çizelgeler 4.3, 4.4 ve 4.5).

Çizelge 4.3. Düz düze yakın, %0-2 Eğimli (N=294) ait toprak örneklerinin çeşitli potasyum formlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri.

	En küçük	En büyük	Aritmetik ortalama	Standart Sapma	VK*	Yatıklık	Basıklık
Depo K me/100g	0,58	8,02	2,31	1,25	54,24	1,28	1,70
Depo kg K/da	45,69	627,08	180,34	97,80	54,23	1,28	1,70
Depo K ₂ O kg/da	55,04	755,38	217,24	117,81	54,23	1,28	1,70
Değişebilir K me/100g	0,04	2,77	0,41	0,33	81,37	2,49	10,37
Değişebilir K kg/da	3,42	215,75	31,73	25,79	81,30	2,49	10,37
Değişebilir K K ₂ O kg/da	4,12	259,9	38,22	31,07	81,30	2,49	10,37

* VK: Varyasyon Katsayısı (%)

Depo potasyum ve değişebilir potasyum açısından en büyük değişkenlik %0-2 eğimli aluviyal arazilerden alınan toprak örneklerinde mevcuttur. Buda aluviyal arazilerden alınan toprakların tekstürlerinin değişkenliğinden kaynaklanmaktadır. Nehire yakın olan arazilerin yüksek kum içerikli topraklarının depo ve yarayışlı potasyum içeriklerinin çok düşük, nehirde daha uzakta yer alan killi toprakların çok yüksek depo ve yarayışlı potasyum içeriyor olmaları, değişkenliğin bu denli yüksek olmasına neden olmuştur. Sol sahilde yer alan toprakların depo potasyum açısından değişkenlikleri en düşük ve yarayışlı potasyum açısından ise sağ sahilde yer alan toprakların değişkenlikleri en düşüktür.

Çizelge 4.4. Sağ Sahil sulama kanalı altında yer alan %2-6 eğimli arazilerden alınan toprak örneklerine (N=43) ait çeşitli potasyum formlarına ait tanımlayıcı istatistik verileri

	En küçük	En büyük	Aritmetik ortalama	Standart Sapma	VK*	Yatıklık	Basıklık
Depo K me/100g	0,65	5,11	1,79	0,90	50,30	1,82	4,16
Depo kg K/da	50,93	399,99	139,85	70,37	50,32	1,82	4,18
Depo K ₂ O kg/da	61,35	481,82	168,46	84,77	50,32	1,82	4,18
Değişebilir K me/100g	0,06	0,64	0,23	0,12	55,24	1,04	1,30
Değişebilir K kg/da	4,77	50,04	17,61	9,71	55,14	1,05	1,37
Değişebilir K ₂ O kg/da	5,75	60,28	21,21	11,70	55,14	1,05	1,37

* VK: Varyasyon Katsayısı (%)

Yarayışlı ve depo potasyumun en düşük olduğu topraklar sağ sahilde serpantinit şist üzerinde gelişmiş topraklardır (21,22 ve 168,44 kg K₂O/da)(Çizelge 4.4). Depo ve yarayışlı potasyumun en yüksek olduğu topraklar ise sol sahilde bulunan topraklardır (37,65 ve 281,27 kg K₂O/da)(Çizelge 4.5). Sağ sahilde yer alan arazilerin ana materyallerinin potasyum içeriğinin düşük olması depo potasyum içeriklerinin düşüklüğüne ve dolayısı ile yarayışlı potasyum içeriğinin düşük çıkmasına neden olmuştur (Çizelge 4.4 ve 4.5).

Çizelge 4.5. Sol Sahil sulama kanalı altında yer alan %2-6 eğimli arazilerden alınan toprak örneklerine (N=63) ait çeşitli potasyum formlarına ait tanımlayıcı İstatistik verileri.

	En küçük	En büyük	Aritmetik ortalama	Standart Sapma	VK*	Yatıklık	Basıklık
Depo K me/100g	1,08	7,39	2,99	1,14	38,06	1,22	2,88
Depo kg K/da	84,56	578,13	233,50	88,88	38,06	1,22	2,88
Depo K ₂ O kg/da	101,87	696,41	281,27	107,06	38,06	1,22	2,88
Değişebilir K me/100g	0,09	1,1	0,40	0,25	62,11	1,01	0,49
Değişebilir K kg/da	6,79	85,44	31,25	19,46	62,28	1,00	0,45
Değişebilir K ₂ O kg/da	8,18	102,93	37,65	23,45	62,28	1,00	0,45

* VK: Varyasyon Katsayısı (%)

4.3 Spesifik Yüzey Alanı (SYA)

Depo ve yarayışlı potasyum içeriklerinin belirlendiği yüzey topraklarının spesifik yüzey alanları belirlenmiştir. Bu değerlere ait tanımlayıcı istatistik parametreleri Çizelge 4.6'da görülmektedir. Ortalama SSA 116,31 m² g⁻¹, olan toprakların en küçük SSA değeri 22,60 m²/g ve en yüksek değeri 269,53 m² g⁻¹'dir. Varyasyon katsayısı değerlerine göre yüzey alanı ovada yüksek düzeyde değişkenliğe sahiptir. Eğim ve ana materyallerine göre alınan örneklerin yüzey alanı analizlerine bakıldığında en yüksek varyasyon katsayısının sol sahilden alınan örneklerde olduğu görülmektedir. Bunun en temel nedeni sol sahil de %2-6 eğimli arazilerden alınan bazı toprak örneklerinin dağlık alanlardan inen derelerin getirdiği çakıllı ve kumlu malzemelerden alınmış olmasından dolayıdır. Bu değişkenlik toprak parçacık büyüklüğünde de değişkenliğine ve dolayısı ile yüzey alanında da büyük bir değişkenliğin görünmesine neden olmaktadır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Analizi tamamlanan örneklerin spesifik yüzey alanlarına (m² g⁻¹) ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

Lokasyon (Örnek Sayısı)	En Küçük	En Büyük	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı	Yatıklık	Basıklık
Tüm Kazova (400)	22,60	269,53	116,31	46,35	39,85	0,81	0,45
%0-2 Eğim (293)	22,60	269,53	120,99	45,29	37,43	0,71	0,38
Sol sahil (64)	37,20	266,35	108,22	53,42	49,36	1,13	0,84
Sağ Sahil (43)	53,68	186,43	96,41	34,84	36,14	1,01	0,14

Kazova'da 0-30 cm derinlikten alınan 400 toprak örneğinin yüzey alanı ve bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi belirleyebilmek amacı ile korelasyon analizi yapılmıştır (Çizelge 4.7). Korelasyon testine göre yüzey alanı ile yarayışlı potasyum arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki ($P<0,01$) olduğu tespit edilmiştir. Ancak depo potasyum ile yüzey alanı arasında böyle bir ilişki bulunamamıştır.

Çizelge 4.7. Kazova'dan örneklenen toprakların bazı toprak özellikleri ve spesifik yüzey alanları arasındaki korelasyonlar (N=400).

	Kum	Kil	Silt	KDK##	Fosfor	pH	EC	Kirec
SYA#	-0,555**	0,587**	-0,049	0,718**	0,107	-0,101	0,249**	0,183**

	Depo K	Yarayışlı K	Organik Madde	Azot	Ca	Mg	Na
SYA#	0,005	0,272**	0,189**	0,189**	0,274**	0,474**	0,159**

** Korelasyon $P<0,01$ seviyesinde önemlidir. # Spesifik Yüzey alanı ## Katyon değişim Kapasitesi.

Toprakların yüzey alanı ile tekstür bileşenleri arasında beklenen bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Kil içeriği arttıkça yüzey alanının arttığı ve kum içeriği arttıkça yüzey alanının azaldığı, aralarındaki sırasıyla önemli pozitif ve negatif ilişkilerden anlaşılmaktadır. Parçacık büyüklük dağılımı ve kil mineralojisinin bir göstergesi olan toprağın katyon değişim kapasitesi ile yüzey alanı arasında kil içeriğinde olduğundan daha güçlü bir pozitif ilişkinin olduğu görülmektedir. Katyon değişim kapasitesi toprakta bulunan toplam yüzey alanı ile birlikte negatif yüklerin toplam miktarına bağlı olduğundan dolayı güçlü bir pozitif ilişkinin bulunması beklenmektedir.

Spesifik yüzey alanı ve tekstür bileşenleri arasında beklendiği gibi istatistiksel olarak önemli bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Kum ile negatif, kil içeriği ile istatistiksel olarak önemli pozitif ($P<0,01$) bir ilişki bulunmaktadır. Katyon değişim kapasitesi (KDK) ve yüzey alanı arasında da kil içeriğindeki benzer bir şekilde ve hatta kil içeriği ile olduğundan daha güçlü bir ilişkinin olduğu da korelasyon analizi sonuçlarından anlaşılmaktadır. Toprağın yüzey alanına etki eden en önemli bileşenler şüphesiz toprağın organik madde içeriği ve kil içeriğidir. Kil ile ilgili ise kilin miktarının yanında toprakta baskın olarak bulunan kilin çeşidi de toplam yüzey alanını önemli ölçüde etkilemektedir. Kil mineralojisi ve yüzey alanı ile ilgili tartışmalar kil mineralojisi bölümünde verilecektir. Korelasyon analizi sonuçlarından organik madde

içeriği ile yüzey alanı arasında da her ne kadar kil içeriği ve KDK kadar güçlü olmasa da önemli derecede pozitif bir ilişkinin olduğu anlaşılmaktadır. Organik madde artışı ile birlikte yüzey alanında da bir miktar artış gözlemlemek mümkündür. Değişebilir katyonlardan Ca, Na ve Mg içeriği, toprağın kireç içeriği ve elektriksel iletkenliği ile yüzey alanı arasında da önemli bir pozitif ilişkinin olduğu anlaşılmaktadır. Toprakta gerçekleşen birçok fiziksel, kimyasal ve hatta biyolojik olay toprağın aktif yüzey alanı ile ilişkilidir. Toprakta bulunan bu aktif yüzeyler pH'nın 7'den yukarıda olduğu çoğu durumda negatif yük ile yüklenmiş durumdadır. Bu elektriksel yük suyun tutunmasına neden olduğu gibi, pozitif yüklü katyonların topraktan yıkanmalarını da önlemektedir. Toprakta bulunan organik madde miktarı da bu aktif yüzeylerin miktarı ile ilişkilidir. İşte bu nedenlerden dolayıdır ki, yüzey alanı ile birçok toprak özelliği arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki olduğu görülmektedir. Depo potasyum içeriği ile bir ilişki çıkmaması ise muhtemelen depo potasyumun bu aktif yüzeylerin varlığından ziyade toprakta bulunan özellikle illit ve vermikulit gibi kil minerallerinin varlığı ile ilişkili olmasından kaynaklanmaktadır.

Farklı fizyografik birimlerden alınan toprak örneklerinin özellikleri arasındaki ilişkiyi belirleyebilmek amacı ile korelasyon testi yapılmış ve korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Korelasyon testi yapılmadan önce verilerin normal dağılımı ile ilgili olarak raporun metot kısmında bahsedilen yöntem takip edilmiştir. Normal dağılım testleri ile ilgili sonuçlar Çizelge 4.8'de verilmektedir.

Çizelge 4.8. Farklı fizyografik birimlerden örneklenen toprak özelliklerinin normal dağılım* testlerine ilişkin veriler

	EĞİM 1			EĞİM 2			EĞİM 3		
	N	Yatkılık	P	N	Yatkılık	P	N	Yatkılık	P
Depo K	293	0,212	0,003	64	-0,234	0,200	43	0,426	0,200
DK	293	0,187	0,200	64	-0,084	0,099	43	-0,175	0,200
Ca	293	-0,352	0,013	64	-0,988	0,001	43	-0,583	0,069
Mg	293	-0,270	0,200	64	0,209	0,200	43	0,086	0,200
Na	278	0,428	0,038	62	0,661	0,200	43	-0,074	0,200
Kum	288	-0,314	0,002	63	-0,376	0,181	43	-0,467	0,313
Kil	293	-0,258	0,059	64	-0,299	0,200	43	-0,307	0,701
Silt	279	-0,539	0,000	64	-0,439	0,200	43	-0,226	-0,878
Org. Madde	292	0,374	0,06	64	-0,90	0,200	43	0,375	0,503
EC	287	0,444	0,023	64	0,445	0,200	41	-0,480	0,751
pH	285	0,337	0,038	63	-0,402	0,093	41	-0,918	0,000
Azot	287	0,433	0,000	62	0,094	0,031	43	-0,144	0,221
Kireç	293	0,287	0,000	64	-0,087	0,200	43	0,129	0,779
KDK	293	0,247	0,200	64	-0,086	0,095	43	0,430	0,200
SYA	293	-0,439	0,200	64	0,126	0,200	43	0,527	0,041
Fosfor	293	-0,188	0,200	64	0,135	0,200	43	-0,444	0,343

*Örnek sayısı 50'den fazla olduğunda Kolmogorov Smirnov ve 50'den az olduğunda Shapiro-Wilk normalite testi sonucu kullanılmıştır. $P > 0,05$ olanlar normal dağılım göstermektedir.

Çalışma alanında farklı fizyografik üniteler üzerinde yer alan ana materyallerden alınan 400 toprak örneğinde yapılan yüzey alanı değerlerinin karşılaştırmasını yapabilmek amacı ile tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. ANOVA sonuçları Çizelge 4.9'de verilmektedir. Bu sonuçlara göre gruplar arasında istatistiksel anlamda önemli düzeyde farklılık olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.9. Ana materyallerine göre gruplandırılmış toprakların depo ve yarıyışlı potasyum içerikleri için uygulanan ANOVA testi sonuçları.

		Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Karesi	F	Önem (P)
Spesifik	Gruplar arası	2	0,475	0,237	7,954	0,000
Yüzey Alanı	Grup İçi	397	11,852	0,030		
(log)	Toplam	399	12,327			

ANOVA testi ile belirlediğimiz farklılığın düzeyini görebilmek amacı ile DUNCAN gruplama testi yapılmıştır. Bu gruplama testi bize çalışılan alanda düz düze yakın alanlardan alınan toprakların yüzey alanlarının çok belirgin bir şekilde sol ve sağ sahildeki topraklardan daha yüksek olduğunu ve bu nedenle de farklı bir grupta yer aldıklarını göstermektedir.

Çizelge 4.10. Ana materyallerine göre gruplandırılmış toprakların kil mineralojileri için uygulanan DUNCAN testi sonuçları.

EĞİM	Örnek Sayısı	Spesifik Yüzey Alanı
%0-2 eğimli	293	120,99a
%2-6 eğim Sol Sahil	64	108,22b
%2-6 eğim Sağ Sahil	43	96,41b

#Sütunlarda aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak $P < 0,05$ düzeyinde farklılık yoktur.

Çalışma alanında en fazla sayıda örneğin alındığı Yeşilirmak'ın depolama havzası konumundaki %0-2 eğimli arazilerden alınan örneklerin özellikleri ile yüzey alanı arasındaki korelasyon sonuçları birbirlerine büyük oranda benzerlik göstermektedir. Yüzey alanı depo potasyum, değişebilir sodyum, silt ve fosfor içeriği haricinde belirlenmiş olan diğer toprak özellikleri ile önemli bir ilişkiye sahiptir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Kazova'da %0-2 eğimli arazilerden örneklenen toprakların bazı toprak özellikleri ve spesifik yüzey alanları arasındaki korelasyonlar N=293

	Kum	Kil	Silt	KDK##	Fosfor	pH	EC	Kireç
SYA#	-0,574**	0,567**	-0,058	0,690**	0,109	0,143*	0,274**	0,108
	Depo K	Yarayışlı K	Organik Madde	Azot	Ca	Mg	Na	
SYA#	-0,023	0,202**	0,240**	0,234**	0,211**	0,454**	0,083	

** Korelasyon $P < 0.01$ seviyesinde önemlidir. # Spesifik Yüzey alanı ## Katyon değişim Kapasitesi

Kireç içeriği diğer ana materyallere göre daha yüksek olan sol sahil topraklarında diğer gruplardan en önemli farklılık kireç içeriği ile yüzey alanı arasındaki ilişkinin daha güçlenmiş ve organik madde ve toplam azot ile yüzey alanı arasındaki ilişkinin ortadan kalmış olmasıdır. Bu grupta yer alan toprakların yüzey alanları ile yarayışlı potasyum içerikleri arasında da güçlü bir ilişkinin varlığı gözlenmektedir (Çizelge 4.12). Tüm alandan ve düz-düze yakın arazilerden alınan örneklerde spesifik yüzey alanı ve yarayışlı potasyum arasında elde edilen önemli pozitif korelasyona oranla, sol sahil ve sağ sahilde yer alan toprakların yarayışlı potasyum ve spesifik yüzey alanı arasında daha güçlü bir pozitif ilişkinin olduğu görülmektedir (Çizelge 4.12 ve 4.13).

Çizelge 4.12. Kazova'da sol sahilde yer alan %2-6 eğimli arazilerden alınan toprakların bazı toprak özellikleri ve spesifik yüzey alanları arasındaki korelasyonlar N=63

	Kum	Kil	Silt	KDK##	Fosfor	pH	EC	Kireç
SYA#	-0,593**	0,785**	0,007	0,788**	0,072	0,048	0,436**	0,494**

	Depo K	Yarayışlı K	Organik Madde	Azot	Ca	Mg	Na
SYA#	0,120	0,682**	0,286*	0,282*	0,499**	0,730**	0,535**

** Korelasyon $P < 0,01$ seviyesinde önemlidir. # Spesifik Yüzey alanı ## Katyon Değişim Kapasitesi

Çalışma alanı topraklarında depo potasyum ile yüzey alanı arasında ilişki sadece sağ sahilten alınan örneklerde görülmüştür. Kireç içeriği düşük olan bu toprakların kireç içerikleri ile yüzey alanları arasında ise sol sahilde görülen kuvvetli ilişkinin aksine hiçbir ilişkiye rastlanmamıştır (Çizelge 4.13).

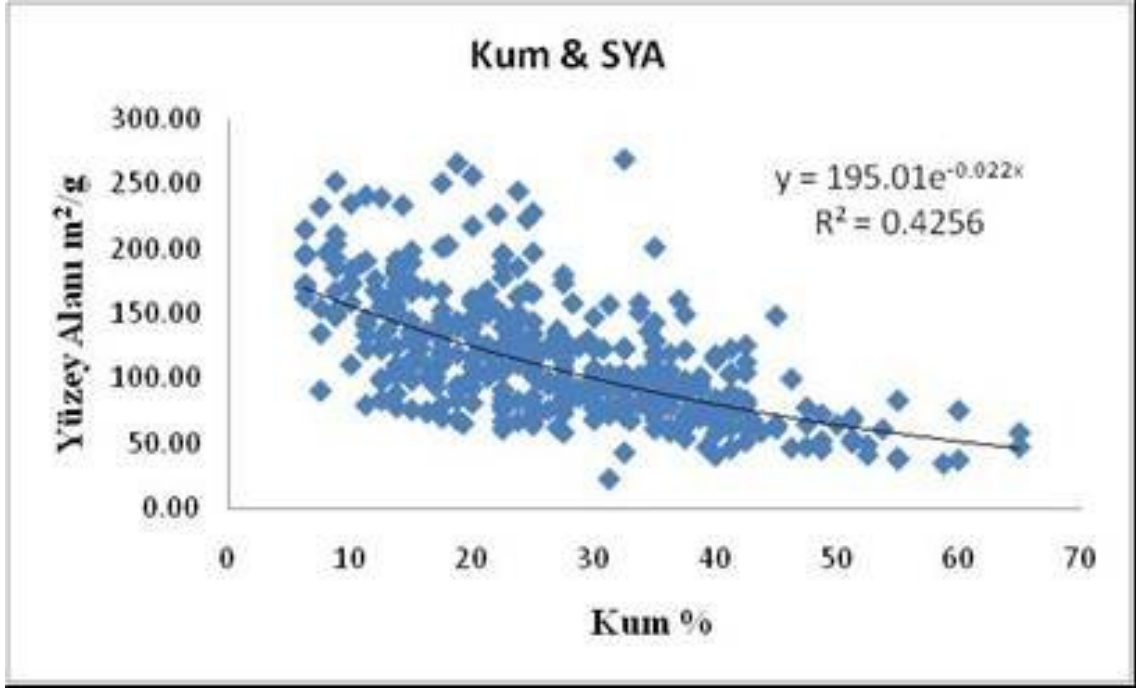
Çizelge 4.13. Kazova'da sağ sahilde yer alan %2-6 eğimli arazilerden alınan toprakların bazı toprak özellikleri ve spesifik yüzey alanları arasındaki korelasyonlar N=43

	Kum	Kil	Silt	KDK##	Fosfor	pH	EC	Kireç
SYA#	-0,651**	0,788**	0,054	0,832**	0,066	0,021	0,566**	0,262

	Depo K	Yarayışlı K	Organik Madde	Azot	Ca	Mg	Na
SYA#	0,368*	0,621**	0,060	0,027	0,414**	0,774**	0,250

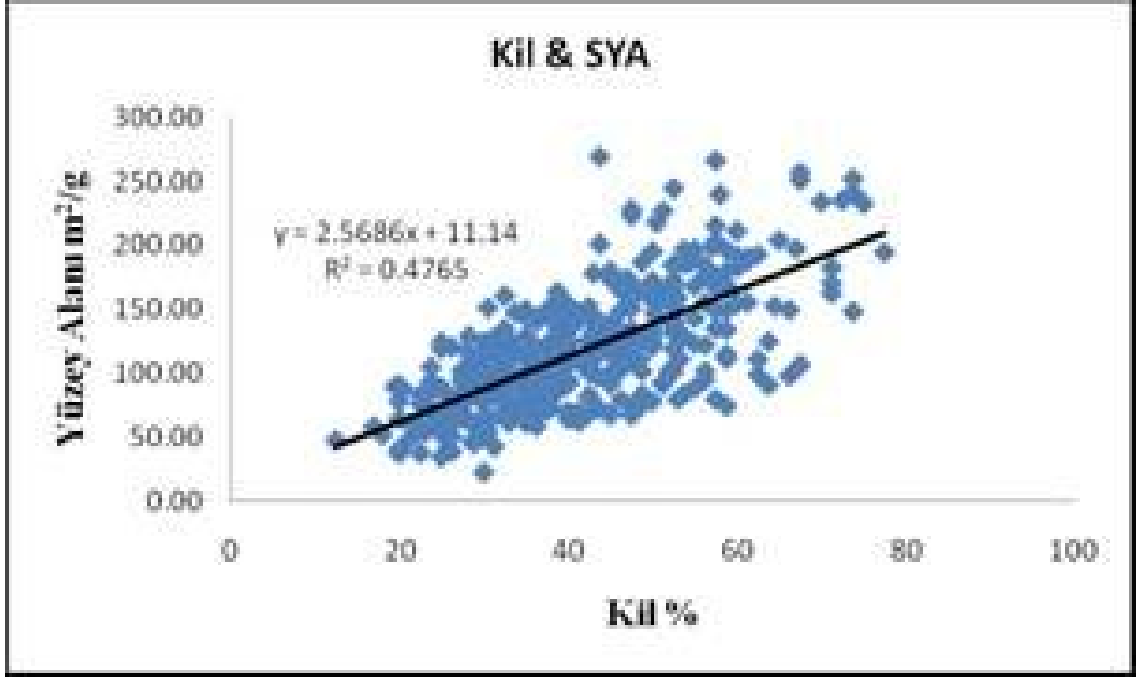
** Korelasyon $P < 0,01$ düzeyinde önemlidir * Korelasyon $P < 0,05$ düzeyinde önemlidir.
Spesifik Yüzey alanı ## Katyon değişim Kapasitesi

Spesifik yüzey alanı ile istatistiksel olarak önemli düzeyde korelasyonu olan bazı toprak özellikleri ile yüzey alanı arasındaki ilişkiyi tanımlayabilmek için regresyon analizi yapılmıştır (Şekil 4.5, 4.6 ve 4.7). Katyon değişim kapasitesi tüm alanda yer alan toprakların yüzey alanlarındaki değişimin %58,75'ini tanımlarken kum içeriği %42,56'sını ve kil içeriği %47,65'ini tanımlamaktadır. Kum ve spesifik yüzey alanı arasındaki ilişkiyi üssel bir model yardımı ile açıklamak mümkündür. Bu ilişkiden kum içeriğindeki artış ile beraber spesifik yüzey alanında belirgin bir azalmanın olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.5).



