

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**FARKLI BÜNYELİ TOPRAKLARDA AZOT VE FOSFOR’UN  
İNFİLTRASYON VE SEDİMENT İLE KAYBININ YAPAY YAĞMURLAMA  
İLE BELİRLENMESİ**

**Harun AKIN**

**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

**ANKARA  
2022**

**Her hakkı saklıdır**

## ÖZET

Doktora Tezi

### FARKLI BÜNYELİ TOPRAKLARDA AZOT VE FOSFOR'UN İNFİLTRASYON VE SEDİMENT İLE KAYBININ YAPAY YAĞMURLAMA İLE BELİRLENMESİ

Harun AKIN

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Abdullah BARAN

Topraklar ekim zamanında yağışın göreceli olarak erozyona neden olduğu zaman içerisinde erozyona son derece duyarlı olup bu süreç içerisinde gübreleme uygulamaları yapılmaktadır. Zira bu dönemde toprağın genellikle yeni işlenmiş olduğu için yüzey kaplama oranı son derece düşüktür. Dolayısıyla erozif yağışlar önemli oranda yüzey akışa ve sediment taşınımına, kısmen de infiltrasyona neden olmaktadır. Gübrelerle toprağa uygulanan besin elementleri bu katı ve sıvı faz taşınımıyla kayıplara uğramaktadır. Bu durum kısa vadede ekonomik kayıplara ve yüzey akışı ve infiltrasyon ile yeraltı ve yer üstü sularını kirletmektedir; uzun vadede topraklarda bozulma sonucu sürdürülebilir tarımı mümkün kılmamaktadır. Bu çalışmada farklı intensitelerde, farklı tekstürde ve farklı eğim derecesinde azotun (N) yüzey akışı ve infiltrasyon; fosforun (P) yüzey akışı, infiltrasyon ve sediment ile Ap horizonundan kaybı belirlenmiştir. Böylece tarım arazilerinde meydana gelen besin elementleri ve toprak kayıplarının anlaşılıp ölçeklendirilebilmesi için önemli bir veri tabanı oluşturulmuştur. Yüzey akışı, infiltrasyon ve sediment ile topraktan uzaklaşan azot ve fosfor üzerine tekstürün (killi ve kil tın), eğimin (% 6-12-18), yağış intensitesinin ( $75-120 \text{ mm h}^{-1}$ ), gübreleme (gübresiz ve  $10 \text{ kg da}^{-1} \text{ N} + 12 \text{ kg da}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ ) ve zamanın (0-15, 15-30, 30-45, 45-60 dakikalarda) etkileri araştırılmıştır. Toprak-Gübre-İntensite- Eğim- Zaman faktörü arasındaki ilişkiler tekrar eden ölçümler deneme desenine göre incelenmiştir. Tekstürün fonksiyonu olarak nitrat formunda kaybolan azot miktarı amonyum azotunun 2,7 -7,5 katı olduğu belirlenmiştir. Nitrat kaybı yüzey akışının artmasına bağlı olarak daha yüksek seviyelerde gerçekleşmiştir. Fosfor kaybı ise daha çok katı fazda gerçekleşmiş olup toplam kaybın %87-98'lik kısmını oluşturmuştur. Sonuç olarak sediment ve besin element kayıplarının azaltılabilmesi için toprak ve su koruma önlemlerinin azami derecede alınması ve erozif yağışlar öncesi gübrelemeden kaçınılması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

**Haziran 2022, 176 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Yapay yağmurlama, Toprak, Bünye (Tekstür), Gübre, Azot (N), Fosfor (P), İnfiltrasyon, Sediment kaybı

## ABSTRACT

Ph.D. Thesis

### DETERMINATION OF NITROGEN AND PHOSPHORUS LOSSES THROUGH INFILTRATION AND SEDIMENT IN SOILS WITH DIFFERENT TEXTURE BY RAIN SIMULATION

Harun AKIN

Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof.Dr. Abdullah BARAN

Soils are extremely sensitive to erosion in the time when precipitation causes erosion relatively at planting time, and fertilization applications are made during this process. Because in this period, the soil is generally newly cultivated and the surface coverage rate is extremely low. Therefore, erosive rains causes significant runoff and sediment transport, and partly infiltration. Nutrients applied to the soil with fertilizers are lost by the solid and liquid phase transports. This situation causes economic losses in the short term and environmental pollution both in groundwater and surface water by means of runoff and infiltration, and in long term it makes unable to perform sustainable agriculture as a result of soil degradation. In this study, the runoff and infiltration of nitrogen (N) in different intensities, textures and slope gradients with the rain simulator loss of phosphorus (P) from Ap horizon by runoff, infiltration and sediment were determined. An important database has been created in order to understand and scale the nutrients and soil losses that occur in agricultural lands. The effects of texture (clay and clay-loam), slope (6-12-18%), precipitation intensity ( $75-120 \text{ mm h}^{-1}$ ), fertilization (without fertilizer and  $10 \text{ kg da}^{-1} \text{ N} + 12 \text{ kg da}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ ), and time (0-15, 15-30, 30-45, 45-60 minutes) on nitrogen and phosphorus losses from the soil by surface flow, infiltration and sediment were investigated. Relationships between Soil-Fertilizer-Intensity-Slope-Time factors were revealed according to repeated measurements ANOVA. The amount of nitrogen lost in nitrate form as a function of texture was determined to be 2.7-7.5 times that of ammonium nitrogen. Nitrate loss occurred at higher levels due to the increase in the runoff. Phosphorus loss occurred mostly in the solid phase and constituted 87-98% of the total loss. It can therefore concluded that soil and water conservation measures should be taken at the maximum level and fertilization should be avoided before erosive rains in order to reduce sediment and nutrient losses.

**June 2022, 176 pages**

**Keywords:** Rain Simulation, Soil, Texture, Fertilizer, Nitrogen (N), Phosphorus (P), Infiltration, Sediment loss

## TEŞEKKÜR

Doktora çalışmam boyunca emekli oluncaya kadar araştırmamı yürüttüğüm her safhada sağladığı bilimsel katkı, bilgi ve öneriler ile her zaman yanımda olan, destek veren, sabrını hiçbir zaman tüketmeyen çok değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Mustafa Rıza ÇANGA'ya (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü) yeni tez danışmanım sayın Prof. Dr. Abdullah BARAN'a (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü) en içten teşekkürlerimi sunarım. Değerli katkılarını öneri ve tecrübeleriyle şekillendiren Tez İzleme Komitesi hocalarımdan; öneri ve ilgisini hiçbir zaman üzerimden esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Sonay SÖZÜDOĞRU OK'a (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü) ve sayın Doç. Dr. Alper Serdar ANLI'ya (Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü), hocalarıma en içten teşekkürlerimi sunarım. Çalışmamın yürütülmesinde bilgi ve emekleri ile her zaman yol gösteren hocalarım ve çalışma arkadaşlarım; Prof. Dr. Veli UYGUR (Isparta Uygulamaları Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü), Dr. Öğretim Üyesi Selen DEVİREN SAYGIN'a, Araştırma Görevlisi Dr. Muhittin Onur AKÇA'ya ve ayrıca isimlerini burada sayamadığım ancak birçok konuda yardımlarını gördüğüm herkese teşekkürlerimi borç bilirim.

Tez çalışmam boyunca gece gündüz demeyip her zaman yanımda olan, ne zaman yardıma ihtiyaç duysam bir an bile yanımdan ayrılmayan, sabrını, anlayışını ve fedakârlığını esirgemeyen abim Murat AKIN'a, her zaman yanımda olup, beni doğduğum günden itibaren bugünlere getiren, maddi ve manevi her zaman yanımda olan aileme, eşime ve çocuklarıma sonsuz sevgi ve şükranlarımı sunarım.

Harun AKIN  
Ankara, Haziran 2022

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                               |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| TEZ ONAY SAYFASI                                                                                              |      |
| ETİK.....                                                                                                     | i    |
| ÖZET.....                                                                                                     | ii   |
| ABSTRACT.....                                                                                                 | iii  |
| TEŞEKKÜR.....                                                                                                 | iv   |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....                                                                          | vii  |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                                                                          | viii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ.....                                                                                        | x    |
| 1. GİRİŞ.....                                                                                                 | 1    |
| 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ.....                                                                  | 21   |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM.....                                                                                    | 51   |
| 3.1 Materyal.....                                                                                             | 51   |
| 3.1.1 Araştırma alanının konumu ve kullanılan toprağın alındığı yer.....                                      | 51   |
| 3.1.2 Araştırma alanının iklimi.....                                                                          | 53   |
| 3.1.3 Yağmurlama ünitesi ve yağış parametrelerinin elde edilmesi.....                                         | 54   |
| 3.1.4 İnfiltrasyon parametrelerinin elde edilmesi.....                                                        | 59   |
| 3.2 Yöntem.....                                                                                               | 61   |
| 3.2.1 Toprak örneklerinin alınması.....                                                                       | 61   |
| 3.2.2 Toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi<br>için uygulanan yöntemler.....   | 61   |
| 3.2.3 Yağmurlama ve gübreleme denemelerinin kurulması ve yürütülmesi.....                                     | 64   |
| 3.2.4 Yağmurlama ve gübreleme denemelerinde uygulanan konular.....                                            | 65   |
| 3.2.5 Yüzey akışı ve taşınan sediment ile infiltrasyon miktarının belirlenmesi.....                           | 67   |
| 3.3 Değerlendirme ve İstatistik Analizleri.....                                                               | 70   |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI .....                                                                                  | 72   |
| 4.1 Deneme Toprağının Özellikleri .....                                                                       | 72   |
| 4.2 Gübrelerin Tanımlayıcı Özellikleri.....                                                                   | 73   |
| 4.3 Yüzey Akışı.....                                                                                          | 73   |
| 4.3.1 Yüzey akışına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi.....                                           | 77   |
| 4.4 Parselden Toplam Azot Kaybı.....                                                                          | 80   |
| 4.4.1 Toplam azot kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi.....                                     | 82   |
| 4.4.2 Yüzey akışı ile nitrat (NO <sub>3</sub> ) kaybı.....                                                    | 84   |
| 4.4.3 Yüzey akışı ile nitrat (NO <sub>3</sub> ) kaybı ve tekstür, gübre, intensite ile<br>eğimin etkisi.....  | 86   |
| 4.4.4 Yüzey akışı ile amonyum (NH <sub>4</sub> ) kaybı.....                                                   | 87   |
| 4.4.5 Yüzey akışı ile amonyum (NH <sub>4</sub> ) kaybı ve tekstür, gübre, intensite ile<br>eğimin etkisi..... | 90   |
| 4.4.6 Yüzeyden toplam azot kaybı.....                                                                         | 91   |
| 4.4.7 Yüzeyden toplam azot kaybı ve tekstür, gübre, intensite ile<br>eğimin etkisi.....                       | 94   |
| 4.4.8 İnfiltrasyondan nitrat (NO <sub>3</sub> ) kaybı.....                                                    | 95   |
| 4.4.9 İnfiltrasyondan nitrat (NO <sub>3</sub> ) kaybı ve tekstür, gübre, intensite ile<br>eğimin etkisi.....  | 98   |

|                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.4.10 İnfiltrasyondan amonyum (NH <sub>4</sub> ) kaybı.....                                                | 99  |
| 4.4.11 İnfiltrasyondan amonyum (NH <sub>4</sub> ) kaybı ve tekstür, gübre, intensite ile eğimin etkisi..... | 102 |
| 4.4.12 İnfiltrasyondan toplam azot kaybı.....                                                               | 103 |
| 4.4.13 İnfiltrasyondan toplam azot kaybı ve tekstür, gübre, intensite ile eğimin etkisi.....                | 106 |
| 4.5 Toplam Fosfor (P) Kaybı.....                                                                            | 107 |
| 4.5.1 Toplam fosfor kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi.....                                 | 110 |
| 4.5.2 Yüzey akışı ile fosfor kaybı.....                                                                     | 111 |
| 4.5.3 Yüzey akışı ile fosfor (P) kaybı ve tekstür, gübre, intensite ile eğimin etkisi. ....                 | 114 |
| 4.5.4 İnfiltrasyondan fosfor (P) kaybı.....                                                                 | 115 |
| 4.5.5 İnfiltrasyondan fosfor (P) kaybı ve tekstür, gübre, intensite ile eğimin etkisi.. ....                | 118 |
| 4.6 Sediment kaybı.....                                                                                     | 119 |
| 4.6.1 Sediment kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi.....                                      | 122 |
| 4.6.2 Sedimentden toplam fosfor (P) kaybı.....                                                              | 123 |
| 4.6.3 Sedimentden fosfor (P) kaybı ve tekstür, gübre, intensite ile eğimin etkisi.. ....                    | 126 |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....                                                                                   | 128 |
| KAYNAKLAR.....                                                                                              | 134 |
| EKLER.....                                                                                                  | 149 |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                                                                               | 176 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|                                                                    |                    |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Ca                                                                 | Kalsiyum           |
| C                                                                  | Karbon             |
| K                                                                  | Potasyum           |
| N                                                                  | Azot               |
| P                                                                  | Fosfor             |
| H                                                                  | Hidrojen           |
| O                                                                  | Oksijen            |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>                                       | Nitrit             |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                                       | Nitrat             |
| NH <sub>3</sub>                                                    | Amonyak            |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>                                       | Amonyum            |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>                                      | Fosfat             |
| NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>                                    | Amonyum Nitrat     |
| Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .H <sub>2</sub> O | Triple Süperfosfat |

### **Kısaltmalar**

|                   |                                           |
|-------------------|-------------------------------------------|
| KDK               | Kasyon Değişim Kapasitesi                 |
| OM                | Organik Madde                             |
| OC                | Organik Karbonu                           |
| SOC               | Toprak Organik Karbonu                    |
| SOM               | Toprak Organik Maddesi                    |
| POM               | Partikül Organik Madde                    |
| MAOM              | Mineralle İlişkili Organik Madde          |
| SAR               | Sodyum Adsorbsiyon Oranları               |
| ESP               | Değişebilir Sodyum Yüzdeleri              |
| EC                | Elektriksel İletkenlik                    |
| pH                | Toprak Reaksiyonu                         |
| TK                | Tarla Kapasitesi                          |
| SN                | Solma Noktası                             |
| EROC              | Akış ve Sediment Verimleri                |
| C / N oranı       | Karbon / Azot Oranı                       |
| h (C)             | Ağır Bünyeli (Kil)                        |
| m (CL)            | Orta Bünyeli (Kil tın)                    |
| L (L, SL) Tekstür | Hafif Bünyeli (Tın, Kumlu Tın) Toprak     |
| v (S, LS) Tekstür | Çok Hafif Bünyeli (Tınlı Kum, Kum) Toprak |
| Ap horizonu       | Tarım Toprağının Pullukla Sürülen Kısmı   |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 3.1 Araştırma alanı bulduru haritası.....                                                                         | 52  |
| Şekil 3.2 P.H. Davis'in grid sistemi haritası.....                                                                      | 53  |
| Şekil 3.3 Yapay yağmurlama ünitesi.....                                                                                 | 55  |
| Şekil 3.4 Uygulama tankındaki damla oluşturunucular ve yerleşim planı.....                                              | 56  |
| Şekil 3.5 Farklı düşü yükseklikleri için damla çapı ve düşme hızı arasındaki ilişki.....                                | 57  |
| Şekil 3.6 Durgun hava koşullarında yağmur damlası üzerine etki eden kuvvetler.....                                      | 57  |
| Şekil 3.7 C ve CL tekstürlü toprak örneklerinin alındığı alanlar.....                                                   | 61  |
| Şekil 3.8 İyon kromatografisi ile anyon ve katyon analizleri sırasında yapılan<br>deneysel işlemler iş akış şeması..... | 64  |
| Şekil 3.9 Yağmurlama denemelerinden bir görünüm.....                                                                    | 67  |
| Şekil 3.10 Laboratuvar çalışmalarından bir görünüm.....                                                                 | 68  |
| Şekil 3.11 Sediment çalışmalarından bir görünüm.....                                                                    | 69  |
| Şekil 3.12 Sediment yaş yakma çalışmalarından bir görünüm.....                                                          | 69  |
| Şekil 3.13 Sedimentin spektrofotometrede fosfor (P) okumasından bir görünüm.....                                        | 70  |
| Şekil 4.1 Kil tekstürlü toprakata farklı eğim ve intensitenin yüzey akışına etkisi.....                                 | 75  |
| Şekil 4.2 Killitin tekstürlü toprakata farklı eğim ve intensitenin yüzey akışına etkisi.....                            | 76  |
| Şekil 4.3 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzey akış grafiği.....                                              | 79  |
| Şekil 4.4 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzey akış grafiği.....                                          | 79  |
| Şekil 4.5 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede toplam azot kaybı grafiği.....                                       | 82  |
| Şekil 4.6 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede toplam azot kaybı grafiği.....                                   | 82  |
| Şekil 4.7 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzeyden nitrat kaybı grafiği.....                                   | 85  |
| Şekil 4.8 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzeyden nitrat kaybı grafiği.....                               | 86  |
| Şekil 4.9 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzeyden amonyum kaybı grafiği.....                                  | 89  |
| Şekil 4.10 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzeyden amonyum<br>kayı grafiği.....                           | 89  |
| Şekil 4.11 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzeyden toplam azot<br>kayı grafiği.....                           | 93  |
| Şekil 4.12 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzeyden toplam azot<br>kayı grafiği.....                       | 93  |
| Şekil 4.13 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede infiltrasyondan nitrat<br>kayı grafiği.....                         | 97  |
| Şekil 4.14 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede infiltrasyondan nitrat<br>kayı grafiği.....                     | 97  |
| Şekil 4.15 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede infiltrasyondan amonyum<br>kayı grafiği.....                        | 101 |
| Şekil 4.16 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede infiltrasyondan amonyum<br>kayı grafiği.....                    | 101 |
| Şekil 4.17 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede infiltrasyondan<br>toplam azot kaybı grafiği.....                   | 105 |
| Şekil 4.18 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede infiltrasyondan<br>toplam azot kaybı grafiği.....               | 105 |
| Şekil 4.19 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede toplam fosfor kaybı grafiği.....                                    | 109 |

|                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 4.20 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede toplam fosfor kaybı grafiği.....             | 110 |
| Şekil 4.21 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzeyden fosfor kaybı grafiği .....              | 113 |
| Şekil 4.22 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzeyden fosfor kaybı grafiği.....           | 113 |
| Şekil 4.23 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede infiltrasyondan fosfor kaybı grafiği.....        | 116 |
| Şekil 4.24 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede infiltrasyondan fosfor kaybı grafiği.....    | 116 |
| Şekil 4.25 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede sediment kaybı grafiği.....                      | 121 |
| Şekil 4.26 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede sediment kaybı grafiği.....                  | 121 |
| Şekil 4.27 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede sedimentden toplam fosfor kaybı grafiği.....     | 125 |
| Şekil 4.28 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede sedimentden toplam fosfor kaybı grafiği..... | 125 |



## ÇİZELGELER DİZİNİ

|              |                                                                                                                      |    |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 3.1  | Formüllerde kullanılan simge ve birimler.....                                                                        | 58 |
| Çizelge 3.2  | Farklı testtür topraklarındaki ortalama infiltrasyon hızları<br>(Delibaş 1994).....                                  | 60 |
| Çizelge 3.3  | Yağmurlama denemesinden alınan toplam örnek sayısı.....                                                              | 66 |
| Çizelge 4.1  | 0-20 cm den alınan örneklerin testtür analizi.....                                                                   | 72 |
| Çizelge 4.2  | Örneklerde temel analizler ve katyon değişim kapasitesi analizi.....                                                 | 73 |
| Çizelge 4.3  | Deneme parsellerindeki zamana bağlı yüzey akışı ortalamaları.....                                                    | 74 |
| Çizelge 4.4  | Yüzey akışına testtür, gübre, intensite ve eğimin etkisi.....                                                        | 77 |
| Çizelge 4.5  | Yüzey akışının testtür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması....                                         | 77 |
| Çizelge 4.6  | Yüzey akışının testtür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi.....                                            | 78 |
| Çizelge 4.7  | Deneme parsellerindeki zamana bağlı yüzey akışı ortalamaları.....                                                    | 78 |
| Çizelge 4.8  | Deneme parsellerindeki zamana bağlı toplam azot kaybı ortalamaları.....                                              | 81 |
| Çizelge 4.9  | Toplam azot kaybına testtür, gübre, intensite ve eğimin etkisi.....                                                  | 83 |
| Çizelge 4.10 | Toplam azot kaybının testtür, gübre, intensite ve eğimle ikili<br>karşılaştırması.....                               | 83 |
| Çizelge 4.11 | Toplam azot kaybının testtür, gübre, intensite ve eğim ile varyans<br>analizi.....                                   | 83 |
| Çizelge 4.12 | Deneme parsellerindeki zamana bağlı yüzeyden nitrat kaybı<br>ortalamaları.....                                       | 84 |
| Çizelge 4.13 | Yüzey akışı ile nitrat ( $\text{NO}_3$ ) kaybına testtür, gübre, intensite ve eğimin<br>etkisi.....                  | 86 |
| Çizelge 4.14 | Yüzey akışı ile nitrat ( $\text{NO}_3$ ) kaybının testtür, gübre, intensite ve eğimle<br>ikili karşılaştırması.....  | 87 |
| Çizelge 4.15 | Yüzey akışı ile nitrat ( $\text{NO}_3$ ) kaybının testtür, gübre, intensite ve eğim ile<br>varyans analizi.....      | 87 |
| Çizelge 4.16 | Deneme parsellerindeki zamana bağlı yüzeyden amonyum kaybı<br>ortalamaları.....                                      | 88 |
| Çizelge 4.17 | Yüzey akışı ile amonyum ( $\text{NH}_4$ ) kaybına testtür, gübre, intensite ve<br>eğimin etkisi.....                 | 90 |
| Çizelge 4.18 | Yüzey akışı ile amonyum ( $\text{NH}_4$ ) kaybının testtür, gübre, intensite ve<br>eğimle ikili karşılaştırması..... | 90 |
| Çizelge 4.19 | Yüzey akışı ile amonyum ( $\text{NH}_4$ ) kaybının testtür, gübre, intensite ve eğim<br>ile varyans analizi.....     | 91 |
| Çizelge 4.20 | Deneme parsellerindeki zamana bağlı yüzeyden toplam azot kaybı<br>ortalamaları.....                                  | 92 |
| Çizelge 4.21 | Yüzey akışı ile toplam azot kaybına testtür, gübre, intensite ve eğimin<br>etkisi.....                               | 94 |
| Çizelge 4.22 | Yüzey akışı ile toplam azot kaybının testtür, gübre, intensite ve eğimle<br>ikili karşılaştırması.....               | 94 |
| Çizelge 4.23 | Yüzey akışı ile toplam azot kaybının testtür, gübre, intensite ve eğim ile<br>varyans analizi.....                   | 95 |

|                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Çizelge 4.24 Deneme parsellerindeki zamana bağlı infiltrasyondan nitrat kaybı ortalamaları.....                                        | 96  |
| Çizelge 4.25 İnfiltrasyondan nitrat ( $\text{NO}_3$ ) kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi.....                          | 98  |
| Çizelge 4.26 İnfiltrasyondan nitrat ( $\text{NO}_3$ ) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması.....          | 98  |
| Çizelge 4.27 İnfiltrasyondan nitrat ( $\text{NO}_3$ ) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi.....              | 99  |
| Çizelge 4.28 Deneme parsellerindeki zamana bağlı infiltrasyondan amonyum kaybı ortalamaları.....                                       | 100 |
| Çizelge 4.29 İnfiltrasyondan amonyum ( $\text{NH}_4$ ) kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi.....                         | 102 |
| Çizelge 4.30 İnfiltrasyondan amonyum ( $\text{NH}_4$ ) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması.....         | 102 |
| Çizelge 4.31 İnfiltrasyondan amonyum ( $\text{NH}_4$ ) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi.....             | 103 |
| Çizelge 4.32 Deneme parsellerindeki zamana bağlı infiltrasyondan toplam azot kaybı ortalamaları.....                                   | 104 |
| Çizelge 4.33 İnfiltrasyondan toplam azot kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi.....                                       | 106 |
| Çizelge 4.34 İnfiltrasyondan toplam azot kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması.....                       | 106 |
| Çizelge 4.35 İnfiltrasyondan toplam azot kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi.....                           | 107 |
| Çizelge 4.36 Deneme parsellerindeki zamana bağlı toplam fosfor kaybı ortalamaları.....                                                 | 109 |
| Çizelge 4.37 Toplam fosfor kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi.....                                                     | 110 |
| Çizelge 4.38 Toplam fosfor kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması.....                                     | 111 |
| Çizelge 4.39 Toplam fosfor kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi.....                                         | 111 |
| Çizelge 4.40 Deneme parsellerindeki zamana bağlı yüzeyden fosfor kaybı ortalamaları.....                                               | 112 |
| Çizelge 4.41 Yüzey akışı ile fosfat ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi.....                 | 114 |
| Çizelge 4.42 Yüzey akışı ile fosfat ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması..... | 114 |
| Çizelge 4.43 Yüzey akışı ile fosfat ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi.....     | 115 |
| Çizelge 4.44 Deneme parsellerindeki zamana bağlı infiltrasyondan fosfor kaybı ortalamaları.....                                        | 116 |
| Çizelge 4.45 İnfiltrasyondan fosfat ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi.....                 | 118 |
| Çizelge 4.46 İnfiltrasyondan fosfat ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması..... | 118 |
| Çizelge 4.47 İnfiltrasyondan fosfat ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi.....     | 119 |
| Çizelge 4.48 Deneme parsellerindeki zamana bağlı sediment kaybı ortalamaları.....                                                      | 120 |
| Çizelge 4.49 Sediment kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi.....                                                          | 122 |

|                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Çizelge 4.50 Sediment kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması.....                        | 122 |
| Çizelge 4.51 Sediment kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi.....                            | 123 |
| Çizelge 4.52 Deneme parsellerindeki zamana bağlı sedimentten toplam fosfor kaybı ortalamaları.....                   | 124 |
| Çizelge 4.53 Sedimentden fosfat ( $P_2O_5$ ) kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi.....                 | 126 |
| Çizelge 4.54 Sedimentden fosfat ( $P_2O_5$ ) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması..... | 126 |
| Çizelge 4.55 Sedimentden fosfat ( $P_2O_5$ ) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi.....     | 127 |
| Çizelge 5.1 Kil tekstürde farklı inyensite ve farklı eğim koşullarında sediment, azot ve fosfor kaybı (n=3) .....    | 129 |
| Çizelge 5.2 Kil tın tekstürde farklı inyensite ve farklı eğim koşullarında sediment, azot ve fosfor kaybı (n=3)..... | 130 |

## 1. GİRİŞ

İnsanoğlunun yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmesi için ekosistemin en önemli bileşenlerinden biri olan toprak kaynaklarının rasyonel olarak korunması, kullanılması ve geliştirilmesi öncelikli görevleri arasında yer almaktadır. İnsanoğlunun gıda gereksinimi için varoluşundan günümüze kadar doğal kaynakları ve bilhassa da tarım topraklarını yanlış politikalar ve yanlış tarım uygulamaları ile bilinçsizce kullanması ekolojik dengenin bozulmasına ve toprakların elden çıkmasına neden olmaktadır. Su, bitkilere gerekli olan besin maddelerinin sıvı faza geçirerek kökler tarafından emiliminde ve bitkinin ihtiyacı olan besinleri, bitkinin ihtiyacı olan organlarına taşımasında önemli rol oynar. Ülkemizde tarımsal gelirin arttırılması ve mahsullerin kaliteli olmasına için toprak ve su arasında dengeli bir ilişki sağlanmalıdır. Toprak ve suyun arasında oluşturulacak optimizasyon sonucunda su kaynaklarından en yüksek fayda sağlamaktadır. Doğada var olan bitki-toprak-su dengesinin bozulması toprakta verimin azalmasına, bitkide fizyolojik strese ve su tüketiminde dengesizliğe sebep olmaktadır. Ülkemizde yağış rejimindeki düzensizlikler ve doğal bitki örtüsündeki bozulmalar su ve suyun kullanımı konusunda bizi daha dikkatli ve tedbirli olmaya zorunlu kılmaktadır. Topraklarımızın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tespiti ürün verimliliğini öngörmemizi sağlar. Topraklarımızın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin ürün verimliliğine etkileri noktasında yurt dışı ve yurt içinde fazlaca çalışma bulunmaktadır. İnfiltrasyon, toprakların en önemli özelliklerinden biri olup, toprağa uygulanan sulama sularının ve toprak üzerine düşen yağmur, kar vb. yağış türlerinin toprak profili içerisine girmesi şeklinde tanımlanır. Toprakların infiltrasyon hızı, sulama zamanında, sulama yöntemlerinin seçiminde ve bu sulama yöntemlerinin planlanmasında kullanılan en belirleyici özelliktir (Korukçu ve Yıldırım, 1981).

Toprakta azalan besin elementlerini yeniden toprağa kazandırabilmek, toprağın üretim kapasitesini ve bitkisel verimliliği artırabilmek için gübre takviyesi gereksinimi artmaktadır. İhtiyaç duyulan verim artışını sağlayabilmek için gelişmiş teknolojik ekipmanlar ile birlikte inorganik gübre çeşitlerine özellikle, azot kaynaklı gübreye talep artış göstermektedir. Bitkinin ihtiyaç duyduğu azot ve fosfor kaynaklı gübre takviyesi verimde artışa neden olmaktadır. Ancak verimi daha yüksek seviyelere çıkarmak için

yapılan aşırı gübre uygulanması sonucunda tarımsal üretim yapılan topraklardan fazla miktarda azot, erozyon, yüzey akışı veya infiltrasyonun sonucu olarak yüzey ve yeraltı sularında birikerek kirliliğe yol açmaktadır (Volk vd., 2009; Kundu vd., 2009).

İhtiyaç duyulan miktardan daha fazla gübre takviyesi yapılan tarım alanlarında öngörülemeyen şiddetli yağışların veya kontrolsüz yapılan salma sulama neticesinde serbest iyon olan nitrat ( $\text{NO}_3$ ) suyla ortak hareket ederek bitki kök bölgesine ve daha derine taşınarak tarımsal aktivitenin gerçekleştiği alanın altındaki yeraltı sularını kirliletmektedir. Kısaca gerekli araştırma ve ihtiyaç hesabı yapılmadan uygulanan azotlu gübreler, verimde artış sağlamak yerine çevreye özellikle yüzey suları ve yeraltı su kaynaklarında kirliliğe neden olmaktadır. Nitrat sebebiyle yeraltı sularında oluşan kirlilik dünyada en önde gelen çevre sorunlarından biridir. Eksi değerlikli bir iyon olan nitrat suda yüksek çözünürlüğe sahip olup bitkisel üretimdeki ihtiyaçtan daha fazla miktarda veya bitkisel üretimin yapılmadığı süreçte, toprağa uygulanan nitratlı gübreler, aerobik ortamda suda çözünerek yerçekiminin etkisiyle toprak profilinde aşağıya doğru hareket ederek aküfere taşınmaktadır (Anonim, 1987; van Duijvenboden ve Loch, 1983).

Tarım topraklarında taban suyu seviyesi ve aküferdeki özellikler, yağışın intensitesi ve sulamanın çeşidi, organik maddenin miktarı ve toprağın diğer fiziksel ve kimyasal özellikleri nitrat azotunun durumunu etkilemektedir (van Duijvenboden ve Loch, 1983). Ayrıca, bitki köklerinin bulunduğu yerlerden aküfere doğru suyun hareketinde ve böylece suda çözünmüş olan nitratın taşınmasında, toprağın fiziksel özellikleri (hidrolik iletkenliği, toprağın suyla doygunluk durumu, toprakta tekstür, toprağın profil derinliği, toprağın strüktürel yapısı ve toprakta gözeneklilik) etkilidir. Kumlu toprakların, toprağın suyla doygun olduğu koşullarda suyun aşağı doğru hareketi killi topraklarınkine oranla daha hızlı olmaktadır. Böylece hafif tekstürlü topraklarda nitrat daha derinlere doğru hızlı hareket etmektedir. suyla doygunluk kapasitesi çok olan kil tekstürlü topraklarda ise nitratın daha yavaş hareket etmesi beklenmelidir (Knox ve Moody, 1991 ve Lægreid vd., 1999). Nitratın yıkanması yeraltı sularının kirlenmesi bütün ülkelerde genel bir sorundur (Flipo vd., 2007; Anayah ve Almasri, 2009). Anonim (2007), Avrupada nüfusun % 0,5 - 10 'u 50 mg  $\text{L}^{-1}$  den fazla seviyede nitratı barındıran içme sularını kullandığı bildirmiştir öyleki bu miktarda ortalama olarak Avrupadaki yaklaşık 10 milyon insana tekabül

etmektedir. Hu vd. (2005), tarafından atık suları sulamada kullanarak ve aşırı gübreleme sonucunda Çin'in kuzeyindeki bölgede, ovada yeraltı suyunda yıkanmaya bağlı nitrat kirliliği belirlenmiştir. Jalali (2005)' de İran'da 311 kuyunun bulunduğu Hamadan bölgesinde kuyuların %37'si  $50 \text{ mg L}^{-1}$  'den daha fazla nitrat içerdiği belirlenmiş olup tarımsal üretimin yapıldığı alanlarda nitratin yıkanmaya devam etmesi sonucunda bölgedeki kuyuların tamındaki sularda nitrat oranının artarak ulaşabileceğini veya bu seviyenin üstüne çıkabileceği bildirilmektedir. Türkiye'de seracılığın önemli merkezlerinden biri olan Antalya-Demre'deki kuyuların %45' inde kritik seviyenin üzerinde nitrat içerdiği ve toprak profilinin üstünde yer alan topraklarda yaklaşık  $108 \text{ mg L}^{-1}$  nitrat azotu içeriği belirlenmiştir (Sönmez vd., 2007).

Toprak erozyonu, dünyadaki en önemli çevre sorunlarından biridir ve küresel ekosistemlerin sürdürülebilirliğini tehdit eden toprak bozulması ve ötrofikasyona neden olmaktadır (Lal 1988; Kaihura vd. 1999; Rhoton vd. 2002; Lal 2003; Zhang vd. 2012; Zhao vd. 2015). Toprak erozyonu sürecinde, çeşitli besinler kaybolur ve bu sadece toprak verimliliğinin azalmasına neden olmaz, aynı zamanda yeraltı suyu ve yüzey suyunun güvenliğini de tehdit eder (Zhu ve Chen 2002; Wu vd. 2012; Wang vd. 2014). Özellikle azot (N) ve fosfor (P) kayıpları ötrofikasyonun ana nedenleri olarak kabul görür (Zeng vd. 2008; Conley vd. 2009; Cao vd. 2014), her ikisi de yüksek mahsul verimini korumak ve bitki büyümesi için mutlak gereklidir (Guo vd. 2004; Vitousek vd. 2010).

1970'lerden bu yana, eğimli arazinin besin kaybı, küçük havzalardaki nicel gözlemlere dayanarak büyük bir endişeye sebep olmuştur (Schuman vd. 1973; Römkens ve Nelson 1974; Sharpley vd. 1978). Yağış simülatörleri cihazlarının geliştirilmesi ve besin test teknolojisinin geliştirilmesiyle, yağış simülasyon deneyleri besin kaybı çalışmalarında yaygın bir kullanım alanı oluşmuştur (Ahuja vd. 1981; Ahuja 1983; Haity vd. 1984; Rony vd. 1988). İlgili çalışma, yasaların tanımlarını ve besin kaybının özelliklerini kapsamaktadır (Chen vd. 2013; küçük vd. 2005; Peng vd. 2012; Huang vd. 2001; Myers ve wagger 1996). Yapay yağış simülasyonu ile taşınım ve dönüşüm (Kaufmann vd. 2014) ve besin kaybının kontrolü teknolojileriyapılabilmektedir (Gao vd. 2010; O'flynn vd. 2012). Bununla birlikte, N ve P kayıplarının ve toprak erozyon süreçlerinin yoğun yağış ile ilişkisini araştırmak için çok az çalışma bulunmaktadır.

Tarımsal üretimde sürdürülebilirliği sağlamak için en etkili yol, verimliliği artırarak sürekliliğin sağlanmasıdır. Buda; yalnızca tarım topraklarındaki olumsuzlukları tespit ederek mevcuttaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerin ihtiyaç duyulan iyileştirme ve önlemlerle mümkündür. Yeraltı ve yer üstü kaynaklarımızın bilinçsizce tüketilmesi sonucu, sürekli artan talebe bağlı olarak oluşan çeşitli atık maddeler, nicelik ve nitelik bakımından doğal ortama verdikleri olumsuz etkiler sonucunda ekolojik dengeyi ve canlıların yaşamlarını tehdit etmektedir (Kaçtıoğlu ve Şengül 2010).

Erozyonu kısaca tanımlarsak yer küre üzerindeki toprak yüzeyinin rüzgâr ve/veya su ile aşınması ve taşınması şeklinde açıklanabilir. Yerkürede günümüze kadar insan faaliyetlerine maruz kalmayan ve su erozyonuna uğramayan bir yer yoktur. Erozyon ile ilgili ilk araştırmalar A.B.D.'nin Missouri kentinde başlamıştır (Doğan ve Güçer, 1976). Araştırmaların ilk safhalarında eğimin dikliği ile uzunlukları ve toprak çeşitlerinin, bitkisel örtünün erozyon üzerindeki etkilerini içermekteyken bunlara daha sonraki süreçte erozyonu kontrol altına almak için uygulanan eşyükselti eğrilerine paralel toprak işleme, şeritvari tarım, eğimi azaltmak için teras uygulaması, parmak ve oyuntu erozyon kontrolü ve sabitizasyonu ilave edilmiştir. Günümüz dünyasında bugüne kadar yapılan çalışmalara ilaveten erozyonun önlenmesi konusunda yapılan bütün araştırmalara yalnızca tarımsal alanlar, ormanlar ve kıyı alanları olarak sınırlandırılmayıp, insan faaliyetinin olduğu inşaat alanları ve teknolojinin kullanıldığı üretim alanlarını da kapsayacak şekilde sürdürülmektedir. Ana karanın yaklaşık olarak 2 milyon hektar arazinin % 55'inde su erozyonunun hüküm sürdüğü yapılan çalışmalarda bildirilmektedir. Bilinçsiz ve fazla otlatma, eğimli araziler üzerinde gerekli önlemleri almadan yapılan toprağı sürme, yol inşaatı faaliyetleri, münavebesiz tarım gibi faaliyetler toprak erozyonunu artıran bir etkiye sahiptir (El-Swaify 1994 ve Maalim vd. 2013).

Ülkemizde erozyonla, bilhassa da su ile rüzgârın neden olduğu erozyonla oluşan toprak kayıplarının yüksek miktarlara ulaşması, aynı zamanda bir çok soruna yol açmaktadır. Resmi kaynaklarda kurak ve yarı kurak iklim koşullarının hüküm sürdüğü alan ülkemiz topraklarının %90'ı kapsamaktadır. Ülkemizde tarımsal alanların toplamı 27,7 milyon hektar olup erozyona maruz kalma durumu araştırıldığında sorunsuz araziler 4 776 339 ha olup, işlemeli tarıma uygun su ve rüzgâr erozyonunun birinci derecede problem olarak

görüldüğü alanlar 2 749 471 ha ve işlemeli tarıma uygun olmayan alanlar ise 5 009 563 ha'dır. İkinci derecede erozyonun problem olarak görüldüğü alanlar ise işlemeli tarıma uygun tarım arazileri 2 749 471 ha, işlemeli tarıma uygun olmayan alanlar 1 004 487 ha alandır (Taysun vd.1995).

Arazi varlığımız değerlendirildiğinde % 47,98'inin eğimi % 20'nin üzerinde ve % 62,15'inin eğimi %12'nin üzerindedir. % 2-20 arası eğimli arazi miktarımız ise 29,7 milyon ha'dır. Ayrıca topraklarımızda sadece % 14'ünde organik madde miktarı % 2'nin üzerinde olmasına rağmen % 64'ünde ise bu oran %1'in altındadır. Toprak işleme derinlikleri açısından değerlendirildiğinde topraklarımızın % 37,2'si 0-20 cm arası derinlikte olup işlemeli tarım yapmaya uygun değildir (Anonim 1978;Anonim1982; Çanga ve Erpul 1994). Yani ülkemizde problemsiz araziler %13,86 iken, erozyon probleminin şiddetli ve çok şiddetli şekilde hüküm sürdüğü araziler ise %58,74 tür. Ülkemizde 57,15 milyon ha alanda su erozyonu hüküm sürerken, rüzgâr erozyonunda ise bu durum yaygın olmamakla birlikte 506.309 ha alanı farklı derecelerde etkilediği belirlenmiştir. İşlemeli tarımın yapıldığı 27,7 milyon ha alan değerlendirildiğinde, yaklaşık 16,4 milyon ha alanda erozyon sorunu bulunmaktadır (Anonim 1987, 1998).

Mülga E.İ.E.İ'nin (Anonim 2006), 1999 ile 2005'deki yayınlanmış sediment yıllıklarına göre, Türkiye ortalamasına yönelik ağırlıklı ortalamanın alansal değeri açıklanmış askıdaki sedimentin verimi 155 ton/yıl/km<sup>2</sup> veya 119 m<sup>3</sup>/ yıl/ km<sup>2</sup> 'dir. Erpul ve Saygın (2012). 2006 - 2012 yılları arasında sediment verimi 172 ton/yıl/km<sup>2</sup> veya 132 m<sup>3</sup>/yıl/ km<sup>2</sup> ve 2013 - 2018 yılları arasında sediment verimi 87 ton/yıl/km<sup>2</sup> veya 66,9 m<sup>3</sup>/yıl/ km<sup>2</sup> olarak Türkiye Akarsu Sediment Gözlemleri kitabında yayınlanmış olup son değerdeki aşırı düşüşün sebebi ise Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nin sediment ölçme görevini DSİ Genel Müdürlüğüne devretmesi dolayısıyla DSİ gölet ve baraj projelerini geliştirdiği dere ve nehirlerdeki akım gözlem istasyonlarının verilerini almasından kaynaklanmaktadır. Güncel veriler sonucunda yapılan değerlendirmede toprak kaybı hızı, toprak oluşum hızının yaklaşık 48 katıdır. Türkiye'de yıllardır süregelen arazi kullanımındaki yanlış uygulamalar, eğimin yüksek olduğu alanların tarıma açılması, eğimli tarım arazilerinde gerekli koruma önlemlerinin alınmaması, meraların kapasitelerinin üstünde ve aşırı otlatılması, orman alanlarının yangınlara maruz kalarak tahribatı ve bilinçsiz uygulamalar

sonucunda erozyon genişleyerek ülkemizin büyük bir kısmını kapsamıştır. Türkiye genel alanın yaklaşık %78.78’inde suyun neden olduğu erozyon sorunu mevcut olup %58.74’ü şiddetli-çok şiddetli erozyona, %20.04’ü orta şiddetli erozyona maruz kalmakta olup buna hafif şiddetteki erozyona maruz kalan alanları da eklersek toplam oranda %89.77’ye ulaşmaktadır (Anonim 1987). Ayrıca yanlış tarım teknikleri uygulanması neticesinde biktisel üretim yapılan alanlarımızın %3.8’ inde çoraklaşma, %9’ unda taban suyu problemi, %13.6’ sında toprakta taş ve çakıl problemi, %72’sinde su kaynaklı erozyon, %1.5’inde rüzgâr kaynaklı erozyon belirlenmiştir (Taysun 1989). Erozyonu oluşturan yağışlar, erozif yağışlar olarak tanımlanmakta olup yağışın oranı ve intensitesi, erozyon derecesini etkileyen en önemli faktörlerdir. Yüzeysel akış şiddeti ve maksimum değeri, yüzeydeki akışın aşındırma derecesine göre belirlenmektedir (Foster 1988). Yağışlardaki erodibilite, teksele yağışlarda kinetik enerji toplamı ve 30 dakikadaki maksimum yoğunluk esasına dayanarak ölçülmektedir. Aşırı yağışlar sonucu erozyon derecesi artmaktadır. Yağış temelli modellemeler, bu yağış olaylarında erozyon miktarını tahmini belirlemektedir.