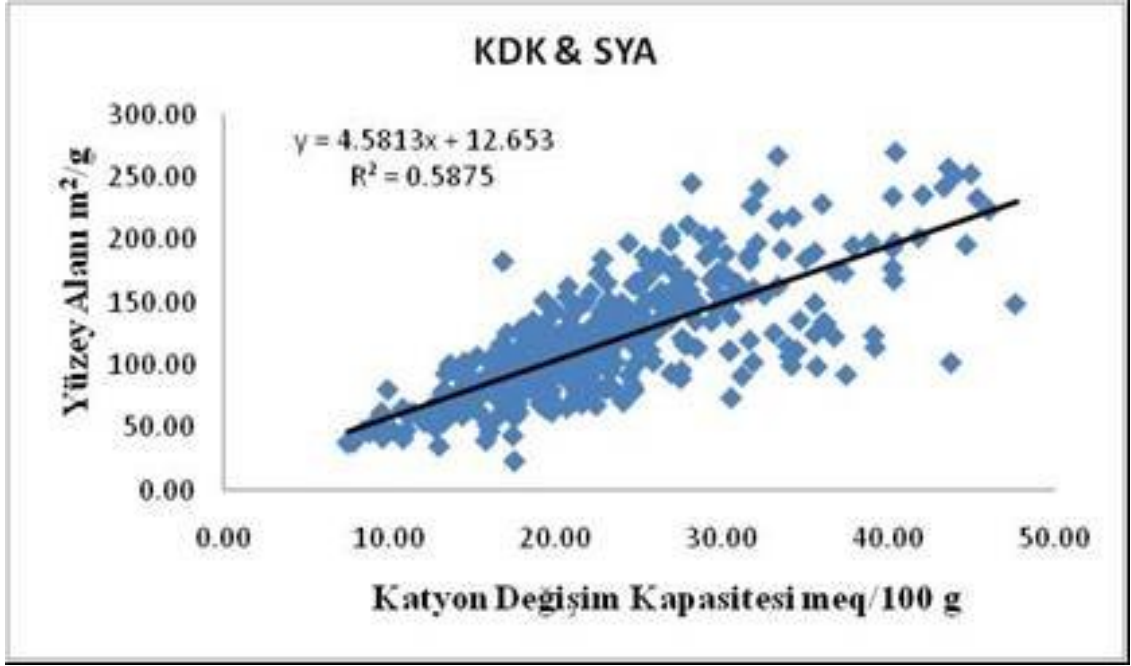
Şekil 4.5. Spesifik yüzey alanı (SYA) ve kum içeriği arasındaki regresyon analizi ve oluşturulan model.

Çalışma alanının kil içeriği ve spesifik yüzey alanı arasındaki ilişki birinci dereceden doğrusal bir regresyon eşitliği ile açıklanabilmektedir. Bu ilişki, spesifik yüzey alanı ile kil içeriği arasında pozitif bir doğrusal ilişkinin olduğunu göstermektedir. Kil içeriğindeki artış ile beraber spesifik yüzey alanı doğrusal bir şekilde artış göstermektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Spesifik yüzey alanı (SYA) ve kil içeriği arasındaki regresyon analizi ve oluşturulan model

Kasyon değişim kapasitesi ile spesifik yüzey alanı arasında kil miktarından daha güçlü doğrusal bir pozitif ilişkinin olduğu görülmektedir. Kasyon değişim kapasitesi her ne kadar kil içeriğine çok büyük oranda bağlı olmakla birlikte, KDK'ya etki eden diğer faktörlerin (organik madde gibi) de spesifik yüzey alanı ile doğrusal bir ilişkisinin olması bu ilişkinin daha da güçlenmesine yol açmış olabilir. KDK'nın artışı ile spesifik yüzey alanının doğrusal bir şekilde artmaktadır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Spesifik yüzey alanı (SYA) ve kation değişim kapasitesi (KDK) arasındaki regresyon analizi ve oluşturulan model.

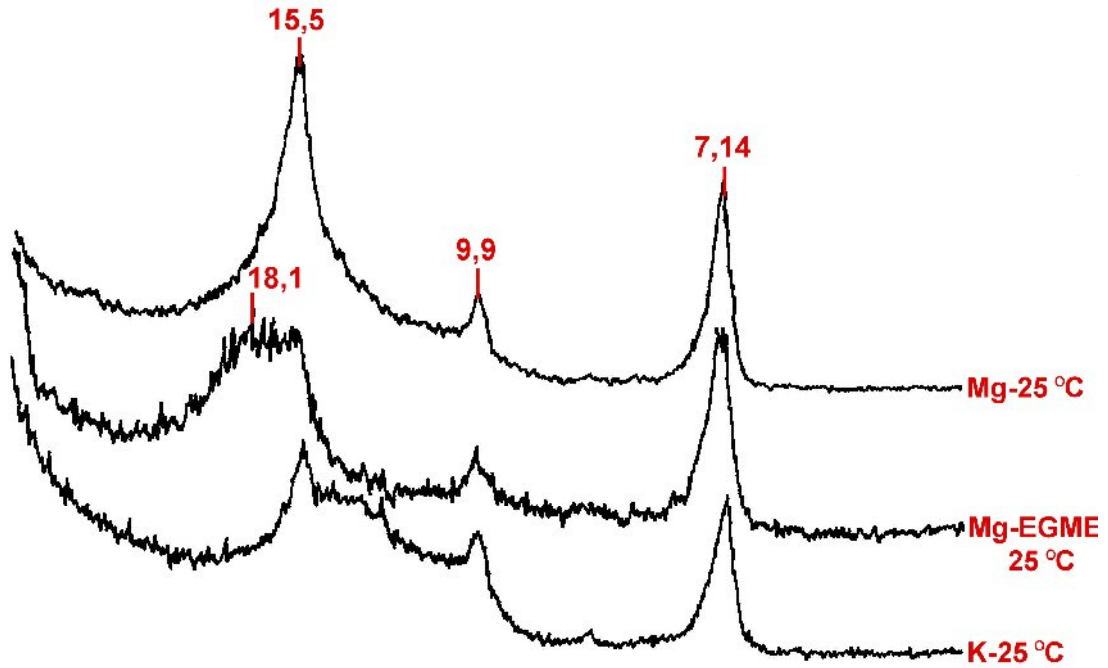
4.4 Kil Mineralojisi

Araştırma alanında incelenen 400 toprak örneğinden, çalışma alanında yer alan farklı ana materyaller ve kullanımları da dikkate alarak, alanı temsil edecek şekilde farklı toprak tekstürüne sahip 96 toprak örneğinin kil mineralojileri belirlenmiştir. Kil mineralojisi için seçilen örneklerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 4.14’de özetlenmiştir. Kil mineralojisi için seçilen örneklerin alandaki dağılımları tüm alan için seçilen örneklerin dağılımlarına oldukça benzerlik göstermektedir (Şekil 3.2). Amacımız, kil mineralojisi ile ilişkili olan toprak özelliklerini belirlemek ve bu ilişkiyi modellemektir. Bir sonraki aşamada ise, oluşturulan modelin kullanımı ile Kazova’da toprak örnekleme yapılan ancak kil mineralojisi yapılmayan noktaların kil mineralojilerinin tahminini yapmaktır. Analizi daha uzun zaman ve pahalı olan kil minerallerinin Kazova’da örnekleme yapılmayan noktalardaki tahmininin doğruluk derecesi kil mineralojisi tahmininde kullanılacak olan özellikler ile kil mineralleri arasındaki ilişkinin kuvvetine bağlıdır. Kil mineralojisi ile ilgili tartışmalara öncelikle analizi yapılan örneklerde kil minerallerinin nasıl tanımlandığından başlanacaktır.

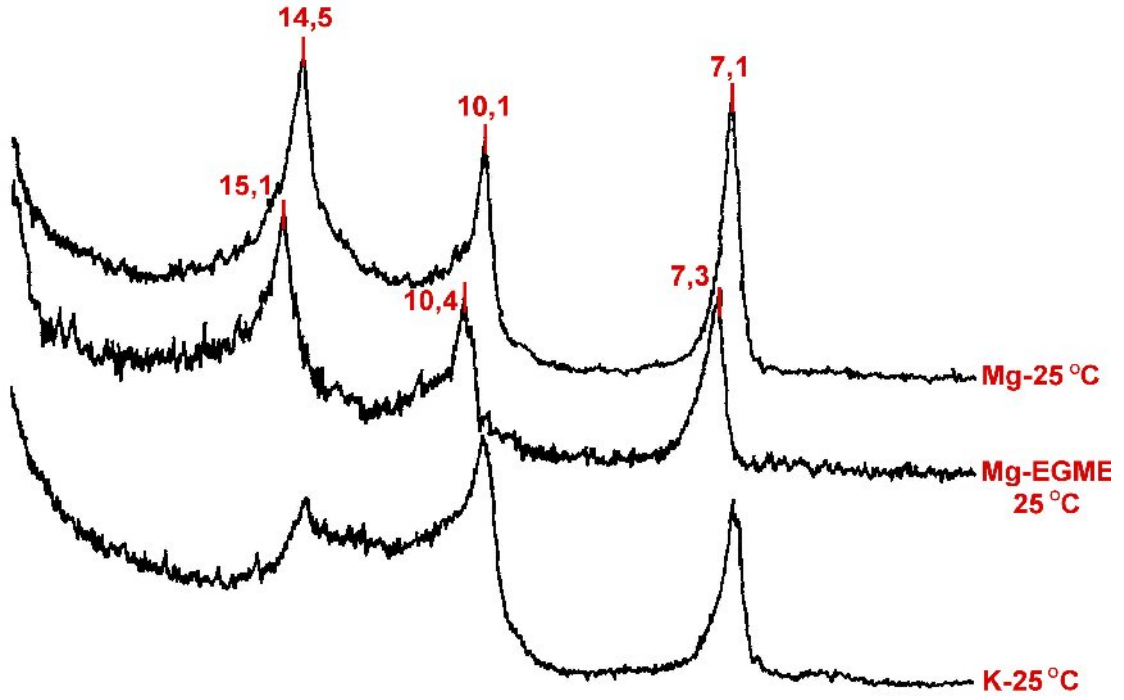
Mika-smektit topraklarda en yaygın olarak görülen kil mineralleridir (Moore ve Reynolds, 1997). Jackson ve ark. (1952)'nin rapor ettiğine göre düzensiz ara tabakalı minerallerin birçoğu mikanın ayrışma ürünleridir. Düzensiz tabakalanmış mika/smektit minerallerinin varlığı;

1) K-25 °C muamelesi ile elde edilen geniş bir pikin varlığı (Sawhney, 1989) ve

2) Mg-25 °C ve Mg-EG muamelelerinin karşılaştırılması (Moore ve Reynolds, 1997) ile yapılabilir (Şekil 4.8, 4.9, 4.10, 4.11 ve Ek 1.1-1.10). Moore ve Reynolds (1997) Etilen Glikol ile pikin genişlemesi ara tabakalı killerin tanımlanması açısından önemli olduğunu rapor etmişlerdir.



Şekil 4.8. Düz düze yakın eğimli arazilerde yer alan 168 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonunun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray patternleri



Şekil 4.9. Düz düze yakın eğimli arazilerde yer alan 132 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonunun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray patternleri

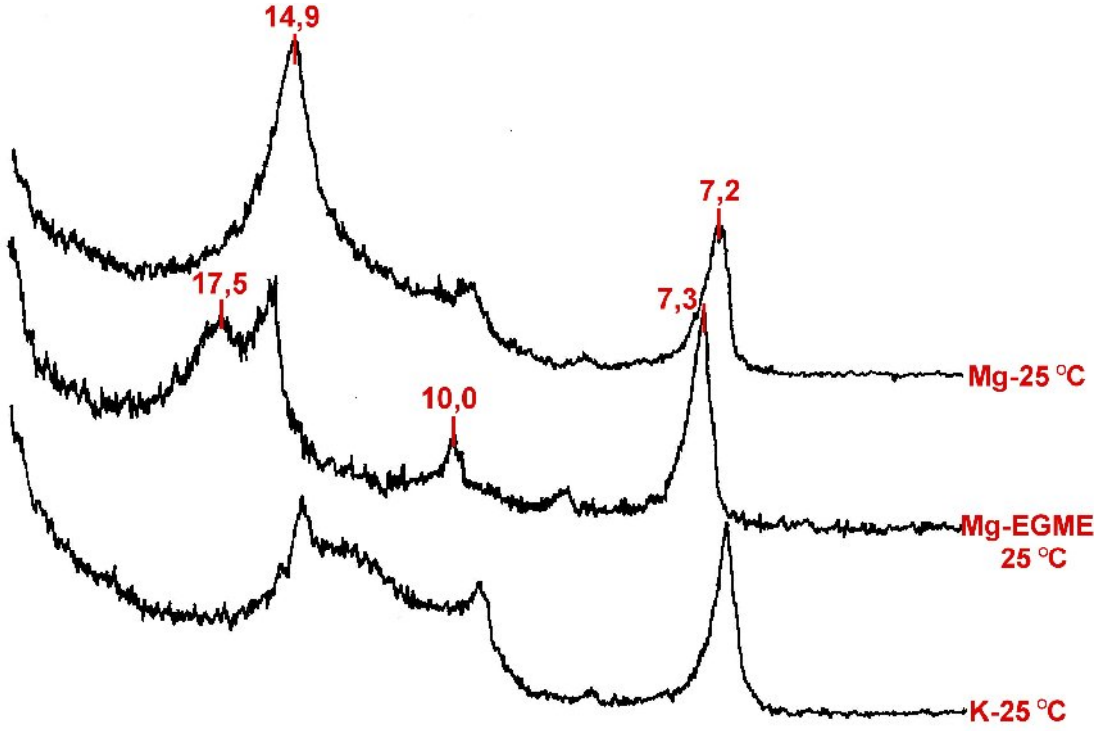
Çizelge 4.14. Kil mineralojisi için seçilen örneklerin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

	En Küçük	En Büyük	Aritmetik Ortalama	Standart Sapma	VK*	Yatıklık	Basıklık
Ca me/100 g	18,37	71,65	42,33	11,59	27,37	0,29	-0,76
Mg me/100 g	1,64	19,62	6,70	3,67	54,69	1,16	1,53
Na me/100 g	0,06	8,7	0,44	0,95	219,18	7,32	61,02
Kum %	7,5	65,0	27,0	11,35	42,02	0,50	-0,01
Kil %	12,5	75,0	40,7	13,06	32,13	0,50	-0,27
Silt %	12,5	51,3	32,4	7,88	24,36	0,00	-0,10
Organik Madde %	0,83	6,02	2,09	0,98	46,83	1,79	3,72
EC mikromhos/cm	135	1720	341,26	239,49	70,18	4,16	20,56
pH	7,16	9,19	8,18	0,27	3,29	0,25	4,10
Azot %	0,039	0,457	0,12	0,06	50,79	2,38	8,30
Kireç %	2,25	20,85	8,17	3,52	43,11	1,10	1,95
KDK me/100 g	8,34	45,44	22,45	8,47	37,76	1,02	0,94
Smektit %	36,9	88,8	64,89	13,71	21,13	-0,49	-1,01
İllit %	4,4	43,5	16,29	9,51	58,37	0,87	-0,38
Kaolinit %	3,6	34,2	18,83	6,66	35,37	0,53	0,00

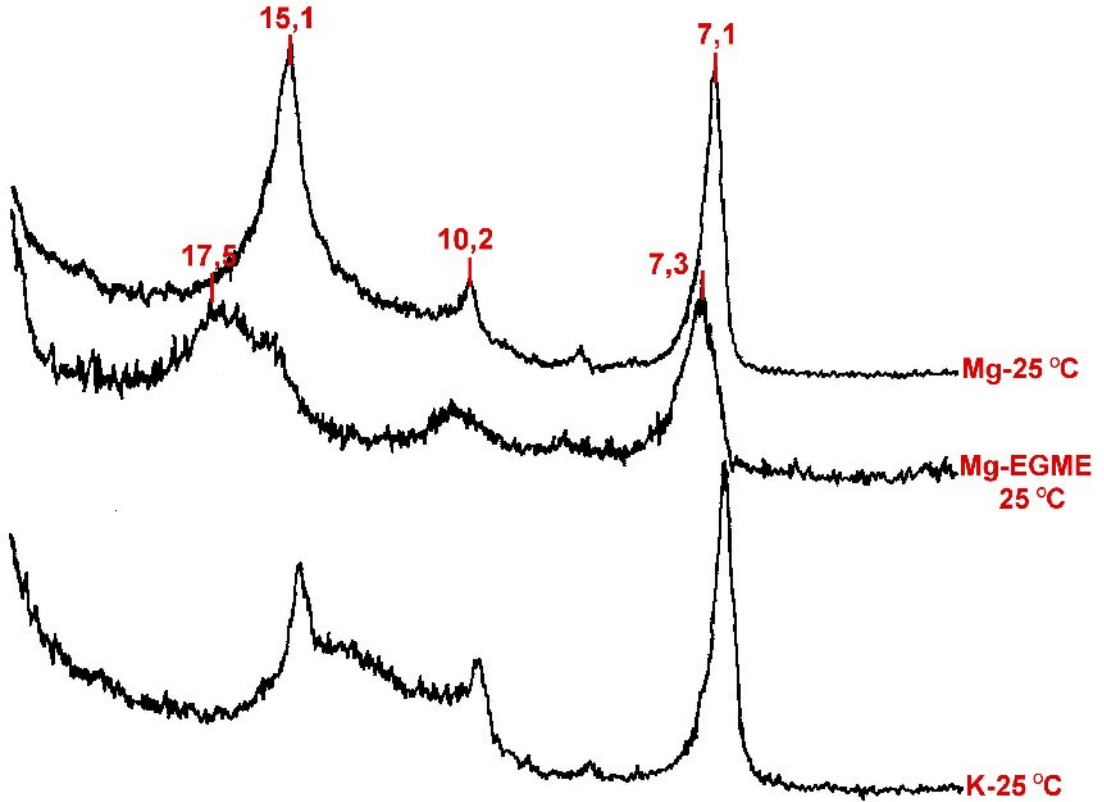
*VK: Varyasyon Katsayısı (%)

Toprakta bulunan 2:1 tipi kil mineralleri genellikle farklı kil minerallerinin karışımları olduklarından dolayı, X-Ray desenlerine bakarak çok az sayıda pikin bireyselleştirilebilmesinin yapılabilmesi mümkündür. Geniş piklerin varlığı bantların ve pik pozisyonlarının üst üste geldiğinin göstergesidir. Böyle bir durumda kil minerallerinin bireysel ayrımlarının yapılabilmesi oldukça güçtür. X-Ray desenlerine uygulanan düzenli ayırıştırma programları, toprak kil fraksiyonunda bulunan 2:1 tipi kil minerali popülasyonlarının sınıflandırılmasında başarılı bir şekilde kullanılabilir (Barre ve ark., 2008). Bu tip programlar genellikle X-Ray difraktometresi ile birlikte kullanılmaktadır. Kil analizlerini TÜBİTAK MAM'da yaptırıp, sadece JPEG formatında X-Ray deseni resmini ve piklerin yoğunluklarının olduğu dosyayı temin edebildiğimizden dolayı böyle bir programı kullanma şansımız olmamıştır. Bununla birlikte, Mg ile doyurulmuş olan killerin oda sıcaklığında kurutulan cam slaytları üzerindeki kil için elde edilen X-ray desenindeki piklerin bazal yansıma aralıkları kullanılarak kil minerali ayrımı yapılmıştır.

Temel olarak üç kil mineralinin ayrımı yapılmıştır. Kil mineralojisi analizlerinin pahalı olmasından dolayı detaylı ayırım yapılamamıştır. Bununla birlikte araştırma alanındaki farklı ana materyalleri temsil edecek şekilde Mg-25 °C'de X-ray desenleri çekilen örneklerden 14 tanesinde özellikle vermikulit kil mineralinin ayrımını yapabilmek amacı ile Mg-EGME uygulaması yapılmıştır. Smektit ve vermikulit kil minerallerinin her ikisi de Mg-25 °C'de uygulamasında yaklaşık 14 °A bazal aralığa sahip bir pik oluştururken, aynı örnek EGME ile doyurulduğunda örnekte vermikulit var ise yine 14 °A bazal aralığa sahip bir pik elde edilir. Ancak, örnekte smektit grubu bir kil minerali var ise bu durumda daha önce 14 °A bazal aralığa sahip olan pik yaklaşık 17 °A bazal aralığa sahip bir pik haline dönüşür (Şekil 4.8, 4.10 ve 4.11). Yapılan EGME uygulamaları genel anlamda vermikulit içeriği ile ilgili yorum yapmamıza yardımcı olabilecek niteliktedir, ancak sınırlı sayıda olduğundan dolayı haritasının oluşturulmasına izin vermemektedir. Eğer bu kil tipi smektit-mika ara tabakalı bir kil ise bu durumda da 17 ile 14 °A arasında daha geniş bir pik oluşturur (Moore ve Reynolds, 1997).



Şekil 4.10. Düz düze yakın eğimli arazilerde yer alan 202 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonunun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray patternleri



Şekil 4.11. Düz düze yakın eğimli arazilerde yer alan 316 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonunun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray patternleri

Tanımlanması ve yorumlanması en problemlili olan kil tipi karışık tabakalı veya ara tabakalı olarak bilinen kil mineralleridir. Bu durumda çoklu analizlerin yapılması bir kuraldır. Çoklu analizlerden kasıt aynı örnekten Mg ile doyurulmuş (oda sıcaklığında kurutulmuş), K ile doyurulmuş (oda sıcaklığında, 350 °C’de ve 550 °C’de kurutulmuş), Mg-EG ve Mg-EGME ile doyurulmuş örneklerin X-Ray desenlerinin incelenmesidir (Moore ve Reynolds, 1997).

Kil minerallerinin yüzde miktarları yarı-sayısal olarak nitelendirilen ve ilgili kil minerali için belirlenen 001 bazal yansıma piklerinin altında kalan alanların kesilip tartılması esasına göre yapılmıştır (Kalanpa ve ark., 2008). Tüm çalışma alanı topraklarında baskın olan kil minerali smektit (%64,9), bunu sırası ile kaolinit (%18,8) ve illit (%16,3) takip etmektedir (Çizelge 4.14). Ancak sol sahilden alınan toprak örneklerinde illit içeriği kaolinit’den daha yüksektir (Çizelge 4.15). Depo potasyum içeriği en yüksek olan bölgenin de sol sahil olduğu daha önce belirtilmiş idi. İllit kil mineralinin yüksek olduğu bu alanda depo potasyumunda yüksek olması potasyum fiksasyonu açısından en hassas olan toprakların sol sahilde yer aldığı bir göstergesidir. Sağ ve sol sahilde yer alan toprakların smektit içerikleri birbirlerine benzer olmakla birlikte en belirgin farklılık illit ve kaolinit içeriklerindedir. Potasyum fiksasyonu açısından en risksiz görünen araziler ise düz düze yakın araziler şeklinde görünmektedir. Bu arazilerde ortalama illit içeriği %14,7 gibi oldukça düşük düzeydedir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. Farklı ana materyaller üzerinde yer alan toprakların kil içeriklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri

Arazi Çeşitleri	Kil tipleri	En	En	Aritmetik	Standart	VK*	Yatıklık	Basıklık
		Küçük	Büyük	Ortalama	Sapma			
Düz düze yakın alanlardan alınan toprak örnekleri	Smektit	38,10	88,80	68,22	12,40048	18,18	-0,882	-0,259
	İllit	4,40	43,50	14,69	9,49012	64,60	10,260	0,511
	Kaolinit	5,50	34,00	17,10	5,15338	30,14	0,720	10,184
Sol sahilden alınan toprak örnekleri	Smektit	36,90	84,40	55,63	15,25305	27,42	0,611	-0,786
	İllit	12,00	36,40	23,77	8,49013	35,72	-0,131	-10,419
	Kaolinit	3,60	29,80	20,62	7,64306	37,07	-10,090	0,534
Sağ sahilden alınan toprak örnekleri	Smektit	40,40	66,60	54,06	9,76098	18,06	-0,219	-10,500
	İllit	8,90	25,80	17,87	6,22175	34,81	0,037	-10,620
	Kaolinit	17,10	34,20	28,07	6,56370	23,38	-0,727	-10,233

* Varyasyon Katsayısı (%)

Bugüne kadar yapılmış birçok çalışmada toprakların potasyum potansiyellerini etkileyen en önemli özelliğin toprakta yer alan illit grubu kil mineralleri (Pal, 1985; Güzel ve ark., 2001; Çimrin ve ark., 2004) ile birlikte toprakta bulunan organik madde miktarının olduğu rapor edilmiştir (Mengel ve Kirkby, 2001). Bu çalışmada, kil içeriği ile değişebilir (yarayışlı) potasyum arasında önemli bir korelasyonun olduğu görülmüştür. Yine organik madde içeriği ile de değişebilir potasyum arasında önemli bir ilişkinin olduğu da görülmüştür. Kil miktarı ile değişebilir potasyum arasındaki ilişki organik madde ile değişebilir potasyum arasındaki ilişkiden daha yüksek çıkmıştır.

Topraktaki potasyum döngüsünde 2:1 tipi kil mineralleri anahtar bir rol oynamaktadır. Bugüne kadar yapılan çalışmalar açık bir şekilde potasyum iyonlarının 2:1 tipi kil minerallerinin tabakalarının arasında tutulduğunu açık bir şekilde göstermiştir ve bu potasyum iyonları değişmez olarak tanımlanmıştır (Barre ve ark., 2008). Yapılan yarı sayısal analiz neticesinde elde edilen kil tipi miktarları da korelasyon analizine dahil edilmiştir. Kil minerallerinden smektit ile depo potasyum içeriği arasında istatistiksel olarak önemli ($P<0,05$) negatif bir ilişki ve illit ile istatistiksel olarak önemli ($P<0,01$) pozitif bir ilişkinin olduğu görülmüştür. Buda bize smektit içeriğinin yüksek olduğu topraklarda depo potasyumun azaldığı ve illit içeriğinin yüksek olduğu yerlerde depo potasyum içeriğinin arttığını göstermektedir. Havlin ve ark. (1999), mikanın tabakaları arasındaki potasyumun yavaş yavaş salıverilmesi ile illit (susuz mika) ve sonunda vermikulit kil mineralinin oluştuğunu bildirmişlerdir. İllit kil mineralinin tabakaları arasında bağlı bulunan ve toprak çözeltisinde potasyum konsantrasyonu azaldığında çözeltiliye geçen önemli miktarda potasyum olduğu da rapor edilmiştir. Bu durumda illit kil minerali ile depo potasyum içeriğinin pozitif bir korelasyon göstermesi normal görünmektedir. Officer ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada, değişmez durumda tutulan potasyum ve 2:1 tipi kil mineralleri arasında önemli bir ilişkinin olduğunu rapor etmişlerdir.

Önceki bölümlerde toprakta bulunan hemen yarayışlı formdaki potasyum ile değişmez durumda (tabakalar arasında) bulunan potasyum arasında istatistiksel olarak önemli ($P<0,01$) pozitif bir korelasyonun olduğundan bahsedilmiş idi. Bundan depo potasyum içeriği arttığında yarayışlı potasyum içeriğinin de arttığını anlamak mümkündür. Ancak Barre ve ark. (2007) potasyumun bu fikse edilme ve serbest bırakılma özelliğinin 2:1

tipi kil minerallerinin topraklarda potasyum rezervi gibi düşünülmesine neden olduğunu belirtmişlerdir. Bugüne kadar yapılmış birçok çalışmada da araştırmacılar 2:1 tipi kil minerallerinin çözültedeki potasyumu fikse ettiğini rapor etmişlerdir. Eğer tabakalar arasındaki potasyum toprakta depo potasyum olarak algılanıyor ise bu durumda negatif bir korelasyonun olması beklenirdi. Ancak araştırma sonuçlarımız bu iki potasyum içeriği arasında güçlü bir pozitif ilişkinin varlığını göstermektedir. Kazova'da daha az sayıda örnek ile çalışan Aydın (2001)'de toprakların depo ve yarıyışlı potasyumları arasında güçlü pozitif bir ilişkinin bulunduğunu rapor etmiştir.

Çizelge 4.16. Araştırma alanından alınan ve kil mineralojisi için seçilen toprak örneklerinin (N=96) smektit, illit ve kaolinit içerikleri ile bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki korelasyonlar

	DepoK	YarK	Org	EC	pH	Azot	Kirec	Ca	Mg	Na
Smektit	-0,234*	0,098	0,004	0,342**	0,213*	-0,095	0,410**	0,138	0,018	0,067
Illit	0,367**	0,053	-0,009	-0,236*	-0,074	0,078	-0,159	-0,081	-0,029	-0,102
Kaolinit	0,088	-0,158	0,112	-0,327**	-0,235*	0,156	-0,593**	-0,188	-0,051	-0,043

	KDK	SYA	Kum	Kil	Silt	Smektit	Illit	Kaolinit
Smektit	0,424**	-0,025	-0,263*	0,044	0,256*	1	-0,892**	-0,717**
Illit	-0,261*	-0,024	0,204*	0,063	-0,344**	-0,892**	1	0,447**
Kaolinit	-0,455**	-0,042	0,205*	-0,178	0,046	-0,717**	0,447**	1

** Korelasyon $P < 0,01$ seviyesinde önemlidir. * Korelasyon $P < 0,05$ seviyesinde önemlidir.

Smektit kil mineralleri ile en güçlü ilişkiler katyon değişim kapasitesi ve kireç içeriği arasında olmuştur ($P < 0,01$, $r = 0,424$ ve $r = 0,410$). Bununla birlikte, smektit ile kil miktarı arasında bir ilişki olmadığı görülmüştür. Parçacık büyüklük dağılımının diğer iki üyesi olan kum ile istatistiksel olarak önemli ($P < 0,05$) negatif bir ilişki ve silt ile önemli bir pozitif ilişki bulunmuştur (Çizelge 4.16). Elektriksel iletkenlik ve pH ile smektit içeriği arasında da önemli pozitif bir korelasyon olduğu gözlemlenmektedir. Illit kil minerali ile en güçlü ilişki depo potasyum ve silt içeriği arasında olmuştur. Smektit'de olduğuna benzer şekilde illit kil minerali ile KDK, kum ve EC ile de istatistiksel anlamda önemli ilişkilerin olduğu korelasyon analizinde görülmüştür. Kaolinit kil minerali özellikle KDK ile güçlü pozitif bir korelasyona sahip iken smektitin aksine kireç içeriği ile güçlü ($P < 0,01$, $r = -0,593$) negatif bir ilişkiye sahiptir. Kireç içeriği düşük olan sağ sahil topraklarının ortalama kaolinit içeriği %28,07 ile diğer alanlardan daha yüksektir. Yine

smektitin aksine pH ve EC ile kaolinit içeriği arasında önemli negatif ilişkilerin olduğu da korelasyon analizi ile bulunmuştur (Çizelge 4.16).

Çalışma alanında yer alan farklı ana materyallerden alınan toprak örneklerinin belirlenen kil mineralojilerini karşılaştırmak için yaptığımız tek yönlü varyan analizi (ANOVA) sonuçları Çizelge 4.17’de verilmektedir.

Çizelge 4.17. Ana materyallerine göre gruplandırılmış toprakların Kil mineralojileri için uygulanan ANOVA testi sonuçları.

		Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Ortalama Karesi	F	Önem (P)
Smektit %	Gruplar arası	2	0,170	0,085	10,053	0,000
	Grup İçi	93	0,785	0,008		
	Toplam	95	0,954			
İllit %	Gruplar arası	2	0,804	0,402	7,514	0,001
	Grup İçi	93	4,974	0,053		
	Toplam	95	5,777			
Kaolinit %	Gruplar arası	2	0,480	0,240	10,226	0,000
	Grup İçi	93	2,181	0,023		
	Toplam	95	2,660			

P <0,01 önem seviyesi

Kil mineralojisi açısından çalışma alanında yer alan ana materyallerin birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde (P<0.01) farklı oldukları anlaşılmaktadır. Bu farklılığın gruplar arasındaki durumunu görmek ve benzer olan grupları ayırabilmek için DUNCAN gruplaması yapılmıştır (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18. Ana materyallerine göre gruplandırılmış toprakların kil mineralojileri için uygulanan DUNCAN testi sonuçları.

EĞİM	Örnek Sayısı	Smektit	İllit	Kaolinit
%0-2 eğimli	72	68,22a	14,69a	17,10a
%2-6 eğim Sol Sahil	13	55,63b	23,77b	20,62a
%2-6 eğim Sağ Sahil	11	54,06b	17,87ab	28,07b

#Sütunlarda aynı harfle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak P<0,05 düzeyinde farklılık yoktur.

DUNCAN gruplamasına göre, düz-düze yakın alanlarda bulunan topraklar sağ ve sol sahilde yer alan topraklara göre daha yüksek smektit içerdiğinden dolayı diğer iki gruptan ayrı olarak gruplandırılmıştır. Bu alanlarda yer alan topraklar, başka yerlerden taşınıp gelen materyallerden oluştuğundan dolayı smektiti içeriğinin yüksek olması normaldir. Zira smektit Jackson-Sherman ayrışma teorisine göre, ayrışmanın daha

yoğun olduğu sıcak bölge topraklarında yoğundur. Yapılan korelasyon analizinde smektiti içeriği ile spesifik yüzey alanı arasında bir ilişki olmadığı görülmüştür. Bununla beraber, ayrı ayrı yaptığımız ANOVA ve DUNCAN gruplama testlerinde bnu iki özelliğin ana materyaller açısından benzer davranış sergiledikleri anlaşılmaktadır. Düz düze yakın alanlardaki yüksek smektiti içeriği aynı alanlardaki yüksek spesifik yüzey alanı ile uyumluluk göstermektedir. İllit kil minerali içeriği bakımında düz alanlardaki topraklar ile sağ sahilde kireç taşı ana materyali üzerinde oluşan topraklar birbirlerinden çok belirgin bir şekilde ayrılırken, sol sahildeki topraklar hem düz alanlardaki hem de sol sahildeki topraklara benzer bir illit içeriğine sahip oldukları anlaşılmaktadır. Bu iki kil mineralinin aksine, kaolinit içeriği için ise, düz alanların toprakları ile sol sahil toprakları benzerlik gösterirken, sağ sahil toprakları farklı olarak gruplandırılmıştır (Çizelge 4.18).

4.5 Jeostatistiksel Analizler ve Haritalamalar

Jeostatistiksel analizler tüm alandaki değişebilir (yarayışlı), depo potasyum, spesifik yüzey alanı ve kil mineralojisi bileşenleri (smektit, illit ve kaolinit) için yapılmıştır. Modellenmelerde en yüksek doğruluğu izotropik semivariogramlar verdiği için izotropik modeller kullanılarak haritalar oluşturulmuştur. Her değişken için oluşturulan modele ait nugget (Co), sill (Co+Cs) ve ayırım mesafesi değerleri verilerek yorumları yapılmıştır. Bununla birlikte kullanılan modellerin uyumluluğunu gösteren RMSSE (Root mean square standardised error) değerleri ile birlikte mesafeyle olan bağımlılığı gösteren % nugget oranları da verilmiştir. Uzaysal değişkenliğin göreceli olarak “gürültülü” olması durumu, nugget varyansının değeri ile belirlenir. Nugget varyans,

1.) Örnekleme hatasından

2.) Örnekler arasındaki minimum ayrılma mesafesinden daha küçük ölçekte var olan uzaysal bağımlılıktan kaynaklanabilmektedir (Hernandez-Stefanoni ve Ponce-Hernandez, 2006). Kullanılan modeller ve sözü edilen parametreler Çizelge 4.19’de verilmektedir.

4.5.1 Depo ve Yarayırlı Potasyum

Modeller oluşturulmadan önce normal dağılım göstermeyen verilerde logaritmik transformasyon uygulanmış ve trasforme edilen veriler modellerde kullanılmıştır. Uç veriler (ekstrem değerler) veri setinden çıkarıldığında modelin daha iyi sonuç verdiği görülmesine rağmen veri setlerinde veri çıkarılmadan işlemler yapılmıştır. Yarayırlı potasyum için dört veri çıkarıldığında r^2 değeri 0,915'den 0,926'ya çıkmış ve çapraz doğrulamadaki (cross validation) r değeri 0,336'den 0,396'ya yükselmiştir. Depo potasyum için en yüksek üç değer veri setinden çıkarıldığında r^2 değeri 0,969'dan 0,955'e düşmüş, ancak kriglemede kullanılan çapraz doğrulama r değeri 0,289'dan 0,331'e yükselmiştir. Çapraz doğrulama; modellenen semivariogramın ve parametrelerinin çalışılan alandaki uzaysal strüktürü temsil edebilme yeteneğini belirlemektedir. Çapraz doğrulamada, veri setinden bir veri uzaklaştırılır ve uzaklaştırılan değer geri kalan veriler yardımı ile tahmin ettirilir. Bu işlem, her bir örnek için yapılır ve gerçek değerler ile tahmin ettirilen değerler arasındaki ilişki modelin tahmin gücünü belirler.

Nugget semivaryansının toplam semivaryansa oranının yüzde olarak ifadesi değişkenlerin uzaysal bağımlılıklarının sınıflandırılmasında kullanılabilir. Camberdalla ve ark. (1994)'na göre bu oran %25'den daha küçük ise kuvvetli uzaysal bağımlılık, %25 ile %75 arasında ise orta derecede uzaysal bağımlılık ve %75'den daha yüksek ise bu durumda zayıf uzaysal bağımlılık vardır denilmektedir. Haritalamaları yapılan tüm toprak özellikleri için bu değer %25'den daha düşük olduğundan dolayı bu özelliklerin çalışma alanında kuvvetli bir uzaysal bağımlılığa sahip olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 4.19 ve Şekil 4.12). Robertson ve ark. (1997) ve Wang ve ark. (2005), nugget oranının sill değerine olan oranının verinin uzaysal heterojenliğini ifade etmekte kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Eğer bu oran büyük olursa, uzaysal değişkenlik düzensiz işlemlerden kaynaklanmaktadır ve ölçüm hatası büyüktür denilir. Eğer bu oran küçük ise, değişkenlik temel olarak uzaysal yapıdan kaynaklanmaktadır denilmektedir. Bu çalışmada elde edilen nugget/sill değerleri genelde Camberdalla ve ark. (1994)'nın da ifade ettiği gibi uzaysal yapının (bağımlılığının) varlığından kaynaklanmaktadır.

Uzaysal enterpolasyonda kullanılan metodun performansını değerlendirirken kullandığımız hataların ortalaması (ME), tahminlerdeki sapmanın derecesinin belirlenmesi amacı ile verilmektedir (Isaaks ve Srivastava, 1989). Ancak bu değer doğruluğun ölçüsü olarak kullanılacağı zaman dikkatli olunmalıdır. Zira negatif veya pozitif tahminler birbirlerini etkisizleştirebildiğinden dolayı elde edilen ME değeri bazı durumlarda gerçek hatadan daha düşük olabilmektedir (Nalder ve Wein, 1998). Çalışılan özelliklere ait modellerin hatalar ortalaması en yüksek olan depo potasyum ve en düşük olan illit kil mineralidir.