Özet olarak, ülkemizde erozyondan geniş alanlar etkilenmekte olup, doğal bir sürecin sonucunda oluşan erozyon, günümüzde farklı aktivitelerin sonucunda yapılan müdahaleler sonucu arazi bozulmaları yaşamı tehdit eder boyutlara ulaşmıştır. Ayrıca, iklimsel süreç değişikliği üzerine yapılan araştırmalarda, Türkiye’de kuraklığın daha da artabileceği bir döneme gireceği sonucuna varılmıştır (Kömüşçü vd. 2003, Karaca vd. 2008). Olasılıkların gerçekleşebilmesi halinde, ülkemizde rüzgâr erozyonundan etkilenen alan miktarının ve şiddetinin artması ihtimali ağırlık kazanmaktadır. Buna ilaveten, iklim değişikliği sonucunda yağışın enerjisinde ve şiddetlerinde önemli değişimler olacağı ve yağışların konum, yer ve zaman dağılımlarının da farklılaşacağı değerlendirilmektedir (Anonim 2002). Bilhassa, iklim değişikliğinin bir etkisi sonucu hidrolojik özellikler ve bitki örtüsündeki değişikliklerin birbiriyle etkileşimi sonucu toprak erozyonunda artışlar beklenmektedir (Nearing vd. 2004). Ani ve kısa zaman aralıklarında yüksek intensiteli yağışlar ile yüksek enerji potansiyeline sahip şiddetli hortum, kasırga ve aynı zamanda sel ve taşkın olaylarının sıklığının ve şiddetinin artması beklenmektedir (Karaca vd. 2008). Tüm bu veriler değerlendirildiğinde, “iklimsel erozyon tehlikesi” iklimdeki değişik ile birlikte farklılıklar gösterecektir. Son yapılan araştırmalar sonucunda, yağış

şiddetlerinde artışlar, yağış miktarlarında ise azalışlar olacağı anlaşılmaktadır (Saygın vd. 2009).

Hindistan'ın Chhattisgarh kentindeki Pairi Havzasında gerçekleştirilen toprak erozyonu (Evrensel Toprak Kaybı Denklemi ve Gözden Geçirilmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi) ve sediment verimi (Evrensel Toprak Kaybı Denklemi ve Sediment dağılım oranı) değerlendirmesine yönelik farklı modellerin karşılaştırmalı bir çalışması yapılmıştır. Temel amaç, kritik alanların haritalanması için umut verici ve uygun maliyetli araçlar olan Uzaktan Algılama ve CBS tekniğini kullanarak yıllık toprak erozyonu oranının ve sediment veriminin mekansal modelini tahmin etmektir. Toprak erozyonu ve sediment verimini hesaplamak için yağış, toprak tekstürü, topografya, arazi kullanımı arazi örtüsü vb. gibi farklı mekansal veri kümeleri kullanılmıştır. Toprak erozyonu ve sediment verimi sonucu elde edilen sonuçlar, Baronda CWC Gözlemevi verileri kullanılarak saha kontrolü kullanılarak doğrulandı. Toprak erozyonu için RUSLE modelinin ve sediment verimi için kas modelinin çalışma alanı için en güvenilir olduğu bulunmuştur (Kumar vd. 2020).

Erozif güç, hareket eden suyun hidrolik kuvvetleri ile karakterize edilir ve toprak organik karbonunun (SOC) ve sedimentin su taşıma kapasitesini belirler. Hidrolik akış özelliklerinin (akış hızı ve derinliği, kayma gerilmesi ve akış gücü) sedimentin ve SOC'nin taşınması ile olan ilişkilerini anlamak, sediment ve SOC'nin taşıma mekanizmasının anlaşılmasını geliştirecek ve bu da SOC tahminini geliştirecektir. Bu konuyu ele almak için iki hafif tekstürlü toprak (silt tınlı ve siltli kil) seçildi ve 1 m x 5 m'lik bir toprak tavaasında değişen eğimlerde (10 derece, 15 derece, 20 derece ve 25 derece) ve iki yağış yoğunluğunda ( $90 \text{ mm h}^{-1}$  ve  $120 \text{ mm h}^{-1}$ ) 32 simüle yağış deneyi yapıldı. Sonuçlar, akış hızlarının  $90 \text{ mm h}^{-1}$  'lik yağış yoğunluğu altında SOC konsantrasyonları ( $P < 0.001$ ) ile anlamlı pozitif doğrusal ilişkilere sahip olduğunu, akış hızlarının ince tekstürlü topraktaki kil parçacıklarının süspansiyon taşınımı ve hafif büyük agregaların haddeme taşınımı ile de yakın ilişkilere sahip olduğunu göstermiştir. Kaba tekstürlü (kumlu) toprakta  $120 \text{ mm h}^{-1}$  yağış yoğunluğu altında, akış derinliği, kil parçacıklarının süspansiyon taşınımı nedeniyle SOC konsantrasyonları ile pozitif korelasyon ve sediment konsantrasyonu ile negatif korelasyon göstermiştir. Eğim, kaba

tekstürlü (kumlu) toprağın sedimenti ve SOC kaybı üzerinde ince tekstürlü (killi) topraktan daha büyük bir etkiye sahiptir. Genel olarak hem toprak tekstürü hem de yağış yoğunluğu, hidrolik akış özelliklerinin sediment ve SOC kaybı ile ilişkilerini değiştirmiştir. Çalışmanın sonuçları, hidrolik bazlı SOC ve sediment kaybı modellerini geliştirmek veya oluşturmak için önemli bilgiler sağlamıştır (Liu vd. 2018).

Çin'in Loess Platosu'nun toprakları, güneyden kuzey bölgelerine doğru azalan kil yüzdeleri ile zonal özellikler göstermektedir. Bununla birlikte, toprak erozyonu ve buna bağlı organik karbon (OC) kaybı çalışmalarında bu farklılıklar büyük ölçüde göz ardı edilmiştir. Bu çalışmanın amacı, toprak tekstüründeki kademeli değişikliklerin, toprak ve toprak organik karbonunun (SOC) Çin'in Loess Platosu üzerindeki kaybı ve seçici taşınması üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Shaanxi eyaletinde kil içeriği azalan dört tipik toprak (%26,3, %21,2, %15,6 ve %12,1) seçilerek incelenmiştir. Yağış simülasyonu deneyleri üç eğim gradyanı (15, 20 ve 25) üzerinde  $120 \text{ mm h}^{-1}$  yağış yoğunluğuna sahip 1 m (genişlik) x 5 m (uzunluk) arazilerde gerçekleştirildi. Yağış işlemleri sırasında sedimentteki (EROC) akış ve sediment verimleri, sedimentlerin partikül büyüklüğü dağılımları, OC konsantrasyonları ve OC'nin zenginleştirme oranları ölçülerek hesaplanmıştır. Farklı topraklardaki yağış olayları arasındaki yağış özelliklerinin karşılaştırılması, kil yüzdesindeki bir azalmanın rill erozyonunun yoğunluğunu arttırdığını göstermiştir. Farklı olayların akış oranları kil yüzdesi ile azalırken, sediment verim oranında, başlangıç zamanlaması ve rill erozyonunun yoğunluğundaki farklılıklar nedeniyle genel bir model gözlenmemiştir. Ayrıca, tüm olayların çökeltilerindeki EROC değerleri 0,64 ile 1,44 arasında, değerlerin %90'ı 0,80 ile 1,20 arasındaydı. Benzer şekilde, çökeltilerin etkin partikül büyüklüğü dağılımı, yağış süresi ile nispeten sabit değerler sergilemiştir. EROC ile dağılmış ve dağılmamış sediment parçacıkları arasındaki anlamlı olmayan korelasyonlar ( $P > 0,05$ ), sediment ve OC'nin taşınmasının seçici olmadığını öne sürdü. Ayrıca, tüm olaylarda SOC kaybı miktarı ile çökeltiler arasında anlamlı doğrusal korelasyonlar gözlenmiştir. Bununla birlikte, yağış olayları arasında toplam SOC kaybında, toprak kili yüzdesi % 15,6 olan olaylar dışında anlamlı bir fark yoktu. % 26,3 ve % 21,2 kil yüzdesine sahip topraklarda SOC kayıpları esas olarak orijinal toprakların yüksek SOC konsantrasyonlarından kaynaklanırken, diğer topraklardakiler büyük miktarda kayıp sedimentten kaynaklanıyordu. Bununla birlikte, toprak kaybındaki

ve SOC kaybındaki farklılıklar, toprağın kil içeriğindeki değişikliklerle ilişkili değildi. Bu sonuçlar, azalan kil içeriğine sahip zonal toprakların OC'nin seçici taşınmasını etkilemediğini, ancak toprak tekstürünün karmaşık mekanizmalar yoluyla sediment ve SOC kaybını etkilediğini göstermektedir (Li vd. 2017).

Ekili araziler içindeki toprak karbonunun (C) yeniden dağılımı, toprak erozyonu ve çökeltme ile güçlü bir şekilde kontrol edilir ve C'nin erozyon sırasında taşındığı bilinmektedir. Buna karşılık, C ve N arasındaki dengedeki değişikliklerin toprak C ve N dinamiklerini güçlü bir şekilde etkilemesine rağmen, C ve N' nin erozyona bağlı taşınmasının birleşip birleşmediği belirsizliğini koruyor. Bu nedenle erozyonla karbon ve nitrojenin yeniden dağıtılması ile ilgili literatürü taranmıştır. Yirmi dokuz çalışma, erozyon olaylarından sonra yeni aşınmış çökeltilerin C ve N zenginleştirilmesiyle ilgili sonuçlar bildirmiştir. 39 çalışma, aşınmış yamaçlar boyunca C ve N içerikleri ve stokları hakkında sonuçlar bildirmiştir. Aşınmış çökeltiler C ve N'de %51,3 ve %50,6 oranında zenginleştirilerek her iki elementin de tercihen aşınmış toprak fraksiyonlarında depolandığını göstermiştir. Eğim gradyanı ve toprak tekstürü, C ve N zenginleşmesini güçlü bir şekilde etkiledi. İnce tekstürü topraklarda C ve N zenginleşmesinin azalması, bu topraklarda erozyon oranlarının artmasıyla dengelenmiştir. Bu, dokusal sınıftan bağımsız olarak benzer SOM kayıplarını göstermektedir. C / N oranı % 9.9 artarak, C bakımından zengin partikül organik maddenin (POM) N bakımından zengin minerale ilişkili organik maddeye (MAOM) kıyasla tercihli hareketine işaret etti. Agregaların yağış enerjisi ile parçalanması muhtemelen daha sonra tercihen aşınmış olan POM salınır. Toprak C ve N içerikleri ve toplam stoklar, çökeltme farklı alanlarda benzer yüzde artışlar gösterdi; bu, çökeltme C ve N stoklarının büyük ölçüde derinlik veya yığın yoğunluğundaki artışlardan ziyade zenginleştirmeden kaynaklandığını gösterdi. Genel olarak, bulgular toprak kaybının nicelleştirilmesinin tek başına toprak verimliliğindeki erozyona bağlı değişiklikleri tahmin etmek için yeterli olmadığını doğrulamaktadır, çünkü toprak organik maddesi ve bitki besinleri erozyon sırasında seçici olarak hareket etmektedir. Bu, farklı eğim pozisyonlarında C ve N dinamiklerinde bir kaymaya ve dolayısıyla eğim boyunca C ve N'nin uzamsal değişkenliğinde bir artışa yol açar (Holz vd. 2021).

Yağmur damlaları büyük toprak agregalarını daha küçük parçacıklara dağıtır, bu da toprak gözeneklerini tıkayabilir, toprak kabuklanmasına neden olabilir, infiltrasyonu azaltabilir ve toprak kaybını artırabilir. Doğal polimer türevlerinin deneysel bir çamur birikintisinde toprağın fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesinde ve toprak erozyonunun azaltılmasında etkili olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada, toprak özellikleri, simüle yağmurda siltli tın tekstürlü toprak ile 15 derece eğim gradyanı ve, üç yağış şiddeti ile dört farklı polimerler (1, 1,5 ve 2 mm/dak) 0, 1, 3 ve 5 g/m<sup>2</sup>) yağış infiltrasyon ve sediment verimlerinin (Jag S ve Jaguar C162) yeni doğal polimer türevlerinin etkisini araştırılmıştır. Sonuçlar, hem Jag S hem de Jag C162'nin kesme mukavemetini önemli ölçüde arttırdığını ve toprak yüzeyinin agrega bileşimini geliştirdiğini göstermiştir. Suya dayanıklı toprak agregaları > 0,25 mm, artan Jag S ve Jag C162 oranları ile % 9' dan % 50' ye yükselmiştir. Jag S ve Jag C162 ayrıca yağış infiltrasyonu ve nihai infiltrasyon hızını etkili bir şekilde arttırarak doğal polimer türevleri eklenmemiş kontrollere kıyasla erozyonu azaltmıştır. Bununla birlikte, daha yüksek Jag oranları daha düşük sızma oranları üretmiştir. Hem Jag S hem de Jag C162 'nin toprağın fiziksel özelliklerini ve erozyonunu etkili bir şekilde etkilemesine rağmen, Jag C162'nin etkisi Jag S'ninkinden daha anlamlı olduğu görülmüştür (Liu vd. 2018).

Taşıma sırasındaki sediment seçiciliği, toprak erozyonunun saha içi ve saha dışı etkilerini değerlendirmek için temel bilgiler sağlayabilir. Yağış simülasyonu deneyleri, toprak tekstürü ve agregasyonun, rill ve inter-rill erozyon materyalindeki sediment partikül büyüklüğü dağılımları (PSD) üzerindeki etkilerini araştırmak için yapılmıştır. Azalan kil içeriğine sahip dört toprak seçilmiştir ve üç dik yamaçta (15, 20 ve 25 derece) 120 mm h<sup>-1</sup> yoğunlukta simüle yağışa maruz bırakılmıştır. Dört toprak için sediment etkili PSD (dispersiyonsuz) ve nihai Psd'nin (dispersiyonlu) karşılaştırılması, kil büyüklüğündeki parçacıkların agrega olarak taşınmaya eğilimli olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, sediment agregasyon derecesi, 1'e yakın etkili/ nihai PSD oranına yansıdığı gibi, orijinal topraklardaki kil içeriğinin azalmasıyla azalmıştır. Etkili / nihai PSD oranındaki zamansal dalgalanmalar, agregaların erozyon işlemi sırasında yağmur damlası etkisi ve / veya akış enerjisi ile parçalandığını göstermiştir. Rill gelişiminden sonraki sediment, büyük akış derinliği ve rill akışının akış enerjisi nedeniyle rill gelişiminden öncekinden daha kabaydı. Daha ağır parçacıklar, daha iri birincil toprak parçacıklarının daha kolay dik yamaçlar

nedeniyle yatağın yük taşıma mekanizması göreceli katkıları sağlayabilir, yamaç yönünde güçlü yerçekimi ve atalet kuvvetleri daha hafif parçacık içeren topraklarda daha az gerçekleşmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarının, toprak tekstürü, agregasyon ve rill gelişimi göz önünde bulundurularak, toprak kaybı tahmininin doğruluğunu arttırması ve dik eğim koşullarında uygun dönüşüm ölçümlerini sağlaması beklenmektedir (Wang vd. 2015).

Bitkisel üretim için aşırı azotlu gübre kullanımı, yüzey akışı yoluyla önemli N kayıplarına neden olabilir. Bu çalışmada, Yangtze Nehri mansabındaki yukarı arazideki akış yoluyla nitrojen kaybının sonuç davranışını tanımlamak için bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. Model, 2009'dan 2010'a kadar bu alandaki yağış olayları kullanılarak kalibre edilmiş ve doğrulanmıştır; burada 2009'daki yağış olayları kalibrasyon için ve 2010'daki yağış olayları doğrulama için kullanıldı. Modelin doğrulama periyodundaki performansları, Nash-Sutcliffe verimlilik indeksi 0.98 ve 0.75'in üzerindeyken akış kaybı ve nitrojen kaybı için sırasıyla %10 ve %15'in altında nispi hata ile iyi kabul edilmiştir. Modelin duyarlılık analizi, yağış ve etkili hidrolik iletkenliğin hem akış kaybı hem de azot kaybı için yüksek duyarlı faktörler olduğunu, ileri sürmüştür. Ayrıca, yüzey pürüzlülüğü, toprak erozyon indeksi ve bitki örtüsünün nitrojen kaybı üzerindeki etkileri belirgin olmamıştır. Çalışmanın sonucu, yağış, gübreleme miktarı ve toprak tekstürünün, yayla alanı ve benzeri alanlarda azot kaybının ana faktörleri olduğunu ve tarım arazilerinde azot kaybının önlenmesi ve kontrolüne daha fazla dikkat edilmesi gerektiğini göstermektedir (Feng vd. 2017).

Tarım alanlarından su kütlelerine fosfor (P) kaybı dünya çapında bir endişe kaynağıdır. Bununla birlikte, toprak kaynağının ve kil (C) içeriği ve eğim (S) gibi taşıma faktörlerinin Brezilya subtropikal topraklarındaki P taşınımının büyüklüğü üzerindeki etkisi hala yeterince incelenmemiştir. Bu çalışmanın amaçları i) domuz bulamacı uygulaması yapılan alanlarda ve S ve C içeriğindeki değişikliklerle birlikte akış sebebiyle P fraksiyonlarının kaybını ölçmek; ii) Brezilya subtropikal toprakları için bir çevresel kritik sınır modeli P (P-eşik) önermek. Bu nedenle, 2016'dan 2018'e kadar biri 642 g kg<sup>-1</sup> C içeren bir Nitisol altında ve diğeri 225 g kg<sup>-1</sup> C içeren bir Cambisol altında olmak üzere iki dizi deney gerçekleştirilmiştir. Uygulamalar dört kademeli P oranıydı (0 - 56 - 112 ve

224 kg P ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup>) domuz bulamacı olarak Tifton (Cynodon sp) merasında yüzeysel olarak ve üç farklı eğime (S) (Nitisol'de %10 - 20 ve %30 ve Nitisol'de 15 - 25) ve Cambisol'de %35) uygulanır. Eğim (S) ve fosfor (P) oranları arttıkça her iki toprakta da P kayıpları arttı. Nitisol, Cambisol'den üç kat daha fazla P kaybı gösterdi. %25'in üzerindeki Eğimli (S) toprak, bu sınırın altındaki topraktakinden üç kat daha fazla oranda P kaybını teşvik etmiştir. Bu nedenle, Brezilya subtropikal toprakları için Mehlich<sup>-1</sup> ekstrakte edilebilir P seviyeleri için bir P-eşik modeli önerilmiştir (S ≤ %25 olan topraklarda "P-eşiği = (42,287 + C) - (0,230 S + 0,0123 CS)" ve "P-eşiği = (42,287 + C) - (-0.437 S + 0,039 CS)", hem C hem de S'nin yüzde olarak gösterildiği, S >%25 olan topraklarda). Toprak kil içeriği ve eğim, P transfer sürecini ağırlaştırıcı faktörlerdir, bu nedenle P kayıp riskini tahmin etmek için uygun modellerde dikkate alınmalıdır (Dall'Orsoletta vd. 2021).

Tarla ölçekli modelleme, süreçlerin karşılıklı bağımlılıklarını araştırmak ve tarımsal yönetim uygulamalarının yanı sıra iklim ve sosyo-ekonomik senaryoların potansiyel etkilerini değerlendirmek için bir araç olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Tipik toprak-bitki-eğim kombinasyonlarını kullanarak bir havzadaki tüm tarım arazilerini kapsayacak şekilde tarla ölçekli sonuçların genelleştirilmesi, toprakların sistematik parametreleştirilmesi için bilgi eksikliği nedeniyle kısıtlanmıştır. Tek deney alanlarından elde edilen veriler, ilgili tüm havzayı nadiren temsil eder. Bu çalışmada Finlandiya'daki mineral tarım toprakları için tipik toprak profilleri tanımlanmıştır. Açıklayan anahtar parametreler, toprakların tekstürü ve su tutma kapasitesi, uzman bilgisi kullanılarak mevcut toprak verilerinden oluşturulmuştur ve hedef belirli bir alanı modellemek değil, genel olarak belirli tipteki toprakları modellemek olduğunda tarla ölçekli modelleme için kullanılması amaçlanmaktadır. Bu veri setleri uygulanarak ICECREAM modeli ile elde edilen su dengesi ve fosfor kayıpları için tahminler gerçekçi ve Finlandiya'da ölçülen deneysel sonuçlarla uyumluydu (Barlund vd. 2009).

Karasal alanlarda yüzey akışında taşınan askıda sediment şeklindeki toprak erozyonu, genellikle karasal alanlardan su yollarına yüksek oranda partikül fosfor (PP) (toplam P > 0,45 µm) transferi ile ilişkilidir. Partikül P, sucul biyota için uzun vadeli bir P kaynağı sağlayabilir. Güneybatı İngiltere'de, geleneksel olarak yönetilen ekilebilir arazi üzerinde

0,2-3,8 ha arasında değişen arazilerde, karasal alanlardan kış akışının izlenmesi için yirmi iki alan seçilmiştir. Tarlalar, oldukça gözenekli, hafif tekstürlü, geçirimsiz katmanlara sahip olmayan ve çoğu zaman büyük akiferlerin üzerinde bulunan topraklar üzerinde bulunuyordu. Uzun ekilebilir kullanım ve modern yetiştirme yöntemleri, bu toprakların yağmur etkisi altında kalmasına neden olur. Arazi kapasitesinde veya buna yakın arazide yağış yoğunluğu  $0,8 \text{ mm sa}^{-1}$  gibi mütevazı bir hıza yaklaştığında karasal alanlarda yüzey akışı gözlemlendi. Düşük yoğunluklu yağış ( $<2 \text{ mm sa}^{-1}$ )  $14 \text{ kg ha}^{-1} \text{ sa}^{-1}$  ortalama askıda sediment kayıplarına neden oldu ve ilişkili PP transfer oranları  $16 \text{ g ha}^{-1} \text{ sa}^{-1}$ . Yüksek yoğunluklu yağışlarda ( $>9 \text{ mm sa}^{-1}$ ) tarladan çıkarken ortalama  $319 \text{ g ha}^{-1} \text{ saat}^{-1}$  PP kayıpları gözlemlendi. Tahmin edilebileceği gibi, sahaları terk eden kara akışında PP ile askıda sediment transferi arasında iyi bir ilişki vardı. Hafif toprakların ekilebilir kullanımdayken sınırlama kapasitesi, yoğun veya uzun süreli yağışlarla birleştiğinde, önemli deşarjlar, toprak erozyonu ve ilişkili PP transferiyle sonuçlandı. Tipik olarak sadece birkaç saat süren şiddetli yağmurlu fırtınalar, önemli PP kayıpları ile karakterize edildi. Kışın bir veya iki kez dönüş dönemleri olan bu tür olaylar, ekilebilir ürünler altında tarım topraklarından yıllık toplam P transferinin önemli bir bölümünü açıklayabilir. Bununla birlikte, çok daha uzun süreli (Birleşik Krallık'ın birçok ekilebilir bölgesinde kış başına yaklaşık 100 saat) daha az yoğun yağmurun katkıları da burada gösterilmektedir. (C) 1999 IAWQ Elsevier Science Ltd. tarafından yayınlanmıştır (Fraser vd.1999).

Eğimli tarım arazilerinden kaynaklanan toprak ve su kaybı, bölgesel toprak bozulmasının ve azalan üretkenliğin başlıca nedenidir. Kuzeydoğu Çin'in kara toprak bölgesindeki eğimli tarım arazilerinin özellikleri üzerine, sahada doğal yağış-akış tarla deneylerini kullanarak bir ön çalışma gerçekleştirilmiştir. 0-20 cm toprak derinliğinde, kil içeriği (toprak tanecik boyutu  $<0,002 \text{ mm}$ 'den küçük olanlar), silt içeriği ( $0,002-0,02 \text{ mm}$  arasındaki toprak tanecikleri), özgül yüzey alanı,  $<0,002 \text{ mm}$  ve  $0,002$  ila  $0,02 \text{ mm}$  mikroagrega içeriği, kullanılabilir fosfor ve toplam fosfor, tepeden aşağıya doğru, kum içeriği (boyutu  $>0,05 \text{ mm}$ 'den büyük toprak tanecikleri),  $0,02$  ila  $0,05 \text{ mm}$  ve  $0,05$  ila  $0,25 \text{ mm}$  mikroagrega içeriği azalma eğilimi göstermiştir. Bu, toprak malzemesinin ve besin maddelerinin erozyon nedeniyle yamacın tepesinden dibine doğru yavaş yavaş taşındığını, toprağın sedimentde çölleşmeye meylettğini ve verimliliğin azaldığını göstermektedir. Mevcut fosfor ve toplam fosfor içeriği, kil içeriği, spesifik yüzey alanı ve

0,002 ila 0,02 mm mikroagrega içeriği ile pozitif olarak doğrusal olarak ilişkilidir. Bu, toprak besinlerinin ince parçacıklarla aşağıya doğru taşındığını göstermektedir. Bu nedenle, toprak erozyonu, toprak verimliliğinin bozulmasının ana nedeni olan toprak besin maddelerinin, <0,002 mm ince parçacıkların ve 0,002 ila 0,02 mm mikro agregaların yamaçta taşınmasına ve kaybına yol açtığını göstermektedir (Shen vd. 2019).

Batı Litvanya'nın (Zemaiciai Upland) tepelik topografyasının farklı toprak tekstürüne sahip farklı eğimlerde (her biri 10 arazi parselini analiz eden) üç sabit arazi deneyinin su erozyonu verileri araştırılmıştır. Altı farklı erozyonu önleyici ürün rotasyonu (dört tarla ürünü rotasyonu ve ot oluşumu için iki çok yıllık çim) araştırılmıştır. Su erozyonunun boyutunun, farklı ürün rotasyonlarının, eğim dikliğinin, toprak tekstürünün ve yağış miktarının erozyonu önleyici yeteneklerine bağlı olduğu gösterilmiştir. Uzun süreli deneylerin sonuçlarına göre, çim-tane rotasyonu altında yıllık ortalama erozyon oranı, kara nadaslı ürün rotasyonuna kıyasla %95,0 oranında azalmıştır. Çıplak nadaslı ürün rotasyonunda su erozyonu nedeniyle yıllık toprak kaybının (SL) 0,01 ile 18,56 ton ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup> arasında olduğu tahmin edilmiştir. Uzun süreli çim otunun kullanılması toprak erozyonunu tamamen engellemiştir. Çok yıllık otlar ve çim-tahıl ekim nöbetleri, yağmur fırtınası sırasında (gün boyunca 41-65 mm yağış) yamaçlarda toprak erozyonunu da önledi. Ancak 9 derece-11 derece eğimli hafif tekstürlü topraklarda dane-çim rotasyonları bile su erozyonunu tam olarak engelleyememiştir. 5 yıllık rotasyonda SL oranı sırasıyla 1,64 ve 1,41 t ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup> gerçekleşti. Toprak suyu erozyonu ve besin kayıpları, uzun ömürlü çok yıllık otlar tarafından etkili bir şekilde engellenmiştir. Yamaçların erozyon önleyici otlarla kaplanması çok yıllık otlar oluşturan birçok durumda toprak içinden mevcut potasyum (K) ve fosfor (P) kaybını önledi, ancak akıştan kaynaklanan K ve P kayıpları sırasıyla 0,005-1,0 ve 0,001-0,071 kg ha<sup>-1</sup> olmuştur (Kinderiene vd. 2012).

Zenginleştirme oranı (ER), toprak erozyonu ile ilişkili besin kaybını tahmin etmek için noktasal olmayan kaynak kirliliği modellerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Pekin dağ bölgesindeki değişen toprak tekstürüne sahip tipik topraklardan aşınmış sedimentteki toplam azotun (ERN) ER'sini belirlenmesi amaçlanmıştır. Dört toprağın her biri 40 cm, 30 cm ve 15 cm'lik bir toprak tepsisine sıkıştırılarak ve beş yamaçta 90 mm h<sup>-1</sup> yoğunlukta 40 dakikalık simüle edilmiş yağışlar uygulanmıştır. Çoğu sediment için ERN, birliğin

üzerindeydi ve bu, Pekin dağlık bölgesinde toprak erozyonu ile birlikte azot zenginleşmesinin yaygın olarak meydana geldiğini göstermektedir. Bu deneyde N zenginleştirmesini etkileyen tek faktör toprak tekstürü değildi, çünkü iki ince tekstürlü toprak için ERN her zaman daha düşük değildi. Toprak sütrüktürü gibi toprak özellikleri bazı durumlarda daha önemli bir etkiye sahip olabilir. Toplam nitrojen ER'si ile aşınmış sedimentdeki kil fraksiyonu arasındaki anlamlı pozitif korelasyonun ima ettiği gibi, kil parçacıklarının seçici erozyonu, N zenginleştirmesinin ana nedeniydi. Toprak tekstürüne göre yapay olarak kategorize edilen iki çift toprak için ERN ve sediment verimi arasında önemli regresyon denklemleri elde edildi. İnce tekstürlü topraklar için olanın daha fazla kesme ve daha fazla negatif eğimi vardı. Böylece, sediment verimi  $629 \text{ kg ha}^{-1}$  'i aştığında, başlangıçta daha yüksek olan ERN, daha kaba tekstürlü diğer iki toprak için olandan daha düşük olacağı öngörülmektedir (Yang vd. 2014).

Litvanya'daki bir moren tepelik topografyası üzerindeki farklı arazi kullanım sistemlerinin toprak erozyonu oranları, yüzey evrim süreçleri ve fiziko-kimyasal özellikler üzerindeki etkisini değerlendirmektir. Deneme sahasının toprağı Bathihypogleyi - Eutric Albeluvisols (ABe-gld-w) olup, tekstürü kumlu tın'dır. 27 yıllık farklı arazi koruma sistemlerinin kullanımından sonra, üç kritik eğim segmenti (hafif aşınmış, aktif erozyon ve birikim) oluşmuştur. Toprağın fiziksel özellikleri, toprak tekstürü ve tane boyutları dağılımı incelenmiştir. Toprağın kimyasal özellikleri; toprak pH'sı, mevcut fosfor (P) ve potasyum (K), toprak organik karbonu (SOC) ve toplam azot (N) analiz edilmiştir. Toprağın Ap horizonunun kalınlığındaki değişimi ve sürekli bir erozyon sürecine eğilimli toprak fiziko-kimyasal özellikleri öngörülmektedir. Çalışma döneminde (2010-2012) tahıl-çim ve çimen-tahıl ekim nöbetleri altında sırasıyla  $1,38$  ve  $0,11 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$  oranlarında su erozyonu meydana gelmiştir. Yamaç tabanında biriken yüksek konumlardan erozyon nedeniyle toprak çıkarılmıştır. Sonuç olarak, tepelerin topografik dönüşümü ve toprak özelliklerinde değişiklikler meydana geldi. Bununla birlikte, şevlerin birikme kesimleri, önemli ölçüde daha yüksek silt/kil oranlarına ve SOC içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Aktif erozyon segmentlerinde daha hafif bir toprak tekstürü ve daha düşük toprak pH'sı kaydedildi. Sadece uzun süreli otlaklar toprak erozyonu etkilerini tamamen durdurmuştur; bu nedenle tepelerin jeomorfolojik değişimi ve bozulması orada minimum olarak tahmin edilmiştir (Jarasiunas vd. 2016).

1994'te doğu Avusturya'da üç bölgede bir saha çalışması, malç işleme ve işlememe uygulamasının toprak erozyonu, yüzey akışı, besin ve pestisit kayıpları üzerindeki etkilerini araştırmak için başladı. Bu makalenin amacı, azaltılmış toprak işlemenin yüzey akışı, erozyon ve ilgili süreçler üzerindeki uzun vadeli etkilerini göstermektir. Deneyler, Viyana'nın yaklaşık 100 km kuzey ve batısında Aşağı Avusturya'daki tarım okullarının tarlalarında gerçekleştirildi. Toprak tekstürü, siltli balçıktan siltli killi balçıklara kadar değişir. Bölgelerdeki ortalama yıllık yağış miktarı 621 ila 916 mm arasında değişmekte olup, ortalama yıllık hava sıcaklıkları 9,4 ila 10,4 derece C arasındadır. Aşağıdaki toprak işleme işlemleri araştırılmıştır: (1) sonbaharda sürmeli geleneksel toprak işleme sistemi (CT), (2) malç kış aylarında örtü bitkileri ile toprak işleme (MT) ve (3) kış aylarında örtü bitkileri ile toprak işlemesiz (NT). Büyüme mevsimi boyunca, tüm sahalarda ve toprak işleme sistemleri için toprak erozyonu, yüzey akışı ve besin ve karbon kayıpları olay bazlı ölçümleri yapılmıştır. Pestisit kalıntılarının kayıplarına ilişkin veriler yalnızca birkaç yıl için mevcuttur. Sahalardaki mahsul rotasyonu esas olarak küçük taneli kök mahsulüydü, ancak diğer tarla mahsullerini de içeriyordu. Uzun vadeli bir süreçte, azaltılmış toprak işleme uygulamaları silt tınlı yüzey akışını %25-55 (MT) ve %49-60 (NT) oranında azaltmıştır. İyi drene edilmemiş siltli killi-tınlı toprak için, 0-20 cm derinlikte MT ve NT'nin önemli ölçüde daha yüksek toprak yığın yoğunlukları ile ilişkili olarak %12-21'lik bir artış gözlemlenmiştir. Ortalama uzun vadeli yıllık erozyon oranları CT için 8,6 ile 33,2 ton ha<sup>(-1)</sup> arasında, MT için 3,6 ile 5,3 ton ha<sup>(-1)</sup> arasında ve NT için 1,9 ile 3,0 ton ha<sup>(-1)</sup> arasında değişmektedir. Geleneksel toprak işleme ile karşılaştırıldığında MT ve NT, siltli killi balçıktan kaynaklanan toprak kaybını sırasıyla %38 ve 65 ve siltli balçıktan %70-88 ve %84-93 oranında azaltmıştır. MT parsellerinden %10-30 daha az erozyon olayı meydana geldi ve NT parsellerinden yaklaşık %20 daha az olay meydana geldi. 0-10 cm toprak derinliğindeki daha yüksek toprak organik karbon içeriği nedeniyle MT ve NT'nin daha yüksek agrega sabititeleri, daha yüksek toprak örtüsü ve daha düşük akış hızları, azaltılmış toprak işleme uygulamalarından kaynaklanan toprak kaybındaki bu azalmadan sorumludur. Azaltılmış ekili arazilerden düşük erozyon oranları, düşük nitrojen ve fosfor akış kayıpları ile ilişkilidir. Toplam nitrojen kayıpları CT için 13,3 - 48,1 kg ha<sup>(-1)</sup>, MT için 4,5-18,7 kg ha<sup>(-1)</sup> ve NT için 1,6 - 9,4 kg ha<sup>(-1)</sup> arasında değişmektedir. Toplam nitrojen kayıpları CT için 13,3 - 48,1 kg ha<sup>(-1)</sup>, MT için 4,5 - 18,7

kg ha<sup>(-1)</sup> ve NT için 1,6 - 9,4 arasında değişmektedir. Karşılık gelen toplam P kayıpları CT için 6,7 - 29,4 kg ha<sup>(-1)</sup>, MT için 2,1 ila 3,7 kg ha<sup>(-1)</sup> ve NT için 0,7 ila 2,4 kg ha<sup>(-1)</sup> arasında değişmektedir. Azaltılmış toprak işleme alanlarından gelen düşük erozyon oranları, akıştaki N ve P konsantrasyonları CT'den daha yüksek olmasına ve sedimentlerin N ve P'de birkaç kat zenginleşmesine rağmen, azot ve fosforun düşük akış kayıpları ile ilişkilendirildi. Korumalı toprak işleme yöntemleri, SOC kayıplarını. MT için %34-86 ve NT için %58-89 oranında azalttı. Diğer çalışmalar, bu sonuçların sadece Orta Avrupa'da değil, aynı zamanda dünya çapında diğer bölgelerde de elde edildiğini göstermektedir. Bu çalışmanın uzun vadeli sonuçları, iyi drene edilmiş topraklarda malç kullanılmasının ve toprak işlemenin yapılmamasının, orta Avrupa koşullarında toprağın agrega sabititesini ve toprak su içeriğini iyileştirerek çiftçiler için ve toprak ve besin kayıplarını azaltarak çevre için faydalı olduğunu göstermektedir (Klik vd. 2020).

Karasal akışındaki fosfor (P)'ye, toprak P, eklenen P, erozyon ve hidrolojik süreçler ve bunların peyzaj konumu ve akış uzunluğundan etkileşimi aracılık eder. Pennsylvania, ABD'de bir tarımsal havza içindeki iki bölgede Karasal akışda P taşınımı üzerinde akış uzunluğunun (1 ila 10 m uzunluğundaki parseller) ve simüle yağışın (7 cm h<sup>(-1)</sup>, her bir parselin yukarı ucuna [0,5 m] eklenen yerel bir süt gübresi uygulaması (75 kg P ha<sup>(-1)</sup> olan ve bu uygulama olmadan) etkisi araştırılmıştır. Karasal akışdaki partikül kaybı C, gübrenin topraktan daha az yoğun olması nedeniyle gübreli parsellerden gübrelenmemiş parsellere göre %20 daha fazladır. Parsel 2'deki artan toprak nemi, hem gübreli hem de gübresiz parsel 1'e kıyasla daha fazla P kaybına katkıda bulunmuş olup en çok partikül P olarak meydana gelmiştir (toplam P'nin %60 ila 90'ı). Ayrıca, ince parçacıkların seçici erozyonu (%24 ila %34 kil) ve P kaybı, arsa uzunluğu ile artmıştır. Yönetim açısından bakıldığında, sonuçlarımız, P kaybının biçimlerinin ve miktarlarının, akış yolu uzunluğundan ve önceki nem, toprak P ve tekstür arasındaki etkileşimlerden büyük ölçüde etkilendiğini göstermektedir (McDowell vd. 2002).

Brunei Sultanlığı'nın Temburong İlçesinde dik yamaçlarda yetişen bakir, karışık dipterokarp ormanı altında toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri rapor edilmiştir. Deneyisel erozyon alanlarından kaynaklanan hidrolojik, sedimentolojik, toprak organik maddeleri ve besin kayıpları hem ıslak hem de kurak mevsim koşulları için sunulmuştur.

Bozulmamış bir yağmur ormanı gölgesinin altındaki çıplak toprak yüzeylerinden kaynaklanan toplam yıllık akış kayıpları hektar başına 107 litreyi aşarken, yıllık toplam sediment kayıpları hektar başına 46 tonu aşmaktadır. Bu değerler, yaprak çöp tabakası ve kök paspası içeren bozulmamış orman tabanından ölçülenlere göre sırasıyla yaklaşık 6 ve 20 kat daha yüksektir. Kombine kök paspas ve çöp tabakaları, toprak yüzeyinin sediment kaybına karşı korunmasında, kara akışını azaltmaktan daha önemlidir. Bu yüksek değerler, geçirgenliği çok düşük oranda kil tekstürlü topraklara sahip dik yamaçlarda ne kadar ciddi akışa ve toprak erozyonuna neden olabileceğini göstermektedir. Aşınmış çökeltilerdeki toprak azotu, fosfor ve potasyum kayıpları, özellikle on iki ayda 388 kg N ha<sup>(-1)</sup>, 13 kg P ha<sup>(-1)</sup> ve 196 kg K ha<sup>(-1)</sup>'in kaybedildiği çıplak toprak muamelesinden ciddi düzeydedir (Ross vd. 1996).

Bitkisel ve hayvansal üretimi için temel bir besin maddesi olan fosfor (P), şu anda Amerika Birleşik Devletleri'nde önde gelen su kalitesi bozulmalarından biri olan tatlı su ötrofikasyonunu hızlandırabilir. Buna karşılık, ABD Tarım Bakanlığı ve Çevre Koruma Ajansı, her eyaletin 2008 yılına kadar yasalaştırması gereken azotun yanı sıra P'yi de ele alan yeni bir besin yönetimi politikası önerdi. P-agronomik toprak testini ele alan üç yaklaşım vardır. P önerileri, çevresel toprak testi P eşikleri ve alanları potansiyel P atımına karşı savunmasızlıklarına göre sıralamak için bir P indeksi belirlemektir. Düzeltici önlemleri daha iyi hedeflemek için endeksleme çerçevesinin sağlamlığını ve esnekliğini gösteren, şu anda kullanımda olan birçok P indeksi sürümü vardır. Üç P tabanlı yaklaşımdan, P endeksleme yaklaşımı, P yönetimini hedeflemek için bu yaklaşımı kullanan 47 eyalette en yaygın şekilde benimsenmiştir. Bu makale, kaynak (toprak testi P, gübre ve gübre yönetimi) ve taşıma faktörlerini (erozyon, akış, eğitim ve bir akış kanalına bağlanabilirlik) hesaba katarak sahanın P kaybına karşı savunmasızlığını sıralayan endeksleme yaklaşımının gelişimini göstermektedir. Yerel koşulları ve politikayı yansıtan eyaletler arasında yapılan değişiklikleri özetlemektedir. Ek faktörler arasında taşma sıklığı, STP değiştiricileri (tekstür, pH, P emilimi, reaktif alüminyum [Al]), koruma uygulamaları ve alıcı suların önceliği yer alır. Nihai indeks değerinin hesaplanması 20 eyalette toplamsal iken, 17 kritik kaynak alanlarını tanımlamak için kaynak ve taşıma faktörlerini çarparak bulunur. Çoğu eyalet (47), P kaybını ölçen üç eyaletteki endekslerle, sitenin P kaybına karşı savunmasızlığını değerlendirmeye yönelik

orijinal indeksleme yaklaşımını sürdürmüştür. Toplam P indeksi derecelendirmelerinin azaltılabileceğini ve çiftçilere gübre yönetimi için sadece uygulama oranlarını düşürmekten daha fazla seçenek sunan üç yönetim senaryosu (uygulanan gübrenin zamanını değiştirme, nehir kıyısında tampon oluşturma ve azaltılmış yem P rasyonunun değiştirilmesi) gösterilmektedir (Sharpley vd. 2003).

Yeraltı litolojisi, birçok nehir kıyısı bölgesinde önemli bir rol oynar, ancak az sayıda çalışma, sediment besin konsantrasyonlarının derinlikle nasıl değiştiğini incelemiştir. Bu çalışmada, buzullu Midwest'in nehir kıyısındaki bir bölgesinde derinlik ile besin (N, C ve P) konsantrasyonlarını değerlendirilmiştir. Walnut Creek'in nehir kıyısındaki bölgesinde sekiz sahada maksimum 3,6 m derinliğe kadar uzanan 24 çekirdekten toplam 146 sediment örneği toplanmıştır. Yeraltı birikintileri ağırlıklı olarak siltli balçıktı, derinlikle birlikte daha kaba ve daha değişken hale geldi. Azot ve karbon içeriği sırasıyla  $<0,01$  ila  $\%0,42$  ve  $<0,01$  ila  $\%7,08$  arasında değişmiştir ve besin içeriğinin derinlikle azalması yönünde güçlü bir eğilim sergilemiştir. Buna karşılık, P konsantrasyonları ortalama 574 mg/kg bulunmuş ve sistematik olarak değişmediği görülmüştür. Derinlik ile tekstür ve besin içeriğindeki sistematik farklılıklar, büyük ölçüde, bölgesel olarak tanınan Holosen çağındaki DeForest Formasyonunun Camp Creek, Roberts Creek ve Gunder üyeleri arasındaki stratigrafik farklılaşmaya karşılık gelmiştir. Yeraltı besin içeriğindeki varyasyonların, mevcut arazi örtüsü ile önemli ölçüde ilişkili olduğu bulunmamıştır, ancak arazi örtüsü, orijinal sediment birikimi sırasında besin içeriğini etkilemiş olabilir. Yeraltı litolojisi ve stratigrafisi, akarsu kıyısı erozyonu veya yeraltı suyu deşarjı yoluyla akarsulara verilen besin kayıplarının değerlendirildiği nehir kenarı bölgesi çalışmalarında önemli bir bileşen olarak düşünülmelidir (Schilling vd. 2009).