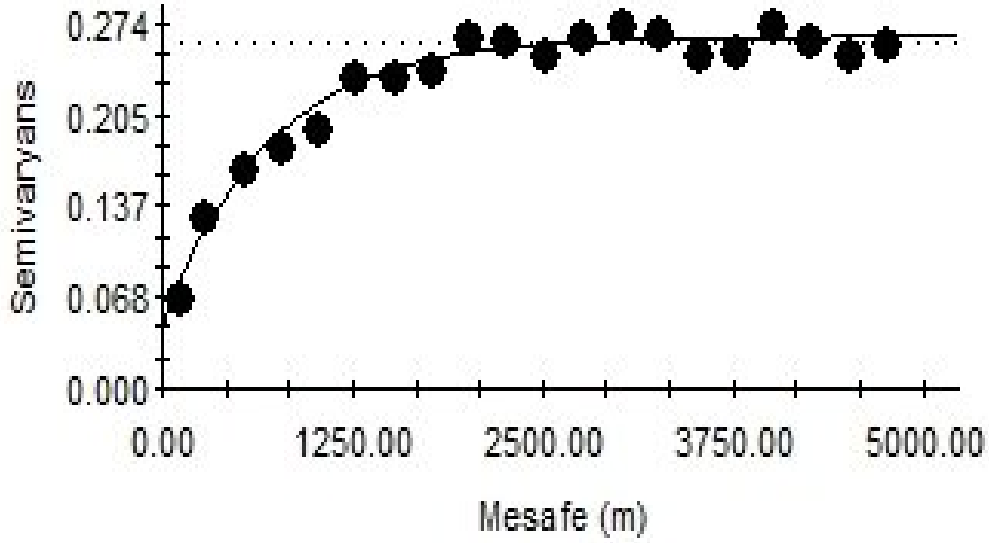
Çizelge 4.19. Çalışılan özelliklerin uzaysal bağımlılığını modelleyen modellere ait parametreler.

	Model	Nugget (Co)	Sill (Co+Cs)	Ayrım mesafesi En fazla-En az (m)	Ani. Yönü	Nugget /Sill %	ME*	RMSSE**
Depo K ^{&} (N=400)	Exponential (Üssel)	0,048304	0,258734	2125,87	-	18,66	0,5541	0,9865
Yarayışlı K ^{&} (N=400)	Exponential (Üssel)	0,00	0,44477	1256,71	-	0,00	0,1955	1,083
SYA (N=400)	Exponential (Üssel)	439,36	1798,76	1767,29	-	24,42	0,1376	0,9459
Smektit (N=96)	Spherical (Küresel)	0,00	173,07	3745,83 2550,01	90,7	0,00	0,2787	1,018
İllit (N=96)	Exponential (Üssel)	0,00	74,069	3745,83 2480,56	89,4	0,00	-0,1268	0,8438
Kaolinit (N=96)	Spherical (Küresel)	8,2997	40,8147	4990,62 3416,21	90,5	20,33	-0,1725	1,087

[&] Semivariogramlar logaritmik transformasyon yapıldıktan sonra modellenmiştir.

* Ortalama hata **Standardize ortalama hatalar karekökü

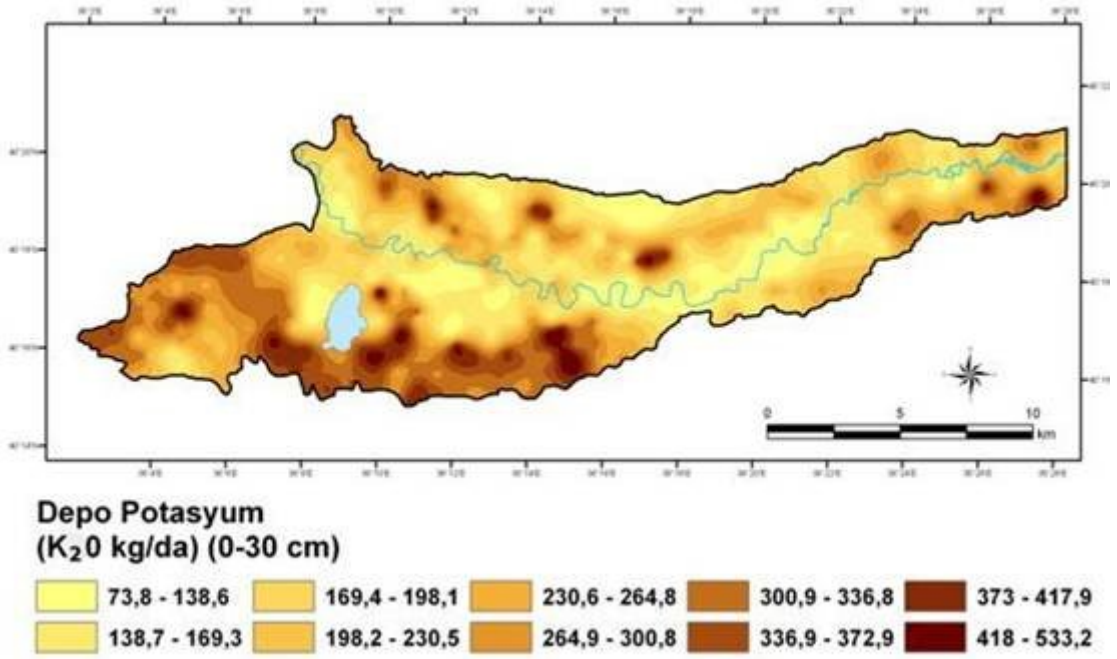
Oluşturulan modelin performansını değerlendirmek amacı ile kullandığımız ikinci parametremiz ise standardize ortalama hatalar karekökü (RMSSE)'dür. Hu ve ark. (2004)'na göre RMSSE değeri sıfıra yakın olmalıdır. Eğer bu değer >1 olursa metot ana değişkeni olduğundan daha düşük tahmin ediyordur denilir. RMSSE <1 olduğunda ise, bu durumda metot asıl değişkeni olduğundan daha yüksek tahmin ediyordur diye kabul edilmektedir. Bu durumda oluşturulan depo potasyum, yüzey alanı ve illit modellerinde ana değişken olması gerekenden büyük ve yarayışlı potasyum, smektit ve kaolinit kil tiplerine ait modeller ana değişkenleri olması gerekenden daha düşük tahmin etmişlerdir denilebilir.



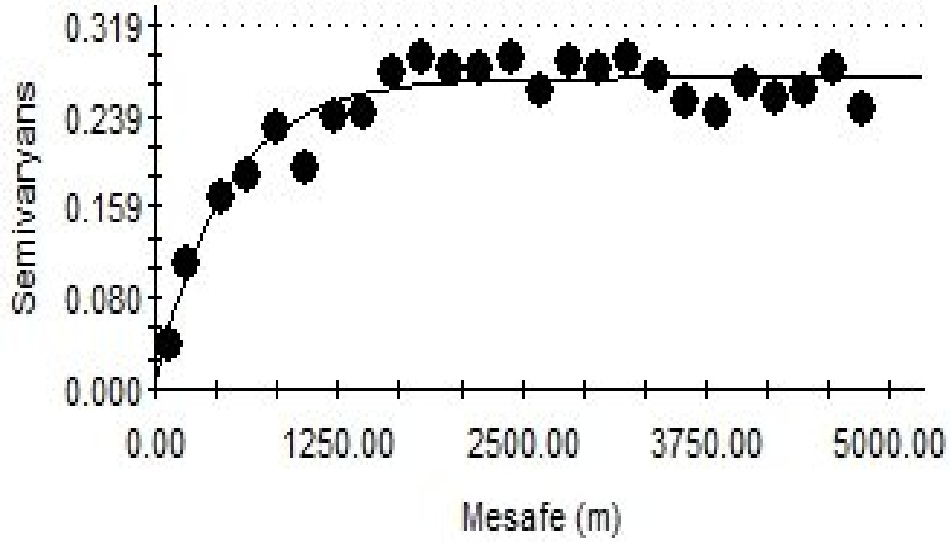
Şekil 4.12. Çalışma alanında depo potasyuma ait izotropik semivariogram ve model ile ilgili parametreler

Modelleme sonucunda örneklenmeyen noktalar için yapılan tahminler ile laboratuvar ölçümleri arasında çapraz doğrulama yapılmıştır. Çapraz doğrulama işleminde ordinary kriging yöntemi kullanılmıştır. Bir noktadaki değer için 20 komşu noktadan gelen veriler kullanılmıştır. Uzaysal bağımlılığın devam ettiği maksimum uzaklığın ifadesi olan ayırım mesafesi değerleri yarayışlı potasyum için 1256,71 m ve depo potasyum için 2125,87 m olarak bulunmuştur. Haritalanan özelliklerden SYA'nın ayırım mesafesi değeri diğer özelliklere göre daha düşük olarak bulunmuştur. Yarayışlı potasyum ana materyal ile birlikte özellikle bitkisel üretim desenlerinden etkilendiğinden dolayı uzaysal bağımlılık mesafesi depo potasyuma göre daha düşüktür.

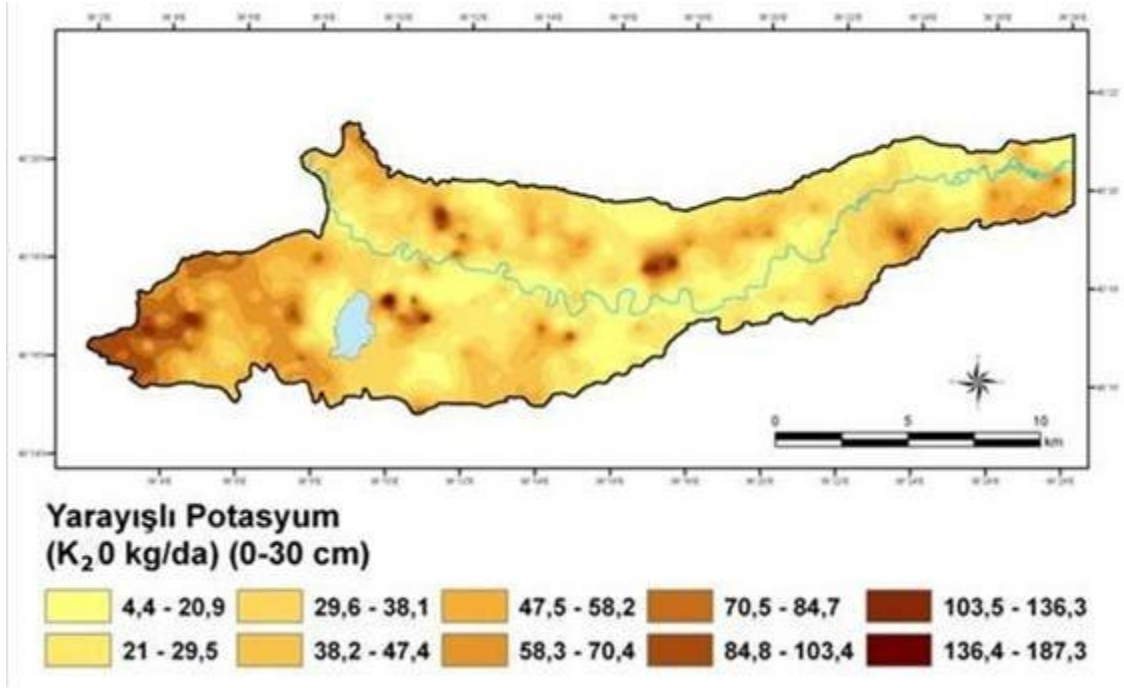
Modelleme neticesinde elde edilen depo potasyum haritasında açık bir şekilde görülmektedir ki toprakların depo potasyum içerikleri ana materyallerinin belirgin bir fonksiyonudur. Daha önce yapılmış birçok çalışmada da ortaya konulduğu gibi kum içeriğinin yüksek olduğu toprakların hem depo hem de yarayışlı potasyum içerikleri düşüktür. Depo potasyum özellikle kil minerallerinin tabakaları arasında fikse edilmiş potasyum içeriğinin bir göstergesi olduğundan dolayı kil içeriğinin yüksek olduğu ovanın batı kısmında depo potasyum içeriği de yüksektir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Oluşturulan semivariogram modelinin kullanımı ile krigleme yöntemi oluşturulan depo potasyum haritası



Şekil 4.14. Çalışma alanında yarıyşlı potasyuma ait izotropik semivariogram



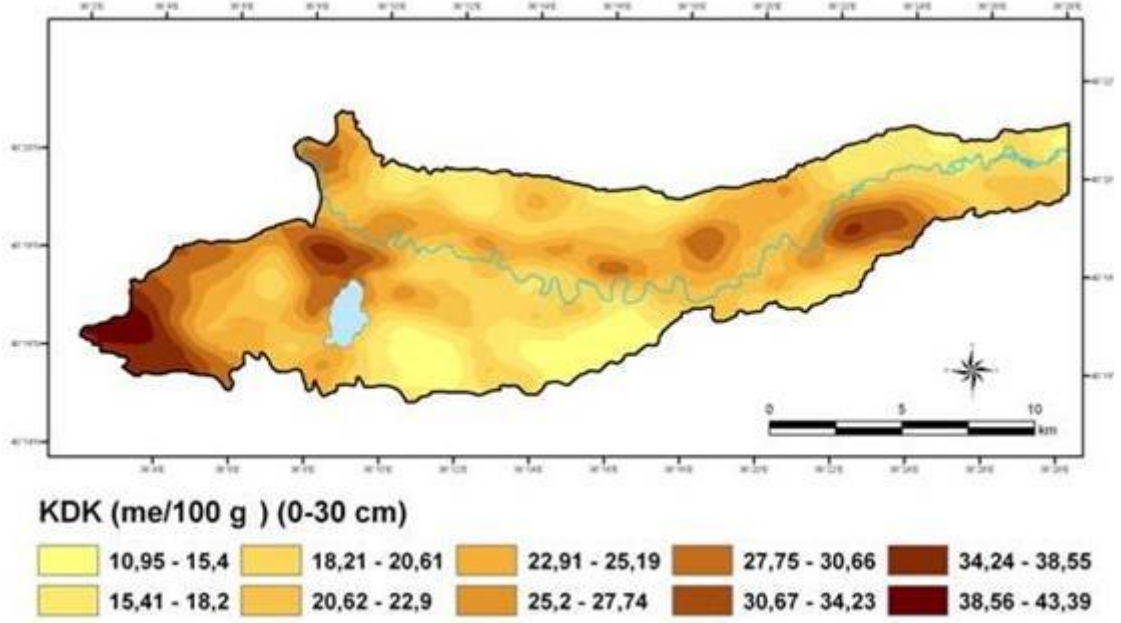
Şekil 4.15. Oluşturulan semivariogram modelinin kullanımı ile krigleme yöntemi oluşturulan değişebilir (yarayışlı) potasyum haritası.

Genel olarak yarayışlı potasyum haritası ile depo potasyum haritaları birbirlerine benziyor olmakla birlikte, özellikle Kazova'da domates tarımının çok yoğun olarak yapıldığı yerlerin depo potasyumu yüksek olsa dahi yarayışlı potasyumun yetersiz olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 4.15). Bunun en temel nedeni, yoğun bitkisel üretimle topraktan kaldırılan potasyumun fikse olan potasyum ve gübreleme ile dengelenememesidir. Bu durumda özellikle domates gibi birim alandan çok fazla miktarda potasyum kaldıran bitkilerin yetiştirildiği alanlarda toprak analizlerinin yaptırılması ve noksanlık olan yerlerde potasyumlu gübrelerin gübreleme programlarına dahil edilmesi gerekmektedir.

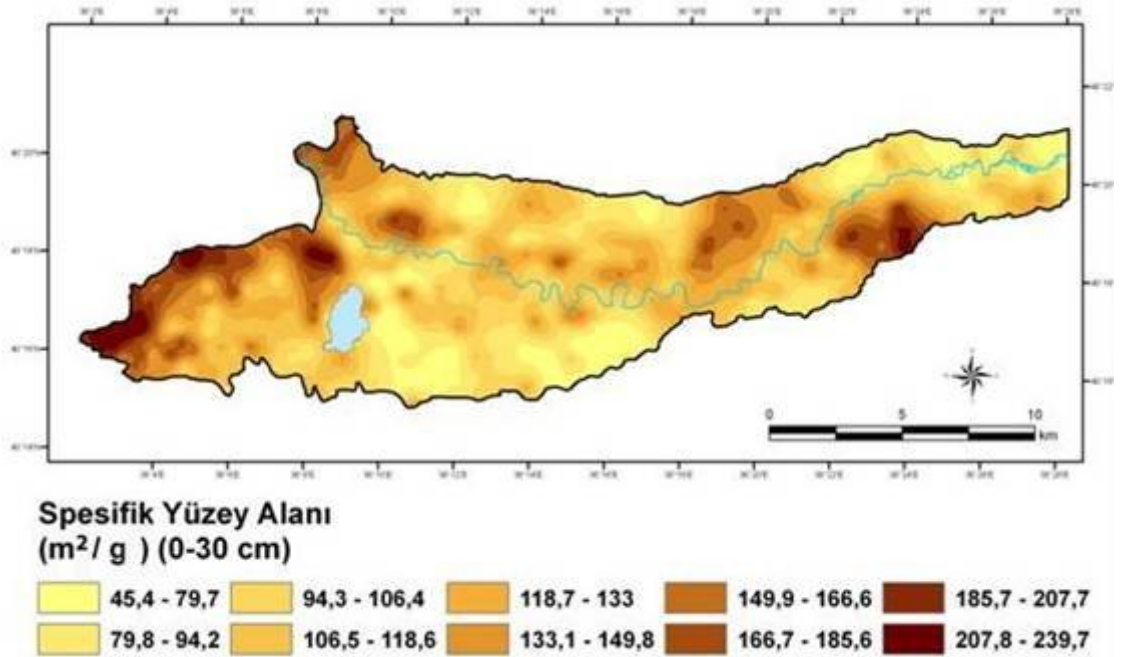
4.5.2 Spesifik Yüzey Alanı

Katyon değişim kapasitesi (KDK) için hazırlanan harita ile spesifik yüzey alanı için hazırlanan haritalar birbirlerine oldukça benzerlik göstermektedir. KDK toprakta bulunan toplam negatif yüklerin bir göstergesidir. Toprakta aktif yüzey alanının fazla olması aynı zamanda negatif yüklerinde fazlalaşmasına neden olduğundan dolayı bu iki değişken arasında önemli bir korelasyonun olduğu önceki bölümlerde bahsedilmiştir.

Birbirleri ile yüksek derecede ilişkili olan bu iki değişkenin haritaları da oldukça benzerlik göstermektedir (Şekil 4.16, 4.17).



Şekil 4.16. Oluşturulan semivariogram modelinin kullanımı ile oluşturulan katyon değişim kapasitesinin (KDK) dağılımını gösteren harita



Şekil 4.17. Oluşturulan semivariogram modelinin kullanımı ile oluşturulan spesifik yüzey alanı değerlerinin dağılımını gösteren harita

Kil içeriğinin yüksek olduğu Kazova'nın Batı ucu ile Toprak Su Araştırma Enstitüsü arazilerinin bulunduğu arazilerin spesifik yüzey alanları 160 ile $230 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ arasında değişmektedir. Smektit için oluşturulan harita incelendiğinde aynı bölgelerin smektit içeriğinin de yüksek olduğu görülecektir.

4.5.3 Kil Minerallerinin Dağılımlarının Haritalanması

Toprakların kil mineralojilerindeki benzerlik örneklerin ana materyallerinin de benzer olduğuna işaret etmektedir (Günel ve Ransom, 2006). Ana materyallerin benzerliği birçok diğer toprak özelliğinin de benzer olmasına neden olacağından dolayı, bu toprak gruplarının tarımsal uygulamalara verecekleri tepkilerde birbirlerine benzer olacaktır. Bu nedenle kil minerallerinin çalışma alanındaki dağılımlarının doğru bir şekilde haritalanması büyük yararlar sağlayacaktır.

Kil minerallerinin dağılımlarına ait haritalar iki ayrı yöntem ile yapılmıştır. Buraya kadar incelenen özellikler için üretilen haritalar Kazova'da 400 noktadan alınan toprak örneklerine ait sonuçlar kullanılarak yapılmıştır. Ancak kil mineralojisi analizleri bu 400 noktadan sadece 96 tanesinde yapılabilmektedir. Öncelikli olarak, analizleri yapılan 96 noktadan alınan örneklerin, yarı-sayısal metot kullanılarak elde edilen kil mineralleri yüzde dağılımlarına ait değerlerin mesafeye bağlı dağılımları modellenerek haritalanmıştır (Şekil 4.18, 4.21 ve 4.23).