Toprak organik karbonu, Dünya karbonunun  $\%70$ 'ini oluşturan küresel karbon döngüsünde önemli bir rol oynar. Bununla birlikte, toprak erozyonu, toprak karbonu ve azot ve fosfor gibi diğer toprak besin maddelerinin stokları üzerinde büyük bir etkiye sahip olabilir. Kontrol barajlarının inşası gibi toprak ve su koruma teknikleri genellikle sediment verimini ve diğer toprak bileşenlerinin kayıplarını kontrol etmek için kullanılır. Sierra de Avila sıradağlarında (Avila, Orta İspanya) 30 kontrol barajının sediment takozlarından ve 30 doğal topraktan toprak örnekleri alınmıştır. Tüm toprak örneklerinde

toprak tekstürü, elektrik iletkenliği (EC), pH, C, N ve P ölçölmüştür. Kontrol barajları tarafından tutulan sediment hacmi, sedimentin gerçek hacmini tahmin etmede çok doğru olan Kesitler Yöntemi ile hesaplanmıştır. Sıkıştırılmalar, Kamalar, takozlar. Böylece alandaki toplam sediment verimi  $6.40 \text{ Mg.ha}^{(-1)}. \text{yr}^{(-1)}$  olarak tahmin edilmiştir ve ortalama SOC, SN ve SP yoğunlukları sırasıyla 13,76, 0,48 ve 0,05  $\text{kg m}^{(-2)}$  bulunmuştur. Dolayısıyla bu bulgular çok güvenilir olduğu ve kontrol barajlarının SOC, SN ve SP kayıplarını kontrol etmek ve bu maddelerin bölgenin mansabındaki su yollarına geçmesini önlemek için önemli bir araç olduğu sonucuna varmamızı sağlamıştır (Mongil-Manso vd. 2019).



## 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

Tansiyometrelerin 0-85 kPa aralığında toprakta tutulan su potansiyelini ölçme yeteneğini Campbell (1988) bildirmektedir. Drenajın başlangıcını hava giriş değeri olarak kabul edersek farklı derinlikler için drene edilecek fazla suyunun yönetimi kontrol altına alınabilir. Günümüze kadar topraklarda drenaj sistem planlaması yapılırken drenaj prensipleri dikkate alınmadığı için toprak nem potansiyelinin dağılımı yeterince araştırılmadığından bu konuda çalışmalara ihtiyaç vardır.

Sharpley vd. (1994), toprakların tarımsal faaliyetlerini arttırabilmek için özellikle yağışın fazla olduğu dönemlerde yüksek taban suyunun topraktan uzaklaştırması için yüzeysel drenaj kanalları ve yüzeylatı borulu dren sistemleriyle drenajın sağlanması sırasında aşırı miktarda fosfor ve fosfor taşıyan katıların tatlı su kaynaklarına ulaştıkları tesbit edilmiştir. Fosfor taşınımının izlenmesi için en az beş yıllık izlemeler gerektirdiğinden bir izleme planı ve programı sonucunda ortalama olarak taşınan fosfor yükü bir veri sağlamaktadır.

Flaig ve Reddy (1995), fosforun toprak matriksinde nasıl depolandığı ve buradan hareketini sağlayan mekanizmaların işleyişinin yüzey su kaynakları ve ekosistemleri üzerine fosforun miktarı ve etki derecesi çok detaylı araştırılmaya ve anlaşılmaya ihtiyacı olduğunu bildirmektedirler. Toprakta fosfor genellikle yüzeysel akışla taşınırken, önemli miktarda fosfor yüzey ve taban suyuna karışmadan önce toprak profilinde derinlere doğru hareket etmektedir.

Sharpley vd. (1996), hayvan gübresinin içerdiği fosfor miktarının fazlalığı ve bu gübrenin bitkilerin azot ihtiyacı hesaplanarak toprağa uygulanması, uzun bir periyotta bitkilerin ihtiyacından fazla P'un toprakta birikmesine neden olmuştur. Hayvan gübresi çeşitlerinin içeriklerindeki azot ve fosfor miktarları değişkenlikler göstermektedir. Örnek olarak domuz gübresi ile tavuk gübresi, sığır gübresiyle kıyaslandığında 3 katı azot ve yaklaşık 10 kat fazla P içerdiği bildirilmektedir.

Bonczek ve McNeal (1996), inorganik fosfor ve bunların çözünebilir tuzları kök bölgesinde yerçekimi etkisiyle birikebildiklerini gözlemlemişlerdir (fertilizer dropout). Buradan da daha sonra yerçekimi etkisiyle taban suyuna ulaşarak kirliliğe neden olabilmektedirler. Cai (1997), Taihu Göl Havzasında (Çin) yüksek solar radyasyonun ve sıcaklığın özellikle yaz aylarında azot kayıplarına özelliklede amonyak (NH<sub>3</sub>) formunda buharlaşmayla meydana geldiğini ve bu oranın toplam uygulanan azot içindeki payının %40 olduğunu bildirmektedir.

Cuny vd. (1998) birden fazla tansiyometreyi toprak profilinin farklı derinliklerine yerleştirerek toprağa verilen suyun profil içerisindeki hareketi hakkında (kapillarite sonucu yükselme, bitkilerde su tüketim miktarı, topraktan buharlaşma ve yağış ile toprağa infiltre olan miktarı) bilgi edinilebileceğini bildirmişlerdir.

Gentry vd. (1998) mısır/soya fasülyesi ekim nöbeti kullanılarak azot döngüsü ve drenajla nitrat kayıplarındaki konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Drenaj akışlarının yüksek olduğu dönemlerde inorganik azotun nitrat formunda fazlaca olduğu zamanlarda mineral azot kayıpları maksimuma ulaşmıştır. Dren borularındaki yıllık azot kayıpları arasındaki farklılıklar gübrelenen alana, gübrelemenin zamanlaması ve yağışın dağılımı ve miktarına, bitkinin mineralize azot tüketimine ve hasattan sonra toprakta kalan inorganik azot miktarına bağlı olduğunu bildirmişlerdir.

He vd. (1999), toprak çözeltisi örnekleme lizometreleri kullanılarak sürekli veri toplama planı yardımıyla taban suyu tablasındaki dalgalanma ve taban suyunun fosfor ve nitrat içerikleri zamana bağlı değişimini izlenmesi amacıyla günümüze kadar sınırlı miktarda bir çalışmayla değişen girdi miktarlarıyla taban sularının fosfor içerikleri arasındaki ilişkileri ortaya koymaya çalışılmıştır. Bu değişikliklerin çeşitli sebepleri olmakla beraber, en önemli sebep olarak özellikle sığ taban sularının olduğu tarım alanlarına uygulanan fosfor ve diğer besin elementlerinin direk olarak uygulama alanı altında bulunan taban suyuna kısa sürede karışmasıdır.

Djodijic vd. (1999), tercihli akış sistemleri (preferential flow systems) esas alınarak toprakta fosfor yıkanması çalışmaları organik ve inorganik fosfor kaynakları için, toprak pH sı ve fosfor giriş sıklığı dikkate alınmıştır.

Sims vd. (1998), fosforun toprak kök bölgesinden suya doymun (sature) bölgeye hareketini (kaybını) dikkate alan sınırlı bir fosfor yönetim stratejisi geliştirmeye çalışmışlardır.

Alexander vd. (2000), azotun drenaj sistemi içerisinde ve drenlerde tutulması ve nitrat taşınımı konularını kapsamlı bir şekilde drenaj sistem karakteristikleriyle ilişkilendirmişlerdir.

Conley (2000), biyokimyasal besin maddesi döngüsü ve yönetim stratejileri konusundaki çalışmasında denizel ekosistemlerde (deniz ekosisteminde) sediment üzerinde bağlı bulunan (fikse olan) P'un büyük bir kısmı tekrar mineralizasyona uğramak suretiyle sedimenti çevreleyen suya geçebilirken, tatlı su sistemlerinde ise sedimentler içerisinde Fe- ve Al- interaksiyonları sonucu P'u tutabildikleri bulunmuştur. Fosforun tatlı su sistemlerinde enaz miktarda bulunmasına ve bu nedenle P'un tatlı su sistemlerinde sınırlayıcı bir element olmasının nedeni tatlı su sedimentlerinin fosfor tutmalarıdır.

Persson (2001), tatlı sularda ve tatlı su göllerinin ötrifikasyonu üzerine etkili olan olumsuz ekolojik, sosyal ve ekonomik etkenlerin yaygın olarak ortaya çıkan temel çevre problemleri olarak tanımlamaktadır. Her ne kadar azotun tatlı su sistemlerinin ekolojik statüsünü kontrol etmedeki rolü konusunda artan oranda bir kabul olsada, genel görüş birliği azotun genellikle nispeten fazla bulunduğu tatlı su kaynakları sistemlerinde P'un esas sınırlayıcı element olduğudur.

Weiske vd. (2001), nitrifikasyon inhibitörleri NO<sub>3</sub>- ın tarım arazilerinden yıkanmasını engellemek için potansiyel bir yöntemi deneyerek biyolojik olarak amonyumun nitrata oksitlenmesini engelleyip nitrat formunda yıkanmasını %45 oranında azaltmıştır.

Young ve Sisson (2002) topraktan fazla suyun drene edilmesi gereken miktarını tansiyometrik ölçümlerle ve nem karakteristiklerinin temsil edildiği eğrilerle birlikte kullanılarak belirlenebileceğini bildirmektedir. Örneğin suyla doymuş haldeki topraklar yerçekimi kuvveti ile en çok tarla kapasitesi değerine kadar drenajı sağlanabilir. Tansiyometreler toprak tekstürü ve sürtüktürüne bağlı olarak taneciklerin toprakta suyun çekerek absorbe etme kuvvetinin bir sonucu olarak topraktaki mevcut su potansiyelinin (toprağın matriks potansiyelini) ölçümünü sağlar. Tansiyometrenin toprak profili içerisine çakıldığı derinliği yani toprakta hangi derinliğin suyla doymuş hale getirilmesi gerektiğini gösterir, Ayrıca tansiyometrenin okuduğu toprak matriks potansiyel değerinin karşılık bulduğu topraktaki nem seviyesi (hacmi veya ağırlığı) aynı toprağın nem karakteristik eğrisinde tespit edilebilir. Bununla birlikte tansiyometrede okunan topraktaki su potansiyel değeri toprakta mevcut su miktarını verdiği için sulamanın zamanlamasında kullanılabilmektedir.

Di ve Cameron (2002), dren akışlarındaki  $\text{NO}_3\text{-N}$  konsantrasyonlarının değişimini etkileyen birçok faktörü inceledikleri çalışmalarında, toprak tekstürünün özellikle kum ve kil miktarlarının, hayvan gübresi uygulama geçmişi, bitki çeşidi ve rotasyonu, toprak işleme, drenaj, akışlarının şiddeti (intensitesi) ve tarımın sezonal 7 zamanlamasının çok önemli olduğunu bildirmektedirler. En büyük  $\text{NO}_3\text{-N}$  kayıpları toprak  $\text{P} > 200$  ppm olan drenaj sistemlerinde gözlemlenmiştir. Dren akışlarındaki  $\text{NO}_3\text{-N}$  konsantrasyonları 10 ppm den büyük değerler olarak gözlemlenmiştir. Dren sisteminde uzaklaşan  $\text{NO}_3\text{-N}$  konsantrasyonlarına hayvan gübresinin türü tekstürden daha çok etkili olmuştur. Bunun nedeninin gübredeki  $\text{NO}_3\text{-N}$  çözünürlüğünün fazla oluşu ve toprakların ince fraksiyonlarının (kil yüzdeleri) az olması olarak gösterilmiştir.

Harter vd. (2002), taban suyu nitrat kirliliğinin genellikle bitkinin ihtiyacından fazla azotun hayvan gübresi üzerinden hesaplanması sonucu yapılan uygulamalardan kaynaklandığını bildirmektedir. Sıvı hayvan gübrelerinin bu sorunu artırdığı bilinmektedir. Toprak drenajının bu gübrelerin infiltrasyon kontrolünde önemli bir etken olduğunu ve drenaj kayıplarının yüksek olduğu dönemlerde nitratın taban suyunu kirlileme etkisinin çok arttığını, bunun tersine drenaj kayıplarının az olduğu dönemlerde toprakta nitrat yüksek olması durumunda bile infiltrasyonun az olduğunu bildirmektedir.

Her iki durum için rotasyonu yapılan bitkilerin ihtiyacı açısından toprak verimliliğinin iyi değerlendirilmesi nitratın sızma kayıplarını ve uygulanacak azot miktarının optimal olması sağlanabileceğini bildirilmiştir.

Randall vd. (2003), yüzey altı drenaj akışlarında ve taban suyunda nitrifikasyon inhibitörlerinin nitrat kayıplarını azaltırken toprakta tutulan amonyum ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) miktarını artırdığını bildirmektedir. Gaudin ve Rapanoelina (2003) suyun toprak profilindeki hareketini izlemede sıklıkla kullanıldıkları gibi, aynı zamanda toprakta fazla suyun drenajını belirlemek içinde dolaylı olarak değerlendirilen önemli ekipmanlar olarak sınıflandırmışlardır. Babiker vd. (2004), nitrat ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) tarım arazilerinden yıkanarak kaybolan azot formu olduğunu ve  $\text{NO}_3\text{-N}$  nin taban suyu kalitesine karşı oluşturduğu tehdidin önemli bir çevre sorunu olmayı sürdürdüğünü bildirmişlerdir.

Kay vd. (2004), nitrat iyonunun bir kirletici olarak toprakta iyon değiştirici yüzeyler tarafından tutulamayıp hızla taban suyuna ve drenaj sistemine tercihsel akış ve makroporlar vasıtasıyla ulaşabilme potansiyelinin yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Azotlu gübrelerin toprağa uygulama metodu bu kirleticinin taşınma, dönüşüm ve birikim süreçleri üzerine etkili olduğunu bildirilmişlerdir. Örneğin, azotlu gübreler toprağa uygulamadan önce toprağın işlenmiş olması toprağın işlenmemiş olması durumuna kıyaslanırsa drenaj borularındaki kayıplarda ve derelere ulaşan konsantrasyonlarda çok önemli miktarlarda azalmalar sağlanabildiği bildirilmektedir.

Basso ve Ritchie (2005) nitratın içme suları ve taban sularında yüksek düzeydeki konsantrasyonlarının insan ve hayvan sağlığına zarar verdiğini bildirmişlerdir.

Dane vd. (2006) toprak bünyesindeki nem potansiyelinin profil içindeki dağılımını doygunluk derecesine göre sonsuz su stresi, orta derece su stresi ( $-60\text{ kPa}$ ) ve sıfır su stresi ( $-30\text{ kPa}$ ) değerleri ile sınıflandırılmıştır.

Darracq ve Destouni (2007), drenaj ve fosfor ilişkilerini ortaya koyma konusundaki çalışmaların çok az olduğunu bildirmişlerdir. Günümüzde toprak ve sedimentlerde depolanan P'un geri dönüşümü mevcut durumda ve gelecekte tatlı su kaynakları ve

sahillere salınabilecek P miktarlarını tahmin etme açısından çok önemli bir araştırma konusu olduğu bildirmişlerdir.

Lindgen vd. (2007), yüzey altı talı su sistemlerinin sahil alanlarındaki nitrat birikimine etkilerini incelemiştir. Tatlı su kaynaklarının ötrifikasyonu konusunda kullanılan çoğu yönetim stratejilerinin esas amacının göllere ve derelere akan P yükünü kontrol etmeye yönelik olduğunu bildirmişlerdir. Su kaynaklarına ulaşan, kaynağı belli olan akıntıların (kanalizasyon atıklarının arıtıldığı sistemlerden oluşan akıntılar) ötrifikasyona sebep olan P yükünü önlemede kısmi bir etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bunun yanında, yavaş yayılan kaynağı belli olmayan besin maddesi kirliliği özellikle tarımsal alanlardan, ormanlardan, evsel atıklardan ve şehir yüzey akışlarından kaynaklanmakta olduğunu ve bu kirliliğin uzun dönemde tatlı su kaynaklarına ve sahil sularına kitlesel besin kaynakları taşıyarak katkı sağladıkları bildirilmiştir.

Li vd. (2008), Wick lizometreler kullanarak toprakta  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{NH}_4^+$  konsantrasyonlarını araştırmışlardır.

Jimenez-Carceles ve Alvarez-Rogel (2008), fosfor fraksiyonlarını ve bu fraksiyonların dağılımlarını İspanya'da maden atıkları ve atık su kalıntıları tarafından kirletilen sahillerin tuzlu marş topraklarında araştırmışlardır. İki su yatağından alınan örneklerde çözünebilen fosfor konsantrasyonları incelenirken tuzlu marş topraklardan alınan örneklerde toplam fosfor analiz edilmiştir. Sonuçlar yüksek miktarda çözünebilen fosfor konsantrasyonlarının su yatağıyla tuzlu marş topraklara taşındığını ortaya çıkarmıştır ( $12,3 \text{ ppm PO}_4^{3-}$ ). Toprakta ençok bulunan fosfor fraksiyonu toplam fosforun %38,6-76,6 sına karşılık gelen organik kalıntı fosfor olurken humik asit kaynaklı P miktarı %3 ten az bulunmuştur. Mineral toprak bileşenleri içerisinde Ca ve Mg un fosfor bileşikleri çok aktif bir fosfor tutma görevi gördüklerinden toplam fosforun %50 si kadarı mineraller tarafından tutulmuştur. Buna karşın toplam fosforun %23 kadarlık bir kısmı Fe-Al fosfatlar şeklinde bağlanmıştır. Bu sonuçlar sahil marş topraklarının her ne kadar su etkisi altında olurlarsa olsunlar, fosfor kaybetmeye devam ettiklerini ortaya koymaktadır.

Jin vd. (2009), yaptıkları bir yağış simülatörü çalışmasında toprak erozyonu oluşturarak değişik toprak işleme yöntemlerinin Toplam fosfor ve Olsen-P kayıpları üzerine etkisini araştırmışlardır. Toprak işleme konuları malçla birlikte toprağı işleme, sıfır toprak sürümü+malç, minimum toprak sürümü ve geleneksel toprak hazırlığı uygulamalarından oluşmuştur. Altı yıllık çalışma boyunca sedimentlerin toplam fosfor ve Olsen-P konsantrasyonları arasında herhangi bir istatistiki önemli fark bulunamamıştır. Toplam fosfor ve Olsen-P'un zamansal kayıp oranları benzer dağılım desenleri göstermişlerdir. Bunun nedeni fosfor kayıplarının sediment üstündeki konsantrasyonlarından daha çok sediment iletim oranına bağlı olması olarak açıklamışlardır. Sıfır toprak işleme+malç uygulamasının toplam fosforu ve Olsen-P'u daha çok koruduğı sonucuna varmışlardır. Geleneksel toprak işleme yöntemine karşın sıfır toprak işleme+malç %96 daha az fosfor kaybına neden olmuştur.

Quinton vd. (2001) Çin'in Loess Platonsunda erozyonla yıllık olarak 9-174 kgP/ha kayıp olduğunu ve bunun %98 inin sediment iletim oranı sebebiyle su erozyonu ile yüzey akışı sırasında oluştuğunu ortaya koymuşlardır.

Olli vd. (2009), drenaj kanallarında fosfor taşınımı ve tutulması konularını inceledikleri 3 yıllık bir tarla çalışmasında P tutulmasının su akışına ve su yatağının derinliğine bağlı olduğunu ve su akışının artmasıyla P tutulmasının azaldığını açıklamışlardır. Bu sonuç akış şartlarının değişmesi durumuna bağlı olarak ya da drenaj sisteminin tasarımının değişmesi durumunda (dren derinlik ve aralıkları, ya da açık dren kanal derinlikleri ve geometrisi) yüzey su kaynaklarına ulaşması beklenen P miktarlarının oldukça yüksek miktarlara ulaşacağı öngörülmektedir. Çalışma alanında bulunan boru drenajlı alanlarda derin açık dren kanallarının bulunması durumu toplam P'un %80 inin parça P (particulate P) formunda bulunmasına neden olmuştur. Bu parça P'un yaklaşık yarısının biyo-yarayışlı (mikrobiyal ve bitki yarayışlı) olduğu tespit edilmiştir. Parça P'un %70 i yoğun vejetasyon tarafından akışı ve derinliği sınırlanan açık dren kanal kesitlerinde tutulmuştur. Sedimentlere bağlı P Fe-/Al-'a bağlı P olarak tespit edilmiştir. Bu fraksiyon daha sonra dissasyona uğradığında Ca ve Mg tarafından bağlanmıştır.

Toprak kayıplarının sedimantasyon, taşınma ve birikme olayları erozyon safhalarıdır. Bunun sonucunda toprak profil kalınlığında değişiklikler, arazi görünümünde pozitif veya negatif farklılıklar, toprağın karakteristik özelliklerinde hidrolojik değişimler olmaktadır. Tarımsal alanlarda toprakta tolerans sınırının altında kayba neden olan erozyon süreçlerinin oluşumu jeolojik erozyon olarak verimli arazilerin oluşumunu sağlayan bir olay olarak görülebilir. Çok yavaş gelişen bir süreç olan jeolojik erozyon, toprak strüktürüne zarar vermez (Walling 2009).

Hızlandırılmış erozyon toprak kaybı toleransını üzerinde meydana gelen toprak kaybı olup sürdürülebilirliği negatif yönde etkilemektedir. De Roo ve Jetten (1999)'e göre erozyon sorunu olan alanlarda toprak kayıplarının artışı, tahribata neden olur. Erozyon, oluşumsal olarak değerlendirilirse ve gerekli durumlarda iyileştirici doğru yönetimin belirlenmesi için ekonomisi, kabul edilebilirliği ve öngörülebilirliğine istinaden stratejik açıdan çözüm üretebilen erozyon modelleri kullanılabilir. Bir akarsu havzasında veya bölgede sedimentin taşınım oranını düşürebilmek için sediment oluşum mekanizmalarını tanımlanarak alınması gerekli önlemleri belirleyip alarak ve bu yönde stratejiler geliştirip uygulayarak taşınan sediment miktarının belirlemek, tarihsel verileride incelemek suretiyle, bu sistemin ne şekilde işlediği belirlenmelidir. Erozyon fiziksel olarak toprak bozulmasında en temel etkidir. Arazilerin fiziki şekillerindeki bozulmalar insan faaliyetleri ile doğal etmenlerin bir sonucu olarak oluşabilmektedir.

Lal ve Stewart (1990), toprak bozulması olayı doğal koşullarda ve insan eliyle yapılan faaliyetler sonucunda toprakta kalitenin bozulmasıdır. Toprakta bozulma, fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozulma olarak üç guba ayırmıştır. Toprakta fiziksel bozulma toprağın yüzeyinin kabuk bağlaması, toprakta strüktür bozulması, sıkışma ve erozif olaylar şeklinde açıklanabilir. Kimyasal bozulma ise asidifikasyon, salinizasyon, besin elementleri ve verimliliğin azalması şeklinde açıklanabilir. Su erozyonu sebebiyle arazi yüzeyinde oluşan bozulma, insanların temel ihtiyaçlarını karşılamak için mutlak gerekli olan toprak ve su kaynaklarına zarar vermektedir. Rüzgârın veya suyun toprak yüzeyini aşındırması ve taşınması sonucunda erozyona neden olmaktadır.

El-Swaify (1994) ve Maalim vd. (2013), yaptıkları araştırmada yerküredeki yaklaşık 2 milyon hektar alanın %55'i su erozyonu tarafından etkilenmiştir.

Yeryüzünde insan kaynaklı çalışmaların ve su erozyonunun etkilemediği bir alan yoktur. Bilinçsiz otlatma, eğimli arazilerde gerekli önlemleri almadan yapılan toprak işleme, yol inşaatları, geleneksel tarım gibi işlemler gibi faaliyetler toprakta erozyonun temel etmenlerindendir. Toprağın maruz kaldığı erozyonu hızlandırılmış ve jeolojik kökenli olarak iki şekilde sınıflandırılabilir. Jeolojik erozyon insan faaliyetlerinin etkisi olmadan, tabiat olaylarının etkisiyle oluşan erozyona denir. Erozyonla toprağın oluşum hızı arasında hassas istikrarlı bir ilişki bulunmaktadır. Bu ilişki, bitkisel üretim işlemleri neticesinde meydana gelen hızlandırılmış erozyon sonucu olumsuz yönde değişmektedir. Yüzeydeki suyun akışı ve yağmur damlacıklarının sahip oldukları kinetik enerji ile toprak yüzeyine çarparak, arazi yüzeyindeki taneciklerin parçalanarak ayrışması ve su ile taşınması su erozyonu olarak adlandırılır. Yüzeyde oluşan su erozyonu ya da interrill (parmaklar arası) erozyon, parmak (rill) ve oyuntu (kanal) erozyonu suyun sebep olduğu erozyonunun oluşum süreçleridir. Yağmur damlacıklarının etkisiyle yüzeydeki partiküllerin ayrışması ve taşınması sonucunda oluşan yüzey erozyonu, yüzey akışının derin olmadığını (sığ) bildirmektedir (Lal 1990).

Erozyon sonucunda oluşan kanal belirginleşmektedir. Arazi yüzeyinden oldukça ince bir katman taşınmaktadır. Parmak erozyonu ise yüzey akışı ile toprak taşınarak ve farklı büyüklükte kanalları oluşturur. Aşırı sulamalar veya şiddetli yağışlar sonucu oluşan yüzeysel akışlar, oluşan kanallar ile taşınırlar. Stürüktürdeki ayrışma ve sıçrama veya yüzeysel akış hareketi parmak erozyonunu oluşturmaktadır. Yüzeysel akış şiddeti arttıkça zaman zaman derin parmak erozyonları oluşmaktadır (Houghton 1984). Bu oluşumlar ise sel yarıntısı (gully) olarak adlandırılmaktadır. Arazide oluşan sel yarıkları, toprak işlemeyle kolaylıkla bozulmayacağından dolayı parmak erozyonu ile farklıdır. Bu erozyonun iki çeşidi de toprakta verimlilik üzerine etkisi büyüktür (Foster 1988). Karmaşık bir süreçle sahip olan sel yarıntısı erozyonu, herhangi bir arazi yüzeyinde, tarımsal işlemin olmadığı taşınan toprakların oluşturduğu büyük kanallar şeklinde tanımlanmaktadır (Houghton 1984).

Erozyon süreçleri ayrışma, taşınma ve birikmenin sonucunda oluşmaktadır. Yüzeysel akışın hızı toprak mukavemetini aştığında ya da yağmur damlacıklarının aşındırma etkisiyle oluşan süreçtir. Ayrışmanın olduğu toprak tanecikleri partiküllerin yağmur damlacıklarının yüzeysel akış ya da sıçrama ile oluştukları ortamdan başka yere iletilmesi olayına taşınma denir. Yüzey akışındaki partiküllerin sediment miktarı, taşıma kapasitesi aşıldığında ise sediment çöker. Bu erozyon süreçleri sonucunda ve parmak arası erozyon oluşur. Arazi yüzeyinde alınan su ve toprak muhafaza tedbirleri, yağış intensitesi ve süresi, bitkisel örtü, şev uzunluğu ve eğimin dikliği parmaklar arası ve parmak erozyonu ile yakın önem arz etmektedir. Parmaklar arası erozyon ve parmak erozyonunun birbirinden bağımsızdır, parmak erozyonu, yüzeysel akışı ve sedimentin birikmesi sonucunda oluşmaktadır. Parmak arası erozyonun olduğu alanlardaki sedimentin taşınımı, parmak erozyonunun olduğu alandaki yüzeysel akış aşılacak taşıma kapasitesi sunucunda sediment çöker. Bu olayın aksidurumda ise, toprak partiküllerinin erosiv etmenlere dayanımı azalarak ayrışmalara ve bununla birlikte parmak oluşumlarına neden olmaktadır (Foster 1988).

Yağışlarda erodibilite, teksele yağışların sahip olduğu kinetik enerjilerine ve 30 dakikalık en yoğun yağış neticesinde belirlenir. Erozyon kademesinde aşırı yağışlar sonucu artış gerçekleşmekte ve bu olaylar modellenerek, yağış olayları sonucu oluşacak erozyon tahmin edilebilmektedir. Toprağın erodibilitesi, doğa olaylarının etkisi sonucunda oluşan aşınma, taşınma ve ufalanma döngüsüne toprağın karşı koyduğu dayanma gücüne denir (Hudson 1995).

Toprak erodibilitesini etkileyen faktörler tekstür, strüktür, OM oranı ve geçirgenlik vb fiziksel ve kimyasal özelliklerden oluşmaktadır. Toprağın, kil ve organik madde içeriğinin artması ile erodibilite azalmakta olup tekstürdeki kabalaşma yani siltin ve çok ince kumun oranındaki artışla erodibilite artış gözlenmektedir. Toprak strüktüründeki agegaların mukavemeti ve infiltrasyonu etkileyen faktörler; agegatların boyutu, birim hacimdeki ağırlık, toprağın strüktürü ve tekstür sınıfıdır (Foster 1988).

Romkants vd. (1977), kil oranı fazla olan topraklarda agegat sabititesi artmaktadır. Toprak strüktür sabititesi ve yüksek permeabilite yeteneği toprak erodibilitesini azaltmakta ve

erozyon oluşumunu engellemede olumlu rol oynar. Araştırmalarda, genellikle tekstürdeki killerin ayrışmaya karşı daha fazla direnç gösterdiği, silt ve kum gibi daha büyük tanecikli partiküllerde ise ayrışmanın daha kolay olduğu bulunmuştur (Morgan 2005). Yağmur damlalarının sahip oldukları kinetik enerji nedeniyle toprak taneciklerinde parçalanmalar oluşmaktadır. Killerde ise partikül boyutundaki çok küçük taneciklerin birbirlerine inorganik ve organik formda bağlanmaları sonucunda yapışkanlaşma artarak topraklar aşınmaya karşı direnç kazanırlar.

Wischmeier ve Mannering (1969), toprak tekstüründe silt içeriğinin azalması sonucunda aşınma duyarlılığı azalmaktadır. Siltli topraklarda meydana gelen yüksek aşınma duyarlılığı, bu toprakların strüktür sabititesinin düşük olmasındandır. Yağmur damlacıkları siltli toprakların yüzeyinde kaymak tabakası oluşturmakta olup bunun nedeni siltin oldukça ufak tanecik çaplarında olmalarına rağmen, elektriksel yükün eksikliği nedeniyle agegatın oluşturulamamasından kaynaklanmaktadır. Netice olarak toprak tekstüründeki silt tanecikleri agegatlaşma olmadan kümeleşerek bireysel olarak birirmektedir. Tekstüründe kilin çok olduğu topraklarda flokülasyon sonucunda çok ince taneciklerin çökeltilemeyen bir kolloiddeki katı tanecikleri, elektrik yükü etkisiyle bir araya yaklaştırıp, büyüterek birleştirme işlemi sonucunda agegat oluştururlar. Böylece, toprak dayanıklılığı artarak erozyona dirençli hale gelir. Tekstüründe kumun çok olduğu toprakta tekstüründe siltin çok olduğu topraktaki gibi flokülasyon meydana gelmez ancak partikül büyüklüğünün artması dolayısıyla kum taneciklerinin aralarında büyük gözenekler oluşur. Kum tanecikleri arasındaki iri porları oluşturan gözenekli yapı, toprakta suyun profil boyunca dikey olarak hızlı infiltrasyonuna neden olarak yüzeysel akışı azaltır. Sonuç olarak agegat yapısı az olan kum tekstürde infiltrasyon oranı fazla iken yüzeysel akış azalmakta yüksek tanecik büyüklüğü nedeniyle erozyona uğrama oranında azalmaktadır. Ancak, Tekstüründeki kum taneciklerinin içinde oldukça ufak olan kum (0,05-0,1 mm) fraksiyonu kendi özelliği dışında siltin davranışını sergilemesi nedeniyle erozyona uğrama oranı artmaktadır (Metternicht 1996).

Toprakların OM kapsamı toprak agegat yapısı, kök bölgesine nüfuz etmesi, toprağın suyu absorbe etme miktarı ve geçirgenlik ile doğru orantılı olup toprak kayıpları üzerinde önemli rol oynamaktadır (Pacheco vd. 2014).

Wischmeier ve Smith (1978), toprağın OM kapsamındaki artışın aşınma duyarlılığını azalttığını söylemişlerdir. Toprağın organik madde kapsamı çimentolama malzemesi olarak oldukça elzemdir. OM / kil oranı  $> 0,07$  olması durumunda, toprağın strüktür sabititesini arttırmaktadır (Valentin 2004).

Toprağın strüktür yapısı topraktaki agegatların sabititesini gösterir. Toprağın tekstüründeki kilin ve OM miktarı, kirecin oranı, çimentolayıcı malzemeler, profildeki bitkinin kök derinliği, suyu absorbe etme miktarı ve geçirgenlik agegatın sabititesi üzerine etkili olan genetiksel özelliklerden en önemlileridir. İnfiltrasyondaki artış sonucunda kabuk oluşumunda azalış meydana gelmektedir (Ekwue, 1990).

Büyük sabit agegatlar içerisindeki porlar sayesinde su serbest olarak hareket etmekte ve suyun aşındırma etkisine dayanmakta olup toprakta ayrışma ve taşınmayı engellemektedir. Erozyon süreçlerinin temeli yağış ve bunun sonucu oluşan yüzey akışları tarafından oluşturulmaktadır. Bu sebeple, yağışların suyun neden olduğu erozyona en temel etmen olarak gösterilerek, toprakta yağış öncesi nem miktarı, yağışlar sonucu meydana gelecek yüzeysel akışın miktarını etkilemekte olup yüzeysel akış hızı, toprağın doymuş hale geldiğinde bilhassa yağış başladığı anlarda oldukça fazladır (Verburg vd., 2004).

Toprak yüzeyinde yağmurun çarpma şiddetiyle sıçrama, genleşme-büzüşme veya sedimentin aşağısındaki küçük taneciklerin oluşturduğu dolgun, sıkı ve muntazam olarak oluşan tabakaya kaymak tabakası denir. Bu katmandaki porların içerisinde hava ve su hareket edememektedir (Schosser vd., 2010).

Tabiatda bitkiler büyüyüp gelişebilmek için en temel besin elementlerinden azota ve fosfora ihtiyaç duyarlar. Ancak bu elementlerin tarımsal üretimin yapıldığı alanlara uygulanmasıyla yüzey sularında ve yeraltı sularında yaygın bir kirliliğe neden olabilmekte ve bu besin elementleri nadiren küçük partiküller halinde çoğunlukla suda çözünerek taşınırlar. Bitkisel üretim periyoduna istinaden bitki besin elementlerinin

toprak profilindeki hareketleri girdilerin çeşitleri ve girdilerin uygulama yöntemi dikkate alınarak bu elementlerin kirlenme oranları farklılık gösterebilir (Kaufmann 2014).

Bitkisel üretimde, ürünün azota ihtiyaç miktarı belirlenirken toprakta mevcut mineral azotun miktarı ve sulamada kullanılacak suyun içerisinde bulunan azot miktarı göz önüne alınmalıdır (Paz ve Ramos 2004).

Tarımsal üretimin neden olduğu başka bir kirlenme ise fosfattan kaynaklanmaktadır. Fosfat kaynaklı kirlenmeler, inorganik ve hayvansal kaynaklı gübre uygulamaları ve önceki üretimlerden kaynaklı fosfat kalıntılarıdır. Fosfat, suda kolayca çözünebilme özelliğine sahip bitki besin maddesi olmayıp bunun ekolojiye etkisi, ulaşabildiği yüzey ve yeraltı sularında gelen besinler su kitlesindeki besin artışı sonucu canlı varlığında artış sonucu ötrofikasyona ve sedimantasyona yol açar (Helmers vd., 2007).

Böylece atık sulardan ve diğer kaynaklardan gelen sulardaki fosfor, azot ve karbon elementleri su ortamında artmakta ve bu nedenle nütrient (besin maddesi) artışı sucul ekosistemi olumsuz yönde etkileyerek kirliliğe sebep olmaktadır. Bunun için azot ve fosfor kontrolü, mevcut kaynaklarının korunması için çok önemlidir (He 2011).

Tarımsal üretimde sürdürülebilirlik sağlayabilmek için hareketli bir element olan azot mutlak gereklidir (Sugimoto and Hirata 2006).

Yüzey sularının ve yeraltı sularının kirlenmesinde önemli bir rolü olan, besin elementlerinin kök bölgesinden yıkanarak uzaklaşması besin maddelerinin kayıp kaynağını teşkil etmektedir. Tarımsal üretimde ciddi parasal kayba sebep olan, bitki besin elementlerinin yıkanması, uygulama hatalarından ve hatalı uygulama miktarından kaynaklanmaktadır. Tekstüründe kumun çok olduğu toprakta derine infiltre olan suyun çok olması, farklı tekstüründekilere nispeten yıkanarak taşınan azot miktarı çok olacaktır. Toprakta yağış öncesi nem miktarı fazla ise yağışlar sonucu yüzeysel akış daha önce başlamaktadır. Yağış başladığında toprağın nem içeriği ile yüzeysel akış ve elementlerin taşınımı arasında ortak bir bağıntı bulunmakta olduğunu ve aynı zamanda yüzeysel akışın

artmasıyla, akıştaki suların içeriğindeki azot miktarda artış göstermektedir (<http://dergipark.gov.tr/download/articlefile/34907>, 29.03.2015).

Bitki gelişiminde optimum miktarda olması gereken elementler; karbon, azot ve fosfor olup karbon ile azot atmosferdeki doğal olaylarla elde edilirler. Liebig'in Minimum Yasası'na göre, fosfor göllerdeki sınırlayıcı elementdir (<http://cevre.erciyes.edu.tr/dosyalar/dokumanlar/2.%20D%C3%B6nem%20Deney%20F%C3%B6yleri/Fosfor%202013.pdf>, 29.03.2015).

Fosfor, yaklaşık olarak dünyanın üst bölgesinde %0,1 (Brinck 1978), toprakda % 0,06 (Lindsay 1979) oranında bulunur. Fosfor tarımsal üretimin yapıldığı topraklarda genellikle az miktarda bulunması, ayrıca toprakta kimyasal reaksiyona girerek indirgenmesi sonucunda büyük bir kısmı topraklarda demir ve alüminyum oksitlerce ve kalsiyum fosfatlarca bitkilerin faydalanamayacağı formlarda tutulması sebebiyle, ihtiyaç duyulan önemli bir makro besin elementidir (Bertrand vd. 1999; Lu and Cooner, 1999, McGechan and Lewis 2002, Dodor and Tabatabai 2003, Gallet, vd. 2003a; Alam and Ladha 2004).

Fosfor, yer kabuğunun üst kısmında %0,1 (Brinck, 1978) ve toprakta ise %0,06 (Lindsay 1979) olarak bulunur. Fosfor miktarının, tarım topraklarında genellikle düşük olması ve çoğu toprakta demir ve alüminyum oksitler ve kalsiyum fosfatlar tarafından birçok farklı şekilde reaksiyona girdiği için yarayışsız formda fiksasyonu nedeniyle toprakların gereksinim duyduğu besin maddesidir (Bertrand vd. 1999, Lu ve Cooner 1999, McGechan ve Lewis 2002, Dodor ve Tabatabai 2003, Gallet vd. 2003a, Alam ve Ladha 2004).

Topraktaki fosfor miktarının tamamı normal, bazı durumlarda da fazla miktarda olmasına rağmen, mevcut fosfor eksikliği ve toprağa verilen fosforun fiksasyonu nedeniyle tarımsal üreticiler fosforu gübre takviyesiyle bitkinin ihtiyaç duyduğu miktardan daha fazla kullanmakta olup böylece mali kayıp ve kirlilik sorunları ortaya çıkar (Korkmaz 2005).

Fosfor, toksik bir kirletici madde değildir, ancak aşırı mahsul üretimi sebebiyle ötrofikasyona neden olup çevre sorunlarına yol açar. Fosfor yükünün artmasına paralel olarak ötrofikasyonda artar (Fakıoğlu, 2004). Durgun sularda aniden ve fazla miktarda fosfor girişi olduğunda, karbon ve azot yönünden sınırlanmış gibiyse de geniş periyotta noksanlıklar elimine edilerek, fosfordaki yoğunluğa paralel olarak fitoplanktonda artmalar olmaktadır. Tarım alanlarında kullanılan gübreler alglerin büyüyüp çoğalmasında %76 büyüklüğünde etkilemektedir. (<http://cevre.erciyes.edu.tr/dosyalar/dokumanlar/2.%20D%C3%B6nem%20Deney%20F%C3%B6yleri/Fosfor%202013.Pdf>, 29.03.2015).

Tarımsal gübre uygulamaları ile fosfor, alüminyumla ve reaktif demirle fiksasyon sonucu toprakta sabitlenerek ve göllerin ve nehirlerin dibinde depolanıncaya kadar akıştaki sedimentler yoluyla taşınabilir (Bennett 1983).

Yüzeysel akışla taşınan fosforun oranı; topraktaki fosfor miktarına, topografya eğimine, yüzeydeki bitkisel örtüye (ağaçlıklar, tarlalar), yüzeysel akış oranına ve müddetine, araziyi kullanma durumuna, nüfusa ve kirlilik derecesine göre değişiklik göstermektedir (Dillon and Kirchner 1975).

Su kaynaklarına gelen yayılı azot ve fosfor tarımsal ve kentsel aktivitelerden kaynaklanmaktadır (Carpenter vd. 1998).

İklim faktörünün yüzeysel akışa ve erozyona etkisinin tartışılmasında, toprakta yağış anındaki mevcut nem miktarı yüzeysel akışta önemli rol oynar (Baver 1938).

Tabiatı yağmur damlacıkları içerdikleri kinetik enerjisinin de etkisiyle arazi yüzeyine çarparak topraktaki agregatların parçalanmasına neden olur. Parçalanmış agregat ise yağışla toprak yüzeyinde zamanla kaymak tabakası (geçirimsiz bir katman) oluşturarak toprakların infiltrasyonunu azaltır ve yüzey akışını arttırarak verimli topraklar ayrışma, aşınma ve taşınma ile erozyona maruz kalır (Yönter 2006).

Arazide yapılan denemeler uzun zaman almakta ve atmosferik yağışların kontrolü mümkün olmamakta ve birçok faktörü kapsamaktadır. Denemelerde, uygun sonuçlara

olaşabilmek oldukça zor olmasına karşın bir yapay yağmurlama simülatörü ile atmosferik yağışların değişik intensite ve sürelerde benzerlerini yaparak deneysel süreyi azaltmak ve yüzey akışının oluşum evrelerini rahatlıkla gözlemleyebilmek amacıyla deney koşullarını kontrol altına almak için kullanılabilmektedir. Dünya üzerinde kirlilik araştırmalarında, gerçek süreç ve yöntemlere ulaşabilmek için yapay yağmurlama simülatörünün kullanımı oldukça yaygındır (Liu vd. 2014).

Yağmur simülatörü, bitkisel üretimin yapıldığı arazilerde yüzeysel akışta, infiltrasyonda ve toprakta oluşan erozyonun çeşitli araştırmalarında denemeleri hızlandırarak gerekli verileri sağlamak amacıyla yıllardır kullanılmaktadır (Erpul ve Çanga 2000).

Meyer (1965), yapay yağmur simülatörünün faydalarını ve atmosferik yağışları tasarlamaadaki yetersizliklerini ayrıntılı olarak araştırmıştır. Yapay yağmur simülatörleri verilerin üretiminde inanılmaz fayda ve olanaklar sağlayabilmektedir. Bu nedenle erozyon her açıdan bütün yönleriyle araştırılabilmektedir. 1980'lerden sonra, çalışmalarda yağmurun damlacık etkisi toprağın sıçramayla erozyonun işleyiş süreci oldukça detaylı açıklanmıştır. Kontrollü ortam şartlarında çalışabilmek ve deneysel süreyi azaltmak ve tekrarlayabilmek önemli kazanımlar sağlamaktadır (Erpul ve Çanga 2001).