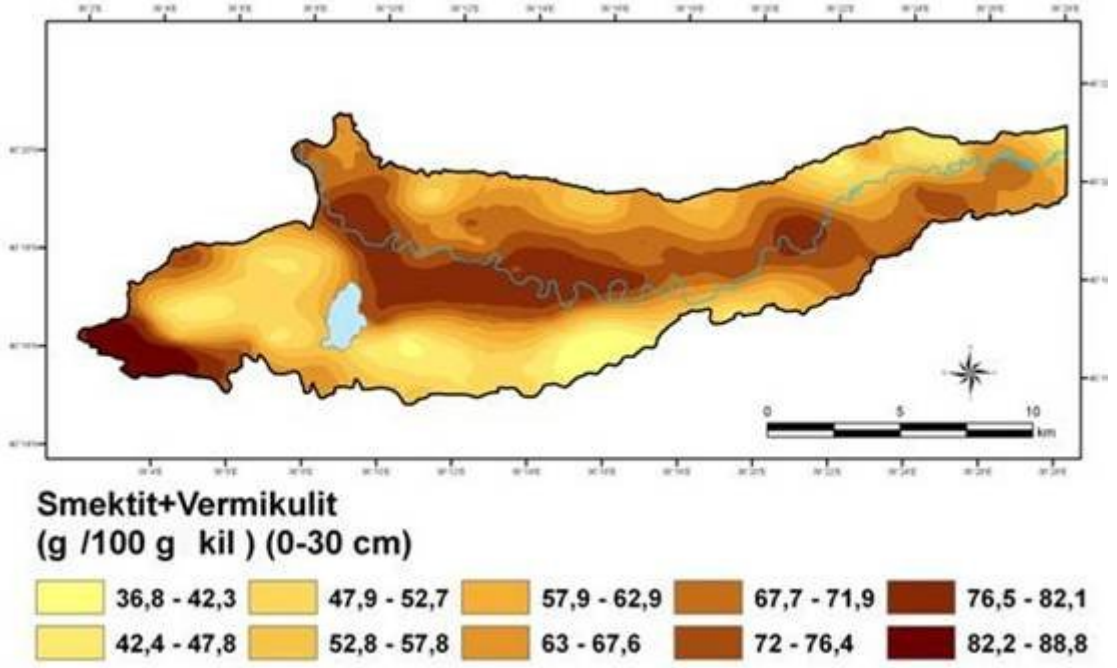
Kil minerallerine ait haritalardaki zenginliğin artırılabilmesi amacı ile ortak krigleme (co-kriging) yöntemi ile zenginleştirilmiş kil haritaları oluşturulmuştur. Ortak krigleme yapabilmek amacı ile kil minerallerine ait değerler ile aynı toprakların diğer özellikleri arasında korelasyon analizi yapılmıştır. İstatistiksel olarak önemli derecede ilişkili bulunan katyon değişim kapasitesi ve depo potasyum verileri kullanılarak kil mineralojisi yapılmayan noktaların kil mineralojilerinin tahmini yapılarak, Kazova'nın kil haritalarının yeniden oluşturulması sağlanmıştır (Şekil 4.19, 4.20 ve 4.21). Ortak krigleme yöntemi ile oluşturulan modellere ait parametreler Çizelge 4.20'de verilmektedir.

Çizelge 4.20. Smektit kil tipinin dağılımının KDK ile ortak krigleme yoluyla tahmin edilmesinde kullanılan çapraz değerlendirme (cross-semivariogram) parametreleri

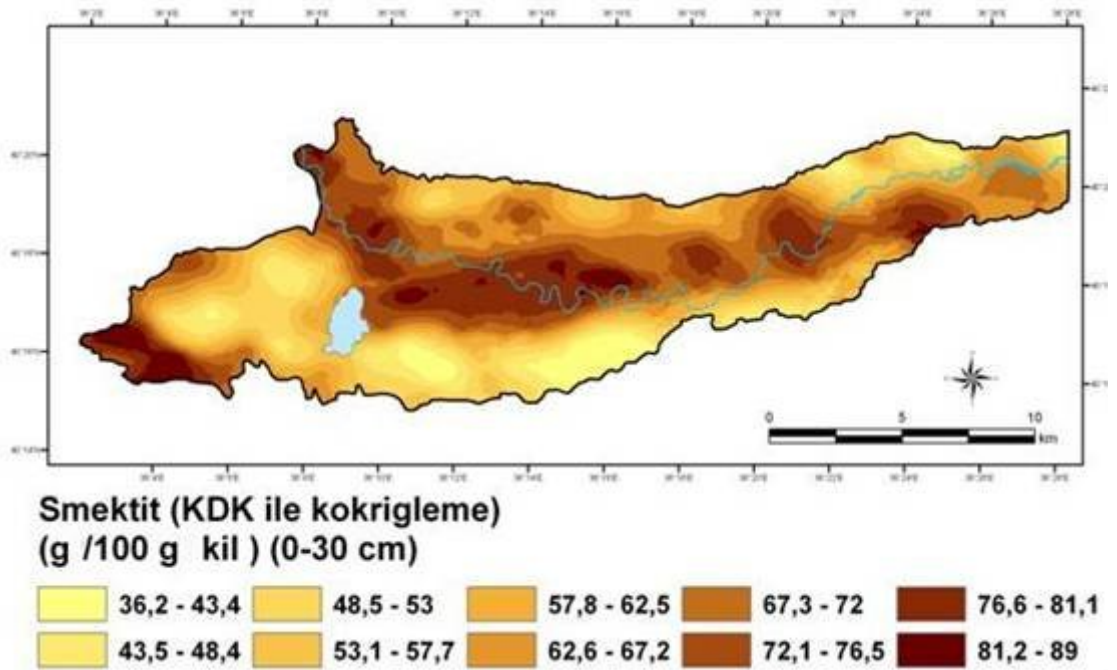
Çapraz Değerlendirme	Model	Nugget (Co)	Sill (Co+Cs)	Ayrım mesafesi En fazla-En az (m)	Ani. Yönü	Nugget /Sill %	ME*	RMSSE**
Smektit & KDK	Spherical (Küresel)	0,00	50,94	3745,83 2479,91	272,9	0,00	0,5553 0,279***	1,22
Smektit Depo K	Spherical (Küresel)	0,00	-648,95	3745,83 2471,76	271,7	0,00		
İllit & KDK	Spherical (Küresel)	0,00	-19,557	3745,83 2417,42	271,3	0,00	-0,2236 - 0,127***	0,9734
Kaolinit & KDK	Spherical (Küresel)	0,00	-30,509	3745,83 2700,19	91,9	0,00	-0,1793 - 0,173***	1,489

*Ortalama hata **Standardize ortalama hatalar karekökü *** Ordinary krigleme ile hazırlanan tahmin haritasında ortalama hata değeri

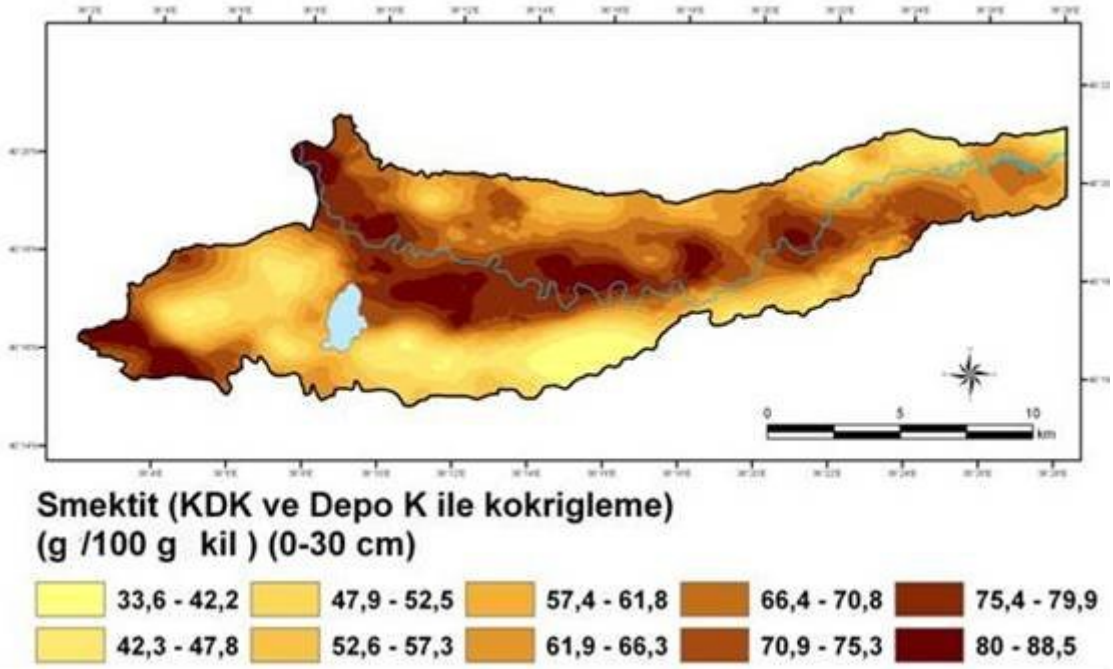
Ortak krigleme yönteminde olduğu gibi, destek bilgi kullanan uzaysal enterpolasyon (istatistikte bilinen veri sınırları içinde değer tahminleri yapmak) metotları için asıl veri ile ikincil değişkenler arasında var olan korelasyonun kuvveti tahminlerin doğruluğunu etkileyen en önemli faktördür (Li ve Heap, 2008). Korelasyon arttıkça, ikincil değişkenden ana değişkene ilave olunan değer artmaktadır (Goovaerts, 1997). Wang ve ark (2005), değişkenler arasındaki korelasyon değerinin $>0,4$ olduğunda basit ortak kriglemenin diğer jeostatistiksel metotlardan daha iyi sonuç verdiğini rapor etmişlerdir. Çizelge 4.16'da da görüleceği gibi smektit ve kaolinit kil mineralleri ile katyon değişim kapasitesi arasında korelasyon $0,4$ 'den büyük olmasına rağmen, illit ile $0,4$ 'den büyük korelasyona sahip olan bir özellik bulunamamıştır. Bununla birlikte katyon değişim kapasitesi ile olan ilişki istatistiksel olarak önemli olduğu için ortak kriglemede ikincil değişken olarak kullanılmıştır.



Şekil 4.18. Oluşturulan semivariogram modelinin kullanımı ile hazırlanan smektit kil içeriğinin dağılımını gösteren harita.



Şekil 4.19. Katyon değişim kapasitesinin kullanımı ile oluşturulan semivariogram modelinin kullanımı ile hazırlanan smektit kil içeriğinin dağılımını gösteren harita.



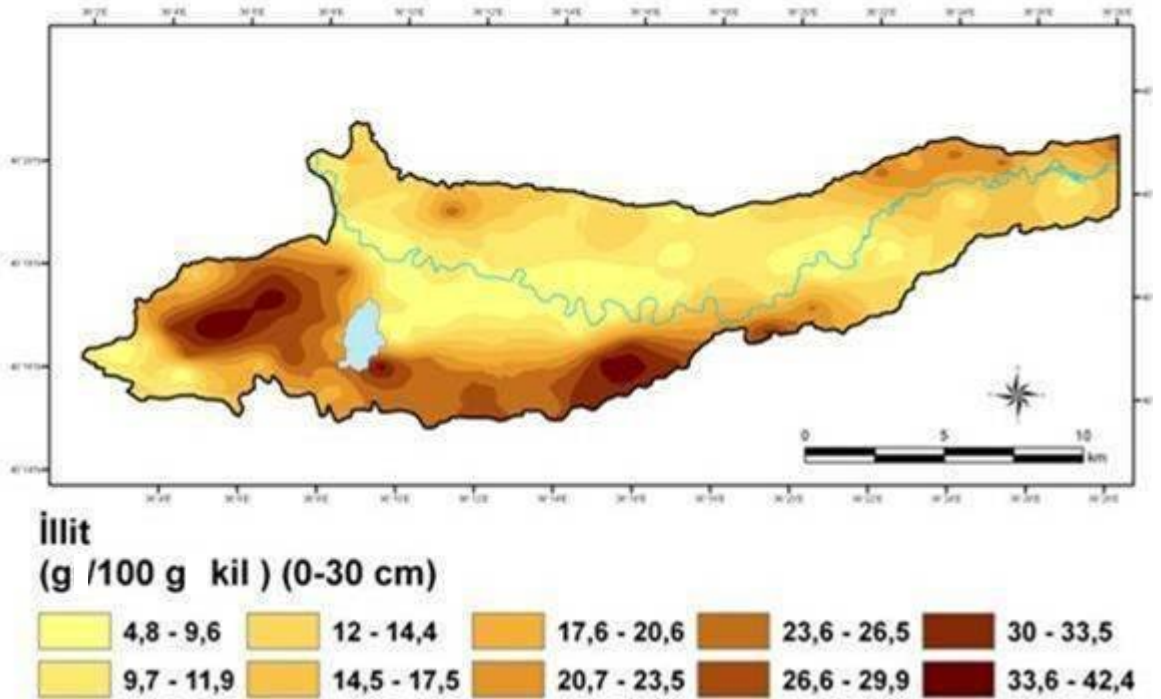
Şekil 4.20. Katyon değişim kapasitesi ve depo potasyumun kullanımı ile oluşturulan semivariogram modelinin kullanımı ile hazırlanan smektit kil içeriğinin dağılımını gösteren harita.

Kil tipi, incelenen diğer özelliklere göre daha kalıcı ve toprağın yapısal özelliklerine bağlı (inherent) olduğundan dolayı ayırım mesafesi değerleri daha uzundur. En yüksek ayırım mesafesi değeri smektit için 3745,83 m, illit için 3745,83 m ve kaolinit için 4990,62 m olarak bulunmuştur (Çizelge 4.19, 4.20). Bu tez çalışmasında detaylı olarak tartışılmamakla birlikte Günal ve ark. (2008) tarafından KDK için belirlenen ayırım mesafesi değeri de smektit ve illit'in ayırım mesafesi değerlerine oldukça yakın olup 3666,29 m'dir. İncelenen toprak özellikleri içerisinde kil tipleri ile en yüksek korelasyona sahip olan toprak özelliğinin de KDK olduğu önceki bölümlerde belirtilmiştir.

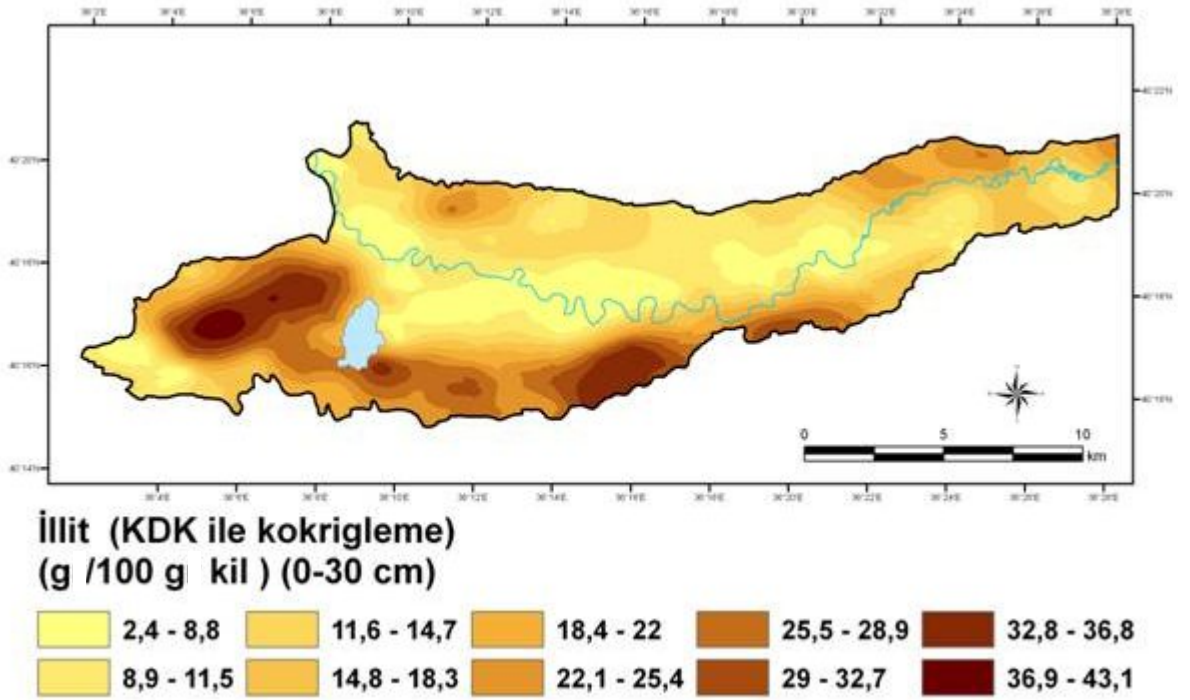
Smektit kil minerali Kazova'nın çoğunlukla Yeşilırmak tarafından depolanmış olan düz düze yakın arazilerinde baskın görülen kil mineralidir (Şekil 4.18, 4.19 ve 4.20). Smektit içeriğinin ovanın merkezinden eğimli arazilere doğru gidildikçe azaldığı görülmektedir. Bu duruma uymayan tek nokta ise ovanın Batı ucunda yer alan ve muhtemelen Vertisol olarak sınıflandırılabilir topraklardır. Arazi gözlemlerimiz esnasında bu topraklarda gözlemlediğimiz derin ve geniş çatlaklar ile birlikte yüksek kil ve smektit kil içeriği bu toprakların Vertisol olma olasılığını güçlendirmektedir. Elbette

kesin bir sınıflama yapabilmek için arazide profillerin açılıp tanımlanması gerekmektedir. Smektit ile depo potasyum içeriği arasında istatistiksel olarak önemli ($P<0,01$) negatif bir ilişki gözlemlendiğinden dolayı, smektit içeriğinin yüksek olduğu yerlerde depo potasyum içeriğinin düşük olduğu rahatlıkla söylenebilir. Bu çalışmada elde edilen negatif ilişkinin tersine Güzel ve ark. (1993) Güney Doğu Anadolu Bölgesinde ve Aydın (2001) Kazova'da sınırlı sayıda örnek ile yaptıkları çalışmalarda depo potasyum ile smektit içeriği arasında pozitif bir korelasyon olduğundan bahsetmişlerdir. Araştırmacılar, çalışan alanlarındaki potasyumun asıl kaynağının smektit olduğunu vurgulamışlardır.

Ortak krigleme ile oluşturulan smektit haritaları smektit dağılımının daha detaylı bir şekilde haritalamamıza yardımcı olmuştur. Şekil 4.19 ve Şekil 4.20' de verilen smektit haritasına göre smektit dağılımını daha detaylı olarak sınıflandırmaktadır.



Şekil 4.21. Oluşturulan semivariogram modelinin kullanımı ile oluşturulan illit kil içeriğinin dağılımını gösteren harita

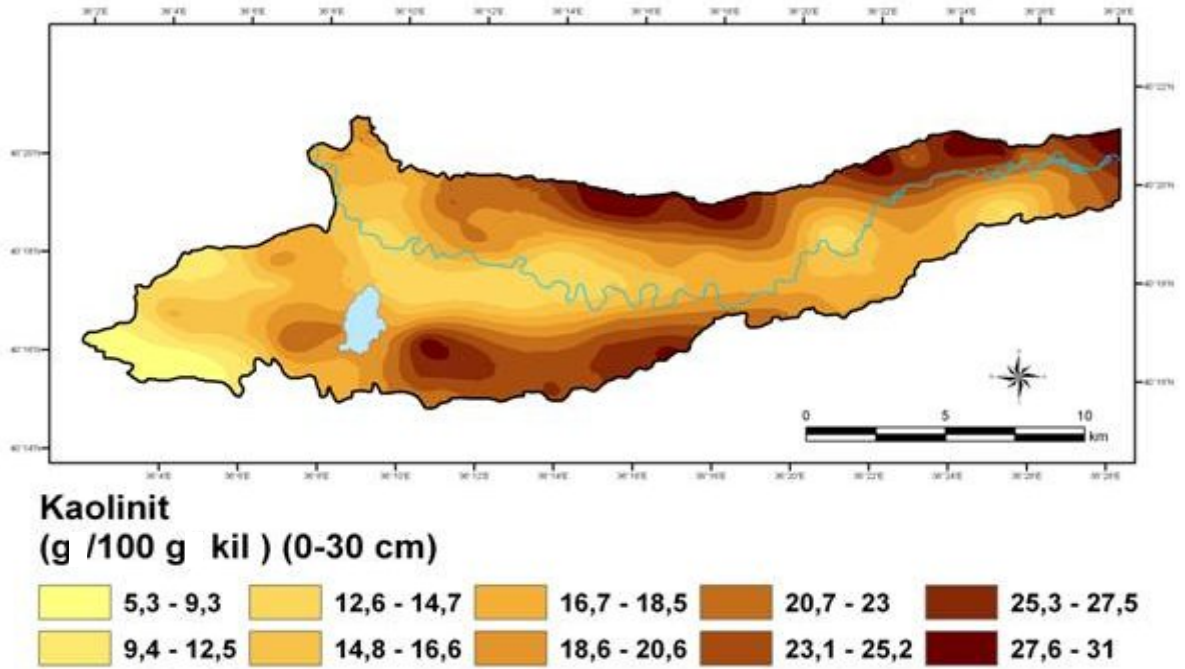


Şekil 4.22. Katyon değişim kapasitesinin kullanımı ile oluşturulan semivariogram modelinin kullanımı ile hazırlanan illit kil içeriğinin dağılımını gösteren harita.

İllit genel anlamda ova topraklarında çok yüksek konsantrasyonda bulunmamaktadır. Bununla birlikte Pazar ilçesinin hemen güney yamaçlarından itibaren uzanan eğimli araziler ile Kaz Gölünün Kuzey Batısında bulunan düz arazilerin illit içeriğinin %30-40 arasında değiştiği oluşturulan haritada görülmektedir. İllit kil mineralinin daha yoğun olduğu bu alanlarda toprağa uygulanan potasyumlu gübrelerin bir kısmının tabakalar arasına bağlanabileceğini düşünerek çiftçilerimiz potasyumlu gübre kullanımını düzenlemeleri gerekmektedir. Ovanın büyük çoğunluğunda ise illit kil minerali daha düşük konsantrasyonlarda bulunduğundan potasyum fiksasyonu riskinin zayıf olduğu söylenebilir. Bununla birlikte tabakalar illit kil minerali Barre ve ark. (2008) ve daha birçok araştırmacı tarafından topraklardaki potasyum deposu olarak nitelendirilmişlerdir. Yani tabakalar arasında tutulan bu potasyum çözeltide bulunan potasyumun konsantrasyonu azaldığında çözeltideki potasyum konsantrasyonuna katkı sağlayabilecek önemli bir kaynaktır. Bu nedenle illit kil mineralinin olduğu bölgelerde yetiştirilen bitkilerde genel anlamda potasyum noksanlığı beklemek çok doğru değildir. Çalışma alanı topraklarının depo potasyum içerikleri ile illit kil minerali miktarı arasında görülen pozitif korelasyon bunun en açık delilidir. Buna benzer şekilde,

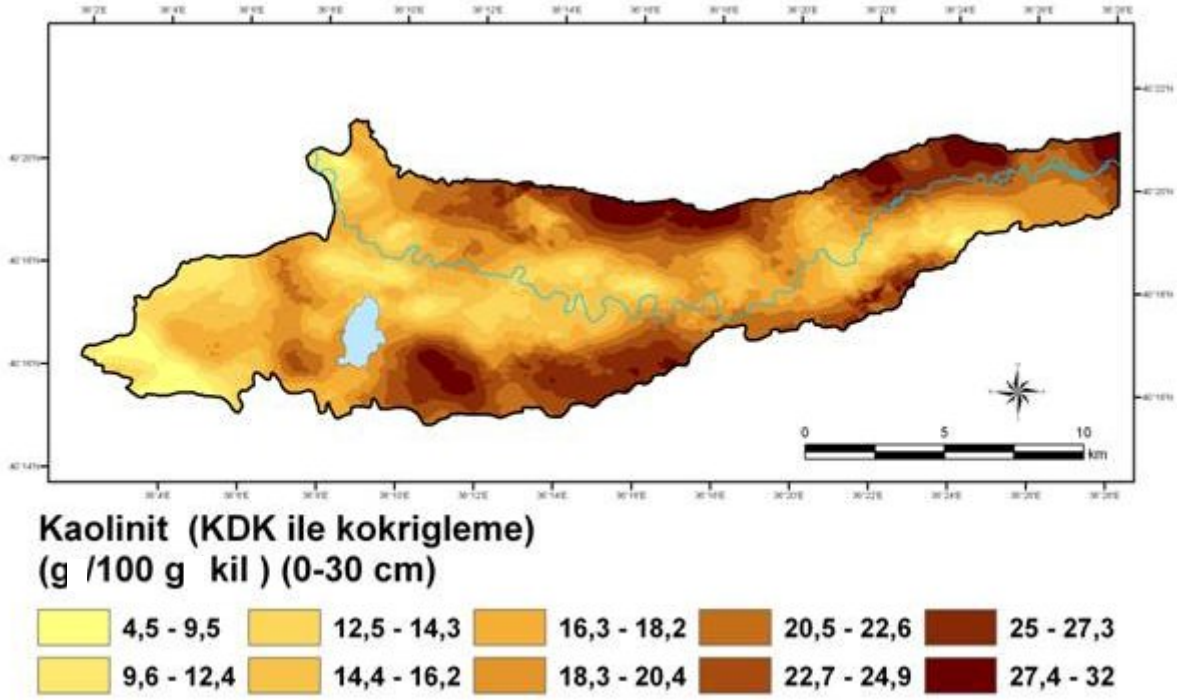
Munsuz ve ark. (1996) İç Anadolu Bölgesinde illit kil minerali konsantrasyonunun düşük olduğu yerlerin depo potasyumca fakir ve illit kil minerali bakımından zengin olan alanların ise zengin olduğunu belirlemişlerdir.

Normal krigleme ile elde edilen illit haritasındaki detayı zenginleştirebilmek amacı ile illit kil tipi ile korelasyonu olan katyon değişim kapasitesi kullanılarak ortak krigleme yapılmış ve yeni bir illit dağılımı haritası da oluşturulmuştur. Bu oluşturulan haritada, kil mineralojisi yapılmayan alanlarda kil tipi dağılımı için bu iki değişken arasındaki uzaysal ilişki modellenmiş ve haritalanmıştır (Şekil 4.22).



Şekil 4.23. Oluşturulan semivariogram modelinin kullanımı ile oluşturulan kaolinit kil içeriğinin dağılımını gösteren harita

Kaolinit kil tipinin Kazova'daki dağılımı ile ilgili göze çarpan en önemli bilgi, sağ ve sol sahilde eğimli arazilerden yer çekiminin etkisi ile taşınarak depolanmış olan koluviyal materyaller üzerinde gelişmiş topraklarda yaygın olmasıdır (Şekil 4.23). Bu durum kaolinitin ayrışma ürünü olmaktan çok direk olarak ana materyalden katıldığı izlenimini uyandırmaktadır.



Şekil 4.24. Katyon değişim kapasitesinin kullanımı ile oluşturulan semivariogram modelinin kullanımı ile hazırlanan kaolinit kil içeriğinin dağılımını gösteren harita.

Kaolinit kil minerali ile istatistiksel anlamda önemli negatif bir korelasyonu olan katyon değişim kapasitesi ikincil değişken olarak kullanılmış ve ortak krigleme yöntemi ile zenginleştirilmiş bir kaolinit haritası oluşturulmuştur (Şekil 4.24). Oluşturulan bu yeni haritada sınırlar daha detaylı olduğu açık bir şekilde görülebilmektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Orta Karadeniz Bölgesinde, İç Anadolu Bölgesine açılan kapı konumundaki Tokat ilinin en önemli tarımsal arazilerinin yer aldığı Kazova'nın önceden hazırlanmış toprak veri tabanına katkı sağlamak amacı ile yapılan bu tez çalışmasında, Ova'da yer alan 20 656 ha'lık alanda 400 noktadan alınan 0-30 cm derinliğindeki toprakların yarıyıllı ve depo potasyum içerikleri, toprakların yüzey alanları ve seçili örneklerin kil mineralojileri belirlenmiştir. Belirli bir program dahilinde yapılan toprak örnekleme, örneklerin mesafeye bağlı değişimlerinin modellenenbilmesine ve bu modellerin kullanımı ile örnekleme yapılmayan noktalardaki ilgili toprak özelliklerinin tahminlerinin yapılmasına izin vermiştir.

Kil mineralojisi için alanda yer alan farklı ana materyalleri temsil edecek şekilde çalışma alanının değişik yerlerinden alınan 96 adet toprak örneği analiz edilmiştir. Analiz edilmesi diğer toprak özelliklerine göre daha uzun zaman alan ve analizinde daha pahalı ekipmana gereksinim duyulan kil mineralojisi için yapılan tahmin haritalarının zenginliğinin artırılabilmesi amacı ile ortak krigleme yöntemi (co-kriging) kullanılmıştır. Bu amaçla kil minerallerinin yüzde miktarları ile yüksek derecede korelasyona sahip olan katyon değişim kapasitesi ve depo potasyum verileri kullanılmıştır. Elde edilen haritalar sadece 96 toprak örneğinin kullanımı ile elde edilen haritalara oranla daha fazla detay içermektedir. Kazova için hazırlanan bu veri tabanında yer almayan diğer özellikler içinde (mekanik özelliklerden atterberg limitleri gibi, ağır metaller ve mikro besin elementleri) bu tip bir yol izlemek sureti ile veri elde edilmesi mümkündür.

Bu tez çalışması planlanırken beklentimiz tezin başlığında da belirtildiği gibi Kazova topraklarının kil mineralojisi, spesifik yüzey alanı ve depo potasyum etkileşimlerini belirlemek, modellemek ve haritalamak idi. Temelde düşündüğümüz, toprakların depo potasyum içeriği kil mineralojisinin ilişkili olduğudur ve bu konuda yapılmış ve basılmış birçok eser bunu desteklemektedir. Yine benzer şekilde spesifik yüzey alanı da toprağın kil miktarı ve kil tipinin (mineralojisinin) bir ürünü olduğu bilinmektedir. Ancak analiz sonuçları istatistiksel değerlendirmeye tabi tutulduğunda depo potasyum ile kil minerallerinin yüzde değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir

korelasyonun bulunmasına rağmen yüzey alanı ile hem depo potasyum arasında hem de kil minerallerinin yüzde dağılımları arasında bir ilişki tespit edilememiştir. Bununla birlikte spesifik yüzey alanı ile katyon değişim kapasitesi arasında ve katyon değişim kapasitesi ile kil minerallerinin dağılımları arasında önemli korelasyonlar olduğu belirlenmiştir. Yine daha önce de değinildiği gibi kil mineralleri ile katyon değişim kapasitesi ve depo potasyum arasında da önemli korelasyonların olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu korelasyonların tamamı kil minerallerinin tahmininde kullanılmıştır.

Kazova topraklarında baskın olan kil minerali smektit grubudur. Ancak şunu da belirtmekte fayda bulunmaktadır ki, kil minerallerinin tam olarak ayrımları kendi X-Ray difraktometremiz olmadığı için biraz daha kaba bir şekilde yapılmıştır. Zira smektit ve vermikulit kil minerallerinin ayrımlarının yapılabilmesi amacı ile örneklerin Mg ile doyurulup oda sıcaklığında kurutulduktan sonra elde edilen X-Ray desenleri ile etilen glikol mono etilen ether (EGME) ile muamele edildikten sonra X-Ray desenlerinin karşılaştırılması gerekmektedir. Ancak bu durumda kil mineralojisi için ayrılan bütçenin çok daha üzerinde bir bütçeye gereksinim duyulmaktadır. Bu nedenle topraklarda genel olarak vermikulit olup olmadığını anlayabilmek amacı seçilen 14 örnekte EGME uygulaması ve K-25°C uygulamaları yapılmıştır. Bu nedenle, tüm topraklarda vermikulitin yüzde miktarını vermemize yetecek bir analiz yapmak mümkün olamamıştır. Sınırlı sayıda yaptığımız EGME uygulaması da göstermiştir ki, Kazova toprakları önemli miktarda vermikulit kil mineralini de içermektedir, ancak ayırım yapılamadığından bunlar smektit olarak değerlendirilmiştir. Daha sonraki çalışmalarımızda, bu çalışmada elde edilen kil fraksiyonlarını (kil örnekleri muhafaza edilecektir) Mg-EGME ile doyurduktan sonra kil desenlerini elde ederek vermikulit ayırımını tam olarak yapabilmeyi ummaktayız. Smektit kil mineralini takip eden en yaygın kil minerali kaolinit ve daha sonra ise illit gelmektedir. Ancak çalışma alanındaki araziler ana materyallerine ve buldukları konumlar dikkate alınarak incelendiğinde özellikle sol sahilde kireç taşı ana materyali üzerinde gelişen toprakların illit içeriklerinin kaolinit içeriğinden yüksek olduğu görülmektedir.

Özellikle kil minerallerince fikse edilmiş ve minerallerin yapısında bulunan potasyum bitkiler için hemen yarayıslı durumda değildir. Bitkinin kullanabildiği potasyum çözelti

içerisinde hazır halde bulunan veya kolaylıkla değişebilir halde bulunan potasyumdur. Her ne kadar son dönemlerde kullanılmaya başlanmış olsa dahi uzun yıllar topraklarımızın potasyum içeriğinin yeterli olduğu ve gübrelemeye gerek olmadığı yanılığısından dolayı tarımsal üretimde potasyumlu gübreler yeterince kullanılmamıştır. Çalışma alanından alınan tüm topraklar için bir ortalama değerlere (23,99 kg K/da) bakıldığında yarayışlı potasyum içeriğinin kültür bitkilerinin yetiştiriciliği açısından uygun olduğu düşünülmektedir. Ancak, analizi yapılan örneklerin yarıdan fazlasında yarayışlı potasyumun FAO (1990) sınıflamasına göre az miktarda olduğu ve mutlaka gübreleme yapılması gerektiği anlaşılmaktadır. Bu nedenle mesafeye bağlı değişimin modellenmesi ile oluşturulan haritalar ova topraklarında potasyum gübrelemesi konusunda dikkate alınmalıdır. Özellikle kum içeriği yüksek olan nehir kıyısındaki arazilerde potasyum noksanlığı bitkisel üretimi engelleyecek boyutlardadır.

Tüm ova topraklarında yapılan depo ve yarayışlı potasyum içerikleri arasında istatistiksel olarak ($P < 0,01$) önemli düzeyde ($r = 0,724$) bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. İncelenen diğer toprak özelliklerinden birçoğu ile yarayışlı potasyum arasında istatistiksel olarak önemli pozitif bir korelasyon olduğu görülmüştür. Ancak depo potasyum içeriği ile sadece organik madde, değişebilir kalsiyum ve tekstür bileşenleri arasında önemli bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Depo ve yarayışlı potasyum içerikleri en yüksek topraklar, sol sahil sulama kanalı altındaki eğimli etek düzlüğü arazilerindeki kireç taşı koluviyal depozitleri üzerinde gelişmiş topraklardadır. En düşük potasyum içerikleri ise sağ sahil sulama kanalı altındaki serpantinit şist koluviyal materyaller üzerinde gelişmiş topraklarda bulunmuştur. Arazi kullanımları açısından bakıldığında ise, bitkisel üretimin yapılmadığı ve sadece hayvanların otlatılması amacı ile kullanılan meraların depo ve yarayışlı potasyum içerikleri diğer kullanım altındaki alanlardan çok daha yüksek çıkmıştır.

Diğer birçok toprak özelliğinin dağılımının haritalanmasında da yaygın olarak kullanılan jeoististiksel yöntemler yardımı ile hazırlanan potasyum haritaları, Kazova'da özellikle kum ve silt içeriği yüksek toprakların bulunduğu alanlar ve domates gibi potasyumu topraktan çok fazla kaldıran bitkilerin yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlarda yarayışlı potasyum içeriğinin çok düşük olduğunu göstermektedir. Kil içeriğinin yüksek olduğu alanlarda yarayışlı ve depo potasyum içeriklerinin ise en fazla olduğu

anlaşılmaktadır. Bununla birlikte hemen kullanılabilir halde olmayan ve depo potasyum olarak adlandırıldığımız potasyum fraksiyonu tüm ovada yarayışlı potasyumdan oldukça yüksek düzeydedir.

Ülkemizde gübre kullanım bilincinin yeterince oluşmaması sonucu, bazı bölgelerde aşırı gübre kullanımı sonucu verimde kalite bozulması, tarım topraklarının verimliliğini kaybetmesi, çevreye olumsuz etkisi gibi sorunlara neden olurken, bazı yerlerde gereğinden az kullanılması sonucu verim düşüklüğü görülmektedir. Çiftçiler çoğunlukla toprak analizi yaptırmadan gübreleme yapmaktadırlar. Bir bölgedeki bitkisel üretim ile ilgili sorunların daha gerçekçi bir şekilde analiz edilebilmesi ancak bitkisel üretimi etkileyen faktörlerin güncel ve/veya güncellenebilir veri tabanlarının oluşturulması ile mümkündür. Bu tez çalışması ile çok geniş bir alan için bu veri tabanı potasyumlu gübrelerin kullanımına yön verecek şekilde hazırlanmış ve kullanıcıların hizmetine sunulmuştur.

KAYNAKLAR

- Akbaş, F., 2004. *Entisol Ordosuna Ait Bir Arazide Bazı Toprak Özelliklerinin Değişiminin Geleneksel ve Jeostatistiksel Yöntemlerle Belirlenmesi*. (Ph.D), Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri, Doktora Tezi. Tokat.
- Ameyan, O., 1986. Surface Soil Variability of a Map Unit on Niger River Alluvium. *Soil Sci. Soc. of Am. J.* 50:1289-1293.
- Anderson., J.P.E., Domsch., K.H., (1973) Quantification of bacterial and fungal contribution to soil respiration. *Archives of Microbiology* 93, 113-127.
- Anonim, 2001. FAO, Fertilizer, Year Book, Vol. 51.
- Anonim, 2007. Tokat İklimi. <http://tokat.meteor.gov.tr/iklimvecografya.htm>.
- Anonim, 2009. Rockware Software. GS+. <http://www.rockware.com/product/featuresLobby.php?id=98&category=659> (23 Ocak 2009).
- Aydın, M., 2001 *Tokat-Kazova Topraklarının Potasyum Durumunun Belirlenmesi*. (M.Sc), Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi. Tokat.
- Bailey, S.W. 1980. Structures of layer silicates. p.2-124. In G.W. Brindley and G. Brown (ed.) *Crystal structures of clay minerals and their x-ray identification*. Monogr. 5. Mineralogical Society, London.
- Barre, P., Velde, B., Abbadie, L., 2007. Dynamic role of “illite-like” clay minerals: in temperate soils: facts and hypotheses. *Biogeochemistry* 82, 77–88.
- Barre P., Velde B., Fontaine C., Catel N., Abbadie L., 2008. Which 2:1 clay minerals are involved in the soil potassium reservoir? Insights from potassium addition or removal experiments on three temperate grassland soil clay assemblages. *Geoderma*, 14:216-223.
- Bertsch, P.M., and G.W. 1985. Thomas. Potassium Status of Temperature Region Soils. In: R.E. Munson (ed). *Potassium in agriculture*. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI., Pp. 131-162.
- Bourgault, G., Journel, A. G., Rhoades, J. D., Corwin, D. L., and Lesch, S. M. 1997. Geostatistical Analysis of a Soil Salinity data set. *Advances in Agronomy*, 58:241–292.
- Brejda, J.J., Moorman, T.B., Smith, J.L., Karlen, D.L., Allan, D.I., Dao, .H., 2000. Distribution and Variability of Surface Soil Properties at a regional Scale. *Soil sci. Soc. of Am. J.* 64:974-982.
- Bronswijk, 1989. J.J.B. Bronswijk , Prediction of actual cracking and subsidence of clay soils. *Soil Sci.* 148 (1989), pp. 87–93.
- Buschiazzo, D.E. and Taylor, V., 1993. Efectos de la erosión eólica sobre algunas propiedades de suelos de la región Semiárida Pampeana Argentina. *Ciencia del Suelo*, 10: 46-53.

- Camberdella, C.A., Moorman, T.B., Novak, J. M., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Turco, R.F., Konopka, A.E., 1994. Field Scale Variability Soil properties In central Iowa soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:1501-1511.
- Camberdella C.A., Karlen, D.L., 1999. Spatial Analysis of Soil fertility Paramaters. *Precision Agriculture.* 1:5-14.
- Carter, DL, Mortland MM, Kemper WD., 1986. Specific Surface. Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. SSSA Book Series: 5. Madison, WI: Soil Science Society of America.
- Chapman, H.D. ve Pratt, F.P., 1961. Methods of Analysis for Soils, Plants ve Waters, Univ. of California Div Agr. Sci. USA
- Cimrin, K.M., Akca,E., Senol,M., Büyük,G., 2004. Kapur, S. Potassium Potential of the soils of the Gevaş Region in Eastern Anatolia. *Turk J. Agric. For.*, 28:259-266.
- Cooke, G.M., 1982. Fertilizing for Maximum Yield. Third Edition.. Granada. London. Toronto. New York. Pp. 380-388.
- De Jong et al., 1992. E. De Jong, L.M. Kozak and H.B. Stonehouse , Comparison of shrink–swell indices of some Sasatchewan soils and their relationships to standard soil characteristics. *Can. J. Soil Sci.* 72 (1992), pp. 429–439
- Deutsch, C. V., and Journel, A. G., 1998. GSLIB: Geostatistical Software Library and User's Guide. Oxford University Press, New York. NY. Pp. 340.
- Dimoyiannis, D.G., Tsadilos. C.D. and Valmis. S.,1998. Factors Affecting Aggregate İnstability of Grek Agricultural Soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 29:1239-1251.
- Erşahin, S., Gunal, H., Yetgin, B., Kutlu, T., Coban, S., 2006. Estimating Specific Surface Area and Cation Exchange Capacity in Soils with Fractal Dimension of Particle-Size Distribution., *Geoderma.* 136:3,4:588-597.
- Fao, 1990. Micronutrients. Assessment at the Country Level. An International Study. FAO Soil Bulletin. 63. Roma.
- Filgueira, R.R., Ruiz. H.A., Schaefer, C.E.G.R. and Sarli. G.O., 2006. Specific Surface of Oxisols Determined by Soil-Moisture Potential. The 18th World Congress of Soil Science.
- Fournier, L., Filgueira. R., Fournier. L., Forestales. A.Y., Skora, L., Ralws, W.J., and Pachepsky. Y.A., 2002. Measuring the Specific Surface Area of Soil Using Nitrogen: Variation Due to the Addition of Organic matter. Peer Reviewed Journal.
- Franzmeier, D.P. and Ross, S.J., Jr. 1968. Soil swelling:Laboratory measurements and relation to other soil properties. *Soil Sci. Sot. Am. Proc.* 32: 573-577.
- Gallichnad, J., Buckland, G. D., Marcotte, D. and Hendry, M. J., 1992. Spatial interpolation of soil salinity and sodicity for a saline soil in southern Alberta. *Can. J. Soil Sci.* 72:503-516.