Dünyamızda genellikle yağışın az olduğu bölgelerdeki çalışmalarda yapay yağmur simülatörünün kullanımı oldukça yaygındır (Ries vd. 2000).

Ayrıca yağış simülatörleri farklı ekosistemler arasında ve farklı arazi örtüsü koşulları altında yüzey akışını kontrol ederek erozyonla ve karşılaştırma imkan sağlamaktadır (Foster vd. 2000; Johansen vd. 2001).

Ülkemizdeki farklı havzaların önemli kirletici parametreler doğrultusunda suyun kalitesi değerlendirilmiştir. Böylece, su kaynaklarında kirliliğe neden olan etmenler dikkate alınarak sanayi kaynaklı ve evsel kaynaklı atıklarda sudaki yükler ile tarımda kullandığımız çeşitli gübrelerin sebep olduğu kirleticiler irdelenmiştir. Araştırmada değişik havzalarda (Kızılırmak, Yaşılırmak, Sakarya, Seyhan, Marmara, Meriç ve Konya

Kapalı Havzası) bitkisel üretim için toprağa verilen bitki besin elementlerinden sularla taşınmış azot ile fosfor kaynaklı kirliliğin boyutu araştırılmıştır (Burak vd. 1997).

Mera'daki otlatılma çalışmalarında az otlatma, çok otlatma, suni merada, çimlendirilmiş alanda ve tanık parselden oluşan denemelerde 4 saat boyunca yağmur simülatöründen 12.5 mm saat<sup>-1</sup>'lik yağış uygulanarak çok otlatılmış meranın %53'ünde, suni meranın %23'ünde, çimlendirilmiş alanın %7'sinde, tanık parselin %21'inde yüzey akış geçişi tespit edilmiştir (Heatwarte vd. 1990).

Bir havzada yoğun yağmurun akabinde yapılan araştırmada, o havzadaki derelerde fosfatın oranı (15 - 18 µg L<sup>-1</sup>) ve fosforun toplam miktarı ise bu değerden iki kat daha fazla olduğu bulunarak araştırma sonucunda toprağa gübre vermenin Almanyanın kuzeyindeki göllerde ve diğer sularda kirliliği arttırdığı tespit edilmiştir (Ohle, 1965). Ostholstein bölgesindeki araştırmada; az gübre verilen arazilerdeki drenaj sularında fosfat 15-18 µg L<sup>-1</sup> ve toplam fosfor 30-60 µg L<sup>-1</sup> civarında olup; çok gübrenin verildiği arazilerde bulunan değer fosfat için 200 µg L<sup>-1</sup> ve toplam fosfor için 300 µg L<sup>-1</sup> 'a ulaşmaktadır (Ohle 1953).

Suda yaşayan canlılar yaşayabilmek için besin tuzlarına gereksinim duyarlar. Planktonik organizmaların büyüme ve dağılımını azot, fosfor ve silikat gibi besin elementleri, ışık ile birlikte önemli bir etkiye sahiptir (Callow ve Petts 1992; Horne ve Goldman 1994).

Denizlerde ortalama 0,07 ile 0,3 µM arasında bulunan nitrat konsantrasyonu, kıyı kesimlerde 0,5 ile 0,8 µM değerine, nehir ve derelerin boşaldığı deltalarda, örn. Tuna'da ise 6 ile 8 µM (Cociasu vd. 1996) arasındadır. Ekosistemde sürdürülebilirliği sağlayabilmek için sudaki kirlilik parametre değerlerinin ve besin elementlerindeki hareketliliğin ivedilikle ve devamlı izlenerek yayınlanmalıdır. Yarı kapalı denizler statüsündeki Karadeniz'de, dünyadaki denizler içerisinde yer almakta olup, iklimsel değişikliklerinin, ötrofikasyonun, su ürünleri faaliyetlerinin ve bunların sonucunda oluşan kirlitici faktörlerin etkisi altındadır. Bu tür faktörlerin araştırılması ve ortaya koyulması izleme projelerinin önemini ortaya koymaktadır.

Amonyum Azotu (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) ortamdaki pH değerine göre Amonyum (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) iyon halinde ya da Amonyak formunda bulunarak sucul canlılarda yaşamı idame ettirebilmede zaruret

arzedenden oksijen azalmakta, metaller ve yapı malzemelerinde korozyonu hızlandırmaktadır. Kentsel, endüstriyel ve tarımsal atıklardan oluşan amonyak, yeraltı ve yerüstü sularına (nehir ve göllere) karışarak içilebilir su kaynaklarını kirletmektedir.

Fosfatlı bileşikler günümüze kadar nehirlerde ve göllerde kirliliğe sebep olmuştur. Bu nedenle durgun ve hareketli sularda fosfatın izlenmesi oldukça önemlidir (Gündüz 1994).

Nehir ve göllerde Fosfor değeri oldukça sınırlı olup, atık sular ve gübreler bu miktarını etkileyen en önemli kaynaklardır. Suların içerdiği orta-fosfor fosforun optimum miktarı 0,05 - 0,30 mg L<sup>-1</sup>'dir (Cirik ve Cirik 2005).

Sediment, çoğunlukla askıdaki katı maddeyle tanımlanırken bunlarda genel olarak, taş ve kaya parçacıklarından, çamurun ya da killin içerdiği minerallerden, heterojen karışımındaki inorganik-organik maddelerin parçalarından, alglerden ve planktonlardan oluşmaktadır. Akarsularda ve göl, baraj vb sularda askıdaki maddelerin miktarı insanların çeşitli aktiviteleri sonucunda artmaktadır. Bununla birlikte tarımsal üretimin yapıldığı arazilerde oluşan erozyonla, sediment ve askıdaki maddelerin miktarı da artmaktadır. Sonuç olarak suda bulanıklaşma, yoğunlaşma, toksisitede artış, ışığın geçirgenliği ve oksijenin seviyesinde azalma'da faunaya ve flora'ya, dolayısıyla da sucul canlıları üzerinde olumsuz etkiler gösterir. Sularda askıdaki katı maddelerin miktarındaki büyük artış, balıkların solungaçlarına ve duyarlı kısımlarına zarar vermekte, yumurtalarda ve yavrularda ölümlerinin ana sebebidir (Serdar 2015, (Alabaster ve Lloyd 1980).

İnfiltrasyon, mütemadiyen ve hemen değişebilen çeşitli unsurun etkili olduğu oldukça kompleks bir sistemdir (Hanks ve Erie 1962).

İnfiltrasyon, yağmurla veya sulamayla toprağa verilen suyun arazi yüzeyinden içeri girerek yer çekiminin etkisi ile yüzeyden toprak profilinde aşağı yönde hareket etmesidir (Ekinci 2015).

İnfiltrasyon, yerçekimiyle ve kapillarite etkisiyle oluşur. Toprağa verilen su profile nüfuz ederek toprağın içerdiği nem kapasitesine göre değişik yönlerde ve genellikle de dikey yönde hareket edebilmektedir (İstanbuluoğlu 2015).

Toprağa düşen yağmur suları yüzey akışına geçerek arazi yüzeyinde veya infiltrasyon sonucunda toprağa nüfuz ederek toprak profilinde hareket eder. Yağmur suları infiltrasyon sonucu toprak profiline giren miktarın, yağışa oranında, yağışın şiddeti ile toprağın infiltrasyondaki kapasitesi aşıp aşılmaması belirler. Toprakların infiltrasyon kapasiteleri farklılıklar göstermektedir. Topraktaki gözeneklerin büyüklüğü ve sıklığı infiltrasyonu önemli ölçüde etki sağlar. Su toprak profiline girerek yerçekiminin etkisiyle porlar içerisinde aşağıya hareketiyle profilin üst kısmındaki organik madde, bitki besin elementleri, kil ve tuz çözünme ve yıkanma ile profil boyunca aşağı doğru taşınarak bir yerde birikebilir. Toprak profilindeki horizonların infiltrasyonu gerçekleştirme kapasitesini, horizontdaki toprak strüktürü, tekstürü, birim hacimdeki ağırlığı, mineralojisi, kimyası ve horizonun oluşum şekli etkiler. Bununla birlikte, gözeneklerin büyüklüğü ve sıklığının süreklilik göstermemesi ve iri gözenekleri tıkayabilen küçük taneciklerin fazla bulunması düşük infiltrasyon kapasitesine neden olur (Öztekin ve Öztekin 2007).

Topraktaki belirli bir yüzey alanından, belirli bir zaman aralığında profile sızan su ölçülerek hacminin  $\text{cm.h}^{-1}$  veya  $\text{mm.h}^{-1}$  cinsinden ifadesi infiltrasyon hızını ifade eder (Erşahin 2001). İnfiltrasyon hızı dengeye ulaşana kadar zamanla azalır (Gardner 1967). Suyla doymamış toprakta infiltrasyon oluşur. Toprak yüzeyindeki doyumluk arttıkça infiltrasyondaki hızda topraktaki hidrolik iletkenlik değerine ulaşır (Lin vd 1973).

İnfiltrasyon, devamlı ve hızlıca farklılaşan oldukça fazla değişkenin etkisiyle toprakta oluşan karışık bir oluşumdur. Toprağı tekstür bakımından; %kum, %silt, %kil oranları ve farklı büyüklükteki parçacıklardan oluşan bir ana materyal olarak tanımlarsak içerisindeki kum oranı arttıkça infiltrasyon hızı da artar, bunun aksine kil oranındaki artış ise infiltrasyon hızında azalmaya neden olur. İnfiltrasyonu etkileyen pek çok etmen bulunmaktadır bunların en önemlileri porozite, sıcaklık derecesi, nem içeriği, strüktür, tekstür, sıkışma, organik madde miktarı ve kolloidal yapı, sıkıştırılmış hava ve ısı

farklılıklarına benzer fiziksel özellikler ile kimyasal (alkali, tuzlu vb.) ve biyolojik özelliklerdir. Bununla birlikte topoğrafya, eğim derecesi, bitki örtüsü ile kaplı olma durumu, toprağın kültürel işlenme şekli ve durumu, otlatma derecesi, suyun verilme zamanı ve süresi, şekli ve atmosferik yağışların şekli ve yoğunluğu infiltrasyona etki eden faktörlerdir. İnfiltrasyon hızı üzerine yapılan araştırmada başlangıçtaki nem kapsamı yüksek iken infiltrasyondaki hızda azalma görülmüştür. Araştırmacılar, infiltrasyon sırasında profilde dört ayrı bölge saptamışlardır. Bu bölgeler; saturasyon bölgesi, geçişin olduğu bölge, iletim bölgesi ve ıslanma bölgesidir. Sıcaklığı düşük olan topraklar sıcaklığı yüksek olan topraklara oranla infiltrasyon hızında daha yavaştır. Strüktür, toprağın porozitesi ile kısacası boşluk hacmi ile doğrudan ilişkilidir. Kabartılarak havalandırılmış ve ganüller bir yapıya kavuşmuş olan topraklarda porozite artar, porozitesi artan toprakların infiltrasyon hızında artar (Delibaş 1994). Nemli topraklarda, gözeneklerin bazı kısımları su dolu olduğundan infiltrasyon hızı kuru topraklara göre daha yavaştır. Toprakta taban suyu seviyesinin yüksek olması nedeniyle yukarı doğru kapillar harekete imkan sağlayacağından dolayı infiltrasyon hızı azalmaktadır. Toprak profili içerisinde bulunan su hareketini, kil kolloidlerinin şişerek genişlemesi ve tekstür içerisindeki taneciklerin arasında hapsolmuş hava negatif etki göstermektedir. Toprakta bulunan organik maddenin fazlalığı infiltrasyon hızını pozitif yönde etkileyerek infiltrasyon hızını arttırmaktadır. Kolloidal materyalin artması ise negatif yönde etkileyerek infiltrasyon hızını azalmaktadır (Delibaş 1994).

Toprak sıkıştıkça infiltrasyon hızı azalmakta ve bu sıkışma infiltrasyonu azalttığı için suyun yüzey akışına geçmesine olanak sağlayarak bunun doğal sonucu olarak da erozyona neden olmaktadır. Drenajı yetersiz olan topraklar tesviyesi iyi yapılırsa bile yüzeyde biriken su geniş bir zaman periyodunda toprakta bekleyebilmektedir. Toprağın sıkışmasıyla mevcuttaki N, P, C gibi elementlerin dinamiği değişerek; fiksasyon ve diğer aktivitelerde azalabilmektedir. Sıkışan toprak, geniş zaman aralığında nemini koruyabildiğinden denitrifikasyona sebep olmaktadır. Sıkışan topraklar, traktörün çeki etkinliğinde artış sağlar ancak toprak işlemesi için gerekli yakıt ihtiyacında artışa neden olur. Toprakta sıkışma ile ilgili en önemli sorun ise sıkışmadan kaynaklı verim kaybıdır. Aşırı sıkışma sonucunda bitkisel gelişim engellenmektedir (Arslan 2006).

Toprağı oluşturan taneciklerin büyüklükleri onun tekstür sınıfını belirler. Bu tanecikler büyüklük bakımından dört ana guba ayrılırlar. Çapı 2,00 mm'den büyük olanlara çakıl ve oluptaş 1,00 - 2,00 mm olanlar kaba kum; çapı 0,05-1,0 mm aralıkları içinde olanlar ince kum; çapı 0,002-0,05 mm aralığında olanlar silt; çapı 0,002 mm'den küçük olanlar da kil olarak adlandırılmaktadır. Toprakların çoğu kum, silt ve kilin çeşitli oranlarda karışımından meydana gelmektedir. Bir toprakta kum nitelikli parçacıklar çoğunlukta ise, bu toprak kumlu toprak, aynı şekilde kilin çoğunlukta olduğu topraklar da killi topraklar denilir. Siltli topraklar bu iki gup arasındadır. Yaklaşık olarak eşit miktarlarda kum, silt ve kil içeren topraklar tınlı topraklardır. Kaba bünyeli topraklar kumlu, orta bünyeli topraklar tınlı, ince bünyeli topraklar da killi olarak sınıflandırılırlar. Toprağın tekstür sınıfı toprak suyunun hareketi, hava sirkülasyonu ve bitki gelişimi için önemli olan kimyasal değişimlerin hızı üzerinde önemli rol oynar (Delibaş 1994).

Kumun, kilin ve siltin birbirlerine göre yüzde oranları toprağın tekstürünü tayin eder. Kısacası toprağın % olarak kil, silt ve kum içerdiğini ortaya koyar. Toprağı oluşturan 2 mm'den küçük eşdeğer çapa sahip tanecikler üç ana tekstür sınıfına ayrılır (Delibaş 1994). Çapı 0,05- 2,0 mm arasında bulunan toprak tanelerine kum denir. Kumun hakiki yapısı kuvarstır ( $\text{SiO}_2$ ) (silisyum dioksit). Kum tane büyüklükleri açısından siltten ve kilden daha büyük tanecik çapına sahiptir. Toprakta kum, strüktürel açıdan (primer toprak taneciklerinin bileşik parçacıklar teşkil ederek birleşmeleri ve guplaşmaları) toprağın ana iskeletini oluşturur. Kum toprak oluşumunda fiziksel etkiye sahiptir. Ana iskelet kısaca kumdan meydana geldiği için toprağın strüktüründe sabitizasyonu sağlar (Oğuz 2008). Çapı 0,002-0,05 mm arasındaki toprak taneciklerine silt (mil) denir. Siltin toprak oluşumundaki fonksiyonu fiziksel olarak bağlayıcılığındandır (Oğuz 2008). Çapı 2 mikrondan veya 0,002 mm'nin altında olan toprak tanecikleri kil olarak sınıflandırılır. Killer toprakta değişik farklı özellikler üzerine en fazla etki eden en küçük boyutta ve en aktif faaliyet gösteren taneciklerdir. Toprakta satutasyon ve hidrolik iletkenlik, toprağın organik maddeyi ayrıştırması gibi farklı çoğu aktiviteler toprakta killer yapmaktadır. Kil taneciklerinin toplam yüzey alanı kum ve silt'e göre çok daha fazladır (Oğuz 2008). Mineral parçacığın çapı küçüldükçe ters orantılı olarak yüzey alanları artmakta ve böylece besin maddesi, su tutma kapasitesi vb özellikleride artmaktadır. (Namlı 2012).

Topraklarda tekstür, kalitatif ve kantitatif olmak üzere iki farklı şekilde tayin edilebilir. Kalitatif yöntem de avuç içine alınan bir miktar toprak parmaklar arasında sıkıştırılarak toprağın killi, kumlu veya siltli olup olmadığı hakkında tahmini olarak bilgilendirir. Fakat toprak içinde hangi miktarda kum, kil ve silt olduğunu anlayamayız (Oğuz 2008).

Kantitatif yöntem de ise kohezyonla birarada tutulan taneciklerin büyüklükleri eleme yöntemi ile belirlenmemektedir. Tanelerin çaplarını ve miktarlarını belirlemek için birarada tutuldukları aradaki kuvvetinin bertaraf edilmesi, yani toprak taneciklerinin bağımsız yani teksele formda olmaları sağlanmalıdır. Kohezyonun etkilediği toprak tanelerinin çapları ve miktarları, sudaki düşüş hızına göre Hidrometre Yöntemi ile tayin edilebilir (Ergene 1972).

Bouyoucos Hidrometre yönteminde toprak tekstürünü oluşturan tanelerin aralarındaki bağlantıları çeşitli kimyasallarla elimine edip teksele forma getirerek hazırlanan süspansiyon yoğunluğu Bouyoucos Hidrometre ile belli zaman aralıklarında ölçülerek ve ölçüm değerleri kullanılarak iç farklı boyuttaki taneciklerin yüzde oranları hesaplanması, bu yöntemin ana metodolojisini oluşturmaktadır (Ergene 1972). Belli miktar toprak tartılarak (orta ve ağır tekstürdeki topraklardan 50 g, kumlu topraklardan 100 g) bir beherglasına konur. Üzerine 200 cm<sup>3</sup> saf su ilave edilir. Eğer toprakta fazla organik madde varsa, bu %6'lık hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ile elimine edilir. Beherglas bir buhar banyosu üzerine yerleştirilir. Üzerine küçük miktarlar halinde % 6'lık hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ilave edilir. Bu işleme toprağın organik maddeden kaynaklı koyu rengi giderilene kadar sürdürülür, sonra beherglastaki toprak süspansiyonu santrifüje alınarak üzerine 15 cm<sup>3</sup> 0,5 normalitede sodyum hexametafosfat, amonyum asetat, amonyum hidroksit veya sodyum karbonat bileşiklerinden birisi ilave edilerek santrifüjde 10 dakika karıştırılır. Daha sonra süspansiyon 1 litrelik bouyoucos özel silindirine alınır. Silindir saf su ilave edilmek suretiyle alttaki işareti kadar doldurulur (Ergene 1972). Tablası delikli olan el karıştırıcı ile yukarı aşağı olacak şekilde iyice karıştırılır. Hidrometre derhal süspansiyon için daldırılır ve 40 saniye sonra silt + kil fraksiyonu için hidrometre değeri okunur, aynı zamanda süspansiyon sıcaklık derecesi ölçülür. Tekrar karıştırılarak, aynı ortamda bekletilen süspansiyonda iki saat sonra aynı şekilde kil içinde bir okuma yapılır (Ergene 1972). Eğer süspansiyonun ölçüldüğü sıcaklık derecesi 20 °C'tan farklı ise her derece

artışı için okunan değere 0,3 ilave etmek ve her bir derece düşmesi halinde 0,3 çıkarmak suretiyle düzeltmeler yapılması gerekmektedir (Ergene 1972). Sonuç olarak kil + silt toplamında kil yüzdesi çıkarılarak yüzde silt miktarı bulunur. Silt ve kil yüzdelere kum miktarı hesaplanarak bulunur. Eğer çeşitli kum fraksiyonları da ayrıca isteniyorsa silindirdeki materyal elekten geçirilmek sureti ile farklı fraksiyonlara ayrılarak tartım sonucunda bulunur (Ergene 1972). Tartılarak elde edilen değerler tekstür üçgenindeki yeri bulunarak toprak tekstürü sınıflandırılır. Tekstür üçgeninin her bir tarafı ayrı ayrı kum, kil, silt' in yüzde miktarını gösterecek şekilde bölümlendirilmiş bir diyagramdır (Ergene 1972).

İçeriğinde %85'den fazla kum ihtiva eden topraklara kumlu topraklar denir ve genel olarak kaba yapıdadırlar. Kumlu toprakların İnfiltrasyon hızları yüksek, organik madde ve kil miktarları oldukça düşük olduğunda bitki besin elementleri ile su tutma kapasiteleride oldukça düşüktür.

Kumlu toprakları verimini arttırabilmek için çok miktarda çiftlik gübresi ve kil ilave edilmelidir (Ergene 1972). Kapsamında %80'i aşan oranda silt ve % 12'ninde altında kil içeren topraklara da siltli topraklar denir. İnfiltrasyon hızları ve su tutma kapasiteleri orta derecede olup genelde verimsizdirler (Ergene 1972). Kapsamında % 40'ı aşan oranda kil %40'dan az silt ve %45'den daha az kum içeren topraklar ise killi topraklardır. Killi topraklar genellikle içerisinde %60-%70 oranında kil bulundurlar. Böyle topraklar su tutma kapasitesi yüksek olduğundan aşırı sulama ve fazla yağışta hemen balçıklaşırlar. Bu özellikleri bitkiler açısından sınırlayıcı bir etkidir. Çünkü balçıklaşan toprakların boş kısımlarının neredeyse tamamı hava yerine su ile dolarak bitki kök bölgesi yeterli havaya erişemez ve bitkilerde ölüm olayı gerçekleşir. Balçıklaşan topraklar aniden kurumaya başladığında ise toprak hemen sertleşerek bitki köklerini sıkıştırıp bitki ölümlerine sebebiyet verebilir veya bitki gelişiminde olumsuz rol oynar (Ergene 1972). Kil içeriği çok fazla olan killi toprakların su tutma ve bitki besin maddelerini depolama özelliği fazla olmasına rağmen diğer olumsuz özellikleride dikkate alındığında genellikle verimsizdirler (Ergene 1972). Bünyesinde ortalama olarak aynı oranda %kum, %silt (mil) ve %kil barındıran topraklar tınlı toprak sınıfında olup tarımsal üretim ve bitkisel gelişim bakımından en elverişli özelliklere sahip toprak tekstürüdür. Tınlı toprakta suyla

doğunluk durumu, ince ve iri porlardan oluşan gözenek yapısı ile havalanma durumu, strüktür yapısı ve hava su dengesi bitki gelişimi bakımından uygun ortam sağlamaktadır. Fazla sulamada veya yağmurda balçıklaşma ve ani kurumalarda sertleşme olamaz, daha kolay ve hızlı tava gelirler. Kimyasal yapısı bakımından iyi olan ve bitki besin maddesi ihtivası yeterli olduğu durumlarda verimlerinde oldukça yüksektir (Ergene, 1972). Yukarıda sayılan dört önemli tekstür sınıfının dışında içerisinde nispi olarak daha fazla ihtiva ettikleri tanecik çaplarının miktarı esas alınarak *ağır tekstürlü*; kil, kumlu kil, siltli kil, *orta tekstürlü*; kil tın, kumlu kil tın, siltli kil tın *hafif tekstürlü*; tın, kumlu tın, siltli tın, silt ve *çok hafif tekstürlü*; tınlı kum ve kum gibi isimler adı altında sınıflandırılır (Ergene 1972).

Bitkiler büyüebilmek ve yaşamlarını sürdürebilmek için toprağı belli miktarda suyu bulundurma mecburiyeti vardır. Ayrıca toprakta profil içerisindeki su hareketi, toprağın suyu tutabilme kapasitesi, tutulabilen sudan bitkilerin ne kadar kullanabilmesinin uygun olacağı ve suyun toprakta hangi zaman aralığında ve miktarda tutulması gerektiğı konularında araştırmalar devam etmektedir (Dağdelen 2012).

Toprak profili içerisindeki su hareketi, fiziksel toprak özellikleriyle kısaca toprak tekstürüyle doğrudan ilişkilidir. Toprakta bulunan organik madde miktarı, toprağın tutabileceğı su miktarını önemli ölçüde etkilemektedir. Yani organik maddenin oranı yüksek olan toprağı suyu bünyesinde tutma kapasiteside yüksektir (Dağdelen 2012).

Toprakta su miktarı azaldıkça tutulumu sıkışır. Kısaca sudaki tutulum basıncı'da artar. Suyun tutulum basıncına etki eden kuvvetler adezyon ve kohezyon olarak adlandırılır. Adezyon; toprak tanecikleri ile sudaki moleküllerin birbirini çekme kuvvetine denir. Kohezyon'da; sudaki moleküllerin kendi aralarındaki çekme kuvvetine denir. Adezyonu; toprağın suya dokunduğı yerlerde sıkı bir şekilde tutması olarak, Kohezyonu'da sudaki moleküllerin birbirine kenetlenmesi olarakda tanımlanabilir. Adezyon ve kohezyon kuvvetlerinin varlığıneticesinde toprakta ufak porlara su nüfuz eder, iri porlarda ise su toprak taneciklerinin etrafını sarar. Bazen dış çeperde bulunan su molekülleri yerçekimi kuvvetine direnemez ve yerçekiminin etkisiyel su toprak profilinde alt horizonlara ilerlerlemeye başlar (Delibaş 1994).

Toprak profilinde su çeşitli kuvvetlerin ve etkileyici bazı faktörlerin etkisiyle farklı yönlerde hareket edebilecek olması dolayısıyla oldukça karmaşıktır. Toprak profilinde su, doymuş ortamdandan doymamış ortama geçiş yapar. Bu geçişe hidrolik eğim, boru çapı ve yük kayıpları etkilidir. Önce toprakta iri porlar suyla doymuş hale gelir daha sonra ufak porlara su dolar. Toprak profilindeki suyun hareketi nemli toprakta, kuru topraktan daha sistemlidir (Dağdelen 2012).

Toprak tekstürü suyun kapillar hareketini etkilemektedir. Kapillar yükselmenin fazla oluşu toprakta bulunan küçük çapa sahip gözeneklerin fazla olduğunun işaretidir. Tekstür incelidikçe gözenek çapı da incelmekte ve böylelikle kaba tekstürü (kumlu) topraklara nazaran ince tekstürü (killi) topraklarda kapillaritenin etkisiyle sudaki yükselme çok yüksek olmaktadır. Su ile doymuş topraklarda kapillaritenin neden olduğu hareketin hızı kumlu tekstürde fazla olup killi tekstürde oldukça yavaş olmaktadır. Fakat doymamış veya kuru toprak profilinde bu sistemin zıttı geçerlidir (Delibaş 1994).

Nitratı sudaki miktarını belirlemek için spektrofotometre yöntemi (ultraviyole (UV) ışıyla)), kolorimetre yöntemi (kadmiyum veya hidrazin sülfat indirgemesinden sonra), sürekli akış analiz yöntemi (CFA) veya akış enjeksiyon (FIA) analiz yöntemiyle, iyon kromatografik yöntemiyle, yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) yöntemiyle ve potansiyometri yöntemiyle (iyon seçici nitrat elektrod ile) ölçülebilmektedir (Serdar 2015).

Fosfatın sudaki miktarını belirlemek için bazı metotlar mevcuttur. Kolorimetri yöntemi, atomik absorpsiyon spektroskopisi yöntemi, HPLC metodu, akışa enjeksiyon analizi yöntemi, spektrofotometrik metodlar gibi yöntemler kullanılarak ölçülmektedir. Bu yöntemlerde çoğunlukla amonyummolibdat ve molibdovanadat indikatörlerinin kullanıldığı çeşitli spektrofotometre yöntemidir (Yıldız 2012).

Azot döngüsü içinde varolan nitrat ( $\text{NO}_3$ ) iyonu bitkilerin alabildiği azotun en aktif formudur. Azot, besin zincirinde insanların tükettikleri dâhil olmak üzere bitkilerin gelişiminde en temel elementtir. Ancak, yüzey ve yeraltı sularına karışmaları kesinlikle istenmeyen bir durumdur. Nitrat, yeraltı sularına birçok doğal ve insan sebep olduğu

kaynaklardan ulaşabilirler. Eğer toprağa bitkinin ihtiyaç duyduğu miktardan daha çok  $\text{NO}_3$  verilirse, topraktaki koşulların durumuna göre fazla azot ya denitrifikasyonla atmosfere, ya da toprak yüzeyindeki akış ile dere, nehir ve göllere veya infiltrasyon ile yeraltı suyuna karışabilmektedir. Toprakta bulunan azotun doğal kaynakları (sıklıkla atmosferden azotu fikse ederek), jeolojik azot depozitlerden, doğadaki hayvansal atıklardan ve atmosfer kaynaklı depozitlerden oluşurken; Her ne kaynaktan olursa olsun çok geniş ortamlarda bulanabilen bu kimyasal, çevre ve sağlık açısından önemli bir risk oluşturmaktadırlar (Addiscott 1996).

$\text{NO}_3$ , anyon olduğu için topraktaki taneciklere zayıf bağlarla bağlandığı veya hiç bağlanmadığı için toprakta suyun hareketi ile beraber hareket etmektedir. Toprak suyu, içerideki boşluklar, çatlaklar ve kanallar içerisinde ve genellikle yerçekiminin etkisiyle aşağı doğru yönelir. Bu harekette, porlar yani gözeneklerin çapı küçüldükçe yavaşlama olmakta, mikro gözenekleri olması durumunda ise oldukça hareketsiz kalmaktadır. Nitrat anyonunun bitkilerce alınması ile nitrat bitki köklerinin bulunduğu bölgeye doğru hareket eder ve  $\text{NO}_3$  hareketsiz durumdan gözenek suyunun içine ve dışına doğru çok yoğun ortamdan az yoğun ortama doğru difüzyonla harekete geçer (Lægeid vd. 1999). Bundan dolayı,  $\text{NO}_3$  toprak profilinde bitki kök bölgesi boyunca yıkanabilmekte, sonuç olarak yer altı sularına ulaşabilmektedir (Keeney ve Follett 1991).

Kum tekstüre sahip toprağın su tutma kapasitesi düşüktür, bu sebeple genellikle kumlu alanlarda nitratın ve diğer besin maddeleri daha fazla ve daha hızlı yıkanabilmektedir (Williams ve Kissel 1991). Bitki köklerinin yer aldığı toprak profilinin kalınlığı, toprak bünyesinde suyu tutmada en etkili faktördür. Toprak profil kalınlığının yetersiz olduğu sığ alanlarda azotun önemli bir kısmının hızlıca yıkanarak bitki kök bölgesinin altına hareket etmektedir (Williams ve Kissel 1991). Ayrıca, toprakta azot döngüsüne katılacak N miktarını belirleyen önemli faktörler topraktaki organik maddenin kalitesi ve miktarı olup, organik maddenin mineralizasyonu ile yılda döngüye dâhil olan azot miktarını, topraktaki pH ve KDK etkiler.

Topraklar; faydalı su kapsamı, permabilite kapasitesi, hidrolojisi ve yıkanma derecesine göre 4 grupta sınıflandırılır. Bu da topraktaki nitrat yıkanma potansiyelini tahmin

etmede ve amenajmanda fayda sağlamaktadır (Smith ve Cassel 1991). Toprakların faydalı su kapsamı, 1/3 atm basınç altında tutulan nem (tarla kapasitesi) ile 15 atm basınç altında tutulan (solma noktası) nem kapsamlarının farkı alınarak bulunur. Faydalı su içeriği, toprak tekstür sınıfına, içerdiği organik maddenin miktarına, topraktaki strüktüre bağlı olarak değişmektedir. Toprak profilindeki bitki kök bölgesinin nem kapsamı tarla kapasitesinden az olursa, nitrat yıkanamaz. Fakat yağmurlarla ya da sulamayla kök bölgesinin nem kapsamı tarla kapasitesini aştığında ise yerçekiminin etkisi ile fazla su aşağılara inerken nitrat yıkanmaktadır. Organik madde içeriğinin artmasıyla doğru orantılı olarak yararlı su içeriği de artmaktadır (Smith ve Cassel 1991).

Toprağın suyla doygun olduğu ya da yarı doygunluğa ulaştığı durumlarda suyun kök bölgesinden aşağıya doğru hareketine perkolasyon denir. Toprakta perkolasyon sonucu uzaklaşan suyun miktarı, toprağa yağışla veya sulamayla giren suyun miktarından, toprakta tutulan ve topraktan evapotranspirasyonla uzaklaşan su ile aralarındaki farkı ifade eder. Perkolasyon sonucunda topraktan uzaklaşan su miktarı yıkanarak yeraltı suyuna karışan nitratin miktarını belirlemede büyük önem taşır (Williams ve Kissel 1991). Perkolasyonun miktarını, toprağın tekstürü ve strüktür yapısı doğrudan etkilemektedir. Kaba tekstüre sahip (kumlu) toprakların strüktür sabititesi zayıf ve iri gözeneklerden dolayı da su toprakta profil boyunca derine doğru hızlı hareket eder. İnce tekstüre sahip (siltli ve killi) topraklar ise oldukça küçük gözeneklere sahip olduğundan su akış hızı oldukça yavaştır. Ancak ince tekstürlü toprakların agregatları aralarında çatlaklar oluşabilir ve buda perkolasyonun daha hızlı olmasına sebep olur.

Toprak profili içerisindeki en düşük geçirgenliğe sahip olan katman (horizon), topraktaki nemin hareketini sınırlandıracağından aynı zamanda yıkanmayı da sınırlandırır (Smith ve Cassel 1991). Topraklar hidrolojik açıdan çıplak yüzeyin yüzey akış hızına etkisi ve tekstürün infiltrasyona etkisi dikkate alınarak sınıflandırılırlar. Yüzey akışı düşük, derin profilli, drenajı iyi olan, infiltrasyon hızı yüksek olan kumlu topraklar A gubu hidrolojik sınıfta, yüzey akış hızı çok yüksek, yüzeye yakın killi bir katman nedeniyle infiltrasyonu çok düşük olan veya hiç su geçirmeyen katmanın üzerinde olan killi toprakları ise D hidrolojik sınıfına alınmaktadır (Smith ve Cassel 1991).

Nitrat, yalnızca insanların değil aynı zamanda tüm canlıların sağlığını etkiler. Methemoglobinemia, içinde fazlaca nitrat bulunan hayvansal yiyecekler neticesinde oluşmaktadır. Büyükbaş ve küçükbaş hayvanların içkembelerinde güçlü indirgenmenin neticesinde  $\text{NO}_3$ 'ı  $\text{NO}_2$ 'e dönüştürülebilmektedir (Anonim, 1988). Yeraltındaki sulara ve dere, nehir ve gölleri içine alan yüzey sularının nitrat içeriğinin yüksek olması problemler oluşturmaktadır. Nitrat, suda yaşayan bitki ve organizmaların gelişiminde karasal bitkilerdeki gibi etkilidir. Fakat bu bitkilerde aşırı gelişme istenmeyen bir durumdur. Göllere ve nehirlere ulaşan fazla miktardaki nitrat, buralardaki yüzeyde ve derinlerde bitkilerin gelişmelerindeki hızlı artış sonucunda nehir kenarlarında daralmalara ve kıyılarda çeşitli zararlara, teknelerin pervanelerinde hasara ve su borularında tıkanmalara sebep olur. Nitratin yüzey sularındaki miktarı aşırı şekilde artarsa çok daha önemli çevre problemlerine neden olmaktadır. Yüzey sularında yaşayan ve tek hücreli bitkiler olan alglerde gelişimi arttırmak suretiyle alg popülasyonunda patlamalara, buda kirli bir görüntü oluşturmanın yanı sıra mikroorganizmal faaliyetlerin artmasını tetiklemektedir. Mikroorganizmal faaliyetlerin artmasıyla ortamdaki oksijen tüketimi artarak oksijensiz anaerobik bir ortam oluşmaktadır. Ötrofikasyon'da denilen bu süreçte, balıklar ve suda yaşayan faydalı organizmalar yeterli oksijeni bulamadığı için yaşamları tehlikeye girer (Addiscott 1996). Azot, nitrat formunda kolayca yıkanarak yeraltı sularına ve yüzeydeki sulara karışmasıyla, karmaşık süreçlerin etkileşimleri neticesinde nitrifikasyon oluşur. Atmosferik şartlar, bitkisel örtü, topraktaki genel özellikler, toprağın gübrelenmesi, sulamanın şekli ve miktarı ile yeraltı suyu özellikleride nitratin yıkanma hızını ve miktarını etkilemektedir (Knox ve Moody 1991). Bazı toprak çeşitlerinde nitrattaki yıkanma ve yeraltı suyuna karışma süreci bir-iki yıl hatta daha az bir süreç alırken, farklı topraklarda ise nitratin yıkanma ihtimali oldukça düşüktür. Uygun koşullar altında toprakta oluşabilecek denitrifikasyon gibi doğal süreçlerin sonucunda nitrat kök bölgelerinden infiltrasyonla yıkanma riski azalmaktadır (Smith ve Cassel 1991). Azotun sürdürülebilir yönetimi, tüm parametreler göz önüne alınarak, tarımsal faaliyetler neticesinde nitratin bitki kök bölgesinden yeraltı suyuna yıkanma riskini minimuma indirecek şekilde organize edilmelidir (Keeney ve Follet 1991).

Fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özellikleri, iklimsel ve bitkisel faktörlerin kombinasyonunun etkileşimi azot döngüsü ile toprak suyunun hareketi kontrol altında

tutmaktadır. Bu faktörlerin tamamı nitratın bitki köklerinin bulunduğu bölgeden derinlere, kısaca aküfere, yıkanmasında etkin rol oynar. Yağmur veya sulama ile verilen suyun miktarı ve hızı, permabiliteye, su tutma oranına, tekstüre, strüktür sabititesi ve boyutu, toprakta profil boyunca perkolasyona uğrayan suyun miktarı ve bitki köklerinin bulunduğu bölgedeki azotun formu ve miktarı çeçitli kimyasal ve biyolojik süreçler ve hızları değıştirmektedir (Knox ve Moody 1991)

Azotlu gübre uygulamasının zamanlaması nitrat yıkanmasının azaltılmasında çok önemlidir. Azot, nitrat formunda infiltrasyonla kaybolan miktarını azaltılabılme, ancak, gübreleme bitkiler için en çok ihtiyacı olduğı zaman aralığında ve uygun toprak koşullarında verilmelidir. Genellikle, sonbahar ve kış aylarında yapılması gelenek haline gelen azot gübresi uygulamasından vazgeçilmelidir. Ayrıca, gübreler uygulanma yöntemiyle, fikse olan N miktarında azalmalar olabilir. Azotlu gübreler toprak yüzeyine uygulanması durumunda, immobilizasyonu azaltmak için yüzeydeki bitki artıkları ile minimum teması sağlanacak şekilde şeritvari olarak uygulanmalıdır. Ayrıca, azot kaybını azaltılabılmek için topraklarda verimlilik analizleri yaparak bulunan mevcut azot miktarı dikkate alınarak gübreleme yapılmalıdır (Peterson ve Power 1991).

Güney Çin'in kırmızı toprak bölgesindeki eğimli bir çorak arazinin N ve P kayıplarını analiz edildi ve sonuçlar bu bölgedeki ilgili çalışmalarla benzerlik gösterdi. Özellikle, Lv vd. (2015), Azot kaybının miktarının yüzey akışı ile pozitif olarak ilişkili olduğunu ve  $\text{NO}_3\text{-N}$ 'nin kırmızı toprak bölgesinin eğimli arazisinde çözünmüş N kaybının ana formu olduğunu buldu.

N ve P kaybı süreci karmaşıktır ve meteorolojik durum, toprak işleme önlemleri, gübre uygulaması, toprak durumu, arazi kullanımı/arazi örtüsü ve eğim gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Kang vd. 1999; Ma vd. 2002; Wang vd. 2007; Huang vd. 2008; Zeng vd. 2008; Liu vd. 2012; Liu vd. 2014; Xia vd. 2014; Zhang vd. 2014; Lv vd. 2015; Yang vd. 2016). Bazı çalışmalar, akış ve yağış yoğunluğu ile eğim arasında pozitif korelasyonlar olduğunu göstermiştir (Alva vd. 1986; McColl ve Pohlman 1986; Fu vd. 2003) ve bu yağış yoğunluğu ve eğimi, N ve P kayıplarını daha da etkileyerek akışa etki ettmiştir. Bu çalışmada, simüle edilmiş yağış koşullarında sadece yağış, yağış yoğunluğu,

akış ve eğimin N ve P kayıplarına etki faktörleri incelendi. Bununla birlikte, sadece üç yağış yoğunluğu ve üç eğim ve bu nedenle N ve P kayıpları ile yağış yoğunluğu ve eğimi arasındaki ilişkiler basit olabilir. Ayrıca, sadece 27 simüle yağış olayı gerçekleştirilmiştir.

Buna ek olarak, doğal yağış koşullarında N, P ve sediment kayıpları süreci, olasılık ve değişkenliği nedeniyle simüle edilen yağışlardan daha karmaşıktır. Li vd. (2010), t sedimentdeki N ve P kayıp oranlarının doğal yağışlarla daha yüksek olduğunu buldu. Sürekli yağış, kayıp oranları düşüş eğilimi görülmüştür. N ve P kayıp oranları ve miktarları yağış ile S-eğrisi ilişkisine sahipti ve bu ilişki istatistiksel olarak önemliydi. Bununla birlikte, bu çalışma sadece  $120 \text{ mm.h}^{-1}$  yağış koşullarında benzer bir fenomen göstermiştir (Şekil 2 ve 3). Doğal yağışların devam etmesiyle birlikte, yamaçlar arasında akışta n ve P konsantrasyonundaki ve kayıp miktarlarındaki farklılıklar belirgin değildi. Akıştaki TN ve TP konsantrasyonları, yağış ilavesi ile birlikte belirgin bir artış göstermedi ve akıştaki TN kayıp miktarı da aynı şekilde oldu. Benzer şekilde, toplam akış miktarı arttıkça, TN ve TP kayıpları arttı, ancak simüle edilen yağış altında kayıp konsantrasyonu ve oranı önemli ölçüde değişmedi. Ma et al. (2016), N ve P'nin çoğunun akan su ile taşındığını, doğal yağış altında Çin'in Three Gorges rezervuar bölgesinde çıkarılan toprakta sadece küçük bir kısmın kaybolduğunu buldu. Buna karşılık, bu çalışmada, n'nin çoğu akan su ile taşınırken, P'nin çoğu simüle edilmiş yağış altında sediment ile taşınmıştır.

### **3. MATERİYAL VE YÖNTEM**

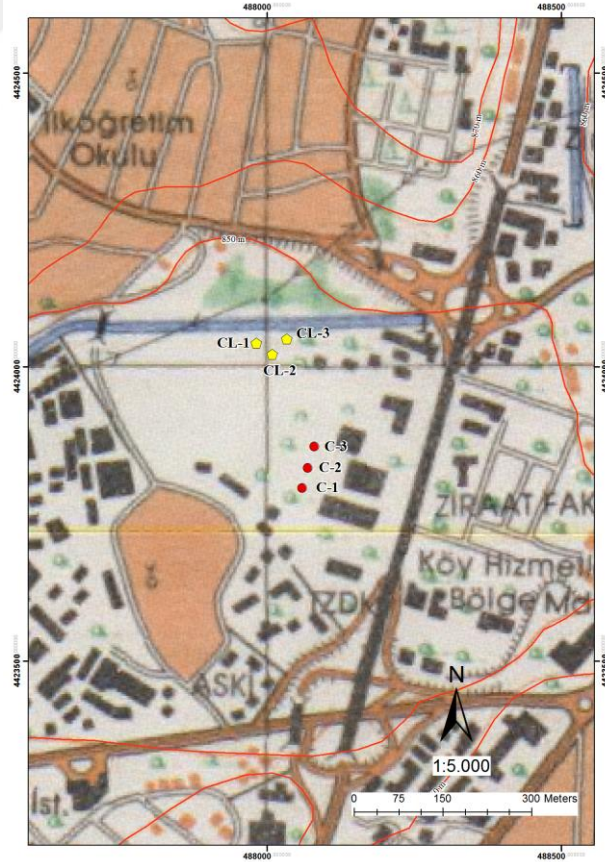
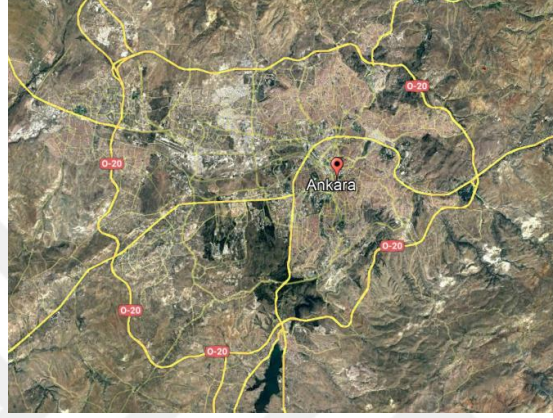
#### **3.1 Materyal**

##### **3.1.1 Araştırma alanının konumu ve kullanılan toprağın alındığı yer**

Çalışma alanı İç Anadolu bölgesinde Çubuk çayının kıyısında bulunmakta olup, Ankara ili şehir merkezinde kalan, 39,57° Kuzey enlem ve 32,51° Doğu boylamda yer almakta, yüksekliği ise 848 m'dir (Şekil 3.1). Ankara ili kuzeyinde Bolu-Çankırı, batısında Eskişehir, doğusunda Kırıkkale-Kırşehir ve güneyinde Konya-Aksaray illeri ile çevrilidir.