- Gee, G. W., and J. W. Bauder., 1986. Particle-size Analysis. P. 383 - 411. *In* A.L. Page (ed.). *Methods of soil analysis, Part1, Physical and mineralogical methods. Second Edition, Agronomy Monograph 9, American Society of Agronomy, Madison, WI.*
- Goldberg, S., and Glaubig, R.A. 1988. Anion sorption on a calcareous, montmorillonitic soil-arsenic. *Soil Sci. Soc. Am. J.* (in pres)
- Goovaerts, P., 1997. *Geostatistics for Natural Resources Evaluation.* Oxford University Press, New York. Pp. 483
- Goovaerts, P., 1998. Geostatistics in Soil Science: State of the Art and Perspectives. *Geoderma*, 89:12, 1-45.
- Goulding, K.W.T., 1987. Potassium fixation and release. *Proc.Colloq. Int. Potash Inst.* 20:137-154.
- Günel, H., Ransom, M.D., 2006. Genesis and Micromorphology of Loess-Derived Soils from Central Kansas *Catena*. 65.3, 222-236.
- Günel, H., Akbaş, F., Özgöz, E., Ünlükara, A., Yıldız, H., Kurunç, A., Çetin, A., Ersahin, S., 2008. Kazova’da Sürdürülebilir Tarımsal Üretim İçin Gerekli Güncel Veritabanının Oluşturulması. TÜBİTAK Projesi Raporu, TOVAG. 105 O 617.
- Güzel, N., İbrikiçi, H., Gülüt, K.Y., 1993. Güneydoğu Anadolu’da Adıyaman, Gaziantep ve Şanlıurfa Ovalarındaki Toprak Serilerinin Potasyum ve Kil Mineralojisi İlişkisi. 6. Ulusal Kil Sempozyumu. Boğaziçi Üniv. İstanbul. S.255–266.
- Güzel, N., G. Büyük and H. İbrikiçi., 2001. Non-exchangeable and exchangeable potassium status of soils in relation to clay mineralogy and other soil properties in the Hilvan Area of Upper Mesopotamia in Southeastern Anatolia. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 32,17-18. 2877-2892.
- Güzel, N., Gülüt, K. Y., Büyük, G., 2002. Toprak Verimliliği ve Gübreler. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi genel Yayın No: 246, Ders Kitapları Yayın No: A–80, Adana.
- Havlin J., Beaton J., Tisdale S. and Nelson W., 1999. *Soil fertility and fertilizers. An Introduction to nutrient management. Sixth Edition.* Pp. 485.
- Helfferich, F., 1962. *İon exchange.* McGraw-Hill Book co., New York.
- Helmke, PA, Sparks, DL., 1996. Lithium, Sodium, Potassium, Rubidium and Cesium. *In* ‘Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods’. (Eds DL Sparks, AL Page, PA Helmke, RH Loeppert, PN Soltanpour, MA Tabatabai, CT Johnston, ME Sumner) Soil Science Society of America: Madison, WI, USA. Pp. 551-574.
- Helmke, P.A., 2000. The chemical composition of soils. p.B3-B24. *In* M.E. Sumner (ed.) *Handbook of soil science.* CRC Press, Boca Raton, FL.
- Hendershot, W.H., Lalonde, H. ve Duquette, M., 1993. Soil Reaction and Exchangeable Acidity. *In* Soil Sampling and Methods of analysis. Carter M.R.(ed) Canadian Society of Soil Science, CRC Pres Inc. Boca Raton, Florida. USA

- Hepper, E.N., D.E. Buschiazzo, G.G. Hevia, A. Urioste, and L. Anton., 2006. Clay mineralogy, cation exchange capacity, and specific surface area of loess soils with different volcanic ash contents. *Geoderma* 135, p.216-223.
- Hernandez-Stefanoni, J.L. and Ponce-Hernandez, R., 2006. Mapping the spatial variability of plant diversity in a tropical forest: comparison of spatial interpolation methods. *Environmental Monitoring and Assessment*, 117: 307-334.
- Holmqvist, J., Øgaard, A.F., O' born, I., Edwards, A.C., Mattsson, L., Sverdrup, H., 2003. Application of the PROFILE model to estimate potassium release from mineral weathering in Northern European agricultural soils. *Eur. J. Agron.* 20, 149– 163.
- Hu, K., Li, B., Lu, Y. and Zhang, F., 2004. Comparison of various spatial interpolation methods for non-stationary regional soil mercury content. *Environmental Science*, 25(3): 132-137.
- Huang, P.M., 1989. Feldspars, olivines, pyroxenes, and amphiboles. p.975-1050. In J.B. Dixon and S.B. Weed (ed.) *Minerals in soil environments*. 2nd ed. SSSa Book Ser. 1. SSSA, Madison, WI.
- Huang, P.M., 2005. Chemistry of Potassium in soils In *Chemical Processes in Soils* SSSA book series 8. Managing editor: Lisa Al-Amoodi
- Hurlbut, C.S., and C. Klein., 1977. *Manual of mineralogy: After James D. Dana*. 19th ed. John Wiley & Sons, New York.
- Isaaks, E. H. and Srivastava, R. M., 1989. *An Introduction to Applied Geostatistics*. Oxford University Press, New York.
- Jackson, M. L., Hseung, Y., Coreu R. B., Evans, E. J., Vanden Heuvel, R. C., 1952. Weathering Sequence of Clay Size Minerals in Soils and Sediments, II. Chemical Weathering of Layer Silicates: *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 16, 3-6.
- Jackson, M.L., 1975. *Soil Chemical Analysis Advanced Course*. 2nd Ed. Published by the author, Madison, WI. Pp. 179-188.
- Janzen, H.H., 1993. *Soluble Salts in Soil Sampling and Methods of Analysis*. Carter M.R. (ed) Canadian Society of Soil Science, CRC Pres Inc. Boca Raton, Florida. USA
- Jury, W.A., Gardner, W.R., Gardner, W.H., 1991. *Soil Physics*, fifth ed. John Wiley & Sons, Inc., Canada.
- Kacar, B., 1996. *Bitki ve Toprak Analizleri 3*. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı yayınları No:3
- Kacar, B. ve Katkat, A. V., 1998. *Bitki Besleme*. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 127. Vipaş Yayınları: 3, Bursa.
- Kacar, B., 2005. Potasyumun Bitkilerde İşlevleri ve Kalite Üzerine Etkileri. Tarımda potasyumun yeri ve önemi. Ege Üniversitesi 50. Yıl Kampus Dışı Etkinlik. S. 20-26.
- Kaiser, K., Guggenberger, G., 2003. Mineral Surfaces and Soil Organic Matter. *European Journal of Soil Science*, 54:219–236.

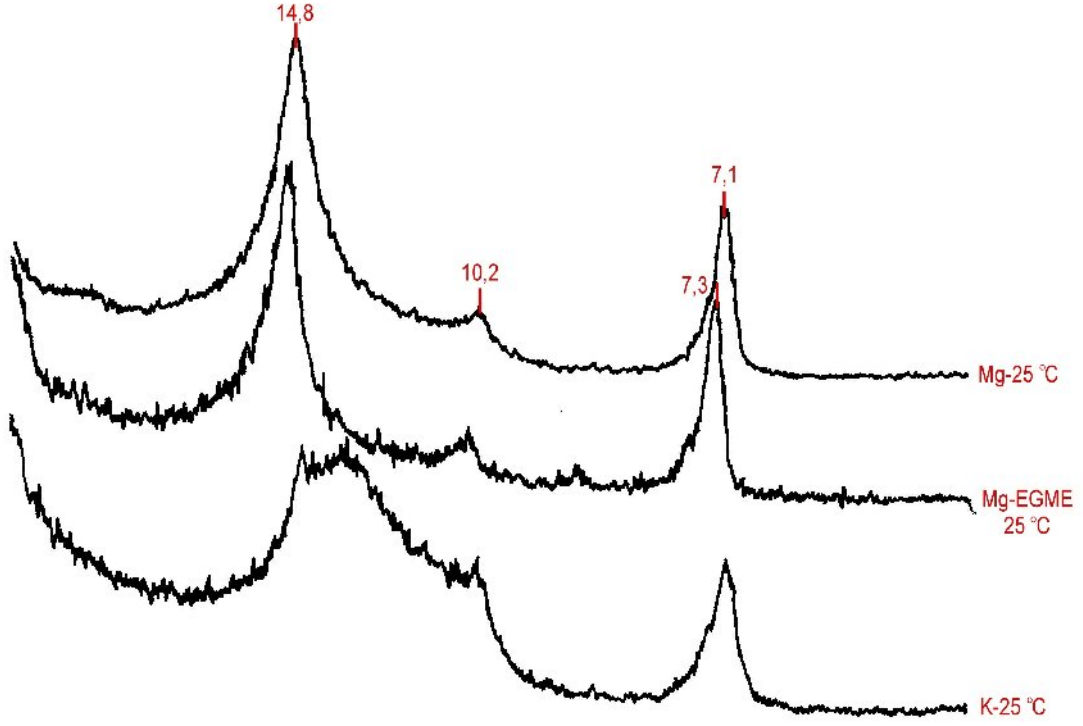
- Karan, S., Upadhyay, G.P., ve Singh, K., 1990. Potassium Release on Continuous Cropping in Some Soils of North-west Himalayas. *Journal of Potassium Research*. 6:145-155.
- Khaled, Eid M. and Joseph W. Stucki., 1991. Iron oxidation state effects on cation fixation in smectites. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55:550-554.
- Kostka, Joel E., Eberhard Haefele, Ralf Viehweger, and Joseph W. Stucki., 1999. Respiration and dissolution of Fe(III)-containing clay minerals by bacteria. *Environ. Sci. Technol.* 33:3127-3133.
- Lear, P. R. and Stucki, J.W., 1989. Effects of iron oxidation state on the specific surface area of nontronite: *Clays & Clay Minerals* 37, 547-552.
- Li, Y.Y., and Shao, M.A., 2006. Change of Soil Physical Properties Under Long Term Naturel Vegetation Restoration in the Losess Plateau of China. *Journal of and Environments*, 64:77-96.
- Li J, Heap A.D., 2008. A review of spatial interpolation methods for environmental scientists. *Geoscience Australia Record* 2008/23. p.137.
- Liu, C., P.M. Huang, and J.M. Zhou., 2002. Residence time effect on iron perturbation of taranakite formation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:109-116.
- Malkawi, A.I.H., A.S. Alawneh, and O.T. Abu-Safaqah., 1999. Effects of organic matter on the physical and the physicochemical properties of an illitic soil. *Appl. Clay Sci.* 14:257-278.
- Martel, Y.A., C.R. De Kimpe, and M.R. Laverdiere., 1978. Cation-exchange capacity of clay-rich soils in relation to organic matter, mineral composition, and surface area. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42:764-767.
- Mengel, K., 1987. The Role of Potassium in Improving Nitrogen Uptake and Nitrogen Utilization of Crops. IPI Intenational Fertilizer Workshop. Ankara-Turkey. Pp. 51-71.
- Mengel, K, and E.A. Kirkby., 2001. Principles of Plant Nutrition. 5th ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. Pp. 635.
- Moore, D.M., Reynolds, R.C., 1997. X-ray Diffraction and the Identification of Clay Minerals, 2nd Ed. Oxford University Press, New-York, USA.
- Mulla, D.J., Mc Bratney, A.B., 2000. Soil Spatial Variability, A-321-A-351, In: *Handbook of Soil Science*, Malcolm E. Sumner (ed. in chief) CRS Pres.
- Munsuri, P., Boyd, C.E. and Hajenk, B.F., 1995. Physical And Chemical Characteristics of Bottom Soil Profiles in Ponds at Auburn. Alabama, USA and a Proposed System for Decsbing Pond Soil Horizons. *Journal of the World Aquaculture Society*, Vol. 26, No: 4, pp.346-377.
- Munsuz, N., Çaycı, G., Süeri, A., Turhan, M., Kibar, M. Akıncı, N., Mühürdaroğlu, Y., Erel, K., 1996. İç Anadolu Şeker Fabrikaları Pancar Ekim Alanı Topraklarının Kil Mineralleri ile Potasyum Sağlama Kapasiteleri Arasındaki İlişkiler. T.Ş.F.A.Ş. Yayın No:219. Ankara.

- Nalder, I.A. and Wein, R.W., 1998. Spatial interpolation of climatic Normals: test of a new method in the Canadian boreal forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 92: 211-225.
- Nommik, H., 1965. Ammonium Fixation and Other Reactions Involving in a Nonenzymatic Immobilization of Mineral Nitrogen in Soil. In Bartholomew and Clerk (Ed.) soil Nitrogen. Agronomy Amer. Soc. of Agron. Madison. 10: 198-258.
- Officer, S.J., Tillman R.W., Palmer A.S., Whitton J.S., 2006. Variability of clay mineralogy in two New Zealand step-land topsoils under pasture. *Geoderma*. 132:427-440.
- Olsen, S.R., Cole, C.V. ve Deah, L.A., 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soil by Extraction with NaHCO_3 . U.S. Dept. Of Agr. Cic. 939. Washington, Dc. USA.
- Olson, C.G., Thompson, M.L., Wilson, M.A., 2000. Phyllsilicates, In: Sumner ME (ed.) Handbook of Soil Science, pp.F77-F123, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Öborn, I., Andrist-Rangel, Y., Askegaard, M., Grant, C.A., Watson, C.A., Edwards, A.C., 2005. Critical aspects of K management in agricultural systems. *Soil Use and Management*, 21, 102–112.
- Page, J.B., Bawer, L.D., 1939. Ionic size in relation to fixation of cations by colloidal clay. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 4:150-155.
- Pal, D.K., 1985. Potassium Release from Muscovite and Biotite under Alkaline Conditions. *Pedologie*. 35: 133-146.
- Pal, Y., Gilkes, R.J., Wong, M.T.F., 2002. Mineral sources of potassium to plants for seven soils from south-western Australia. *Aust J Soil Res* 40: 1357–1369
- Pennell, K.D., Boyd, S.A., Abriola, L.M., 1995. Surface area of soil organic matter reexamined. *Soil Sci. Soc. of Am. J.* 59, 1012–1018.
- Petersen, L.W., Moldrup, P., Jacobsen, O.H. and Rolston, D.E., 1996. Relation Between Specific Surface Area and Soil Physical and Chemical Properties. *Soil Sci.* 161: 9- 21.
- Powers, J.S. and Schlesinger, W.H., 2002. Relationships Among Soil Carbon Distributions and Biophysical Factors at Nested Spatial Scales in Rain Forests of Northeasten Costa Rica. *Geoderma*, 109: 165-190.
- Ransom, M.D., 1984. *Genetic Processes in Seasonally Wet Soils on the Illinoian Till Plain in Southwestern Ohio*. (Ph.D Diss.), The Ohio State Univ. Columbus. Diss. Abst. 84-26459.
- Rich, C.I., 1972. Potassium in minerals. *Proc. Colloq. Int. Potash Inst.* 9:15-31.
- Robertson, G.P., K.M. Klingensmith, M.J. Klug, E.A. Paul, J.R. Crum, and B.G. Ellis., 1997. Soil resources, microbial activity, and primary production across and agricultural ecosystem. *Ecol. Appl.* 7:158–170.
- Sadri, K., Csitari, G., 1998. Potassium Fixation of Different Soil Types and Nutrient Levels *Communicatins in Soil Science and Plant Analysis* 29 (11-14), 1843-1850.

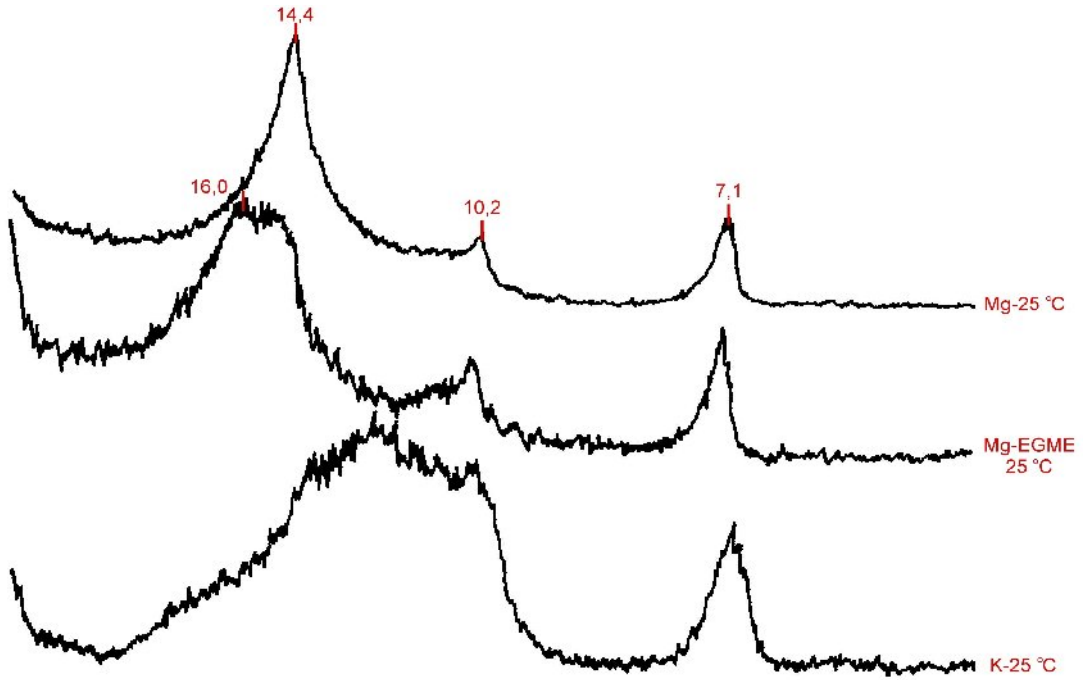
- Sağlam, M.T., 1997. Toprak Kimyası. Genişletilmiş İkinci Baskı. Trakya Üniversitesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi. Yayın No:190. Ders Kitabı:21. Tekirdağ.
- Sarkar, A.K., Rev, G. ve Sarkar, A.K., 1993. Soil Mineralogy and Potassium Availability in Soils of Bihar. Use of Potassium in Bihar Agriculture. Proceedings of Workshop. April 28. Ranchi. Pp. 29-37.
- Sawhney, B.L., 1989. Interstratification in layer silicates. In J.B. Dixon and S.B. Weed (ed.) Minerals in soil environments. 2nd ed. SSSA Book Ser. No.1. SSSA, Madison, WI. Pp. 789-824.
- Sayın, M., 1983. Toprak Mineralojisi, Çukurova Üniv. Ziraat Fakültesi Ders Notları, No: 78.
- Schroeder, D., 1979. Structure and Weathering of Potassium Containing Minerals. Proc. Congr. Int. Potash Inst. 11:43-63.
- Schulten, H.R. and Leinweber, P., 2000. New insights into Organic Matter Particles: Composition, Properties and Models of Molecular Structure. Biol. Fertilsoils 30: 399-432.
- Seta, A.K. and Karathanasis, A.D., 1996. Water Dispersible Colloids and Factors Influencing their Dispersibility from Soil Aggregates. Geoderma, 74:255-266.
- Sharply, A.N., 1989. Relationship Between Soil Potassium Forms and Mineralogy. *Soil Sci. Soc. of Am. J.* 53:1023-1028.
- Six, J., Elliott, E.T. and Paustain, K., 2000. Soil Structure and soil Organic Matter: II. A Normalized Stability Index and the Effect of Minerology. *Soil Sci. Am. J.* 64: 1042- 1049.
- Soil Survey Staff, 1999. Soil Taxonomy, a Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys, 2nd ed.: U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Agriculture Handbook Number 436. Pp. 870.
- Sparks, D.L. and Huang, P.M., 1985. Physical Chemistry of Soil Potassium. In Potassium in Agriculture; Munson, R.D., (ed); Am. Soc. of Agr. Madison, Wisconsin. Pp. 201–266.
- Sparks, D.L., 1987. Potassium Dynamics in Soils. *Adv. Soil Sci.* 6:1-63.
- Sparks, D.L., 2000. Bioavailability of soil potassium. p. D38-D53. In M.E. Sumner (ed.) Handbook of soil science. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Stucki J.W., and Kostka, J.E., 2006. Microbial reduction of iron in smectite, *C. R. Geosci.* 335 (2006), pp. 468–475.
- Thompson, M.L., H. Zhang, M. Kazemi, and J.A. Sandor., 1989. "Contribution of organic matter to cation exchange capacity and specific surface area of fractionated soil materials." *Soil Sci.* 148: 250–257.
- Trangmar, B. B., Yost, R. S., and Uehara, G., 1985. Application of Geostatistics to Spatial Studies of Soil Properties. *Advances in Agronomy*, 38:45–94.(1985).
- Tripler, C.E., Kaushal, S.S., Likens, G.E., Walter, M.T., 2006. Patterns in K Dynamics in Forest Ecosystems. *Ecology Letters*, 9, 451–466.

- Upchurch, R.D., and Edmonds, W.J., 1991. Statistical Procedures for Specific Objectives In: Spatial Variabilities of Soils and Landforms. Editors: Mausbach, M.J. and Wilding L.P. Soil Sci. Soc. Of Am., Inc. Madison, WI. USA. Pp. 49-71.
- Ülgen, N., Yurtseven, N., 1988. Türkiye gübre ve gübreleme rehberi. Köy Hizmetleri genel Müdürlüğü. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No:151. Ankara.
- Wang, H., Liu, G. and Gong, P., 2005. Use of cokriging to improve estimates of soil salt solute spatial distribution in the Yellow River delta. *Acta Geographica Sinica*, 60(3): 511-518
- Webster, R., 2001. Statistics to support soil research and their presentation. *Euro. J. of Soil Sci.*, 52: 331-340.
- Wilding, L.P., Bouma, J., Goss, D.W., 1994. Impact of Spatial Variability on Interpretative Modelling. In: Quantitative Modelling of soil Forming Processes. R.B. Bryant and Arnold R.W. (Eds) SSSA Special publication no:39, SSSA Inc. Madison, WI. Pp. 65-75.
- Yayla, S.M., 2008. *Değişebilir ve yavaş yavaş potasyum içeriğinin Kazova topraklarındaki uzaysal dağılımı.* (M.Sc), Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi. Tokat.
- Yılmaz, K., 2001. Kahramanmaraş Bölgesinde Yer Alan Toprak Ordularının Kil Minerali İçeriklerinin Kantitatif Tayini. *Fen ve Mühendislik Dergisi*. Cilt 4, Sayı 1.
- Yost, R. S., Uehara, G., and Fox, R. L., 1982. Geostatistical Analysis of Soil Chemical Properties of large land areas. I. Semi-variograms. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46:1028-1032.
- Yukselen, Y., Kaya, A., 2006. Comparison of Methods for Determining Specific Surface Area of Soils *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, Vol. 132, No. 7
- Yule, D.F and Ritchie, J.T., 1980. Soil shrinkage relationship of Texas Vertisols 1 small cores. *Soil Science Society of America Journal* 44: 1285–1291.
- Zhu, B. Q., Mao C. X., Lugmair G. W., and Macdougall J. D., 1983. Isotopic and geochemical evidence for the origin of Plio-Pleistocene volcanic rocks near the Indo-Eurasian collisional margin at Tengchong, China. *Earth Planet. Sci. Lett.* 65, 263-275.

EKLER

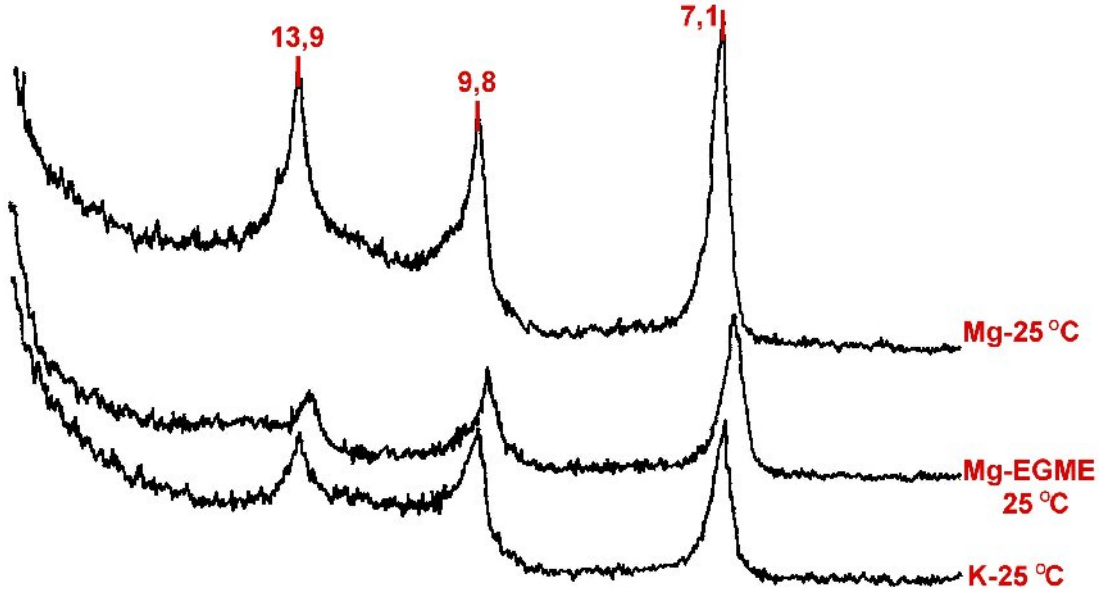


Ek 1.1. Düz düze yakın eğimli arazilerde yer alan 92 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonunun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray patternleri

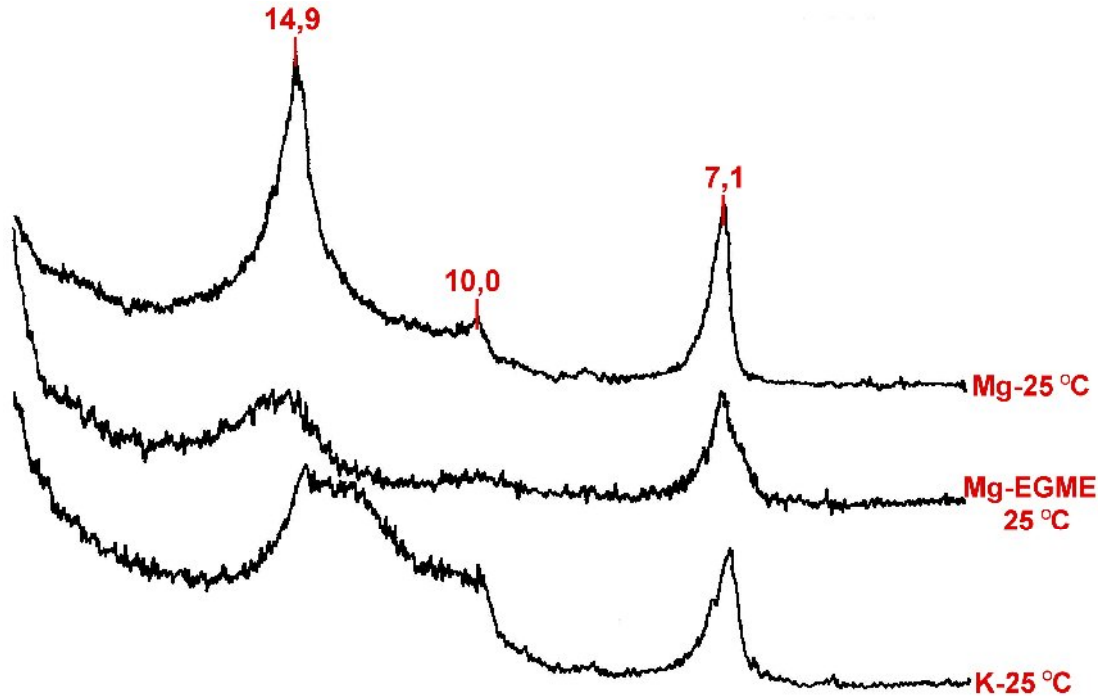


Ek 1.2. Düz düze yakın eğimli arazilerde yer alan 103 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonunun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray patternleri

EKLER (Devam)

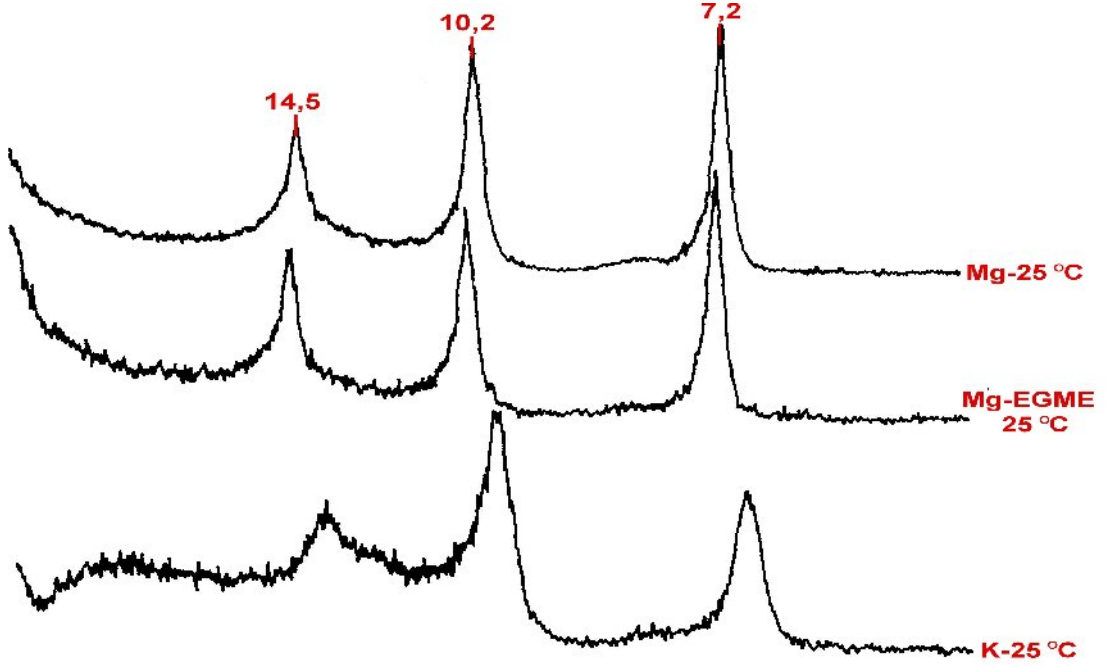


Ek 1.3. Sol sahil %2-6 eğimli arazilerde yer alan 142 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonunun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray patternleri

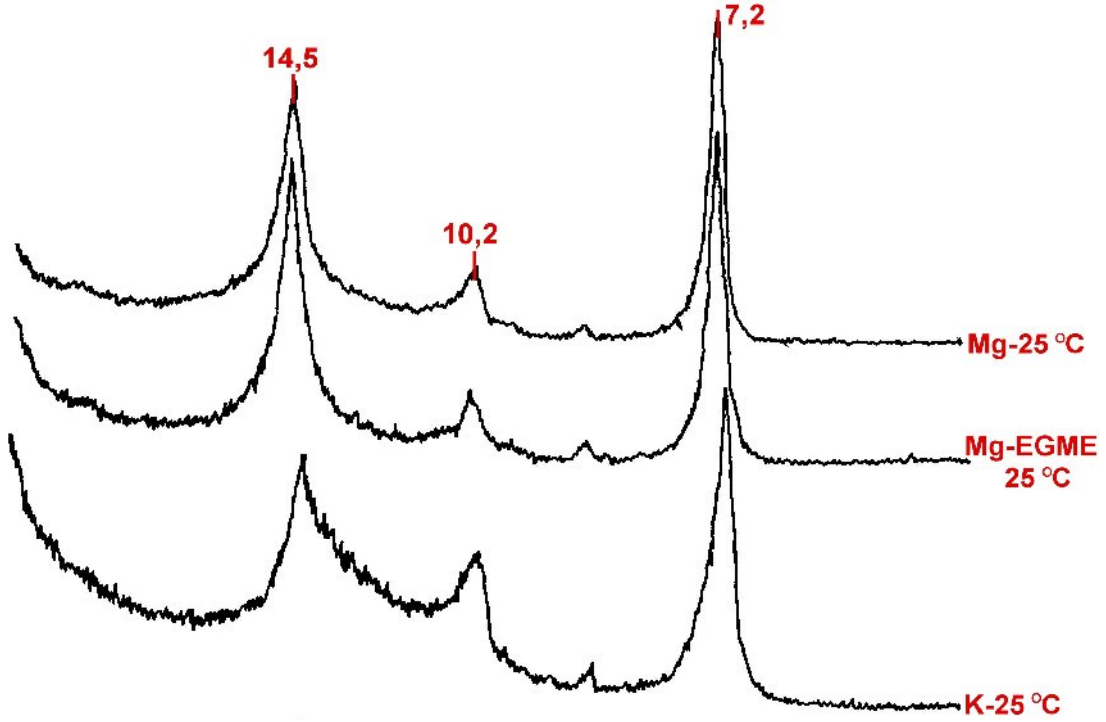


Ek 1.4. Düz düze yakın eğimli arazilerde yer alan 249 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonunun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray patternleri

EKLER (Devam)

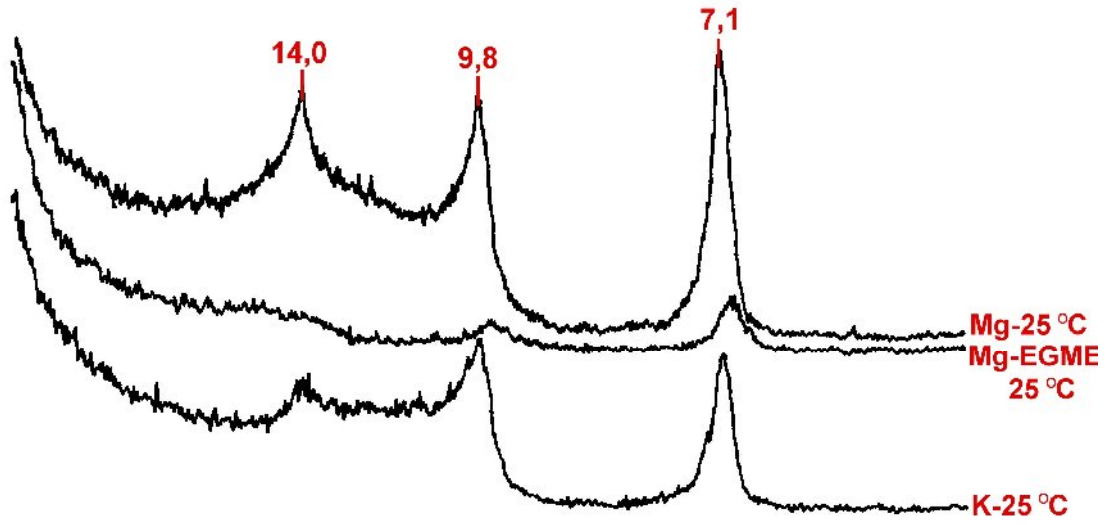


Ek 1.5. %2-6 eğimli arazilerde yer alan 289 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray patternleri

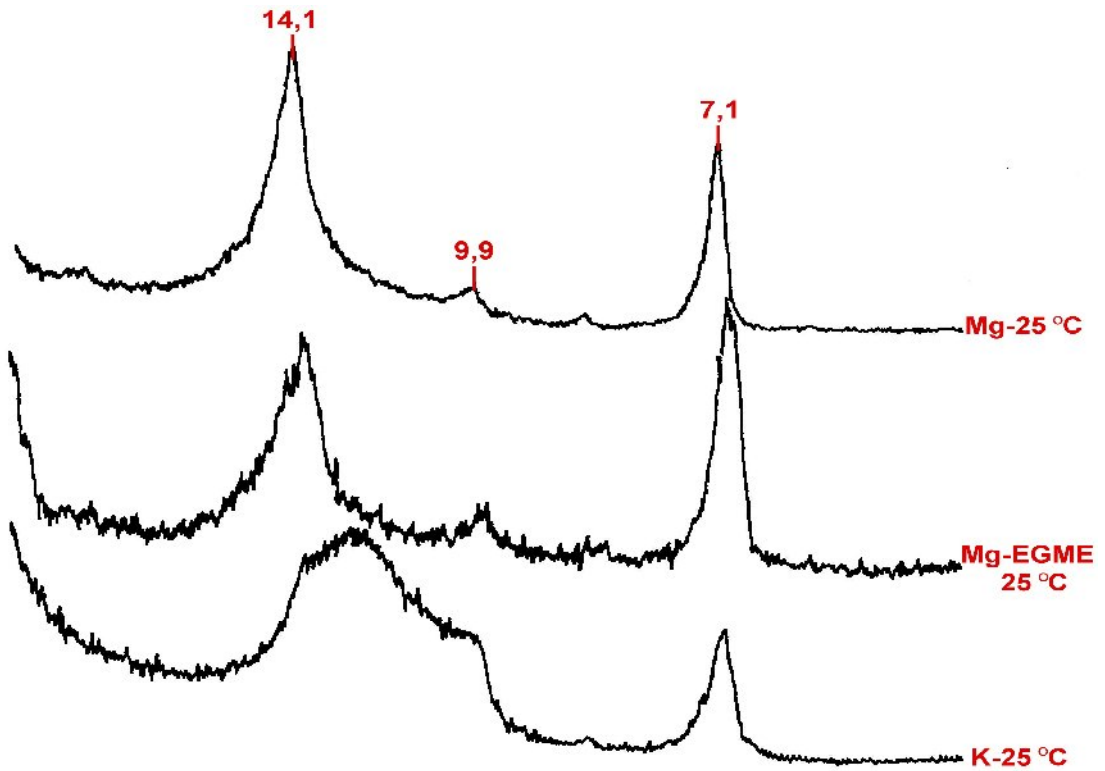


Ek 1.6. Sağ sahil %2-6 eğimli arazilerde yer alan 312 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray patternleri

EKLER (Devam)

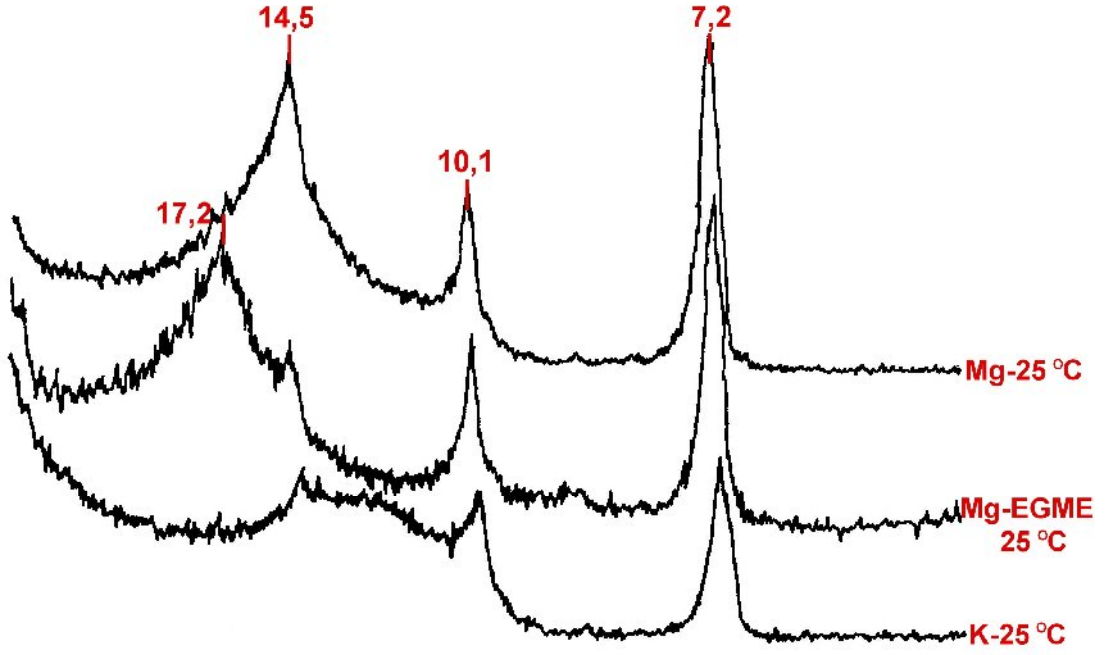


Ek 1.7. Sol sahil %2-6 eğimli arazilerde yer alan 330 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonunun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray patternleri

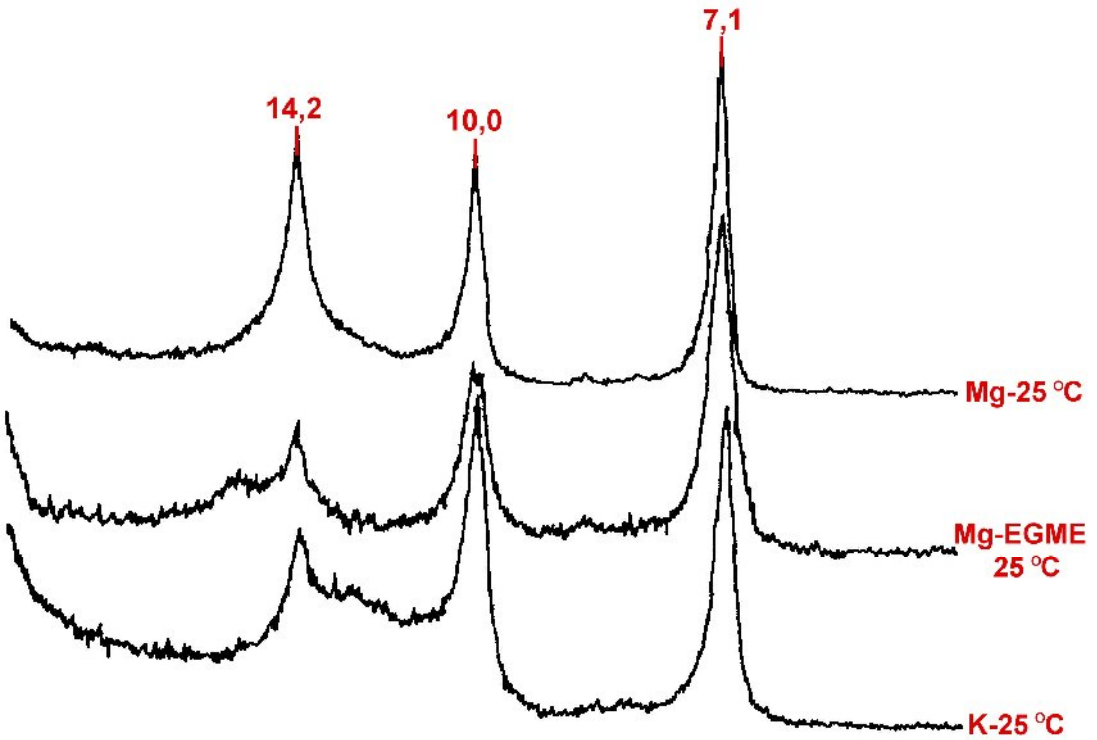


Ek 1.8. Düz düze yakın eğimli arazilerde yer alan 336 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonunun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray patternleri

EKLER (Devam)



Ek 1.9. Sol sahil %2-6 eğimli arazilerde yer alan 360 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonunun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray patternleri



Ek 1.10. Düz düze yakın eğimli arazilerde yer alan 379 nolu toprak örneğine ait kil fraksiyonunun Mg-25 °C, Mg-EGME ve K-25 °C uygulamalarının X-Ray patternleri

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Nurullah ACİR
Doğum Tarihi ve Yer : 1982/Tokat
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
Telefon : 0541 2205727
e-mail : tramp_60@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Gaziosmanpaşa Üniversitesi	-
Lisans	Gaziosmanpaşa Üniversitesi	2007
Lise	Tokat Anadolu Meslek Lisesi	2000