Çalışmada kullanılan toprak örnekleri Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme tarlalarından Jackson (1958) ın açıkladığı şekilde 0-20 cm derinlikteki yüzey toprağından alınarak, traktör römorkunda seraya nakliyesi yapılmıştır. Topraklar polietilen bir örtünün üzerine serilerek kuruyuncaya kadar alt üst edilerek karıştırılıp kurutulmuş, tahta tokmakla dövülerek 8 mm'lik elekte elenmiştir.

Denemeler ve temel - özel toprak analizleri için iyice karıştırılıp harmanlanan yeterli miktarda toprak 2 mm'lik elek ile elenerek serada muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.1 Araştırma alanı yer bulduru haritası

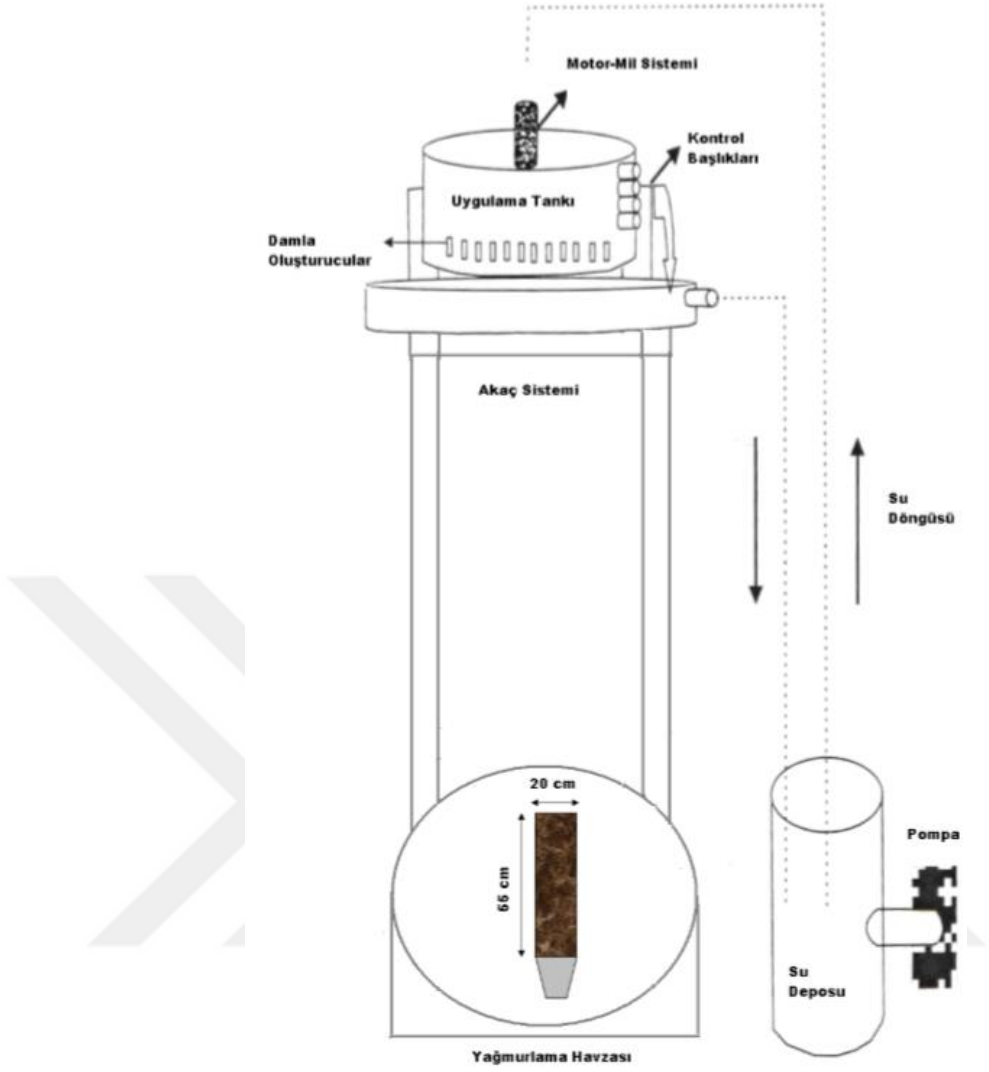


### 3.1.3 Yağmurlama ünitesi ve yağış parametrelerinin elde edilmesi

Taşınan sediment miktarı ile yüzey akışı, infiltrasyon ve sediment ile topraktan uzaklaşan fosfor üzerine etkileri araştırmak için laboratuvar ortamında yağmur oluşturabilmek için Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümündeki yapay yağmurlama simülatöründen faydalanılmıştır. Kullanılan simülatörün çalışma prensibi ve yağmurların karakteristik özellikleri, Erpul ve Çanga (2001) tarafından sağlanmış olup yapay yağmur simülatöründe üç farklı bölüm yer almaktadır. Bu bölümler sırasıyla su deposundan, damla oluşturunucuların bulunduğu ve su yüksekliğindeki değişimi kontrol ederek intensitenin (yağış şiddeti) ayarlanabildiği uygulama tankından ve deneme parsellerinin konulduğu yağmur havzasıdır. Yağmur damlalarının havzada homojen bir dağılımı oluşturmada yardımcı olması için iki üfleyici pervaneden faydalanılmıştır (Erpul ve Çanga 2001).

Zeminden 3 metre yukarıda bulunan, tabanında 5 mm çaplı damla oluşturunucuların yer aldığı uygulama tankı, 15 cm yükseklikte ve 120 cm çapında dairesel bir yapıya sahip olup elektrikli bir motor mili vasıtasıyla sistemi 1 devir  $dk^{-1}$  hızla döndürmektedir. Böylece, oluşturulan yağmur damlacıklarının arzu edilen konumsal dağılımı hedeflenmiştir (Gabriels ve De Boodt 1975). Tankın yan taraflarında değişik yüksekliklerde yerleştirilmiş ayarlama delikleri ile 2,5 - 4,5 - 6,5 ve 8,5 cm yükseklikte su yükü sağlanabilmektedir. Bu ayarlamayla bağlantılı bir akaç sistemiyle gelen fazla su tekrar depoya drenajı sağlanır (Şekil 3.3).

Zeminde yer alan yağmurlama havzası açık dairesel bir kap şeklinde olup 1680 cm çapa ve 33,5 cm yüksekliğe sahiptir. Yağmurlama havzasının içine toprak koyulan tavalar 20 cm genişlikte ve 55 cm uzunlukta, derinliği ve eğimi ayarlanabilme özelliğindedir. Tava uçları, yüzeyde oluşan akış sularını toplayabilmek amacıyla daraltılarak uzatılmıştır (Şekil 3.3). Tavaların alt kısımları, infiltrasyondan oluşacak suları toplayabilmek amacıyla ön kısmı delinmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Yapay yağmurlama ünitesi

Yağmur damlaları, damla oluşturmuculardan sağlanmaktadır. Damla oluşturmucular, 1,8 cm uzunluğunda plastik tıpa içinde, 4 cm uzunlukta ve 0,5 cm çapta bir camdan oluşmuştur. Uygulama tank tabanına açılan deliklere 96 tane 0,5 cm çapında, yağmur damlası oluşturmucular içten dışa doğru simetrik şekilde eksnlere doğru açılarak yerleştirilmiştir (Mutchler ve Moldenhauer 1963, Gabriels ve De Boodt 1975).

Uygulama tank tabanındaki damla oluşturmucuların yerleşimi şekil 3.4’de verilmektedir. Damla oluşturmucuların bulunduğu dairesel yüzey 8 'e bölünmüş her bölümde  $96 / 8 = 12$  damla oluşturmucu bulunmaktadır.

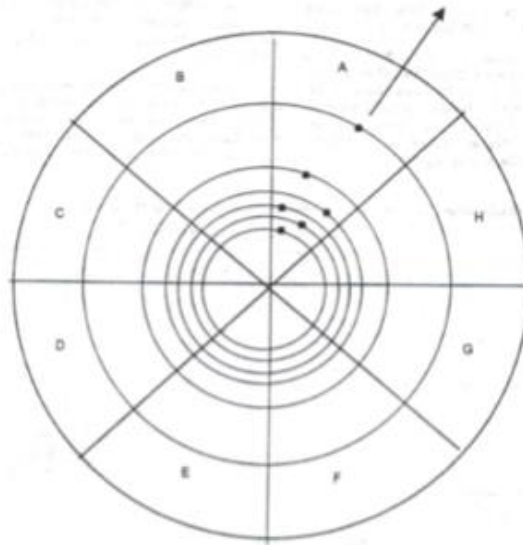
Damlanın çapı ( $d$ , mm) ile damlanın hacmi ( $V$ ,  $m^3$ ), kütlesi ( $m$ , kg) ve damla yüzeyinin alanı ( $A$ ,  $m^2$ ) sırayla eşitlik (3.1), (3.2) ve (3.3) yardımı ile bulunmuştur. Bu çalışmada damla çapı  $d = 5$  mm olarak alınmıştır.

$$V = \frac{\pi}{6} d^3 \quad (3.1)$$

$$m = Pw \cdot V \quad (3.2)$$

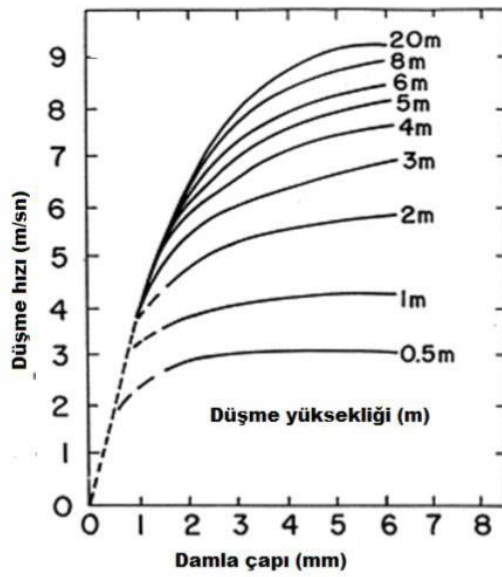
$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \quad (3.3)$$

Bu çalışmada kullanılan damla oluşturmalarından sağlanan bir yağmur damlasının hacmi, kütlesi ve yüzey alanı sırasıyla  $6,54 \times 10^{-8} m^3$ ,  $6,54 \times 10^{-5} kg$  ve  $1,963 \times 10^{-5} m^2$  olarak hesaplanmıştır.

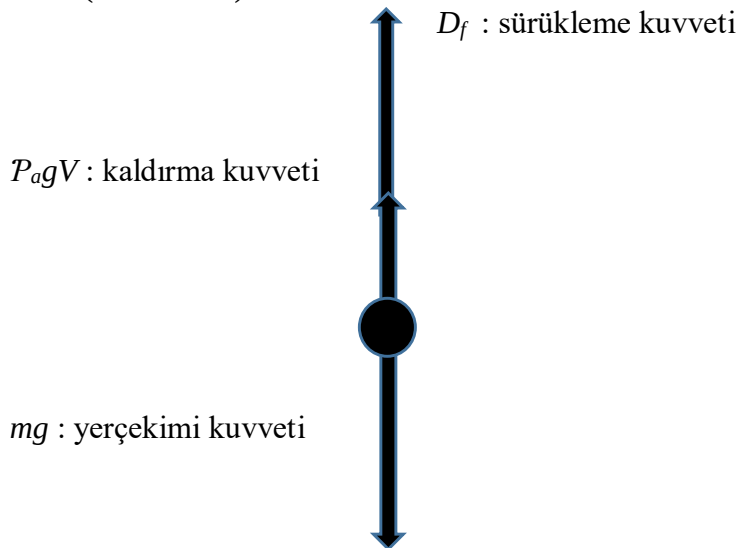


Şekil 3.4 Uygulama tankındaki damla oluşturmalar ve yerleşim planı

Damla oluşturucuların bulunduğu uygulama tank tabanı ile yağmurlama havzasının arasında 3 m'lik dikey mesafe vardır. Damlaların düşme hızı, çapı ve düşü yüksekliğinden yararlanılarak şekil 3.4'de verilen grafik yardımıyla bulunmuştur (Laws 1941). Doğal atmosferik şartlar altındaki bir damlanın düşme hızı (veya damla terminal hızı,  $v$ ,  $m s^{-1}$ ), o damlanın üzerine etki eden sürüklenme kuvveti ( $D_f$ ), kaldırma kuvveti ( $P_{ag}V$ ) ve yer çekimi kuvveti ( $mg$ ) göz önünde bulundurularak Newton'un 2. hareket yasası ile belirlenmiştir (şekil 3.5). Damla karakteristiklerinin belirlenmesinde kullanılan eşitlikler (3.4)'den (3.11)'e kadar verilmiş olup bu eşitliklerde kullanılan simge ve birimler çizelge 3.1'de gösterilmiştir.



şekil 3.5 Farklı düşü yükseklikleri için damla çapı ve düşme hızı arasındaki ilişki (Laws 1941)



şekil 3.6 Durgun hava koşullarında yağmur damlası üzerine etki eden kuvvetler

Newton'un 2. Hareket Yasası ile

$$\sum F = ma = 0 \quad (3.4)$$

$$D_f = \frac{1}{2} C_d P_a v^2 A \quad (3.5)$$

$$mg - P_a g V - \frac{1}{2} C_d P_a v^2 A = 0 \quad (3.6)$$

$$P_w g \frac{\pi d^3}{6} - P_a g \frac{\pi d^3}{6} - \frac{1}{2} C_d P_a v^2 \frac{\pi d^2}{6} = 0 \quad (3.7)$$

$$v = \left[ \frac{4}{3} \frac{gd}{C_d} \left( \frac{P_w}{P_a} - 1 \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.8)$$

Çizelge 3.1 Formüllerde kullanılan simge ve birimler

| Simge    | Açıklama            | Birim                                                          |
|----------|---------------------|----------------------------------------------------------------|
| $\sum F$ | Kuvvetler toplamı   | $\text{kg m}^{-1}\text{s}^{-2} = \text{N (Newton)}$            |
| $D_f$    | Sürüklenme kuvveti  | $\text{kg m}^{-1}\text{s}^{-2} = \text{N (Newton)}$            |
| $V$      | Damla hacmi         | $\text{m}^3$                                                   |
| $m$      | Damla kütlesi       | $\text{kg}$                                                    |
| $A$      | Damla yüzey alanı   | $\text{m}^2$                                                   |
| $v$      | Damla terminal hızı | $\text{m s}^{-1}$                                              |
| $d$      | Damla çapı          | $\text{m}$                                                     |
| $P_a$    | Havanın yoğunluğu   | $\text{kg m}^{-3}$ (25 °C'de $P_a = 1,177 \text{ kg m}^{-3}$ ) |
| $P_w$    | Suyun yoğunluğu     | $\text{kg m}^{-3}$ (25 °C'de $P_w = 1000 \text{ kg m}^{-3}$ )  |
| $C_d$    | Sürtünme katsayısı  | Birimsiz ( $C_d=0,4$ )                                         |
| $g$      | Yerçekimi ivmesi    | $\text{m s}^{-2}$ ( $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$ )              |

Bu durumda, eğer 5 mm çapındaki bir yağmur damlası belirli bir yükseklikten terminal hızda düşseydi, eşitlik (3.8)' den faydalanılarak yapılan hesaplama sonucunda terminal hızı  $11,8 \text{ m s}^{-1}$  olmalıydı, fakat yapılan araştırmada damlalar 3 m yükseklikten düştüğü için damla hızları Laws (1941)'a göre şekil 3.5 yardımıyla  $6,75 \text{ m.s}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Bu durumda yapay yağmurlama ünitesinde 5 mm çapında damla oluşturmaları kullanılarak yapılan çalışmada, olması gereken damla terminal hızının ancak % 58'ine ulaşmaktadır.

$v_d$  = Damla düşme hızı ( $v_d$ , m s<sup>-1</sup>) ve kütesinden (m, kg) faydalanılarak 3 m yükseklikten düşen 5 mm çapındaki bir damlanın kinetik enerjisi eşitlik (3.9)'den faydalanılarak hesaplanıp ve 1,491 x 10<sup>-3</sup> kg m<sup>2</sup> s<sup>-2</sup> veya “jul” olarak bulunmuştur.

$$KE_d = \frac{1}{2} m v_d^2 = kg(m s^{-1})^2 = \text{jul} \quad (3.9)$$

Buna ilaveten, yağışların toplam kinetik enerji akışlarını belirlemek amacıyla yağış konsantrasyonundan yararlanarak (I, m s<sup>-1</sup> veya m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), birim alana birim zamanda düşen damla sayısı belirlenmiştir ( $\Xi$ , # m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>). “I” ile “” arasındaki matematiksel bağıntı eşitlik (3.10)'de verilmiştir.

$$\Xi = \frac{I}{V} = \frac{I}{(\frac{\pi}{6}d^3)} = \frac{6}{\pi} \frac{I}{d^3} = \left\{ \frac{m^3 m^{-2} s^{-1}}{m^3} \right\} = \# m^{-2} s^{-1} \quad (3.10)$$

Yağmurlamalar 75 ve 120 mm saat-1'lik (2,08 x 10<sup>-5</sup> ve 3,33 x10<sup>-5</sup> m s<sup>-1</sup>) iki farklı yağış şiddeti koşulunda gerçekleştirilmiştir.

Yağış şiddetindeki olası değişimler 15'er dakika aralıklar ile yağmurlama havzası içine yerleştirilen bir yağışölçer (intesite ölçer) yardımıyla kontrol edilmiştir. Bazı ölçümler dışında bir saat'lik yağmurlamalar esnasında yağış şiddetlerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir.

Birim zamanda birim alana aktarılan toplam yağış enerjisi (KET, jul m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) ise eşitlik (3.11)'de gösterildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$KE_T = E_d = \text{jul} \frac{\#}{m^2 s} = j. m^{-2} s^{-1} \quad (3.11)$$

### 3.1.4 İnfiltrasyon parametrelerinin elde edilmesi

İnfiltrasyon, birden fazla faktörün etkisiyle oluşan sürekli ve aniden değişen karışık bir oluşumdur. İnfiltrasyonu etkileyen birçok faktör bulunmakta ve bunların en önemlileri porozite, sıcaklık derecesi, nem içeriği, strüktür, tekstür, organik madde, kolloidal yapı,

hapsolmuş hava ve sıcaklıktaki değişimi gibi fiziksel özellikler ile kimyasal (alkalilik, tuzlu, vb.) ve biyolojik aktivitedir. Bunların dışında topoğrafya, toprak yüzeyinin eğimi, bitki örtüsü, toprağın işlenme şekli, toprakta yetiştirilecek ürünün ekme-dikme-sulama vb kültürel uygulamalar, otlatma derecesi, sulama zamanı ve yağış yoğunluğu infiltrasyona etki eden faktörlerdir (Delibaş 1994).

İnfiltrasyon hızının ölçülmesi için her koşullarda uygulanabilecek genel bir yöntem bulunmamaktadır. İnfiltrasyon hızını ölçme yönteminin seçiminde deneyim ve bilgi birikimi büyük önem arz etmektedir. Toprağın infiltrasyon hızının belirlenmesinde çeşitli yöntemler (tek- çift silindir infiltrometreler, karık-tava yöntemi, laboratuvar yöntemler, vb.) bulunmaktadır. (Aydın ve Kılıç 2010).

Toprak kum, silt, kil gibi farklı büyüklükteki taneciklerin oluşturduğu bir materyaldir. Toprak içerisinde kumun miktarındaki artış infiltrasyonun hızını artırır, ancak kil miktarındaki artış infiltrasyon hızını azaltır. Genel olarak tekstürdeki farklılıkların infiltrasyon hızına etkisi Çizelge 3.2’de verilmektedir (Delibaş 1994).

Çizelge 3.2 Farklı tekstür topraklarındaki ortalama infiltrasyon hızları (Delibaş 1994)

| Tekstür sınıfı | Ortalama İnfiltrasyon hızı, $\text{cm h}^{-1}$ |                  |
|----------------|------------------------------------------------|------------------|
|                | Bitki örtüsü var                               | Bitki örtüsü yok |
| Kaba kum       | 2,0- 2,5                                       | 1,2              |
| İnce kum       | 1,2- 2,0                                       | 1,0              |
| İnce kumlu tın | 1,2                                            | 0,8              |
| Siltli tın     | 1,0                                            | 0,7              |
| Kil tın        | 0,8                                            | 0,6              |
| Kil            | 0,5                                            | 0,2              |

İnfiltrasyon hızının belirlenmesinde birçok yöntem mevcut olup uygulama kolaylığı açısından en çok kullanılan yöntem çift silindirli infiltrometre yöntemidir. Çift silindirli infiltrometre yöntemi 2 mm sacdan yapılan, dış silindir çapı 40 cm, iç silindir çapı 20-25 cm ve yüksekleri 40 cm olan metal iki silindirin iç içe geçmesiyle oluşmuştur. Toprağa kolay çakılabilmeleri için silindirin altındaki uçlar keskinleştirilmelidir. İçteki silindir gözlem silindiri olarak kullanılır (Güngör vd. 2004).

### 3.2 Yöntem

#### 3.2.1 Toprak örneklerinin alınması

Yağmurlama denemesinde deneme tarlalarından alınan 20 adet toprak örneği, tekstür analizi sonuçlarına göre 2 farklı toprak tekstürünü temsil eden tarlalardan alınmıştır. Toprak işleme derinliği (Ap pulluk katmanı) ve yağmur damlalarının çarpma etkisinin yüzeydeki toprağı etkilediği için, örnek alma derinliği 0-20 cm olarak belirlenmiştir. Her bir tekstür kullanımı için aşağıda gösterilen alanlardan alınan örnekler traktör vasıtası ile seraya taşınıp tahta tokmakla dövülüp 8 mm' lik elekten elenerek ortalama 750 ile 800 kg kadar toprak örneğinde yapılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 C ve CL tekstürlü toprak örneklerinin alındığı alanlar

#### 3.2.2 Toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi için uygulanan yöntemler

**Toprak Reaksiyonu (pH):** Toprak örneklerinin pH değeri hazırlanan doygunluk çamurunda, yüzey akışı ve infiltrasyon sularında cam elektrotlu Orion 720 A model pH/iyonometre kullanılarak belirlenmiştir (Gewelling ve Peech 1960).

**Elektriksel iletkenlik (EC):** Elektriksel iletkenlik değeri yüzey akışı, infiltrasyon suları ve saf su ile hazırlanan doygunluk çamurunda EC metre ile belirlenmiştir (Richards 1954).

**Nem:** Belli miktardaki toprak örneği 105 °C de 24-48 saat etüvde kurutularak belirlenmiştir (Staff 1954).

**Tarla kapasitesi:** Toprakların tarla kapasitesi değeri basınçlı membran aleti ile 1/3 atmosfer basınç altında belirlenmiştir (Anonim 1954).

**Solma noktası:** Basınçlı membran aleti ile 15 atmosfer basınç altında belirlenmiştir (Anonim 1954).

**Kalsiyum karbonat (CaCO<sub>3</sub>):** Richards (1954)'e göre Scheibler kalsimetresi ile volumetrik olarak belirlenmiştir.

**Tekstür (Bünye):** Toprak örneklerinin kum, silt ve kil fraksiyonları, Bouyoucos (1951) tarafından bildirildiği şekilde hidrometre yöntemine göre belirlenmiştir.

**Hacim ağırlığı: Doğal** yapısı bozulmamış toprak örnekleri 105°C'de kurutularak fırın kurusu ağırlıkları tespit edilmiştir. Fırın kurusu ağırlığı/silindir hacmi ile de hacim ağırlıkları belirlenmiştir (Gülçur 1974).

**Organik madde:** Nelson ve Sommers (1996) tarafından bildirildiği Şekilde modifiye Walkley – Black yöntemine göre tayin edilmiştir.

**Bitkiye yararlı fosfor (P):** Toprak örneğinde fosfor Olsen vd. (1954) tarafından bildirildiği Şekilde, 0.5 N NaHCO<sub>3</sub> (pH: 8.5) ile ekstrakte edilerek çözeltiye geçen fosfor (P), molibdofosforik mavi renk yöntemine göre spektrofotometrede belirlenmiştir.

### **Katı fazda yapılan analizler**

**Toplam fosfor (P):** Yüzey akışı ile parselden uzaklaşan sedimentler süzülerek ayrılacak, kurutulup ve tartılarak miktarı belirlenecektir. Daha sonra yeterli miktarda örnek alınarak Kacar (2008) de bildirilen yaş yakma yöntemi kullanılarak çözelti fazına geçirilmiştir. Çözeltinin P konsantrasyonu vanado molibdo fosforik mavi renk metodu ile spektrofotometre ile belirlenmiştir.

**Kasyon değişim kapasitesi (KDK):** Toprağın sahip olduğu negatif yükler nedeniyle tutabildiği yani adsorbe edebildiği değişebilir kasyonların toplam miktarına Kasyon değişim kapasitesi (KDK) denir ve me/100g olarak ifade edilir.

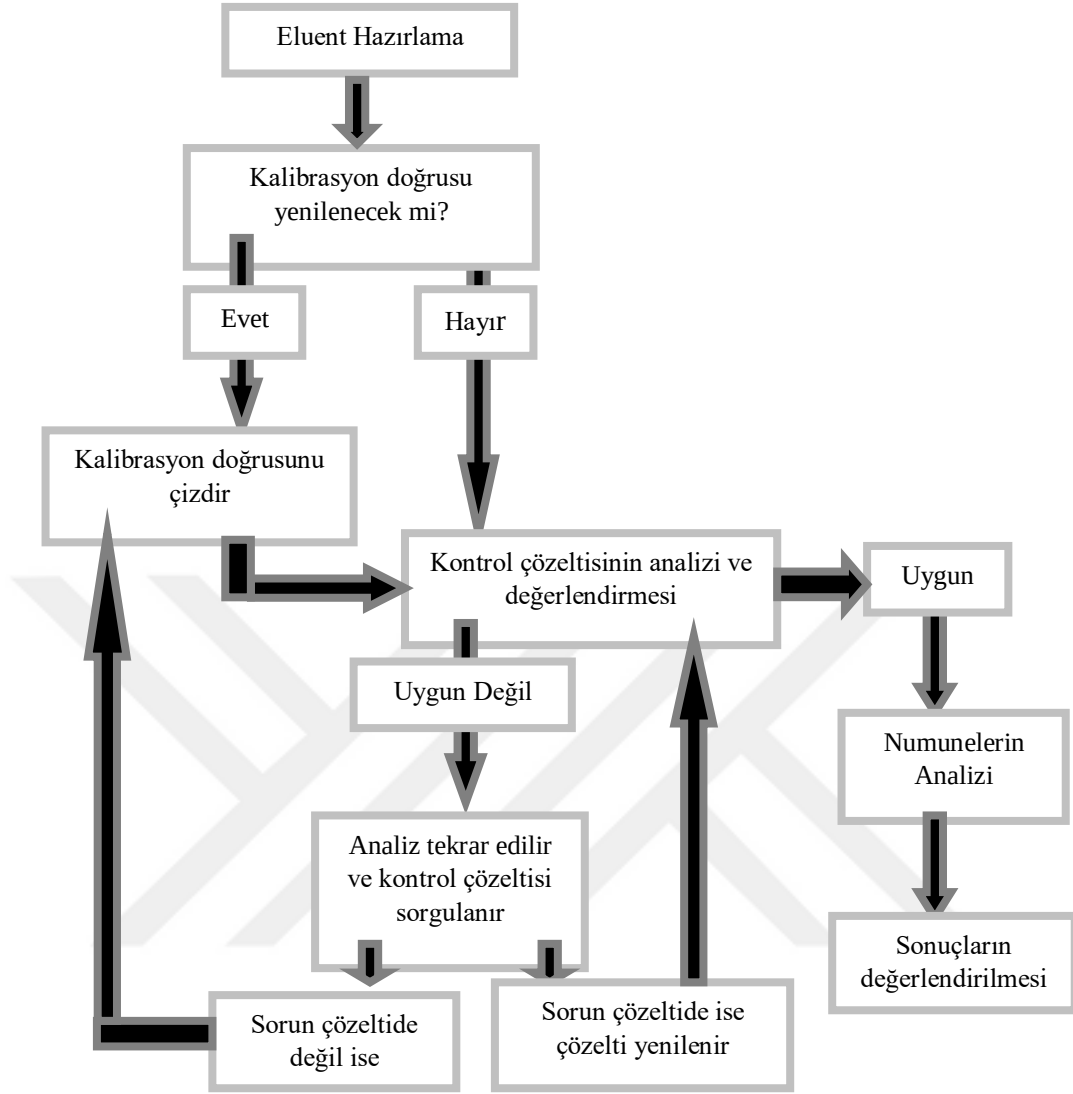
me:1 miliekivalangam; 1 miligam  $H^+$  iyonu ile bağlanan veya onun yerine geçen diğer bir iyonun miktarıdır.

Buna göre: bir toprağın KDK'sı 10 me/100 g olarak ifade edilmesi; 100 g toprağın 10 mg  $H^+$  veya ona eşdeğer kasyonu tutabileceğinin göstergesidir

Kil Mineralli inorganik kolloidler olan toprak kolloidlerinin Kasyon Değişim Kapasitesi (KDK) Kaolinit 3-15 me/100g İllit 10-40 me/100g Klorit 10-40 me/100g Montmorillonit 80-120 me/100g Vermikülit 100-150 me/100g, Organik kolloidler olan Humus (Humik maddeler) KDK=300-1400 me/100g' dir. Poremio ve Rhoades (1977) tarafından bildirildiği gibi sodyum asetat metoduna göre belirlenmiştir.

### **Sıvı fazda yapılan analizler**

Sıvı fazda iyon kromatografisi ile  $NH_4$ ,  $NO_3$  ve  $PO_4$  analizleri yapılacaktır. İyon kromatografisinde yapılacak işlemlerin akış şeması Şekil 3.8' de verilmiştir.



Şekil 3.8 İyon kromatografisi ile anyon ve katyon analizleri sırasında yapılan deneysel işlemler iş akış şeması

### 3.2.3 Yağmurlama ve gübreleme denemelerinin kurulması ve yürütülmesi

Yağmurlama ünitesinde oluşturulan yağışlarda taşınma süreçleri 75 ve 120 mm / saat 2 farklı yağış intensitesinde, % 6, 12 ve 18'lik 3 farklı eğim derecesinde, killi (C) ve kil tın (CL) olmak üzere 2 farklı toprak tekstüründe 3 tekerrülü olacak şekilde dizayn edilerek toplamda 36 adet gübreli ve 36 adet gübresiz yağmurlama denemesi gerçekleştirilmiş olup her 15 dakikada bir yüzey akıştan ve infiltrasyondan alınan sular ile birlikte 576 örnek analiz edilmiştir.

Toprak tavalarna kaba filtre kağıdı serildikten sonra topraklar 8 mm'lik elekten elendikten sonra homojenliği sağlamak için 3-4 kez harmanlandıktan sonra tavalara aktarılmıştır. Tavalara 8 cm derinlikte aktarılan topraklara üzerine 3,206 g Amonyum Nitrat gübresi ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) ve 3,023 g Triplesüperfosfat ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) gübresi uygulanmıştır. Tavaların üzerine 2 cm daha toprak ilavesi yapılarak yağmur damlalarının sıçrama sonucu sebep olacağı kayıplar ile vantilatörlerin sebep olacağı rüzgârdan oluşacak kayıplar engellenmiştir. 10 cm derinliğinde yerleştirilen örnekler tahta tokmakla yandan ve alttan birer kere vurulmak suretiyle sıkıştırılmış, sprej yardımıyla doymun hale ulaşana kadar ıslatılmışlardır. Önceden ıslatma ile damla oluşturunclar vasıtasıyla oluşturulan yapay yağmur damlaları basınçlı olarak yağmurlamanın yapıldığı alana dağılmadığından deneme parsellerinin infiltrasyona başlamasını ve yüzey akışı hızlandırılmıştır. Çalışma serbest drenaj koşullarında sera şartlarında yapılmıştır.

#### **3.2.4 Yağmurlama ve gübreleme denemelerinde uygulanan konular**

- Uygulanan Amonyum Nitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) gübresi miktarı 3,206 g
- Uygulanan Triplesüperfosfat ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) gübresi miktarı 3,023 g
- Uygulanan yağış intensitesi 75 mm/h ve 120 mm/h
- Toprak tekstürü Kil (C) ve kil tın (CL)
- Zaman (15, 30, 45 ve 60. dakika)

10 kg/da Azot (N) uygulaması için; %33'lük Amonyum Nitrat gübresi ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) gübresi hesaplamasından yola çıkarak  $10/0,33=30,303$  kg/da Amonyum Nitrat gübresi buda tavanın yüzey alanı:  $0,54*0,196 = 0,1058 \text{ m}^2/\text{tava}$  hesabından

1000  $\text{m}^2$  ye 30,303 kg uygulanırsa

0,1058  $\text{m}^2$  ye (X) kaç g uygulanır hesabından  $X = (0,1058 * 30,3)/1000$

$X = 0,003206 \text{ kg} = 3,206 \text{ g}$

**3,206 g/ deneme parseli Amonyum Nitrat gübresi ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )**

12 kg/da Fosfor (P) uygulaması için; %42'lik Triplesüperfosfat ( $P_2O_5$ ) gübresi hesaplamasından yola çıkarak  $12/0,42 = 28,571$  kg/da Triplesüperfosfat gübresi

1000 m<sup>2</sup> ye 28,571 kg uygulanırsa

0,1058 m<sup>2</sup> ye (X) kaç g uygulanır hesabından  $X = (0,1058 * 28,571)/1000$

$X = 0,0030228$  kg = 3,023 g

### **3,023 g/deneme parseli Triplesüperfosfat ( $P_2O_5$ ) gübresi**

Deneme parselleri yapay yağmur simülatörüne şekil 3.3'de görüleceği gibi 120 derece açı ile yerleştirilmiştir. Her bir yağmurlamada intensite sabit kalmak şartı ile 60 dakika boyunca 15 dakikalık zaman aralıkları ile deneme parselinde oluşan yüzey akışlar ve sedimentler ile infiltrasyon sonucu oluşan dikey akış toplanmış ve bu akış miktarları ölçülmüştür. Yüzey akışları ve bu akışla taşınan sedimentler tavaların uç kısımlarına yerleştirilen toplama kapları ile infiltrasyon miktarı da tavaların altındaki deliklere yerleştirilen kavanozlar ile 15'er dakikalık aralar ile 4 ayrı zaman için değerlendirme amaçlandığından yapılan denemeyi tesadüfi parsellerde parçalı zamana göre faktoriyel desenli üç paralelli dizayn edilmiştir. Yağmurlama denemesinden alınan toplam örnek sayısı çizelge 3.3'de verilmiştir. Yağış intensitesinde muhtemel farklılıklar sistemin içerisine konulan bir plüviyometre ile 15'er dakikalık sürelerle kontrolü sağlanmıştır. Simülatör tankının içindeki su seviyesini ayarlayarak arzu edilen yağmur intensitesine ulaşabilmektedir. Bu nedenle, tankın içindeki suyun seviyesi sürekli izlenerek oluşabilecek değişimin direk olarak yağış yoğunluğunu etkileyeceği bilinmelidir.

Çizelge 3.3 Yağmurlama denemesinden alınan toplam örnek sayısı

| Yağmurlama denemesi faktörleri              | Sayı |
|---------------------------------------------|------|
| Toprak tekstürü (C, CL)                     | 2    |
| İntensite (75 mm, 120 mm)                   | 2    |
| Eğim (% 6, 12, 18)                          | 3    |
| Tekerrür                                    | 3    |
| Örnek alma süresi (15-30-45-60)             | 4    |
| Örnek alma yeri (infiltrasyon- yüzey akışı) | 2    |
| Gübresiz (Blenk)                            | 2    |
| Toplam Örnek Sayısı                         | 576  |



Şekil 3.9 Yağmurlama denemelerinden bir görünüm

### 3.2.5 Yüzey akış ve taşınan sediment ile infiltrasyon miktarının belirlenmesi

Yağmurlama denemesinden alınan yüzey akış örnekleri ile infiltrasyondan elde edilen örnekler ölçü silindiri yardımı ile hacimsel olarak ölçülmüştür. Analizi yapılmak üzere 250 cc lik pet şişelerde buz aküleri yardımı ile soğuk hava zinciri oluşturularak laboratuvara taşınmış ve şekil 3.10’da görüleceği gibi filtre edilerek pH, EC değerleri ölçülmüş, İyon Kromotografisi cihazında amonyum, nitrat ve fosfat analizleri yapılmıştır.



Şekil 3.10 Laboratuvar çalışmalarından bir görünüm

Akış başlatma süresi, her yağış deneyinin başında bir süreölçer ile ölçüldü. Tüm akış ve sediment örnekleri, 1 saatlik zaman boyunca 15, 30, 45 ve 60. dakikalık noktalarda işaretli plastik kaplarda sürekli olarak toplanmıştır. Akış hacmi hacimsel olarak ölçüldü ve sediment kurutma ve tartma ile ölçüldü. Deneme başına (24 örnek) örnekler 24 saat boyunca sediment tamamen kaplar altına çöktürüldü, sonra elde edilen saf su ve underlayer sedimentlerin akış ve çökelti örnekleri elde etmek için, sırasıyla ayrıldı. Sedimentler, şekil 3.11’de görüleceği gibi altı ila sekiz saat boyunca 105°C’de sabit bir ağırlığa sahip bir fırında kurutuldu ve daha sonra kuru tortu ağırlığını belirlemek için tartıldı. Akış oranları ( $L\ dk^{-1}$ ) ve sediment oranları ( $g\ dk^{-1}$ ), akış hacimlerinin ve sediment yüklerinin birim başına zaman dilimine göre bölünmesi olarak belirlenmiştir (Zhao vd. 2015).



Şekil 3.11 Sediment çalışmalarından bir görünüm

Yüzey akıştan elde edilen sedimentler şekil 3.12 ve şekil 3.13’de görüleceği gibi Hotblackde Nitrik ( $\text{HNO}_3$ ) ve Hidroklorik ( $\text{HClO}_4$ ) asitte yaş yakma yöntemi ile analize hazırlanıp spektrofotometrede okunarak sedimentte toplam fosfor bulunur.



Şekil 3.12 Sediment yaş yakma çalışmalarından bir görünüm



Şekil 3.13 Sedimentin spektrofotometrede fosfor (P) okumasından bir görünüm

### 3.3 Değerlendirme ve İstatistik Analizleri

Verilerin değerlendirilmesi “IBM SPSS 22.0” bilgisayar paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Yağmurlama denemesinde elde edilen veriler genel doğrusal modellerden (GLM) tekrar eden ölçümler deneme deseni (One-Way ANOVA with Repeated Measures) kullanılarak deneme konuları arasındaki tekstür, gübre, eğim ve intensitenin varyasyon kaynaklarına ait hipotez testleri tesadüfi parsellerde faktöriyel deneme desenine göre zamana bağlı tekrarlanan ölçümlü varyans analizi (Repeated measurement anova) metoduna göre analizi yapılmıştır. Tekrar eden ölçümler deneme deseninin en önemli özelliği incelenen değişkenin kendisinin aynı zamanda kendi kontrol muamelesi olmasıdır. Bu özelliğinden

dolayı, tekrar eden ölçümler deneme deseni hata kareleri ortalamalarını çok düşük bir değer olarak hesaplama yeteneğindedir. Çok değişkenli regresyon analizlerinin (multivariate regression models) tam modelleri elde edildikten sonra yağmurlama denemesi ve deneme konularının ortalamaları kullanılarak “Bonferoni” testi aracılığıyla önem dereceleri  $P = 0,05$  güven sınırı değerinde Bonferroni‘ nin en az önemli fark (LSD) kriterine göre %95 güven aralığı hesaplanarak ortalamalar karşılaştırılmıştır. Marjinal ortalamaların esas etkilerinin karşılaştırılması faktörler-içi ve faktörler-arası için tam model oluşturularak yapılmış ve esas etkiler detaylı incelenmiştir.

Uygulamaların aralarındaki farkları da “Duncan” çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme tarlalarından alınan topraklar analiz edilerek 2 ayrı tekstürde 3 er nokta belirlenerek araştırmada kullanılmışlardır. Deneme topraklarının genel ve özel analizler yapılmıştır. Daha sonraki aşamalarda ise uygulanan gübrelerin yapay yağmurlama neticesinde deneme parsellerinden sırasıyla yüzey akışı, infiltrasyon ve sediment ile taşınan azot ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), fosfor ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) çalışmasının verileri değerlendirilmiştir.

##### 4.1 Deneme Toprağının Özellikleri

Yağmurlama denemeleri öncesinde, toprağın özelliklerini belirlemek için yapılan genel toprak analizlerinin değerleri çizelge 4.1 ve 4.2’de verilmiştir. Sonraki kısımlarda ise yağmurlama denemesinden elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

Çizelge 4.1 0-20 cm den alınan örneklerin tekstür analizi

| Örnek Numarası | % Kum | % Silt | % Kil | Tekstür | % Saturasyon |
|----------------|-------|--------|-------|---------|--------------|
| 1              | 27,2  | 30,0   | 42,8  | C       | 63           |
| 2              | 23,2  | 34,0   | 42,8  | C       | 66           |
| 3              | 27,2  | 30,0   | 42,8  | C       | 61           |
| 4              | 37,2  | 26,0   | 36,8  | CL      | 53           |
| 5              | 41,2  | 24,0   | 34,8  | CL      | 50           |
| 6              | 37,2  | 28,0   | 34,8  | CL      | 55           |

Çalışmada kullanılan topraklar tuzluluğun ve alkaliliğin etkisinde bulunmayan hafif alkali karakterde, orta kireçli topraklardır. Topraklarda SAR değeri ile ESP değeri düşük düzeydedir.

Toprakların tane büyüklük dağılımları Bouyoucos Hidrometre yöntemine göre hidrometre okumaları ile belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Toprak örneklerinin alındığı alan, farklı formasyonları menderesler çizerek gelen Çubuk çayının sedimantasyon sahası olduğundan tekstür analizindeki kil kolloidlerinin Katyon

Değişim Kapasitesi (KDK) 26,26 ila 36,65 me/100 g arasında olup KDK sı düşük olan Kaolinit, İllit ve Klorit karışımından oluşmuş allüvial karakterli topraklardır.

Çizelge 4.2 Örneklerde temel analizler ve katyon değişim kapasitesi analizi

| Analiz Parametreleri        | Birim                  | 0-20 cm'den alınan toprak örnekleri |       |       |       |       |       |
|-----------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                             |                        | C1                                  | C2    | C3    | CL1   | CL2   | CL3   |
| Organik Madde               | % OM                   | 1,32                                | 1,10  | 1,22  | 1,72  | 1,74  | 1,82  |
| EC*10 <sup>3</sup><br>25 °C | dS m <sup>-1</sup>     | 1,433                               | 1,485 | 1,421 | 0,498 | 0,489 | 0,502 |
| Ekstrakt pH'sı              |                        | 8,16                                | 8,14  | 8,19  | 8,27  | 8,24  | 8,26  |
| Toplam Çözünmüş Tuzlar TDS  | me lt <sup>-1</sup>    | 15,79                               | 15,39 | 15,84 | 5,79  | 6,03  | 5,56  |
| Sodyum Yüzdesi              | %                      | 16,25                               | 17,10 | 15,65 | 31,10 | 30,16 | 32,00 |
| Sodyum Adsorpsiyon Oranı    | SAR                    | 1,05                                | 1,10  | 1,01  | 1,34  | 1,32  | 1,36  |
| Değişebilir Sodyum Yüzdesi  | ESP                    | 1,67                                | 1,64  | 1,65  | 2,09  | 2,12  | 2,14  |
| Kireç                       | %                      | 9,3                                 | 8,9   | 9,2   | 7,1   | 6,9   | 6,8   |
| Tarla Kapasitesi (Tr)       | (1/3 atm. % Nem)       | 31,02                               | 30,40 | 31,06 | 28,04 | 26,24 | 27,02 |
| Solma Noktası (Sr)          | (15 atm. % Nem)        | 15,98                               | 16,00 | 16,10 | 15,20 | 14,21 | 12,97 |
| Volüm Ağırlık               | g / cm <sup>-3</sup>   | 1,24                                | 1,23  | 1,23  | 1,18  | 1,22  | 1,20  |
| Toplam Faydalı Rutubet      | T.A.M.                 | 5,48                                | 5,31  | 5,54  | 4,54  | 4,42  | 5,04  |
| Toplam Azot (N)             | %                      | 0,14                                | 0,15  | 0,013 | 0,06  | 0,07  | 0,10  |
| Yarayışlı Fosfor (P)        | mg / kg <sup>-1</sup>  | 17                                  | 19    | 18    | 12    | 11    | 12    |
| KDK                         | me/ 100g <sup>-1</sup> | 36,65                               | 35,22 | 36,17 | 26,43 | 26,61 | 26,26 |

#### 4.2 Gübrelerin Tanımlayıcı Özellikleri

Denemede kullanılan azot (N) nötr karakterli bünyesinde %50 amonyum ve %50 nitrat içeren %33'lük azot içerikli Amonyum Nitrat (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) gübresi ile fosfor (P) ise % 42 fosfor (PO<sub>4</sub>) içeren Triplesüperfosfat Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O gübresi temin edilerek deneme parsellerine uygulanmıştır.

#### 4.3 Yüzey Akışı

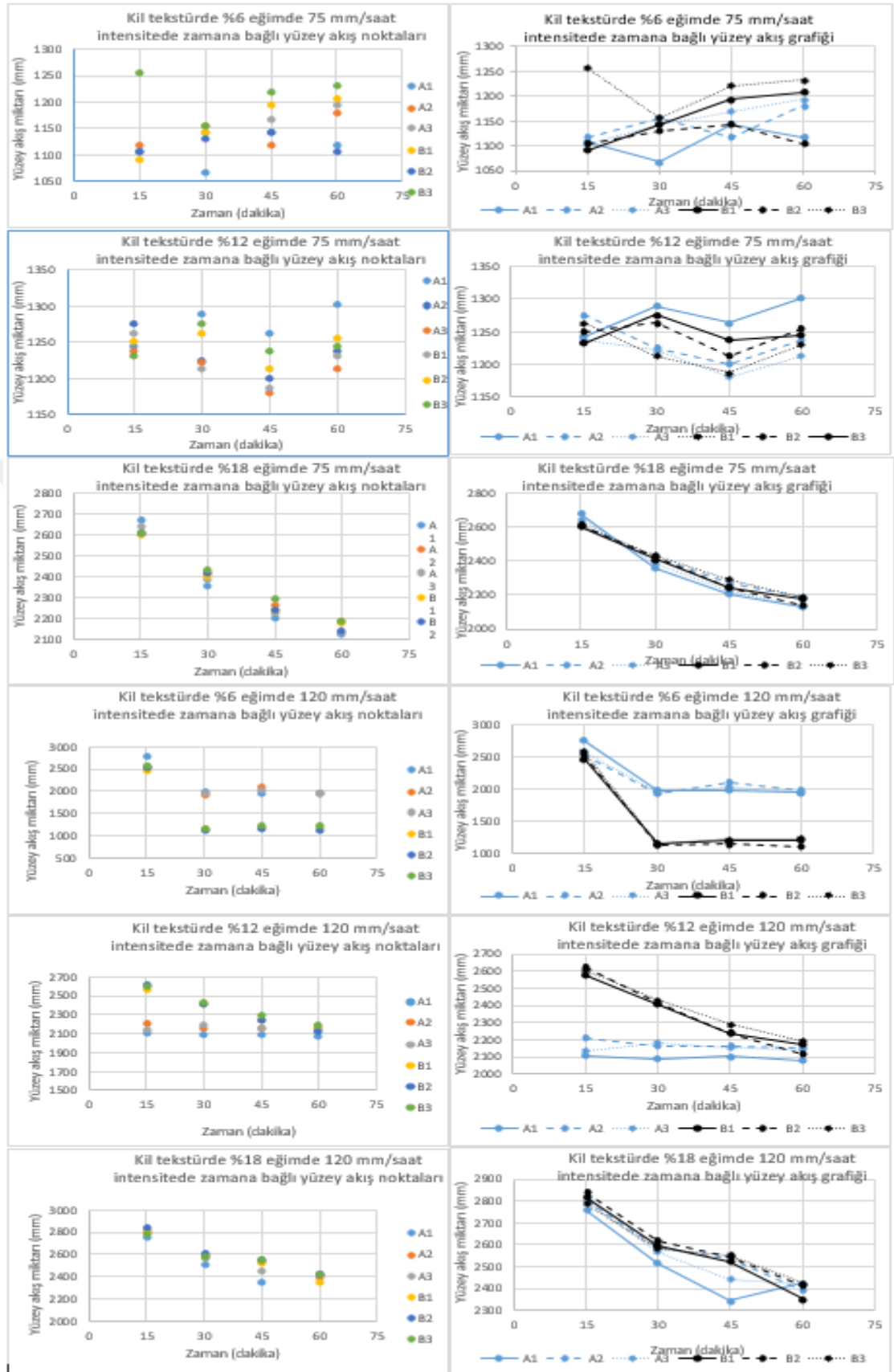
Deneme parselinde; toprak tekstürü, gübre, intensite, eğim fonksiyonlarının etkileri sonucu oluşan yüzey akış ortalamalarının ölçüm analizleri Çizelge 4.3 de verilmiştir. Yüzey Akışına en büyük etki tablodanda anlaşılabileceği üzere sırasıyla intensite olup buna eğim ve az miktarda da tekstür çok az orandada gübreleme etki etmektedir.

Yüzey Akışının; toprak tekstürü, gübre, intensite, eğim fonksiyonları ile bunlarında kendi içindeki karşılaştırma testleri “Bonferoni” testi ile yapılarak Ek 1’de ve Ek 2’de Yüzey Akışının Kendi İçinde Diğer Değişkenlerle Karşılaştırma Testleri ve etkileşim analizleri analiz tablosunda sunulmuştur.

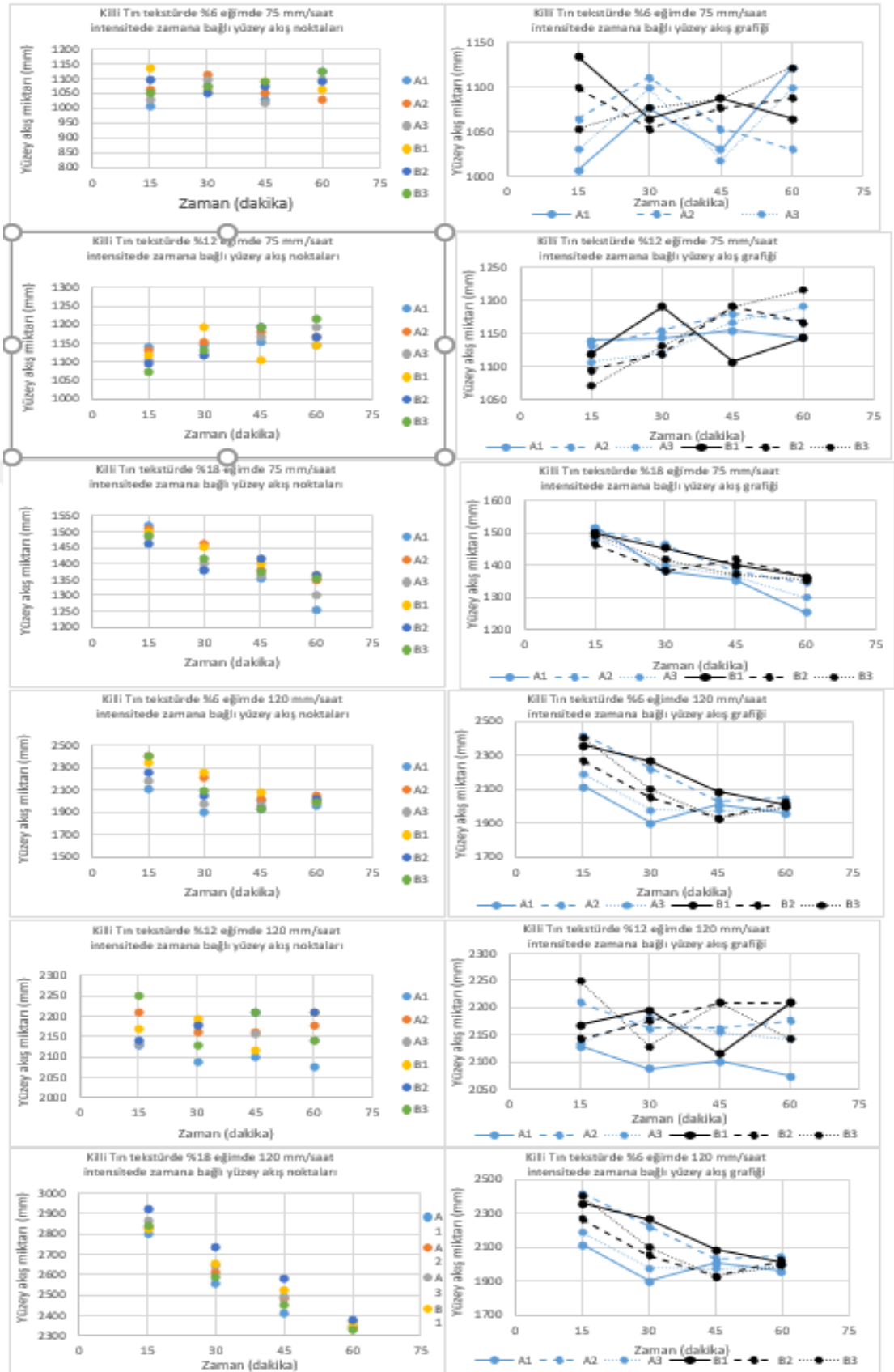
Ek 1 incelendiğinde yüzey akışına etki eden tekli faktörler önem sırasına göre **İntensite > eğim > tekstür > gübre** olup ikili faktörler ise önem sırasına göre **“tekstür + intensite” > “intensite + eğim” > “ tekstür + eğim” > “tekstür + gübre” > “gübre + eğim” > “gübre + intensite”** olup üçlü faktörler ise önem sırasına göre **“tekstür + intensite + eğim” > “tekstür + gübre + eğim” > “gübre + intensite + eğim” > “tekstür + gübre + intensite”** olup etki ve önem dereceleri, kareler ortalaması ve ilişki çeşidi eklerde yer almaktadır.

Çizelge 4.3 Deneme parsellerindeki zamana bağlı yüzey akışı ortalamaları

| Tekstur | Gubre    | İntensite (ml) | Egim (%) | Zaman(dk) |      |      |      |
|---------|----------|----------------|----------|-----------|------|------|------|
|         |          |                |          | 15        | 30   | 45   | 60   |
| Kil     | Gübreli  | 75             | 6        | 1151      | 1143 | 1185 | 1181 |
| Kil     | Gübresiz | 75             | 6        | 1110      | 1122 | 1143 | 1164 |
| Kil     | Gübreli  | 75             | 12       | 1250      | 1250 | 1212 | 1246 |
| Kil     | Gübresiz | 75             | 12       | 1250      | 1242 | 1216 | 1250 |
| Kil     | Gübreli  | 75             | 18       | 1485      | 1418 | 1397 | 1361 |
| Kil     | Gübresiz | 75             | 18       | 1503      | 1415 | 1367 | 1300 |
| Kil     | Gübreli  | 120            | 6        | 2525      | 1908 | 2088 | 1946 |
| Kil     | Gübresiz | 120            | 6        | 2621      | 1954 | 2038 | 1960 |
| Kil     | Gübreli  | 120            | 12       | 2607      | 2419 | 2257 | 2167 |
| Kil     | Gübresiz | 120            | 12       | 2641      | 2387 | 2229 | 2146 |
| Kil     | Gübreli  | 120            | 18       | 2816      | 2598 | 2540 | 2396 |
| Kil     | Gübresiz | 120            | 18       | 2787      | 2556 | 2441 | 2410 |
| Kil tın | Gübreli  | 75             | 6        | 1095      | 1065 | 1084 | 1092 |
| Kil tın | Gübresiz | 75             | 6        | 1160      | 1140 | 1168 | 1168 |
| Kil tın | Gübreli  | 75             | 12       | 1096      | 1148 | 1164 | 1176 |
| Kil tın | Gübresiz | 75             | 12       | 1335      | 1226 | 1278 | 1194 |
| Kil tın | Gübreli  | 75             | 18       | 1384      | 1301 | 1267 | 1238 |
| Kil tın | Gübresiz | 75             | 18       | 1335      | 1226 | 1278 | 1194 |
| Kil tın | Gübreli  | 120            | 6        | 2341      | 2138 | 1981 | 2006 |
| Kil tın | Gübresiz | 120            | 6        | 2239      | 2032 | 2001 | 1999 |
| Kil tın | Gübreli  | 120            | 12       | 2187      | 2200 | 2178 | 2187 |
| Kil tın | Gübresiz | 120            | 12       | 2157      | 2144 | 2139 | 2131 |
| Kil tın | Gübreli  | 120            | 18       | 2865      | 2657 | 2517 | 2352 |
| Kil tın | Gübresiz | 120            | 18       | 2832      | 2609 | 2465 | 2350 |



Şekil 4.1 Kil tekstürlü toprakata farklı eğim ve intensitenin yüzey akışına etkisi



Şekil 4.2 Killitın tekstürlü toprakata farklı eğim ve intensitenin yüzey akışına etkisi

Yüzey Akışının kil tekstürde farklı eğim ve intensitedeki grafiksel görünümü şekil 4.1 de, kil tın tekstürde ise şekil 4.2 de verilmiştir. Bu çalışmada anlaşılabileceği üzere yüzey akışına intensite ve eğimin doğrusal bir etkisi görülmektedir.

#### 4.3.1 Yüzey akışına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi

Yüzey akışına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi Çizelge 4.4'de, Yüzey akışının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması Çizelge 4.5'de Yüzey akışının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi Çizelge 4.6'da verilmiştir. Çizelgelerdeki veriler detaylı bir şekilde incelendiğinde kendi içinde birbirleriyle olan etki ve önem dereceleri ile kareler ortalaması istatistiksel olarak ( $p < 0.05$ ) %95 güven aralığında bulunmuştur.

Çizelge 4.4 Yüzey akışına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi

| Değişkenler |          | Ortalama | Standart hata | % 95 Güven aralığı |           |
|-------------|----------|----------|---------------|--------------------|-----------|
|             |          |          |               | Alt limit          | Üst limit |
| Tekstür     | Kil      | 68,924   | 0,208         | 68,505             | 69,342    |
|             | Kil tın  | 65,333   | 0,208         | 64,915             | 65,752    |
| Gübre       | Gübreli  | 67,535   | 0,208         | 67,116             | 67,953    |
|             | Gübresiz | 66,722   | 0,208         | 66,304             | 67,141    |
| İntensite   | 75,00    | 61,313   | 0,208         | 60,894             | 61,731    |
|             | 120,00   | 72,944   | 0,208         | 72,526             | 73,363    |
| Eğim        | 6,00     | 61,292   | 0,255         | 60,779             | 61,804    |
|             | 12,00    | 65,729   | 0,255         | 65,216             | 66,242    |
|             | 18,00    | 74,365   | 0,255         | 73,852             | 74,877    |

Çizelge 4.5 Yüzey akışının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması

| Değişkenler |               | Kareler toplamı | Serbestlik Derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem Derecesi (P) |
|-------------|---------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|-------------------|
| Tekstür     | Karşılaştırma | 232,022         | 1                        | 232,022            | 148,659    | 0,000             |
|             | Hata          | 74,917          | 48                       | 1,561              |            |                   |
| Gübre       | Karşılaştırma | 11,883          | 1                        | 11,883             | 7,613      | 0,008             |
|             | Hata          | 74,917          | 48                       | 1,561              |            |                   |
| İntensite   | Karşılaştırma | 2435,438        | 1                        | 2435,438           | 1560,414   | 0,000             |
|             | Hata          | 74,917          | 48                       | 1,561              |            |                   |
| Eğim        | Karşılaştırma | 2121,304        | 2                        | 1060,652           | 679,572    | 0,000             |
|             | Hata          | 74,917          | 48                       | 1,561              |            |                   |

F, toprak tekstürünün etkisini test eder. Bu test, ortalamalar arasında doğrusal olarak bağımsız ikili karşılaştırmalara dayanmaktadır.

Çizelge 4.6 Yüzey akışının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi

| Değişkenler |          |          | Ortalamalar arası fark (I-II) | Standart hata | Önem derecesi P | Fark için % 95 Güven aralığı |           |
|-------------|----------|----------|-------------------------------|---------------|-----------------|------------------------------|-----------|
|             |          |          |                               |               |                 | Alt limit                    | Üst limit |
| Tekstür     | Kil      | Kil tın  | 3,590*                        | 0,294         | 0,000           | 2,998                        | 4,182     |
|             | Kil tın  | Kil      | -3,590*                       | 0,294         | 0,000           | -4,182                       | -2,998    |
| Gübre       | Gübreli  | Gübresiz | 0,812*                        | 0,294         | 0,008           | 0,220                        | 1,405     |
|             | Gübresiz | Gübreli  | -0,812*                       | 0,294         | 0,008           | -1,405                       | -0,220    |
| İntensite   | 75,00    | 120,00   | -11,632*                      | 0,294         | 0,000           | -12,224                      | -11,040   |
|             | 120,00   | 75,00    | 11,632*                       | 0,294         | 0,000           | 11,040                       | 12,224    |
| Eğim        | 6,00     | 12,00    | -4,437*                       | 0,361         | 0,000           | -5,332                       | -3,543    |
|             |          | 18,00    | -13,073*                      | 0,361         | 0,000           | -13,968                      | -12,178   |
|             | 12,00    | 6,00     | 4,437*                        | 0,361         | 0,000           | 3,543                        | 5,332     |
|             |          | 18,00    | -8,635*                       | 0,361         | 0,000           | -9,530                       | -7,741    |
|             | 18,00    | 6,00     | 13,073*                       | 0,361         | 0,000           | 12,178                       | 13,968    |
|             |          | 12,00    | 8,635*                        | 0,361         | 0,000           | 7,741                        | 9,530     |

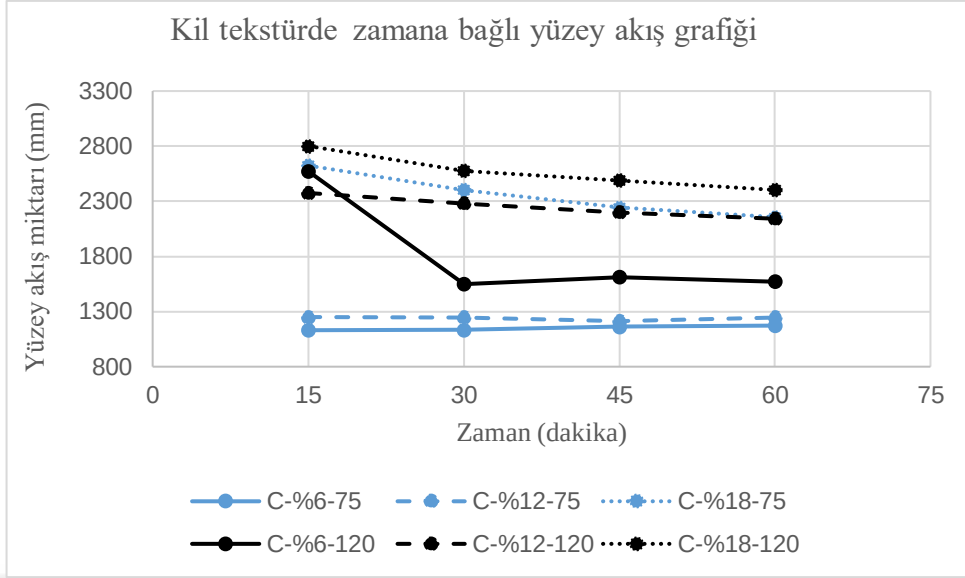
Çalışmada elde edilen sonuçlar ( $p < 0.05$ ) % 95 güven aralığı için karşılaştırılmıştır. (\*) Çokluk karşılaştırmalar “Bonferoni” testi ile yapılmıştır (b)

Deneme parsellerinde farklı tekstür, farklı intensite ve farklı eğim koşullarında zamana bağlı yüzey akış ortalamaları ml/parsel olarak Çizelge 4.7’de verilmektedir.

Çizelge 4.7 Deneme parsellerindeki zamana bağlı yüzey akışı ortalamaları

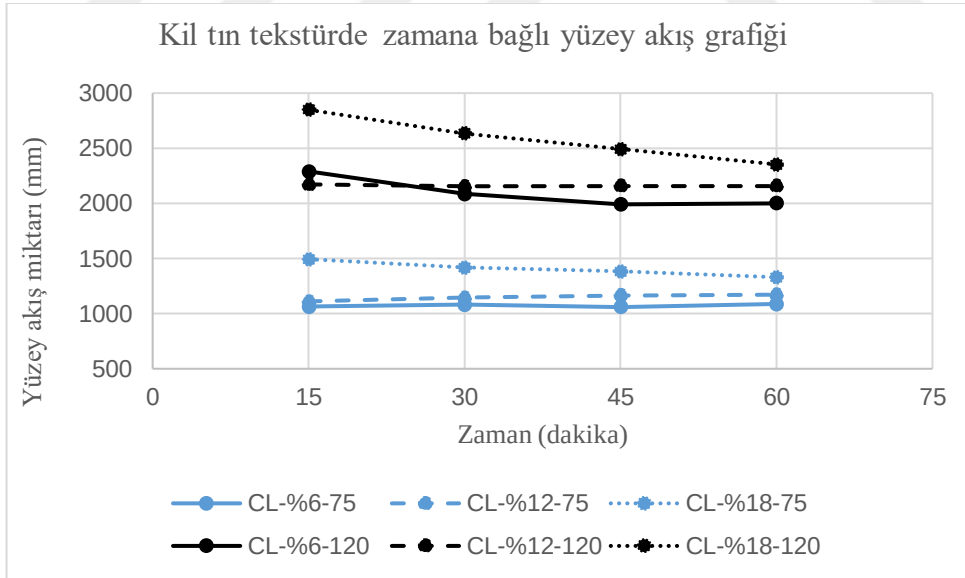
| Tekstür | İntensite (ml) | Eğim (%) | Zaman(dk) |      |      |      |
|---------|----------------|----------|-----------|------|------|------|
|         |                |          | 15        | 30   | 45   | 60   |
| Kil     | 75             | 6        | 1131      | 1132 | 1164 | 1173 |
| Kil     | 75             | 12       | 1250      | 1248 | 1213 | 1247 |
| Kil     | 75             | 18       | 2624      | 2403 | 2243 | 2157 |
| Kil     | 120            | 6        | 2573      | 1549 | 1611 | 1571 |
| Kil     | 120            | 12       | 2376      | 2282 | 2198 | 2142 |
| Kil     | 120            | 18       | 2801      | 2577 | 2491 | 2403 |
| Kil tın | 75             | 6        | 1065      | 1080 | 1059 | 1088 |
| Kil tın | 75             | 12       | 1111      | 1144 | 1166 | 1172 |
| Kil tın | 75             | 18       | 1494      | 1417 | 1382 | 1330 |
| Kil tın | 120            | 6        | 2290      | 2085 | 1991 | 2003 |
| Kil tın | 120            | 12       | 2172      | 2155 | 2159 | 2159 |
| Kil tın | 120            | 18       | 2849      | 2633 | 2491 | 2354 |

Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzey akışının grafiği şekil 4.3’te verilmiştir.



Şekil 4.3 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzey akış grafiği

Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzey akışının grafiği şekil 4.4' te verilmiştir.



Şekil 4.4 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzey akış grafiği

Grafiklerdende anlaşılacağı üzere Yüzey akışı intensiye ve eğime paralel olarak pozitif yönde artsada, zamansal olarak ilk 15. Dakikadan sonra yüzey akışında homojen bir dengelenme görülmektedir.

#### 4.4 Parselden Toplam Azot Kaybı

Araştırma denemesinde kullanılan topraklar analiz edilerek azot (N) oranı ortalama olarak kil (C) tekstürde % 0,14 ve kil tın (CL) tekstürde % 0,08 bulunmuştur. Denemede kullanılan topraklardaki mevcut azot hesaplamaya katılmayarak dekara 10 kg azot uygulaması esas alınmıştır. 10 kg/da Azot (N) uygulaması için; %33'lük Amonyum Nitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) gübresi hesaplamasından yola çıkarak  $10/0,33=30,303$  kg/da Amonyum Nitrat gübresi buda denemede kullanılacak tavanın yüzey alanı:  $0,54*0,196 = 0,1058 \text{ m}^2/\text{tava}$  hesabından

$1000 \text{ m}^2$  ye  $30,303 \text{ kg}$  uygulanırsa

$0,1058 \text{ m}^2$  ye (X) kaç g uygulanır hesabından  $X = (0,1058 * 30,3)/1000$

$X = 0,003206 \text{ kg} = 3,206 \text{ g}$  hesaplanmıştır.

Uygulanan 75 mm/h ve 120 mm/h yağış intensitesi,

Kil (C) ve kil tın (CL) toprak tekstürü,

Yüzey akışı ve İnfiltrasyon ile

(15, 30, 45 ve 60. dakika) zaman aralıklarında

Parselden uzaklaşan toplam azot (N); yüzey akışı ile amonyum ( $\text{NH}_4$ ) ve nitrat( $\text{NO}_3$ ) azotu ile yüzeyden toplam azot kaybı, infiltrasyon ile amonyum ( $\text{NH}_4$ ) ve nitrat( $\text{NO}_3$ ) azotu ile infiltrasyondan toplam azot kaybı için ayrı ayrı irdelenip iyon kromatografi cihazında amonyum ( $\text{NH}_4$ ) ve nitrat( $\text{NO}_3$ ) formunda analizleri yapılarak oluşan kayıplara yüzey akışının, toprak tekstür, gübre, intensite, eğim fonksiyonları ile bunlarında kendi içindeki karşılaştırma testleri “Bonferoni” testi ile yapılarak Ek 3 ve Ek 4’de Azotun Diğer Değişkenlerle Karşılaştırma Testleri ve etkileşim analizleri analiz tablosunda sunulmuştur.

Ek 3 ve Ek 4 incelendiğinde azot kaybına etki eden tekli faktörler önem sırasına göre **gübre > eğim > İntensite > tekstür** olup ikili faktörler ise önem sırasına göre “**gübre + eğim**” > “**gübre + intensite**” > “**tekstür + intensite**” > “**intensite + eğim**” > “**tekstür + eğim**” > “**tekstür + gübre**” olup üçlü faktörler ise önem sırasına göre “**gübre + intensite + eğim**” > “**tekstürü + gübre + eğim**” > “**tekstür + gübre + intensite**” > “**tekstür + intensite + eğim**” olup etki ve önem dereceleri, kareler ortalaması ve ilişki seviyesi eklerde yer almaktadır.

Parselden toplam azot kaybının kil tekstürde farklı eğim ve intensitedeki gafiksel görünümü şekil 4.5 de, kil tın tekstürde ise şekil 4.6 da verilmiştir. Bu çalışmada anlaşılağı üzere parselden toplam azot kaybına intensite ve eğimin doğrusal bir etkisi görölmektedir.

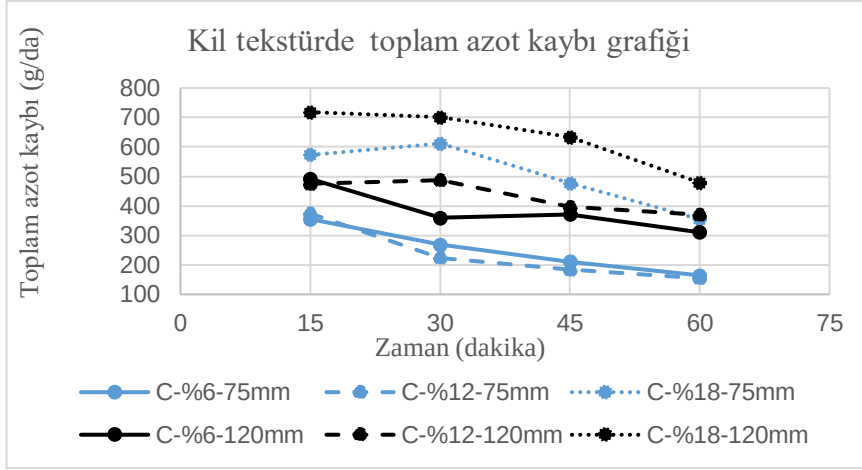
Gafiklerden anlaşılağı üzere parselden toplam azot kaybı intensiye ve eğime paralel olarak pozitif yönde artsa da, zamansal olarak ilk önce yüksek olup zaman ilerledikçe azalma görölmektedir.

Deneme parsellerinde farklı tekstür, farklı intensite ve farklı eğim koşullarında zamana bağı toplam azot kaybı ortalamaları g/da olarak Çizelge 4.8'de verilmektedir.

Çizelge 4.8 Deneme parsellerindeki zamana bağı toplam azot kaybı ortalamaları

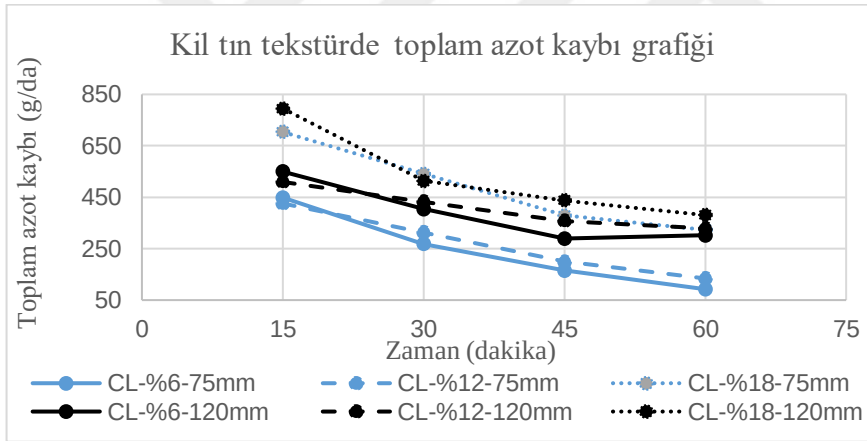
| Tekstur | İntensite (ml) | Eğim (%) | Zaman(dk) |     |     |     |
|---------|----------------|----------|-----------|-----|-----|-----|
|         |                |          | 15        | 30  | 45  | 60  |
| Kil     | 75             | 6        | 355       | 268 | 211 | 165 |
| Kil     | 75             | 12       | 374       | 224 | 184 | 155 |
| Kil     | 75             | 18       | 573       | 612 | 477 | 355 |
| Kil     | 120            | 6        | 492       | 360 | 372 | 311 |
| Kil     | 120            | 12       | 474       | 487 | 396 | 370 |
| Kil     | 120            | 18       | 718       | 700 | 634 | 479 |
| Kil tın | 75             | 6        | 449       | 269 | 165 | 92  |
| Kil tın | 75             | 12       | 426       | 313 | 199 | 134 |
| Kil tın | 75             | 18       | 704       | 541 | 379 | 323 |
| Kil tın | 120            | 6        | 550       | 404 | 289 | 302 |
| Kil tın | 120            | 12       | 509       | 432 | 358 | 329 |
| Kil tın | 120            | 18       | 795       | 513 | 437 | 380 |

Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede toplam azot kaybı grafiğı şekil 4.5 te verilmiştir.



Şekil 4.5 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede toplam azot kaybı grafiği

Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede toplam azot kaybı grafiği şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede toplam azot kaybı grafiği

#### 4.4.1 Toplam azot kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi

Azot kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi Çizelge 4.9'da, Azot kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması Çizelge 4.10'da Azot kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi Çizelge 4.11'de verilmiştir. Çizelgelerdeki veriler detaylı bir şekilde incelendiğinde kendi içinde birbirleriyle olan etki ve önem dereceleri ile kareler ortalaması istatistiksel olarak ( $p < 0.05$ ) %95 güven aralığında önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.9 Toplam azot kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi

| Değişkenler |          | Ortalama | Standart hata | % 95 Güven aralığı |           |
|-------------|----------|----------|---------------|--------------------|-----------|
|             |          |          |               | Alt limit          | Üst limit |
| Tekstür     | Kil      | 225,341  | 1,042         | 223,246            | 227,437   |
|             | Kil tın  | 215,431  | 1,042         | 213,336            | 217,526   |
| Gübre       | Gübreli  | 396,611  | 1,042         | 394,516            | 398,706   |
|             | Gübresiz | 44,161   | 1,042         | 42,066             | 46,257    |
| İntensite   | 75,00    | 185,746  | 1,042         | 183,651            | 187,841   |
|             | 120,00   | 255,026  | 1,042         | 252,931            | 257,122   |
| Eğim        | 6,00     | 177,550  | 1,276         | 174,984            | 180,116   |
|             | 12,00    | 189,448  | 1,276         | 186,882            | 192,014   |
|             | 18,00    | 294,161  | 1,276         | 291,595            | 296,727   |

Çizelge 4.10 Toplam azot kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması

| Değişkenler |               | Kareler toplamı | Serbestlik Derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem Derecesi (P) |
|-------------|---------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|-------------------|
| Tekstür     | Karşılaştırma | 1767,882        | 1                        | 1767,882           | 45,219     | 0,000             |
|             | Hata          | 1876,607        | 48                       | 39,096             |            |                   |
| Gübre       | Karşılaştırma | 2235973,90      | 1                        | 2235973,90         | 57191,92   | 0,000             |
|             | Hata          | 1876,607        | 48                       | 39,096             |            |                   |
| İntensite   | Karşılaştırma | 86395,815       | 1                        | 86395,815          | 2209,839   | 0,000             |
|             | Hata          | 1876,607        | 48                       | 39,096             |            |                   |
| Eğim        | Karşılaştırma | 197636,424      | 2                        | 98818,212          | 2527,580   | 0,000             |
|             | Hata          | 1876,607        | 48                       | 39,096             |            |                   |

F, toprak tekstürünün etkisini test eder. Bu test, ortalamalar arasında doğrusal olarak bağımsız ikili karşılaştırmalara dayanmaktadır

Çizelge 4.11 Toplam azot kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi

| Değişkenler |          |          | Ortalamalar arası fark (I-II) | Standart hata | Önem derecesi P | Fark için % 95 Güven aralığı |           |
|-------------|----------|----------|-------------------------------|---------------|-----------------|------------------------------|-----------|
|             |          |          |                               |               |                 | Alt limit                    | Üst limit |
| Tekstür     | Kil      | Kil tın  | 9,910*                        | 1,474         | 0,000           | 6,947                        | 12,874    |
|             | Kil tın  | Kil      | -9,910*                       | 1,474         | 0,000           | -12,874                      | -6,947    |
| Gübre       | Gübreli  | Gübresiz | 352,450*                      | 1,474         | 0,000           | 349,486                      | 355,413   |
|             | Gübresiz | Gübreli  | -352,450*                     | 1,474         | 0,000           | -355,413                     | -349,486  |
| İntensite   | 75,00    | 120,00   | -69,280*                      | 1,474         | 0,000           | -72,244                      | -66,317   |
|             | 120,00   | 75,00    | 69,280*                       | 1,474         | 0,000           | 66,317                       | 72,244    |
| Eğim        | 6,00     | 12,00    | -11,898*                      | 1,805         | 0,000           | -16,376                      | -7,420    |
|             |          | 18,00    | -116,611*                     | 1,805         | 0,000           | -121,089                     | -112,133  |
|             | 12,00    | 6,00     | 11,898*                       | 1,805         | 0,000           | 7,420                        | 16,376    |
|             |          | 18,00    | -104,713*                     | 1,805         | 0,000           | -109,191                     | -100,235  |
|             | 18,00    | 6,00     | 116,611*                      | 1,805         | 0,000           | 112,133                      | 121,089   |
|             |          | 12,00    | 104,713*                      | 1,805         | 0,000           | 100,235                      | 109,191   |

Çalışmada elde edilen sonuçlar ( $p < 0.05$ ) % 95 güven aralığı için karşılaştırılmıştır. (\*) Çokluk karşılaştırmalar “Bonferoni” testi ile yapılmıştır (b)

#### 4.4.2 Yüzey akışı ile nitrat (NO<sub>3</sub>) kaybı

Parselden uzaklaşan toplam azot (N)'un bir kısmı yüzey akışı ile nitrat (NO<sub>3</sub>) azotu formunda topraktan uzaklaşmaktadır. Yüzey akışından toplanan sularda yapılan analizleri sonucunda oluşan kayıplara; toprak tekstür, gübre, intensite, eğim fonksiyonları ile bunlarında kendi içindeki karşılaştırma testleri “Bonferoni” testi ile yapılarak Ek 5 ve ek 6’da yüzey akışı ile nitrat (NO<sub>3</sub>) kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri ve etkileşim analizleri analiz tablosunda sunulmuştur.

Ek 5 ve ek 6 incelendiğinde yüzeyden nitrat kaybına etki eden tekli faktörler önem sırasına göre **gübre > eğim > İntensite > tekstür** olup ikili faktörler ise önem sırasına göre “ **gübre + eğim** ” > “ **gübre + intensite** ” > “ **tekstür + gübre** ” > “ **tekstür + eğim** ” > “ **intensite + eğim** ” > “ **tekstür + intensite** ” olup üçlü faktörler ise önem sırasına göre “ **tekstürü + gübre + eğim** ” > “ **gübre + intensite + eğim** ” > “ **tekstür + gübre + intensite** ” > “ **tekstür + intensite + eğim** ” olup etki ve önem dereceleri, kareler ortalaması ve ilişki seviyesi eklerde yer almaktadır.

Deneme parsellerinde farklı tekstür, farklı intensite ve farklı eğim koşullarında zamana bağlı yüzeyden nitrat kaybı ortalamaları g/da olarak Çizelge 4.12’ de verilmektedir.

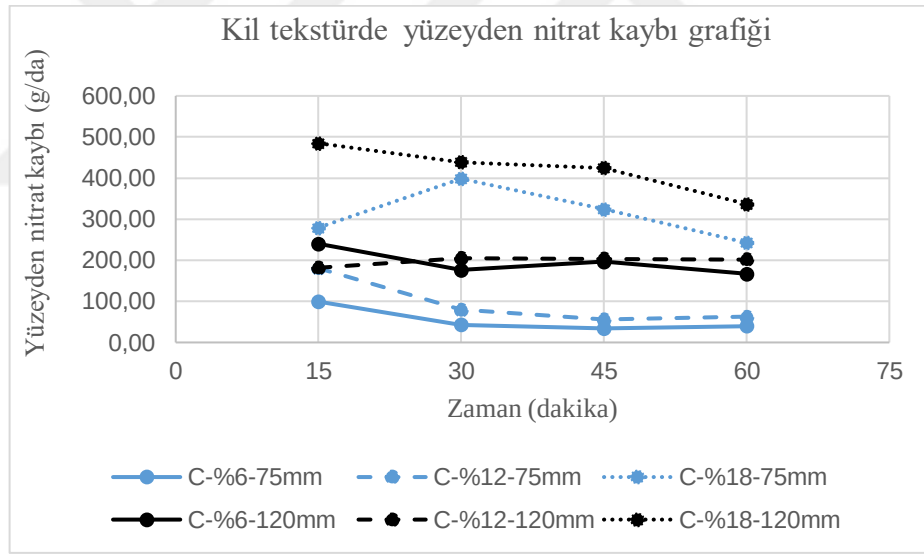
Çizelge 4.12 Deneme parsellerindeki zamana bağlı yüzeyden nitrat kaybı ortalamaları

| Tekstur | İntensite (ml) | Eğim (%) | Zaman(dk) |        |        |        |
|---------|----------------|----------|-----------|--------|--------|--------|
|         |                |          | 15        | 30     | 45     | 60     |
| Kil     | 75             | 6        | 99,32     | 42,87  | 34,23  | 39,84  |
| Kil     | 75             | 12       | 180,54    | 79,84  | 55,98  | 62,74  |
| Kil     | 75             | 18       | 279,15    | 398,40 | 324,06 | 242,59 |
| Kil     | 120            | 6        | 240,06    | 175,87 | 196,62 | 167,19 |
| Kil     | 120            | 12       | 181,78    | 205,01 | 203,44 | 201,87 |
| Kil     | 120            | 18       | 484,75    | 438,64 | 424,43 | 336,87 |
| Kil tın | 75             | 6        | 76,91     | 48,99  | 40,92  | 17,09  |
| Kil tın | 75             | 12       | 162,35    | 108,03 | 71,91  | 39,14  |
| Kil tın | 75             | 18       | 311,88    | 265,85 | 228,04 | 217,95 |
| Kil tın | 120            | 6        | 265,20    | 174,01 | 147,18 | 164,35 |
| Kil tın | 120            | 12       | 186,30    | 174,59 | 168,17 | 169,41 |
| Kil tın | 120            | 18       | 485,62    | 300,93 | 244,91 | 191,51 |

Yüzeyden nitrat ( $\text{NO}_3$ ) kaybının kil tekstürde farklı eğim ve intensitedeki noktasal ve gafiksel görünümü şekil 4.7' de, kil tın tekstürde ise şekil 4.8' de verilmiştir. Bu çalışmada anlaşılağı üzere yüzeyden nitrat kaybına eğim ve intensitenin doğrusal bir etkisi görölmektedir

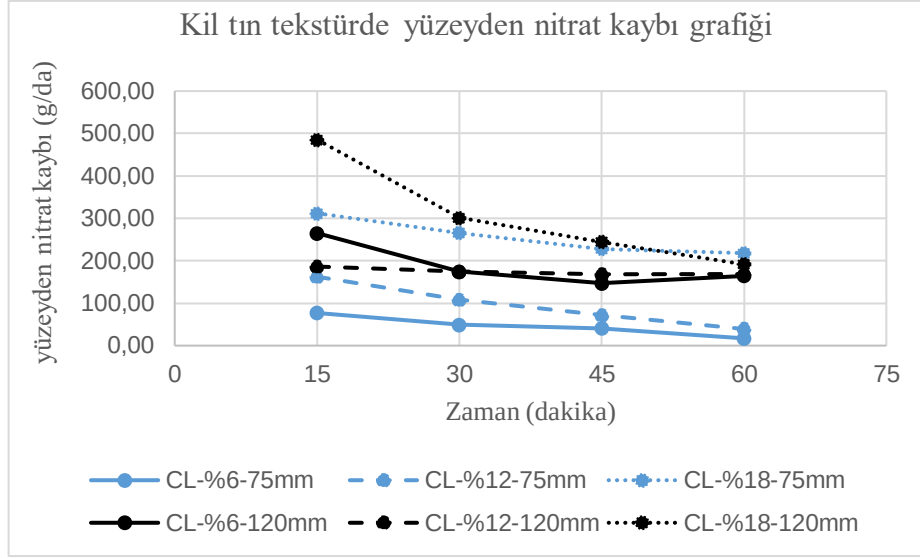
Gafiklerdende anlaşılağı üzere parselden yüzeyden nitrat kaybı eğime ve intensiteye paralel olarak pozitif yönde artsa da, zamansal olarak ilk önce yüksek oluk zaman ilerledikçe azalma görölmektedir.

Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzeyden nitrat kaybı grafiğı şekil 4.7 de verilmiştir.



Şekil 4.7 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzeyden nitrat kaybı grafiğı

Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzeyden nitrat kaybı grafiğı şekil 4.8 de verilmiştir.



Şekil 4.8 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzeyden nitrat kaybı grafiği

#### 4.4.3 Yüzey akışı ile nitrat ( $\text{NO}_3$ ) kaybı ve tekstür, gübre, intensite ile eğimin etkisi

Toplam azot kaybı içerisindeki yüzey akışı ile nitrat ( $\text{NO}_3$ ) kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi Çizelge 4.13'de, yüzey akışı ile nitrat ( $\text{NO}_3$ ) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması Çizelge 4.14'de yüzey akışı ile nitrat ( $\text{NO}_3$ ) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi Çizelge 4.15'de verilmiştir. Çizelgelerdeki veriler detaylı bir şekilde incelendiğinde kendi içinde birbirleriyle olan etki ve önem dereceleri ile kareler ortalaması istatistiksel olarak ( $p < 0.05$ ) %95 güven aralığında önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.13 Yüzey akışı ile nitrat ( $\text{NO}_3$ ) kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi

| Değişkenler |          | Ortalama | Standart hata | % 95 Güven aralığı |           |
|-------------|----------|----------|---------------|--------------------|-----------|
|             |          |          |               | Alt limit          | Üst limit |
| Tekstür     | Kil      | 114,958  | 0,697         | 113,556            | 116,359   |
|             | Kil tın  | 96,912   | 0,697         | 95,511             | 98,313    |
| Gübre       | Gübreli  | 194,944  | 0,697         | 193,543            | 196,345   |
|             | Gübresiz | 16,926   | 0,697         | 15,524             | 18,327    |
| İntensite   | 75,00    | 77,184   | 0,697         | 75,783             | 78,585    |
|             | 120,00   | 134,686  | 0,697         | 133,284            | 136,087   |
| Eğim        | 6,00     | 67,612   | 0,854         | 65,896             | 69,328    |
|             | 12,00    | 78,863   | 0,854         | 77,147             | 80,579    |
|             | 18,00    | 171,330  | 0,854         | 169,613            | 173,046   |

Çizelge 4.14 Yüzey akışı ile nitrat (NO<sub>3</sub>) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması

| Değişkenler |               | Kareler toplamı | Serbestlik Derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem Derecesi (P) |
|-------------|---------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|-------------------|
| Tekstür     | Karşılaştırma | 5861,445        | 1                        | 5861,445           | 335,237    | 0,000             |
|             | Hata          | 839,256         | 48                       | 17,484             |            |                   |
| Gübre       | Karşılaştırma | 570431,133      | 1                        | 570431,133         | 32624,96   | 0,000             |
|             | Hata          | 839,256         | 48                       | 17,484             |            |                   |
| İntensite   | Karşılaştırma | 59515,389       | 1                        | 59515,389          | 3403,894   | 0,000             |
|             | Hata          | 839,256         | 48                       | 17,484             |            |                   |
| Eğim        | Karşılaştırma | 155471,536      | 2                        | 77735,768          | 4445,982   | 0,000             |
|             | Hata          | 839,256         | 48                       | 17,484             |            |                   |

F, toprak tekstürünün etkisini test eder. Bu test, ortalamalar arasında doğrusal olarak bağımsız ikili karşılaştırmalara dayanmaktadır

Çizelge 4.15 Yüzey akışı ile nitrat (NO<sub>3</sub>) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi

| Değişkenler |          |          | Ortalamalar arası fark (I-II) | Standart hata | Önem derecesi P | Fark için % 95 Güven aralığı |           |
|-------------|----------|----------|-------------------------------|---------------|-----------------|------------------------------|-----------|
|             |          |          |                               |               |                 | Alt limit                    | Üst limit |
| Tekstür     | Kil      | Kil tın  | 18,045*                       | 0,986         | 0,000           | 16,064                       | 20,027    |
|             | Kil tın  | Kil      | -18,045*                      | 0,986         | 0,000           | -20,027                      | -16,064   |
| Gübre       | Gübreli  | Gübresiz | 178,019*                      | 0,986         | 0,000           | 176,037                      | 180,000   |
|             | Gübresiz | Gübreli  | -178,019*                     | 0,986         | 0,000           | -180,000                     | -176,037  |
| İntensite   | 75,00    | 120,00   | -57,501*                      | 0,986         | 0,000           | -59,483                      | -55,520   |
|             | 120,00   | 75,00    | 57,501*                       | 0,986         | 0,000           | 55,520                       | 59,483    |
| Eğim        | 6,00     | 12,00    | -11,251*                      | 1,207         | 0,000           | -14,246                      | -8,257    |
|             |          | 18,00    | -103,718*                     | 1,207         | 0,000           | -106,712                     | -100,723  |
|             | 12,00    | 6,00     | 11,251*                       | 1,207         | 0,000           | 8,257                        | 14,246    |
|             |          | 18,00    | -92,466*                      | 1,207         | 0,000           | -95,461                      | -89,472   |
|             | 18,00    | 6,00     | 103,718*                      | 1,207         | 0,000           | 100,723                      | 106,712   |
|             |          | 12,00    | 92,466*                       | 1,207         | 0,000           | 89,472                       | 95,461    |

Çalışmada elde edilen sonuçlar (p<0.05) % 95 güven aralığı için karşılaştırılmıştır. (\*) Çoklukkarşılaştırmalar “Bonferoni” testi ile yapılmıştır (b)

#### 4.4.4 Yüzey akışı ile amonyum (NH<sub>4</sub>) kaybı

Parselden uzaklaşan toplam azot (N)'un bir kısmı yüzey akışı ile amonyum (NH<sub>4</sub>) azotu formunda topraktan uzaklaşmaktadır. Yüzey akışından toplanan sularda yapılan analizler sonucunda oluşan kayıplara; toprak tekstür, gübre, intensite, eğim fonksiyonları ile bunlarında kendi içindeki karşılaştırma testleri “Bonferoni” testi ile yapılarak Ek 7 ve Ek 8’de yüzey akışı ile amonyum (NH<sub>4</sub>) kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri ve etkileşim analizleri analiz tablosunda sunulmuştur.

Ek 7 ve Ek 8 incelendiğinde yüzeyden amonyum kaybına etki eden tekli faktörler önem sırasına göre **gübre > İntensite > eğim > tekstür** olup ikili faktörler ise önem sırasına göre "**gübre + intensite**", "**gübre + eğim**" > "**intensite + eğim**" > "**tekstür + gübre**" > "**tekstür + intensite**" > "**tekstür + eğim**" olup üçlü faktörler ise önem sırasına göre "**gübre + intensite + eğim**" > "**tekstür + gübre + intensite**" > "**tekstür + intensite + eğim**" > "**tekstürü + gübre + eğim**" olup etki ve önem dereceleri, kareler ortalaması ve ilişki seviyesi eklerde yer almaktadır.

Deneme parsellerinde farklı tekstür, farklı intensite ve farklı eğim koşullarında zamana bağlı yüzeyden amonyum (NH<sub>4</sub>) azotu kaybı ortalamaları g/da olarak Çizelge 4.16'da verilmektedir.

Çizelge 4.16 Deneme parsellerindeki zamana bağlı yüzeyden amonyum kaybı ortalamaları

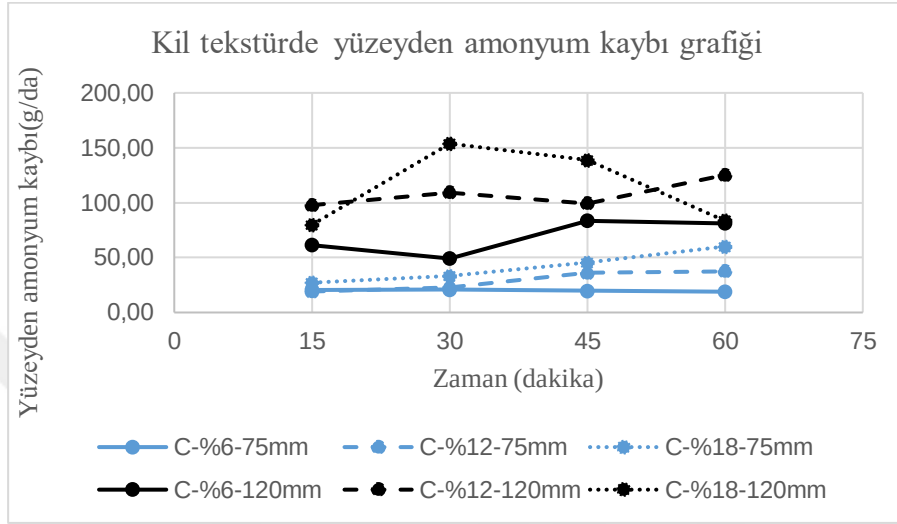
| Tekstur | İntensite (ml) | Eğim (%) | Zaman(dk) |        |        |        |
|---------|----------------|----------|-----------|--------|--------|--------|
|         |                |          | 15        | 30     | 45     | 60     |
| Kil     | 75             | 6        | 20,74     | 20,95  | 19,81  | 18,92  |
| Kil     | 75             | 12       | 19,09     | 22,84  | 36,17  | 37,40  |
| Kil     | 75             | 18       | 27,17     | 33,14  | 45,33  | 60,08  |
| Kil     | 120            | 6        | 61,41     | 49,12  | 83,47  | 81,32  |
| Kil     | 120            | 12       | 97,74     | 109,15 | 99,41  | 125,21 |
| Kil     | 120            | 18       | 79,88     | 153,75 | 138,75 | 83,73  |
| Kil tın | 75             | 6        | 28,34     | 11,02  | 10,80  | 27,61  |
| Kil tın | 75             | 12       | 17,81     | 28,02  | 33,36  | 34,48  |
| Kil tın | 75             | 18       | 15,47     | 24,44  | 49,72  | 57,52  |
| Kil tın | 120            | 6        | 17,35     | 77,88  | 71,81  | 87,85  |
| Kil tın | 120            | 12       | 79,06     | 93,26  | 89,64  | 126,94 |
| Kil tın | 120            | 18       | 76,17     | 83,55  | 129,09 | 156,17 |

Yüzeyden amonyum (NH<sub>4</sub>) azotu kaybının kil tekstürde farklı eğim ve intensideki grafiksel görünümü şekil 4.9 da, kil tın tekstürde ise şekil 4.10 da verilmiştir. Bu çalışmada anlaşılağı üzere yüzeyden amonyum (NH<sub>4</sub>) azotu kaybına intensite ve eğimin doğrusal sabit bir etkisi görülmektedir

Gafiklerdende anlaşılağı üzere parselden yüzeyden amonyum (NH<sub>4</sub>) azotu kaybı kil tekstürde intensiteye ve eğime paralel olarak doğrusallık göstereceği kil tekstürde toprak kolloidleri amonyum (NH<sub>4</sub>) azotunu katyon formunda daha fazla tuttuğu için zamansal

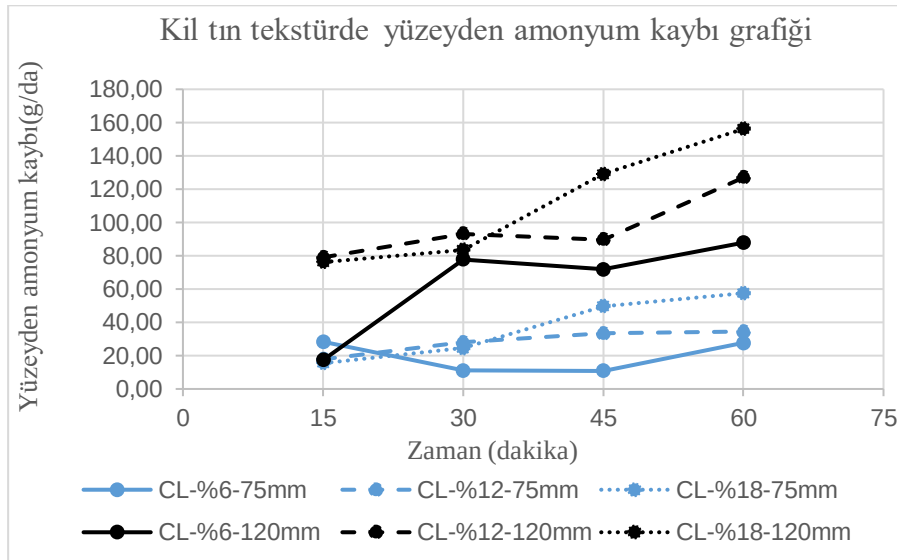
olarak ilk 15. dakikadan sonraki artış dengeli bir şekilde sabitize olduğu görülmektedir. Kil tın tekstürde ise intensiteye ve eğime paralel olarak artışta ivmelenme görülmektedir.

Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzeyden amonyum kaybı grafiği şekil 4.9 da verilmiştir.



Şekil 4.9 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzeyden amonyum kaybı grafiği

Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzeyden amonyum kaybı grafiği şekil 4.10 da verilmiştir.



Şekil 4.10 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzeyden amonyum kaybı grafiği

#### 4.4.5 Yüzey akışı ile amonyum (NH<sub>4</sub>) kaybı ve tekstür, gübre, intensite ile eğimin etkisi

Toplam azot kaybı içerisindeki yüzey akışı ile amonyum (NH<sub>4</sub>) kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi Çizelge 4.17'de, yüzey akışı ile amonyum (NH<sub>4</sub>) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması Çizelge 4.18'de yüzey akışı ile amonyum (NH<sub>4</sub>) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi Çizelge 4.19'da verilmiştir. Çizelgelerdeki veriler detaylı bir şekilde incelendiğinde kendi içinde birbirleriyle olan etki ve önem dereceleri ile kareler ortalaması istatistiksel olarak ( $p < 0.05$ ) %95 güven aralığında önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.17 Yüzey akışı ile amonyum (NH<sub>4</sub>) kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi

| Değişkenler |          | Ortalama | Standart hata | % 95 Güven aralığı |           |
|-------------|----------|----------|---------------|--------------------|-----------|
|             |          |          |               | Alt limit          | Üst limit |
| Tekstür     | Kil      | 36,874   | 0,279         | 36,312             | 37,435    |
|             | Kil tın  | 34,342   | 0,279         | 33,781             | 34,903    |
| Gübre       | Gübreli  | 61,499   | 0,279         | 60,938             | 62,060    |
|             | Gübresiz | 9,717    | 0,279         | 9,155              | 10,278    |
| İntensite   | 75,00    | 17,832   | 0,279         | 17,271             | 18,394    |
|             | 120,00   | 53,383   | 0,279         | 52,822             | 53,945    |
| Eğim        | 6,00     | 25,484   | 0,342         | 24,796             | 26,171    |
|             | 12,00    | 37,602   | 0,342         | 36,914             | 38,289    |
|             | 18,00    | 43,738   | 0,342         | 43,051             | 44,426    |

Çizelge 4.18 Yüzey akışı ile amonyum (NH<sub>4</sub>) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması

| Değişkenler |               | Kareler toplamı | Serbestlik Derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem Derecesi (P) |
|-------------|---------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|-------------------|
| Tekstür     | Karşılaştırma | 115,383         | 1                        | 115,383            | 41,107     | 0,000             |
|             | Hata          | 134,729         | 48                       | 2,807              |            |                   |
| Gübre       | Karşılaştırma | 48265,290       | 1                        | 48265,290          | 17195,46   | 0,000             |
|             | Hata          | 134,729         | 48                       | 2,807              |            |                   |
| İntensite   | Karşılaştırma | 22749,894       | 1                        | 22749,894          | 8105,101   | 0,000             |
|             | Hata          | 134,729         | 48                       | 2,807              |            |                   |
| Eğim        | Karşılaştırma | 4141,817        | 2                        | 2070,908           | 737,802    | 0,000             |
|             | Hata          | 134,729         | 48                       | 2,807              |            |                   |

F, toprak tekstürünün etkisini test eder. Bu test, ortalamalar arasında doğrusal olarak bağımsız ikili karşılaştırmalara dayanmaktadır

Çizelge 4.19 Yüzey akışı ile amonyum (NH<sub>4</sub>) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi

| Değişkenler |          |          | Ortalamalar arası fark (I-II) | Standart hata | Önem derecesi P | Fark içim% 95 Güven aralığı |           |
|-------------|----------|----------|-------------------------------|---------------|-----------------|-----------------------------|-----------|
|             |          |          |                               |               |                 | Alt limit                   | Üst limit |
| Tekstür     | Kil      | Kil tın  | 2,532*                        | 0,395         | 0,000           | 1,738                       | 3,326     |
|             | Kil tın  | Kil      | -2,532*                       | 0,395         | 0,000           | -3,326                      | -1,738    |
| Gübre       | Gübreli  | Gübresiz | 51,782*                       | 0,395         | 0,000           | 50,988                      | 52,576    |
|             | Gübresiz | Gübreli  | -51,782*                      | 0,395         | 0,000           | -52,576                     | -50,988   |
| İntensite   | 75,00    | 120,00   | -35,551*                      | 0,395         | 0,000           | -36,345                     | -34,757   |
|             | 120,00   | 75,00    | 35,551*                       | 0,395         | 0,000           | 34,757                      | 36,345    |
| Eğim        | 6,00     | 12,00    | -12,118*                      | 0,484         | 0,000           | -13,318                     | -10,918   |
|             |          | 18,00    | -18,255*                      | 0,484         | 0,000           | -19,454                     | -17,055   |
|             | 12,00    | 6,00     | 12,118*                       | 0,484         | 0,000           | 10,918                      | 13,318    |
|             |          | 18,00    | -6,137*                       | 0,484         | 0,000           | -7,336                      | -4,937    |
|             | 18,00    | 6,00     | 18,255*                       | 0,484         | 0,000           | 17,055                      | 19,454    |
|             |          | 12,00    | 6,137*                        | 0,484         | 0,000           | 4,937                       | 7,336     |

Çalışmada elde edilen sonuçlar (p<0.05) % 95 güven aralığı için karşılaştırılmıştır. (\*) Çoklukkarşılaştırmalar “Bonferoni” testi ile yapılmıştır (b)

#### 4.4.6 Yüzeyden toplam azot kaybı

Parselden uzaklaşan toplam azot (N)'un bir kısmı yüzey akışı ile nitrat (NO<sub>3</sub>) azotu formunda bir kısımda yüzey akışı ile amonyum (NH<sub>4</sub>) azotu formunda topraktan uzaklaşmaktadır. Yüzey akışından toplanan sularda yapılan analizleri sonucunda oluşan kayıplara; toprak tekstür, gübre, intensite, eğim fonksiyonları ile bunlarında kendi içindeki karşılaştırma testleri “Bonferoni” testi ile yapılarak Ek 9 ve Ek 10’da yüzey akışı ile toplam azot kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri ve etkileşim analizleri analiz tablosunda sunulmuştur.

Ek 9 ve Ek 10 incelendiğinde yüzeyden toplam azot kaybına etki eden tekli faktörler önem sırasına göre **gübre > İntensite > eğim > tekstür** olup ikili faktörler ise önem sırasına göre **"gübre + intensite" > "gübre + eğim" > "tekstür + gübre" > "tekstür + eğim" > "tekstür + intensite" > "intensite + eğim"** olup üçlü faktörler ise önem sırasına göre **"tekstürü + gübre + eğim" > "tekstür + gübre + intensite" > "gübre + intensite + eğim" > "tekstür + intensite + eğim"** olup etki ve önem dereceleri, kareler ortalaması ve ilişki seviyesi çizelgede yer almaktadır.

Deneme parsellerinde farklı tekstür, farklı intensite ve farklı eğim koşullarında zamana bağlı yüzeyden toplam azot kaybı ortalamaları g/da olarak Çizelge 4.20'de verilmektedir.

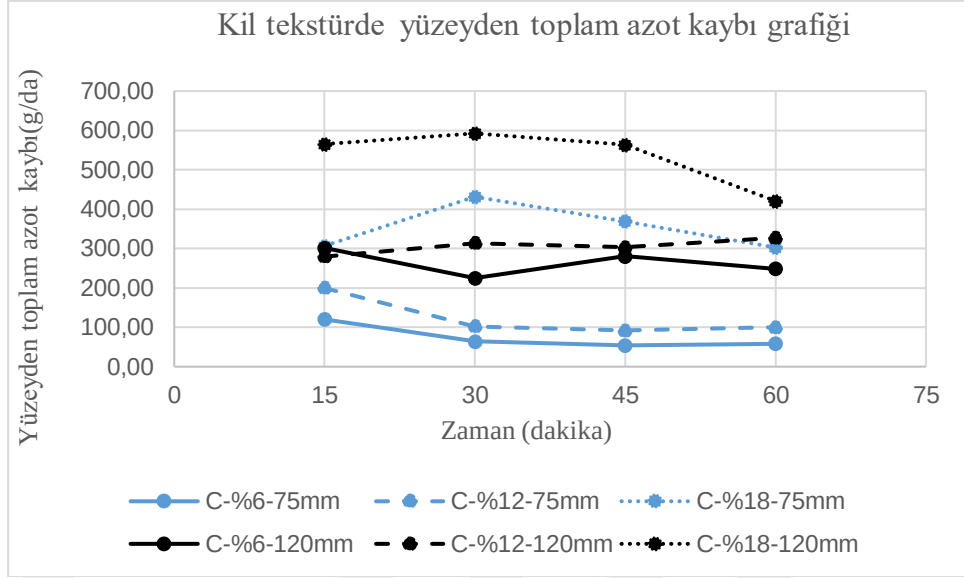
Çizelge 4.20 Deneme parsellerindeki zamana bağlı yüzeyden toplam azot kaybı ortalamaları

| Tekstur | İntensite (ml) | Eğim (%) | Zaman(dk) |        |        |        |
|---------|----------------|----------|-----------|--------|--------|--------|
|         |                |          | 15        | 30     | 45     | 60     |
| Kil     | 75             | 6        | 120,06    | 63,82  | 54,04  | 58,76  |
| Kil     | 75             | 12       | 199,63    | 102,67 | 92,15  | 100,14 |
| Kil     | 75             | 18       | 306,32    | 431,54 | 369,39 | 302,67 |
| Kil     | 120            | 6        | 301,47    | 224,99 | 280,09 | 248,51 |
| Kil     | 120            | 12       | 279,52    | 314,16 | 302,85 | 327,08 |
| Kil     | 120            | 18       | 564,62    | 592,4  | 563,18 | 420,6  |
| Kil tın | 75             | 6        | 105,25    | 60,01  | 51,72  | 44,69  |
| Kil tın | 75             | 12       | 180,16    | 136,05 | 105,27 | 73,62  |
| Kil tın | 75             | 18       | 327,35    | 290,29 | 277,76 | 275,48 |
| Kil tın | 120            | 6        | 282,55    | 251,88 | 218,99 | 252,2  |
| Kil tın | 120            | 12       | 265,36    | 267,85 | 257,81 | 296,35 |
| Kil tın | 120            | 18       | 561,79    | 384,48 | 374    | 347,69 |

Yüzeyden toplam azot kaybının kil tekstürde farklı eğim ve intensitedeki grafiği şekil 4.11' de, kil tın tekstürde ise şekil 4.12 de verilmiştir. Bu çalışmada anlaşılabileceği üzere yüzeyden toplam azot kaybına intensite ve eğimin etkisi bariz bir şekilde görülmektedir.

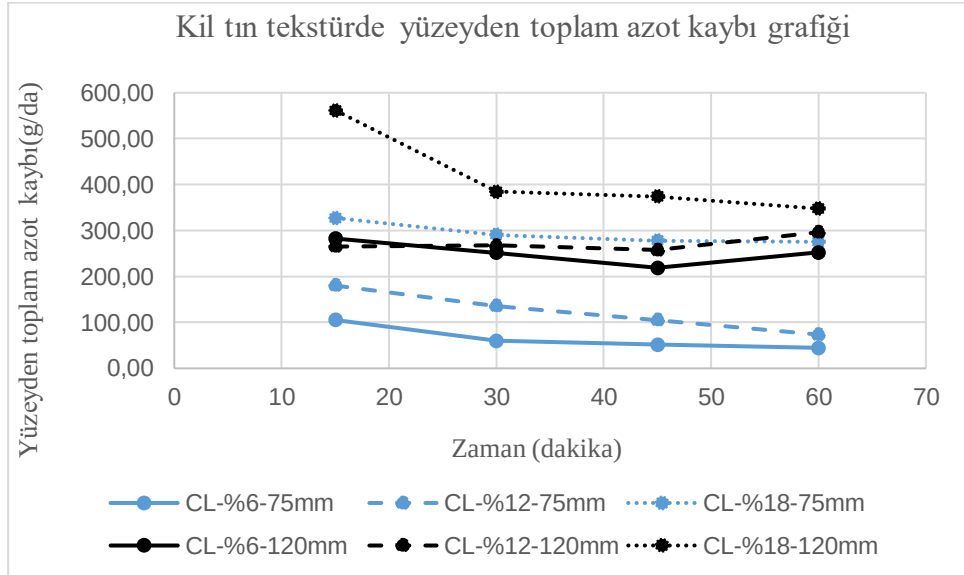
Grafiklerdende anlaşılabileceği üzere parselden yüzeyden toplam azot kaybı kil tekstürde intensiteye ve eğime paralel olarak doğrusallık göstereceği zamansal olarak ilk 15. dakikadan sonraki artış dengeli bir şekilde azalarak doğrusallaştığı görülmektedir. Kil tın tekstürde ise intensiteye ve eğime paralel olarak artışta ivmelenme 15. dakikadan sonra azalarak dengelendiği görülmektedir.

Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzeyden toplam azot kaybının grafiği şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.11 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzeyden toplam azot kaybı grafiği

Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzeyden toplam azot kaybı grafiği şekil 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4.12 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzeyden toplam azot kaybı grafiği

#### 4.4.7 Yüzeyden toplam azot kaybı ve tekstür, gübre, intensite ile eğimin etkisi

Toplam azot kaybı içerisindeki yüzeyden toplam azot kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi Çizelge 4.21'de, yüzey akışı ile toplam azot kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması Çizelge 4.22'de yüzey akışı ile toplam azot kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi Çizelge 4.23'de verilmiştir. Çizelgelerdeki veriler detaylı bir şekilde incelendiğinde kendi içinde birbirleriyle olan etki ve önem dereceleri ile kareler ortalaması istatistiksel olarak ( $p < 0.05$ ) %95 güven aralığında önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.21 Yüzey akışı ile toplam azot kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi

| Değişkenler |          | Ortalama | Standart hata | % 95 Güven aralığı |           |
|-------------|----------|----------|---------------|--------------------|-----------|
|             |          |          |               | Alt limit          | Üst limit |
| Tekstür     | Kil      | 151,831  | 0,922         | 149,977            | 153,686   |
|             | Kil tın  | 131,254  | 0,922         | 129,399            | 133,109   |
| Gübre       | Gübreli  | 256,443  | 0,922         | 254,588            | 258,298   |
|             | Gübresiz | 26,642   | 0,922         | 24,788             | 28,497    |
| İntensite   | 75,00    | 95,017   | 0,922         | 93,162             | 96,871    |
|             | 120,00   | 188,069  | 0,922         | 186,214            | 189,924   |
| Eğim        | 6,00     | 93,096   | 1,130         | 90,824             | 95,367    |
|             | 12,00    | 116,465  | 1,130         | 114,193            | 118,736   |
|             | 18,00    | 215,068  | 1,130         | 212,796            | 217,339   |

Çizelge 4.22 Yüzey akışı ile toplam azot kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması

| Değişkenler |               | Kareler toplamı | Serbestlik Derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem Derecesi (P) |
|-------------|---------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|-------------------|
| Tekstür     | Karşılaştırma | 7621,592        | 1                        | 7621,592           | 248,786    | 0,000             |
|             | Hata          | 1470,484        | 48                       | 30,635             |            |                   |
| Gübre       | Karşılaştırma | 950551,671      | 1                        | 950551,671         | 31028,20   | 0,000             |
|             | Hata          | 1470,484        | 48                       | 30,635             |            |                   |
| İntensite   | Karşılaştırma | 155857,889      | 1                        | 155857,889         | 5087,561   | 0,000             |
|             | Hata          | 1470,484        | 48                       | 30,635             |            |                   |
| Eğim        | Karşılaştırma | 201166,839      | 2                        | 100583,420         | 3283,275   | 0,000             |
|             | Hata          | 1470,484        | 48                       | 30,635             |            |                   |

F, toprak tekstürünün etkisini test eder. Bu test, ortalamalar arasında doğrusal olarak bağımsız ikili karşılaştırmalara dayanmaktadır

Çizelge 4.23 Yüzey akışı ile toplam azot kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi

| Değişkenler |          |          | Ortalamalar arası fark (I-II) | Standart hata | Önem derecesi P | Fark için % 95 Güven aralığı |           |
|-------------|----------|----------|-------------------------------|---------------|-----------------|------------------------------|-----------|
|             |          |          |                               |               |                 | Alt limit                    | Üst limit |
| Tekstür     | Kil      | Kil tın  | 20,577*                       | 1,305         | 0,000           | 17,954                       | 23,200    |
|             | Kil tın  | Kil      | -20,577*                      | 1,305         | 0,000           | -23,200                      | -17,954   |
| Gübre       | Gübreli  | Gübresiz | 229,801*                      | 1,305         | 0,000           | 227,178                      | 232,424   |
|             | Gübresiz | Gübreli  | -229,801*                     | 1,305         | 0,000           | -232,424                     | -227,178  |
| İntensite   | 75,00    | 120,00   | -93,053*                      | 1,305         | 0,000           | -95,676                      | -90,429   |
|             | 120,00   | 75,00    | 93,053*                       | 1,305         | 0,000           | 90,429                       | 95,676    |
| Eğim        | 6,00     | 12,00    | -23,369*                      | 1,598         | 0,000           | -27,333                      | -19,405   |
|             |          | 18,00    | -121,972*                     | 1,598         | 0,000           | -125,936                     | -118,008  |
|             | 12,00    | 6,00     | 23,369*                       | 1,598         | 0,000           | 19,405                       | 27,333    |
|             |          | 18,00    | -98,603*                      | 1,598         | 0,000           | -102,567                     | -94,639   |
|             | 18,00    | 6,00     | 121,972*                      | 1,598         | 0,000           | 118,008                      | 125,936   |
|             |          | 12,00    | 98,603*                       | 1,598         | 0,000           | 94,639                       | 102,567   |

Çalışmada elde edilen sonuçlar ( $p < 0.05$ ) % 95 güven aralığı için karşılaştırılmıştır. (\*) Çoklu karşılaştırmalar “Bonferoni” testi ile yapılmıştır (b)

#### 4.4.8 İnfiltrasyondan nitrat (NO<sub>3</sub>) kaybı

Parselden uzaklaşan toplam azot (N)'un bir kısmı infiltrasyon ile nitrat (NO<sub>3</sub>) azotu formunda topraktan uzaklaşmaktadır. İnfiltrasyon sonucunda derine sızan sularda yapılan analizleri sonucunda oluşan kayıplara; toprak tekstürü, gübre, intensite, eğim fonksiyonları ile bunlarında kendi içindeki karşılaştırma testleri “Bonferoni” testi ile yapılarak Ek 11 ve Ek 12’de İnfiltrasyondan nitrat (NO<sub>3</sub>) kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri ve etkileşim analizleri analiz tablosunda sunulmuştur.

Ek 11 ve Ek 12 incelendiğinde infiltrasyondan nitrat kaybına etki eden tekli faktörler önem sırasına göre **gübre > intensite > eğim > tekstür** olup ikili faktörler ise önem sırasına göre **"gübre + intensite" > "gübre + eğim" > "intensite + eğim" > "tekstür + intensite" > "tekstür + eğim" > "tekstür + gübre"** olup üçlü faktörler ise önem sırasına göre **"gübre + intensite + eğim" > "tekstür + gübre + intensite" > "tekstürü + gübre + eğim" > "tekstür + intensite + eğim"** olup etki ve önem dereceleri, kareler ortalaması ve ilişki seviyesi çizelgede yer almaktadır.

Deneme parsellerinde farklı tekstür, farklı intensite ve farklı eğim koşullarında zamana bağlı infiltrasyondan nitrat kaybı ortalamaları g/da olarak Çizelge 4.24’te verilmektedir.

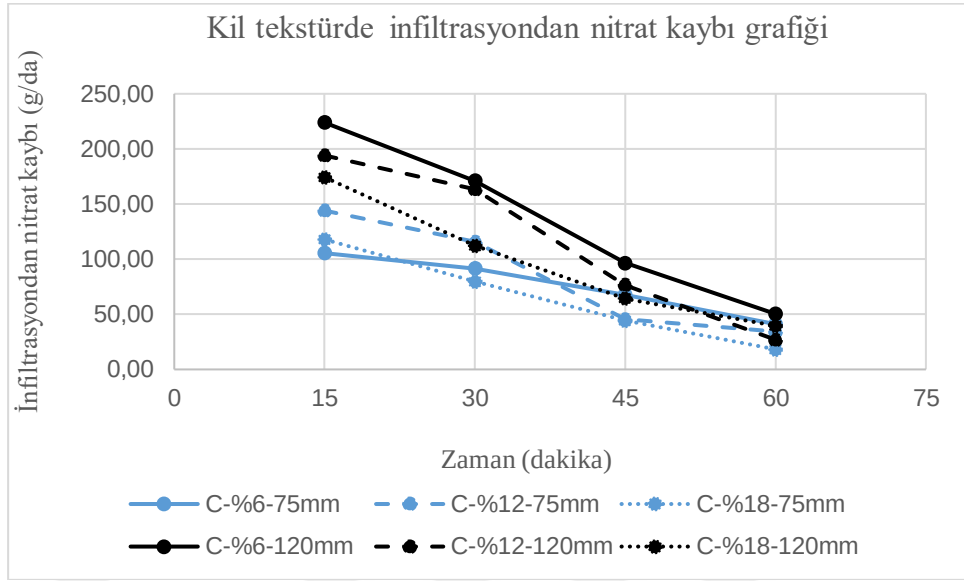
Çizelge 4.24 Deneme parsellerindeki zamana bağlı infiltrasyondan nitrat kaybı ortalamaları

| Tekstur | İntensite (ml) | Eğim (%) | Zaman(dk) |        |       |       |
|---------|----------------|----------|-----------|--------|-------|-------|
|         |                |          | 15        | 30     | 45    | 60    |
| Kil     | 75             | 6        | 105,48    | 91,68  | 67,78 | 41,09 |
| Kil     | 75             | 12       | 144,04    | 115,74 | 45,30 | 34,38 |
| Kil     | 75             | 18       | 117,92    | 79,79  | 44,34 | 18,22 |
| Kil     | 120            | 6        | 223,89    | 171,25 | 96,41 | 50,33 |
| Kil     | 120            | 12       | 194,04    | 163,34 | 76,40 | 26,94 |
| Kil     | 120            | 18       | 174,28    | 112,18 | 64,20 | 39,54 |
| Kil tın | 75             | 6        | 147,08    | 91,35  | 47,16 | 20,82 |
| Kil tın | 75             | 12       | 141,53    | 100,26 | 51,14 | 31,07 |
| Kil tın | 75             | 18       | 115,55    | 77,17  | 31,38 | 14,25 |
| Kil tın | 120            | 6        | 316,95    | 166,69 | 72,13 | 32,52 |
| Kil tın | 120            | 12       | 223,34    | 149,23 | 88,24 | 24,22 |
| Kil tın | 120            | 18       | 222,42    | 117,23 | 52,50 | 20,62 |

İnfiltrasyondan nitrat ( $\text{NO}_3$ ) kaybının kil tekstürde farklı eğim ve intensitedeki noktasal ve gafiksel görünümü şekil 4.13'te kil tın tekstürde ise şekil 4.14'te verilmiştir. Bu çalışmada anlaşılacağı üzere infiltrasyondan nitrat kaybına intensite ve eğimin zamansal bir azalış etkisi görülmektedir.

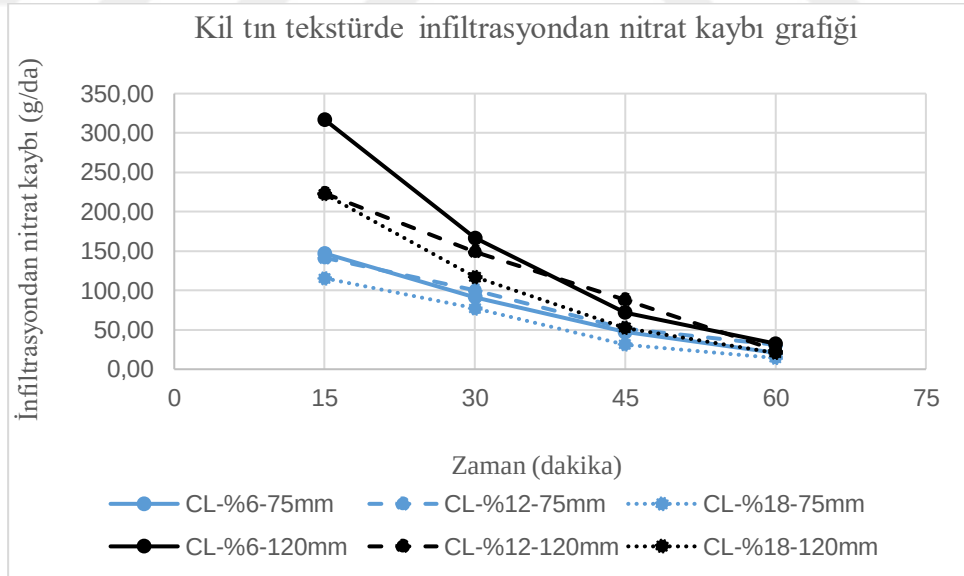
Gafiklerdende anlaşılacağı üzere parselden infiltrasyondan nitrat kaybı; nitratın çok hızlı çözülmesinden ve (-) anyon olduğu için kil kolloidleri tarafından tutulamadığından dolayı intensite ve eğime paralel olarak ilk 15 dakikada pozitif yönde maksimuma ulaşarak topraktan çok hızlı uzaklaşmakta ve daha sonra zamansal olarak azalmanın ivmelendiği görülmektedir. Kayıpların kil tın tekstürde kil tekstürden daha fazla olduğu görülmektedir.

Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede infiltrasyondan nitrat kaybı grafiği şekil 4.13'te verilmiştir.



Şekil 4.13 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede infiltrasyondan nitrat kaybı grafiği

Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede infiltrasyondan nitrat kaybı grafiği şekil 4.14'te verilmiştir.



Şekil 4.14 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede infiltrasyondan nitrat kaybı grafiği

#### 4.4.9 İnfiltrasyondan nitrat (NO<sub>3</sub>) kaybı ve tekstür, gübre, intensite ile eğimin etkisi

Toplam azot kaybı içerisindeki infiltrasyondan nitrat (NO<sub>3</sub>) kaybına toprak tekstürü, gübre, intensite ve eğimin etkisi Çizelge 4.25'de, infiltrasyondan nitrat (NO<sub>3</sub>) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması Çizelge 4.26'da infiltrasyondan nitrat (NO<sub>3</sub>) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi Çizelge 4.27'de verilmiştir. Çizelgelerdeki veriler detaylı bir şekilde incelendiğinde kendi içinde birbirleriyle olan etki ve önem dereceleri ile kareler ortalaması istatistiksel olarak ( $p < 0.05$ ) % 95 güven aralığında önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.25 İnfiltrasyondan nitrat (NO<sub>3</sub>) kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi

| Değişkenler |          | Ortalama | Standart hata | % 95 Güven aralığı |           |
|-------------|----------|----------|---------------|--------------------|-----------|
|             |          |          |               | Alt limit          | Üst limit |
| Tekstür     | Kil      | 54,280   | 0,427         | 53,422             | 55,138    |
|             | Kil tın  | 56,221   | 0,427         | 55,363             | 57,079    |
| Gübre       | Gübreli  | 96,946   | 0,427         | 96,088             | 97,804    |
|             | Gübresiz | 13,555   | 0,427         | 12,697             | 14,413    |
| İntensite   | 75,00    | 46,131   | 0,427         | 45,273             | 46,989    |
|             | 120,00   | 64,370   | 0,427         | 63,512             | 65,228    |
| Eğim        | 6,00     | 61,021   | 0,523         | 59,970             | 62,072    |
|             | 12,00    | 56,835   | 0,523         | 55,785             | 57,886    |
|             | 18,00    | 47,895   | 0,523         | 46,845             | 48,946    |

Çizelge 4.26 İnfiltrasyondan nitrat (NO<sub>3</sub>) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması

| Değişkenler |               | Kareler toplamı | Serbestlik Derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem Derecesi (P) |
|-------------|---------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|-------------------|
| Tekstür     | Karşılaştırma | 67,780          | 1                        | 67,780             | 10,340     | 0,002             |
|             | Hata          | 314,640         | 48                       | 6,555              |            |                   |
| Gübre       | Karşılaştırma | 125175,020      | 1                        | 125175,020         | 19096,10   | 0,000             |
|             | Hata          | 314,640         | 48                       | 6,555              |            |                   |
| İntensite   | Karşılaştırma | 5987,827        | 1                        | 5987,827           | 913,474    | 0,000             |
|             | Hata          | 314,640         | 48                       | 6,555              |            |                   |
| Eğim        | Karşılaştırma | 2157,716        | 2                        | 1078,858           | 164,585    | 0,000             |
|             | Hata          | 314,640         | 48                       | 6,555              |            |                   |

F, toprak tekstürünün etkisini test eder. Bu test, ortalamalar arasında doğrusal olarak bağımsız ikili karşılaştırmalara dayanmaktadır

Çizelge 4.27 İnfiltrasyondan nitrat (NO<sub>3</sub>) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi

| Değişkenler |          |          | Ortalamalar arası fark (I-II) | Standart hata | Önem derecesi P | Fark içim% 95 Güven aralığı |           |
|-------------|----------|----------|-------------------------------|---------------|-----------------|-----------------------------|-----------|
|             |          |          |                               |               |                 | Alt limit                   | Üst limit |
| Tekstür     | Kil      | Kil tın  | -1,941*                       | 0,603         | 0,002           | -3,154                      | -0,727    |
|             | Kil tın  | Kil      | 1,941*                        | 0,603         | 0,002           | 0,727                       | 3,154     |
| Gübre       | Gübreli  | Gübresiz | 83,392*                       | 0,603         | 0,000           | 82,178                      | 84,605    |
|             | Gübresiz | Gübreli  | -83,392*                      | 0,603         | 0,000           | -84,605                     | -82,178   |
| İntensite   | 75,00    | 120,00   | -18,239*                      | 0,603         | 0,000           | -19,452                     | -17,026   |
|             | 120,00   | 75,00    | 18,239*                       | 0,603         | 0,000           | 17,026                      | 19,452    |
| Eğim        | 6,00     | 12,00    | 4,185*                        | 0,739         | 0,000           | 2,352                       | 6,019     |
|             |          | 18,00    | 13,125*                       | 0,739         | 0,000           | 11,292                      | 14,959    |
|             | 12,00    | 6,00     | -4,185*                       | 0,739         | 0,000           | -6,019                      | -2,352    |
|             |          | 18,00    | 8,940*                        | 0,739         | 0,000           | 7,106                       | 10,773    |
|             | 18,00    | 6,00     | -13,125*                      | 0,739         | 0,000           | -14,959                     | -11,292   |
|             |          | 12,00    | -8,940*                       | 0,739         | 0,000           | -10,773                     | -7,106    |

Çalışmada elde edilen sonuçlar (p<0.05) % 95 güven aralığı için karşılaştırılmıştır. (\*) Çoklukkarşılaştırmalar “Bonferoni” testi ile yapılmıştır (b)

#### 4.4.10 İnfiltrasyondan amonyum (NH<sub>4</sub>) kaybı

Parselden uzaklaşan toplam azot (N)'un bir kısmı infiltrasyondan amonyum (NH<sub>4</sub>) azotu formunda topraktan uzaklaşmaktadır. İnfiltrasyondan toplanan sularda yapılan analizler sonucunda oluşan kayıplara; toprak tekstür, gübre, intensite, eğim fonksiyonları ile bunlarında kendi içindeki karşılaştırma testleri “Bonferoni” testi ile yapılarak Ek 13 ve Ek 14’te infiltrasyondan amonyum (NH<sub>4</sub>) kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri ve etkileşim analizleri analiz tablosunda sunulmuştur.

Ek 13 ve Ek 14 incelendiğinde infiltrasyondan amonyum kaybına etki eden tekli faktörler önem sırasına göre **gübre > intensite > tekstür > eğim** olup ikili faktörler ise önem sırasına göre **“tekstür + intensite” > “gübre + intensite” > “intensite + eğim” > “tekstür + eğim” > “tekstür + gübre” > “gübre + eğim”** olup üçlü faktörler ise önem sırasına göre **“tekstür + gübre + intensite” > “gübre + intensite + eğim” > “tekstürü + gübre + eğim” > “tekstür + intensite + eğim”** olup etki ve önem dereceleri, kareler ortalaması ve ilişki seviyesi çizelgede yer almaktadır.

Deneme parsellerinde farklı tekstür, farklı intensite ve farklı eğim koşullarında zamana bağlı infiltrasyondan amonyum ( $\text{NH}_4$ ) kaybı ortalamaları g/da olarak Çizelge 4.28'de verilmektedir.

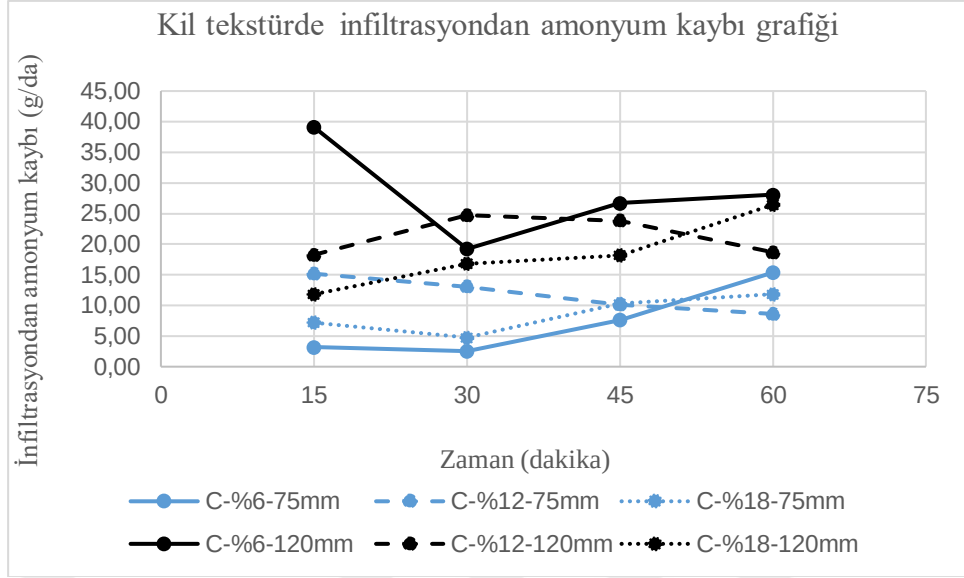
Çizelge 4.28 Deneme parsellerindeki zamana bağlı infiltrasyondan amonyum kaybı ortalamaları

| Tekstur | İntensite (ml) | Eğim (%) | Zaman(dk) |       |       |       |
|---------|----------------|----------|-----------|-------|-------|-------|
|         |                |          | 15        | 30    | 45    | 60    |
| Kil     | 75             | 6        | 3,17      | 2,54  | 7,62  | 15,37 |
| Kil     | 75             | 12       | 15,18     | 13,07 | 10,14 | 8,61  |
| Kil     | 75             | 18       | 7,21      | 4,76  | 10,27 | 11,84 |
| Kil     | 120            | 6        | 39,12     | 19,22 | 26,69 | 28,04 |
| Kil     | 120            | 12       | 18,26     | 24,74 | 23,85 | 18,65 |
| Kil     | 120            | 18       | 11,83     | 16,81 | 18,17 | 26,43 |
| Kil tın | 75             | 6        | 19,80     | 7,58  | 9,37  | 1,81  |
| Kil tın | 75             | 12       | 4,97      | 6,87  | 7,10  | 7,67  |
| Kil tın | 75             | 18       | 41,12     | 26,70 | 9,96  | 6,22  |
| Kil tın | 120            | 6        | 7,32      | 15,35 | 11,32 | 23,27 |
| Kil tın | 120            | 12       | 13,98     | 11,63 | 11,52 | 5,04  |
| Kil tın | 120            | 18       | 11,05     | 11,63 | 10,50 | 12,12 |

İnfiltrasyondan amonyum ( $\text{NH}_4$ ) kaybının kil tekstürde farklı eğim ve intensitedeki grafiği şekil 4.15 de, kil tın tekstürde ise şekil 4.16 da verilmiştir. Bu çalışmada anlaşılacağı üzere infiltrasyondan nitrat kaybına intensite, ve eğimin zamansal olarak yatay sabit bir etkisi görülmektedir.

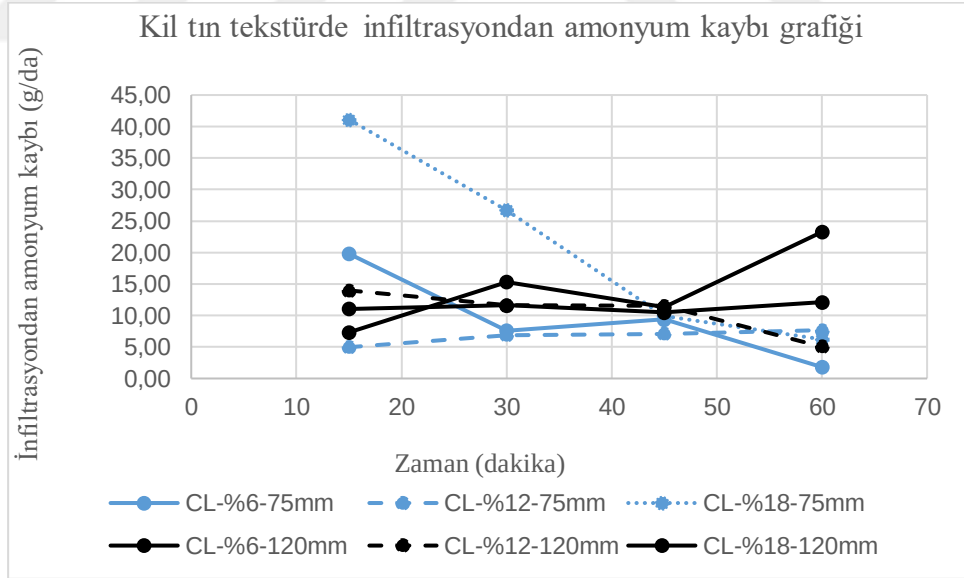
Gafiklerden anlaşılacağı üzere parselde infiltrasyondan amonyum kaybı; amonyum yavaş çözülmesinden ve (+ iyon) katyon olduğu için kil kolloidleri tarafından tutulduğundan dolayı intensite ve eğime paralel olarak ilk 15 dakikada pozitif yönde artsada daha sonra zamansal olarak yatay sabit bir etkisi görülmektedir.

Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede infiltrasyondan amonyum kaybı grafiği şekil 4.15 de verilmiştir.



Şekil 4.15 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede infiltrasyondan amonyum kaybı grafiği

Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede infiltrasyondan amonyum kaybı grafiği şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede infiltrasyondan amonyum kaybı grafiği

#### 4.4.11 İnfiltrasyondan amonyum (NH<sub>4</sub>) kaybı ve tekstür, gübre, intensite ile eğimin etkisi

Toplam azot kaybı içerisindeki infiltrasyondan amonyum (NH<sub>4</sub>) kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi Çizelge 4.29'da, İnfiltrasyondan amonyum (NH<sub>4</sub>) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması Çizelge 4.30'da İnfiltrasyondan amonyum (NH<sub>4</sub>) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi Çizelge 4.31'de verilmiştir. Çizelgelerdeki veriler detaylı bir şekilde incelendiğinde kendi içinde birbirleriyle olan etki ve önem dereceleri ile kareler ortalaması istatistiksel olarak ( $p < 0.05$ ) %95 güven aralığında önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.29 İnfiltrasyondan amonyum (NH<sub>4</sub>) kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi

| Değişkenler |          | Ortalama | Standart hata | % 95 Güven aralığı |           |
|-------------|----------|----------|---------------|--------------------|-----------|
|             |          |          |               | Alt limit          | Üst limit |
| Tekstür     | Kil      | 9,969    | 0,089         | 9,790              | 10,148    |
|             | Kil tın  | 8,068    | 0,089         | 7,889              | 8,248     |
| Gübre       | Gübreli  | 14,073   | 0,089         | 13,894             | 14,252    |
|             | Gübresiz | 3,964    | 0,089         | 3,785              | 4,144     |
| İntensite   | 75,00    | 7,463    | 0,089         | 7,284              | 7,642     |
|             | 120,00   | 10,574   | 0,089         | 10,395             | 10,753    |
| Eğim        | 6,00     | 9,274    | 0,109         | 9,055              | 9,494     |
|             | 12,00    | 8,216    | 0,109         | 7,997              | 8,436     |
|             | 18,00    | 9,565    | 0,109         | 9,346              | 9,785     |

Çizelge 4.30 İnfiltrasyondan amonyum (NH<sub>4</sub>) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması

| Değişkenler |               | Kareler toplamı | Serbestlik Derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem Derecesi (P) |
|-------------|---------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|-------------------|
| Tekstür     | Karşılaştırma | 65,013          | 1                        | 65,013             | 227,407    | 0,000             |
|             | Hata          | 13,723          | 48                       | 0,286              |            |                   |
| Gübre       | Karşılaştırma | 1839,183        | 1                        | 1839,183           | 6433,254   | 0,000             |
|             | Hata          | 13,723          | 48                       | 0,286              |            |                   |
| İntensite   | Karşılaştırma | 174,184         | 1                        | 174,184            | 609,276    | 0,000             |
|             | Hata          | 13,723          | 48                       | 0,286              |            |                   |
| Eğim        | Karşılaştırma | 24,199          | 2                        | 12,099             | 42,322     | 0,000             |
|             | Hata          | 13,723          | 48                       | 0,286              |            |                   |

F, toprak tekstürünün etkisini test eder. Bu test, ortalamalar arasında doğrusal olarak bağımsız ikili karşılaştırmalara dayanmaktadır.

Çizelge 4.31 İnfiltrasyondan amonyum (NH<sub>4</sub>) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi

| Değişkenler |          |          | Ortalamalar arası fark (I-II) | Standart hata | Önem derecesi P | Fark için % 95 Güven aralığı |           |
|-------------|----------|----------|-------------------------------|---------------|-----------------|------------------------------|-----------|
|             |          |          |                               |               |                 | Alt limit                    | Üst limit |
| Tekstür     | Kil      | Kil tın  | 1,900*                        | 0,126         | 0,000           | 1,647                        | 2,154     |
|             | Kil tın  | Kil      | -1,900*                       | 0,126         | 0,000           | -2,154                       | -1,647    |
| Gübre       | Gübreli  | Gübresiz | 10,108*                       | 0,126         | 0,000           | 9,855                        | 10,362    |
|             | Gübresiz | Gübreli  | -10,108*                      | 0,126         | 0,000           | -10,362                      | -9,855    |
| İntensite   | 75,00    | 120,00   | -3,111*                       | 0,126         | 0,000           | -3,364                       | -2,857    |
|             | 120,00   | 75,00    | 3,111*                        | 0,126         | 0,000           | 2,857                        | 3,364     |
| Eğim        | 6,00     | 12,00    | 1,058*                        | 0,154         | 0,000           | 0,675                        | 1,441     |
|             |          | 18,00    | -0,291                        | 0,154         | 0,196           | -0,674                       | 0,092     |
|             | 12,00    | 6,00     | -1,058*                       | 0,154         | 0,000           | -1,441                       | -0,675    |
|             |          | 18,00    | -1,349*                       | 0,154         | 0,000           | -1,732                       | -0,966    |
|             | 18,00    | 6,00     | 0,291                         | 0,154         | 0,196           | -0,092                       | 0,674     |
|             |          | 12,00    | 1,349*                        | 0,154         | 0,000           | 0,966                        | 1,732     |

Çalışmada elde edilen sonuçlar ( $p < 0.05$ ) % 95 güven aralığı için karşılaştırılmıştır. (\*) Çoklu karşılaştırmalar “Bonferoni” testi ile yapılmıştır (b)

#### 4.4.12 İnfiltrasyondan toplam azot kaybı

Parselden uzaklaşan toplam azot (N)'un bir kısmı infiltrasyondan nitrat (NO<sub>3</sub>) azotu formunda bir kısımda infiltrasyondan amonyum (NH<sub>4</sub>) azotu formunda topraktan uzaklaşmaktadır. İnfiltrasyondan toplanan sularda yapılan analizleri sonucunda oluşan kayıplara; toprak tekstürü, gübre, intensite, eğim fonksiyonları ile bunlarında kendi içindeki karşılaştırma testleri “Bonferoni” testi ile yapılarak Ek 15 ve Ek 16’da infiltrasyondan toplam azot kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri ve etkileşim analizleri analiz tablosunda sunulmuştur.

Ek 15 ve Ek 16 incelendiğinde infiltrasyondan toplam azot kaybına etki eden tekli faktörler önem sırasına göre "**gübre > intensite > eğim > tekstür**" olup ikili faktörler ise önem sırasına göre "**gübre + intensite**" > "**gübre + eğim**" > "**intensite + eğim**" > "**tekstür + eğim**" > "**tekstür + intensite**" > "**tekstür + gübre**" olup üçlü faktörler ise önem sırasına göre "**gübre + intensite + eğim**" > "**tekstür + intensite + eğim**" > "**tekstür + gübre + intensite**" > "**tekstürü + gübre + eğim**" olup etki ve önem dereceleri, kareler ortalaması ve ilişki seviyesi çizelgede yer almaktadır.

Deneme parsellerinde farklı tekstür, farklı intensite ve farklı eğim koşullarında zamana bağlı infiltrasyondan toplam azot kaybı ortalamaları g/da olarak Çizelge 4.32’de verilmektedir.

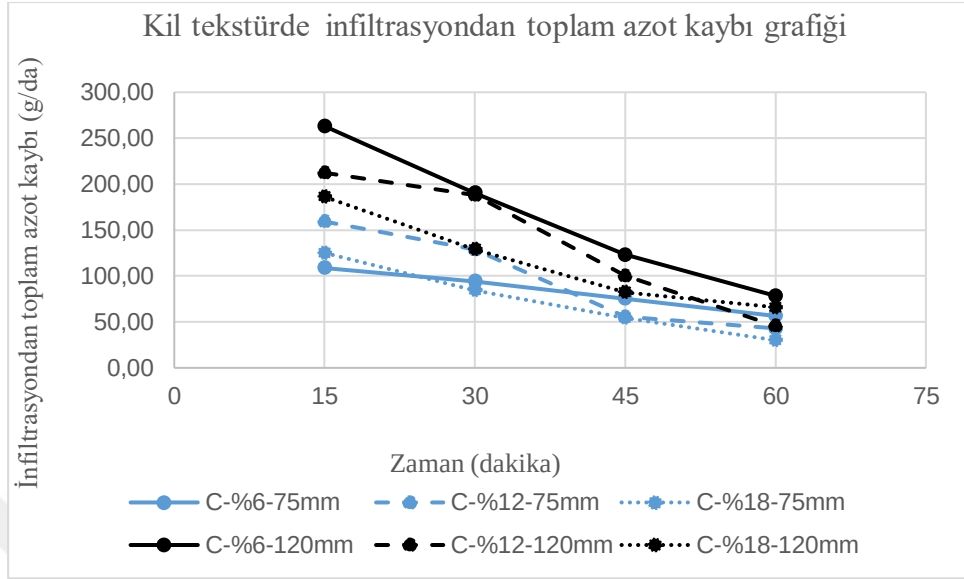
Çizelge 4.32 Deneme parsellerindeki zamana bağlı infiltrasyondan toplam azot kaybı ortalamaları

| Tekstur | İntensite (ml) | Eğim (%) | Zaman(dk) |        |        |       |
|---------|----------------|----------|-----------|--------|--------|-------|
|         |                |          | 15        | 30     | 45     | 60    |
| Kil     | 75             | 6        | 108,65    | 94,22  | 75,40  | 56,46 |
| Kil     | 75             | 12       | 159,22    | 128,80 | 55,44  | 42,99 |
| Kil     | 75             | 18       | 125,13    | 84,55  | 54,61  | 30,06 |
| Kil     | 120            | 6        | 263,01    | 190,47 | 123,10 | 78,37 |
| Kil     | 120            | 12       | 212,30    | 188,08 | 100,25 | 45,59 |
| Kil     | 120            | 18       | 186,11    | 128,98 | 82,37  | 65,97 |
| Kil tın | 75             | 6        | 166,89    | 98,93  | 56,52  | 22,63 |
| Kil tın | 75             | 12       | 146,50    | 107,13 | 58,24  | 38,74 |
| Kil tın | 75             | 18       | 156,67    | 103,87 | 41,34  | 20,47 |
| Kil tın | 120            | 6        | 324,27    | 182,05 | 83,46  | 55,78 |
| Kil tın | 120            | 12       | 237,32    | 160,86 | 99,76  | 29,26 |
| Kil tın | 120            | 18       | 233,47    | 128,86 | 63,00  | 32,74 |

İnfiltrasyondan toplam azot kaybının kil tekstürde farklı eğim ve intensitedeki grafiksel görünümü şekil 4.17' de, kil tın tekstürde ise şekil 4.18' de verilmiştir. Bu çalışmadan da anlaşılabacağı üzere infiltrasyondan toplam azot kaybına intensite ve eğimin etkisi görülmektedir.

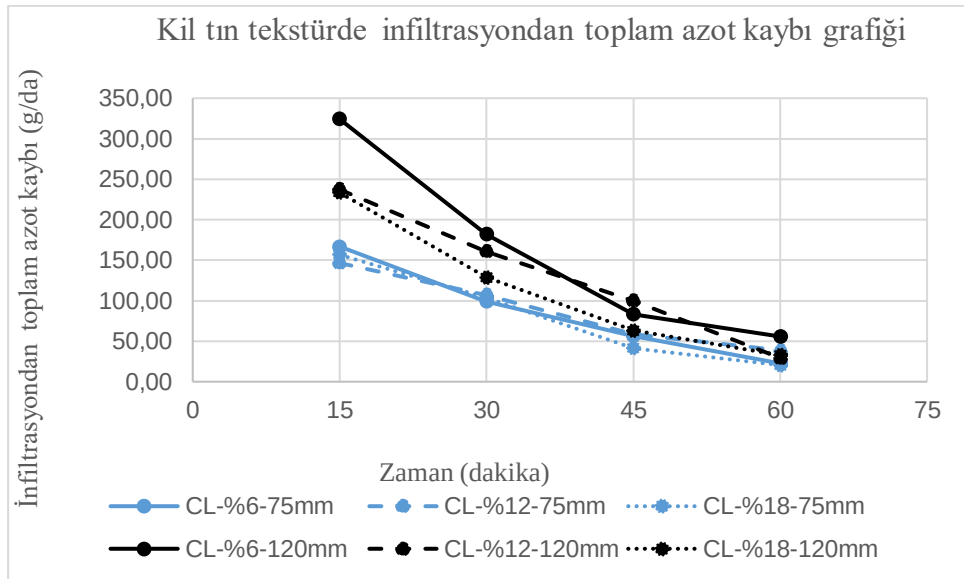
Gafiklerden anlaşılabacağı üzere parselden infiltrasyondan toplam azot kaybı, nitrat kaybının amonyumdan daha fazla olması nedeniyle nitrat'a benzer bir eğilim göstermekte, kil tekstürde intensiteye ve eğime paralel olarak artış gösterecek şekilde zamansal olarak ilk 15. dakikadan sonraki artış dengeli bir şekilde azalmaya devam etmektedir. Aynı eğilim kil tın tekstürde görülmektedir.

Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede infiltrasyondan toplam azot kaybı grafiği şekil 4.17’de verilmiştir.



Şekil 4.17 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede infiltrasyondan toplam azot kaybı grafiği

Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede infiltrasyondan toplam azot kaybı grafiği şekil 4.18’de verilmiştir.



Şekil 4.18 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede infiltrasyondan toplam azot kaybı grafiği

#### 4.4.13 İnfiltrasyondan toplam azot kaybı ve tekstür, gübre, intensite ile eğimin etkisi

Toplam azot kaybı içerisindeki İnfiltrasyondan toplam azot kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi Çizelge 4.33'de, İnfiltrasyondan ile toplam azot kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması Çizelge 4.34'de İnfiltrasyondan ile toplam azot kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi Çizelge 4.35'de verilmiştir. Çizelgelerdeki veriler detaylı bir şekilde incelendiğinde kendi içinde birbirleriyle olan etki ve önem dereceleri ile kareler ortalaması istatistiksel olarak ( $p < 0.05$ ) %95 güven aralığında önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.33 İnfiltrasyondan toplam azot kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi

| Değişkenler |          | Ortalama | Standart hata | % 95 Güven aralığı |           |
|-------------|----------|----------|---------------|--------------------|-----------|
|             |          |          |               | Alt limit          | Üst limit |
| Tekstür     | Kil      | 64,249   | 0,431         | 63,382             | 65,117    |
|             | Kil tın  | 64,289   | 0,431         | 63,422             | 65,157    |
| Gübre       | Gübreli  | 111,019  | 0,431         | 110,151            | 111,886   |
|             | Gübresiz | 17,519   | 0,431         | 16,652             | 18,387    |
| İntensite   | 75,00    | 53,594   | 0,431         | 52,727             | 54,462    |
|             | 120,00   | 74,944   | 0,431         | 74,076             | 75,811    |
| Eğim        | 6,00     | 70,295   | 0,528         | 69,233             | 71,357    |
|             | 12,00    | 65,051   | 0,528         | 63,989             | 66,114    |
|             | 18,00    | 57,461   | 0,528         | 56,398             | 58,523    |

Çizelge 4.34 İnfiltrasyondan toplam azot kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması

| Değişkenler |               | Kareler toplamı | Serbestlik Derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem Derecesi (P) |
|-------------|---------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|-------------------|
| Tekstür     | Karşılaştırma | 0,029           | 1                        | 0,029              | 0,004      | 0,948             |
|             | Hata          | 321,678         | 48                       | 6,702              |            |                   |
| Gübre       | Karşılaştırma | 157360,056      | 1                        | 157360,056         | 23480,87   | 0,000             |
|             | Hata          | 321,678         | 48                       | 6,702              |            |                   |
| İntensite   | Karşılaştırma | 8204,490        | 1                        | 8204,490           | 1224,254   | 0,000             |
|             | Hata          | 321,678         | 48                       | 6,702              |            |                   |
| Eğim        | Karşılaştırma | 1998,661        | 2                        | 999,330            | 149,118    | 0,000             |
|             | Hata          | 321,678         | 48                       | 6,702              |            |                   |

F, toprak tekstürünün etkisini test eder. Bu test, ortalamalar arasında doğrusal olarak bağımsız ikili karşılaştırmalara dayanmaktadır

Çizelge 4.35 İnfiltrasyondan toplam azot kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi

| Değişkenler |          |          | Ortalamalar arası fark (I-II) | Standart hata | Önem derecesi P | Fark için % 95 Güven aralığı |           |
|-------------|----------|----------|-------------------------------|---------------|-----------------|------------------------------|-----------|
|             |          |          |                               |               |                 | Alt limit                    | Üst limit |
| Tekstür     | Kil      | Kil tın  | -0,040                        | 0,610         | 0,948           | -1,267                       | 1,187     |
|             | Kil tın  | Kil      | 0,040                         | 0,610         | 0,948           | -1,187                       | 1,267     |
| Gübre       | Gübreli  | Gübresiz | 93,500*                       | 0,610         | 0,000           | 92,273                       | 94,727    |
|             | Gübresiz | Gübreli  | -93,500*                      | 0,610         | 0,000           | -94,727                      | -92,273   |
| İntensite   | 75,00    | 120,00   | -21,350*                      | 0,610         | 0,000           | -22,576                      | -20,123   |
|             | 120,00   | 75,00    | 21,350*                       | 0,610         | 0,000           | 20,123                       | 22,576    |
| Eğim        | 6,00     | 12,00    | 5,244*                        | 0,747         | 0,000           | 3,390                        | 7,098     |
|             |          | 18,00    | 12,834*                       | 0,747         | 0,000           | 10,980                       | 14,688    |
|             | 12,00    | 6,00     | -5,244*                       | 0,747         | 0,000           | -7,098                       | -3,390    |
|             |          | 18,00    | 7,591*                        | 0,747         | 0,000           | 5,737                        | 9,445     |
|             | 18,00    | 6,00     | -12,834*                      | 0,747         | 0,000           | -14,688                      | -10,980   |
|             |          | 12,00    | -7,591*                       | 0,747         | 0,000           | -9,445                       | -5,737    |

Çalışmada elde edilen sonuçlar ( $p < 0.05$ ) % 95 güven aralığı için karşılaştırılmıştır. (\*) Çoklu karşılaştırmalar “Bonferoni” testi ile yapılmıştır (b)

#### 4.5 Toplam Fosfor (P) Kaybı

Araştırma denemesinde kullanılan topraklar analiz edilerek yarıyışlı fosfor (P) miktarı ortalama olarak kil (C) tekstürde 18 ppm ve kil tın (CL) tekstürde 12 ppm bulunmuştur. Denemede kullanılan topraklardaki mevcut fosfor hesaplamaya katılmayarak dekara 12 kg fosfat uygulaması esas alınmıştır. 12 kg/da Fosfor (P) uygulaması için; % 42’lik Triplesüperfosfat ( $P_2O_5$ ) gübresi hesaplamasından yola çıkarak

$$12/0,42 = 28,571 \text{ kg/da Triplesüperfosfat gübresi}$$

$$1000 \text{ m}^2 \text{ ye } 28,571 \text{ kg uygulanırsa}$$

$$0,1058 \text{ m}^2 \text{ ye } (X) \text{ kaç g uygulanır hesabından } X = (0,1058 * 28,571)/1000$$

$$X = 0,0030228 \text{ kg} = 3,023 \text{ g hesaplanmıştır.}$$

Uygulanan 75 mm/h ve 120 mm/h yağış intensitesi,

Kil (C) ve kil tın (CL) toprak tekstürü,

Yüzey akışı ve İnfiltrasyon ile

(15, 30, 45 ve 60. dakika) zaman aralıklarında

Parselden uzaklaşan toplam fosfor (P); yüzey akışı ve infiltrasyon ile olup ayrı ayrı irdelenip iyon kromatografi cihazında fosfor  $PO_4$  formunda analizleri yapılarak  $P_2O_5$  'e dönüştürülmüş ve oluşan kayıplara yüzey akışının, toprak tekstür, gübre, intensite, eğim fonksiyonları ile bunlarında kendi içindeki karşılaştırma testleri “Bonferoni” testi ile yapılarak Ek 17 ve Ek 18’de fosforun diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri ve etkileşim analizleri analiz tablosunda sunulmuştur.

Ek 17 ve Ek 18 incelendiğinde fosfor kaybına etki eden tekli faktörler önem sırasına göre **“gübre > İntensite > eğim > tekstür”** olup ikili faktörler ise önem sırasına göre **“gübre + intensite” > “gübre + eğim” > “intensite + eğim” > “tekstür + gübre” > “tekstür + intensite” > “tekstür + eğim”** olup üçlü faktörler ise önem sırasına göre **“gübre + intensite + eğim” > “tekstür + gübre + intensite” > “tekstür + gübre + eğim” > “tekstür + intensite + eğim”** olup etki ve önem dereceleri, kareler ortalaması ve ilişki seviyesi çizelgede yer almaktadır.

Parselden toplam fosfor kaybının kil tekstürde farklı eğim ve intensitedeki grafiği şekil 4.19 da, kil tın tekstürde ise şekil 4.20 de verilmiştir. Bu çalışmadanda anlaşılabacağı üzere parselden toplam fosfor kaybına intensite ve eğimin doğrusal bir etkisi görülmektedir.

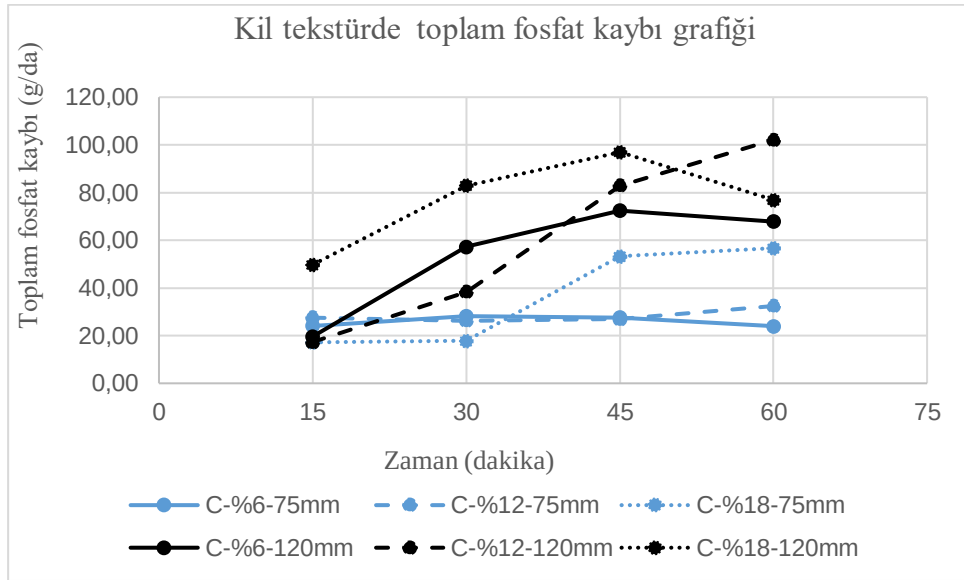
Gafiklerdende anlaşılabacağı üzere parselden toplam fosfor kaybı her iki tekstürde zamana bağlı olarak eğimden ziyade intensiteye paralel olarak pozitif yönde artmakta ve bir saatin son 15 dakikasında dengelenmektedir.

Deneme parsellerinde farklı tekstür, farklı intensite ve farklı eğim koşullarında zamana bağlı toplam fosfor kaybı ortalamaları g/da olarak Çizelge 4.36’da verilmektedir.

Çizelge 4.36 Deneme parsellerindeki zamana bağlı toplam fosfor kaybı ortalamaları

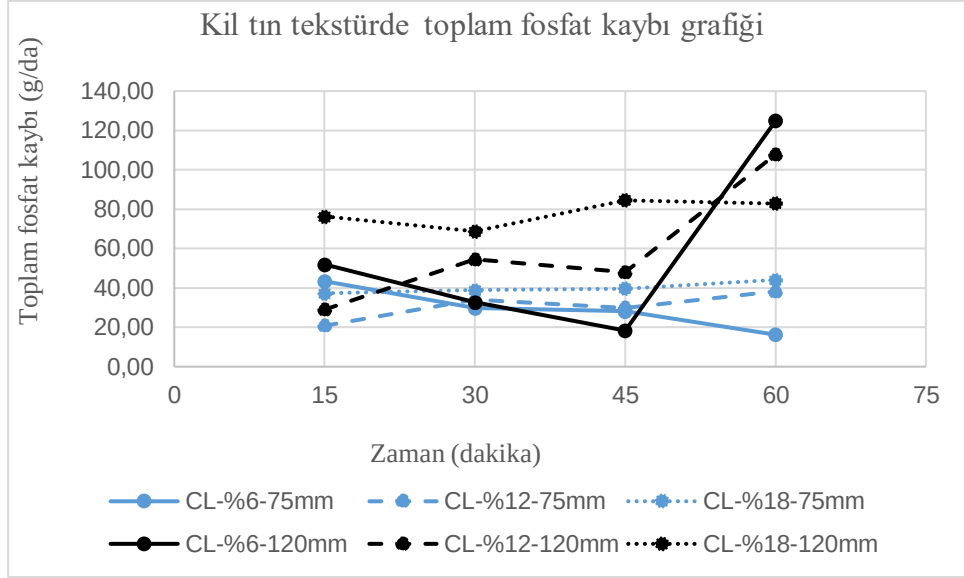
| Tekstur | İntensite (ml) | Eğim (%) | Zaman(dk) |       |       |        |
|---------|----------------|----------|-----------|-------|-------|--------|
|         |                |          | 15        | 30    | 45    | 60     |
| Kil     | 75             | 6        | 24,11     | 28,17 | 27,57 | 23,98  |
| Kil     | 75             | 12       | 27,66     | 26,19 | 26,94 | 32,42  |
| Kil     | 75             | 18       | 17,18     | 17,76 | 53,20 | 56,69  |
| Kil     | 120            | 6        | 19,60     | 57,34 | 72,41 | 67,91  |
| Kil     | 120            | 12       | 17,32     | 38,34 | 82,89 | 102,14 |
| Kil     | 120            | 18       | 49,73     | 82,93 | 96,94 | 76,85  |
| Kil tın | 75             | 6        | 43,40     | 29,68 | 28,15 | 16,24  |
| Kil tın | 75             | 12       | 20,81     | 33,97 | 29,90 | 38,27  |
| Kil tın | 75             | 18       | 37,29     | 38,92 | 39,66 | 44,11  |
| Kil tın | 120            | 6        | 51,78     | 32,69 | 18,34 | 124,83 |
| Kil tın | 120            | 12       | 28,99     | 54,49 | 48,02 | 107,73 |
| Kil tın | 120            | 18       | 76,17     | 68,77 | 84,48 | 82,96  |

Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede toplam fosfor kaybı grafiği şekil 4.19'da verilmiştir.



Şekil 4.19 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede toplam fosfor kaybı grafiği

Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede toplam fosfor kaybı grafiği şekil 4.20'de verilmiştir.



Şekil 4.20 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede toplam fosfor kaybı grafiği

#### 4.5.1 Toplam fosfor kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi

Fosfor kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi Çizelge 4.37'de, Fosfor kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması Çizelge 4.38'de Fosfor kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi Çizelge 4.39'da verilmiştir. Çizelgelerdeki veriler detaylı bir şekilde incelendiğinde kendi içinde birbirleriyle olan etki ve önem dereceleri ile kareler ortalaması istatistiksel olarak ( $p < 0.05$ ) %95 güven aralığında önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.37 Toplam fosfor kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi

| Değişkenler |          | Ortalama  | Standart hata | % 95 Güven aralığı |           |
|-------------|----------|-----------|---------------|--------------------|-----------|
|             |          |           |               | Alt limit          | Üst limit |
| Tekstür     | Kil      | 26048,699 | 109,487       | 25828,561          | 26268,838 |
|             | Kil tın  | 27076,798 | 109,487       | 26856,659          | 27296,937 |
| Gübre       | Gübreli  | 48040,193 | 109,487       | 47820,055          | 48260,332 |
|             | Gübresiz | 5085,304  | 109,487       | 4865,165           | 5305,443  |
| İntensite   | 75,00    | 17633,412 | 109,487       | 17413,273          | 17853,550 |
|             | 120,00   | 35492,086 | 109,487       | 35271,947          | 35712,224 |
| Eğim        | 6,00     | 22879,950 | 134,094       | 22610,336          | 23149,564 |
|             | 12,00    | 24827,304 | 134,094       | 24557,691          | 25096,918 |
|             | 18,00    | 31980,992 | 134,094       | 31711,378          | 32250,606 |

Çizelge 4.38 Toplam fosfor kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması

| Değişkenler |               | Kareler toplamı | Serbestlik Derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem Derecesi (P) |
|-------------|---------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|-------------------|
| Tekstür     | Karşılaştırma | 19025765,993    | 1                        | 19025765,993       | 44,087     | 0,000             |
|             | Hata          | 20714293,844    | 48                       | 431547,788         |            |                   |
| Gübre       | Karşılaştırma | 33212205307,235 | 1                        | 33212205307,2      | 76960,     | 0,000             |
|             | Hata          | 20714293,844    | 48                       | 431547,788         |            |                   |
| İntensite   | Karşılaştırma | 5740780424,230  | 1                        | 5740780424,23      | 13302,     | 0,000             |
|             | Hata          | 20714293,844    | 48                       | 431547,788         |            |                   |
| Eğim        | Karşılaştırma | 1102371175,506  | 2                        | 551185587,753      | 1277,2     | 0,000             |
|             | Hata          | 20714293,844    | 48                       | 431547,788         |            |                   |

F, toprak tekstürünün etkisini test eder. Bu test, ortalamalar arasında doğrusal olarak bağımsız ikili karşılaştırmalara dayanmaktadır

Çizelge 4.39 Toplam fosfor kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi

| Değişkenler |          |          | Ortalamalar arası fark (I-II) | Standart hata | Önem derecesi P | Fark içim% 95 Güven aralığı |            |
|-------------|----------|----------|-------------------------------|---------------|-----------------|-----------------------------|------------|
|             |          |          |                               |               |                 | Alt limit                   | Üst limit  |
| Tekstür     | Kil      | Kil tın  | -1028,099*                    | 154,838       | 0,000           | -1339,422                   | -716,776   |
|             | Kil tın  | Kil      | 1028,099*                     | 154,838       | 0,000           | 716,776                     | 1339,422   |
| Gübre       | Gübreli  | Gübresiz | 42954,889*                    | 154,838       | 0,000           | 42643,566                   | 43266,212  |
|             | Gübresiz | Gübreli  | -42954,889*                   | 154,838       | 0,000           | -43266,212                  | -42643,566 |
| İntensite   | 75,00    | 120,00   | -17858,674*                   | 154,838       | 0,000           | -18169,997                  | -17547,351 |
|             | 120,00   | 75,00    | 17858,674*                    | 154,838       | 0,000           | 17547,351                   | 18169,997  |
| Eğim        | 6,00     | 12,00    | -1947,354*                    | 189,637       | 0,000           | -2417,803                   | -1476,905  |
|             |          | 18,00    | -9101,042*                    | 189,637       | 0,000           | -9571,491                   | -8630,593  |
|             | 12,00    | 6,00     | 1947,354*                     | 189,637       | 0,000           | 1476,905                    | 2417,803   |
|             |          | 18,00    | -7153,688*                    | 189,637       | 0,000           | -7624,137                   | -6683,238  |
|             | 18,00    | 6,00     | 9101,042*                     | 189,637       | 0,000           | 8630,593                    | 9571,491   |
|             |          | 12,00    | 7153,688*                     | 189,637       | 0,000           | 6683,238                    | 7624,137   |

Çalışmada elde edilen sonuçlar ( $p < 0.05$ ) % 95 güven aralığı için karşılaştırılmıştır. (\*) Çoklukkarşılaştırmalar “Bonferoni” testi ile yapılmıştır (b)

#### 4.5.2 Yüzey akışı ile fosfor kaybı

Parselden uzaklaşan toplam fosfor (P)'un bir kısmı yüzey akışı ile fosfat ( $P_2O_5$ ) formunda topraktan uzaklaşmaktadır. Yüzey akışından toplanan sularda yapılan analizler sonucunda oluşan kayıplara; toprak tekstür, gübre, intensite, eğim fonksiyonları ile bunlarında kendi içindeki karşılaştırma testleri “Bonferoni” testi ile yapılarak Ek 19 ve Ek 20’de yüzey akışı ile fosfor kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri ve etkileşim analizleri analiz tablosunda sunulmuştur.

Ek 19 ve Ek 20 incelendiğinde yüzeyden fosfor kaybına etki eden tekli faktörler önem sırasına göre “gübre > intensite > eğim > tekstür” olup ikili faktörler ise önem sırasına göre “gübre + intensite” > “gübre + eğim” > “tekstür + gübre” > “intensite + eğim” > “tekstür + intensite” > “tekstür + eğim” olup üçlü faktörler ise önem sırasına göre “gübre + intensite + eğim > “tekstür + gübre + intensite” > “tekstür + gübre + eğim” > “tekstür + intensite + eğim” olup etki ve önem dereceleri, kareler ortalaması ve ilişki seviyesi eklerde yer almaktadır.

Deneme parsellerinde farklı tekstür, farklı intensite ve farklı eğim koşullarında zamana bağlı yüzeyden (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) formunda fosfor kaybı ortalamaları g/da olarak Çizelge 4.40’da verilmektedir.

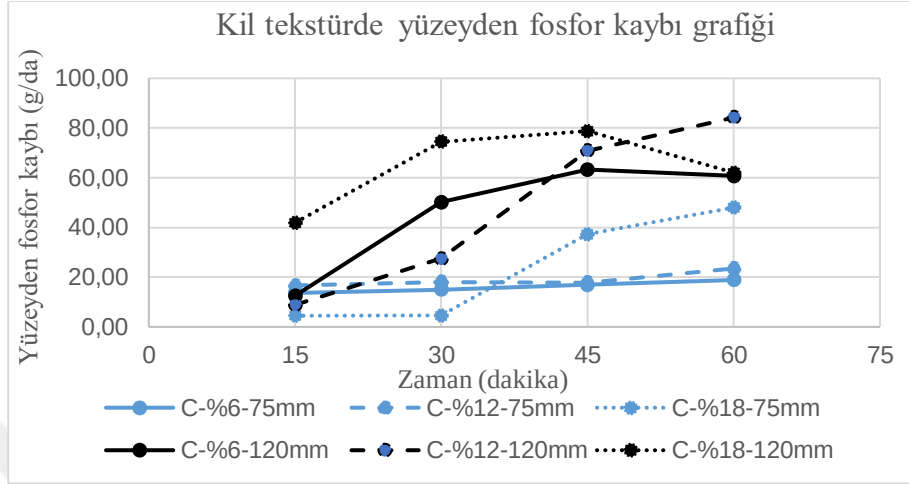
Çizelge 4.40 Deneme parsellerindeki zamana bağlı yüzeyden fosfor kaybı ortalamaları

| Tekstur | İntensite (ml) | Eğim (%) | Zaman(dk) |       |       |       |
|---------|----------------|----------|-----------|-------|-------|-------|
|         |                |          | 15        | 30    | 45    | 60    |
| Kil     | 75             | 6        | 13,66     | 14,97 | 16,93 | 18,88 |
| Kil     | 75             | 12       | 16,69     | 18,15 | 17,89 | 23,51 |
| Kil     | 75             | 18       | 4,49      | 4,63  | 37,28 | 48,02 |
| Kil     | 120            | 6        | 12,55     | 50,13 | 63,31 | 60,71 |
| Kil     | 120            | 12       | 8,86      | 27,49 | 70,90 | 84,23 |
| Kil     | 120            | 18       | 41,90     | 74,53 | 78,81 | 61,95 |
| Kil tın | 75             | 6        | 21,05     | 11,53 | 12,51 | 7,62  |
| Kil tın | 75             | 12       | 17,72     | 19,77 | 15,23 | 12,88 |
| Kil tın | 75             | 18       | 2,49      | 15,10 | 20,61 | 38,87 |
| Kil tın | 120            | 6        | 35,06     | 20,41 | 26,81 | 84,46 |
| Kil tın | 120            | 12       | 13,84     | 38,56 | 32,47 | 58,45 |
| Kil tın | 120            | 18       | 47,24     | 53,35 | 61,14 | 63,73 |

Yüzeyden fosfor kaybının kil tekstürde farklı eğim ve intensitedeki grafiği şekil 4.21’de, kil tın tekstürde ise şekil 4.22’de verilmiştir. Bu çalışmada yüzeyden fosfor kaybına intensite ve eğimin etkisi açıkça görülmektedir.

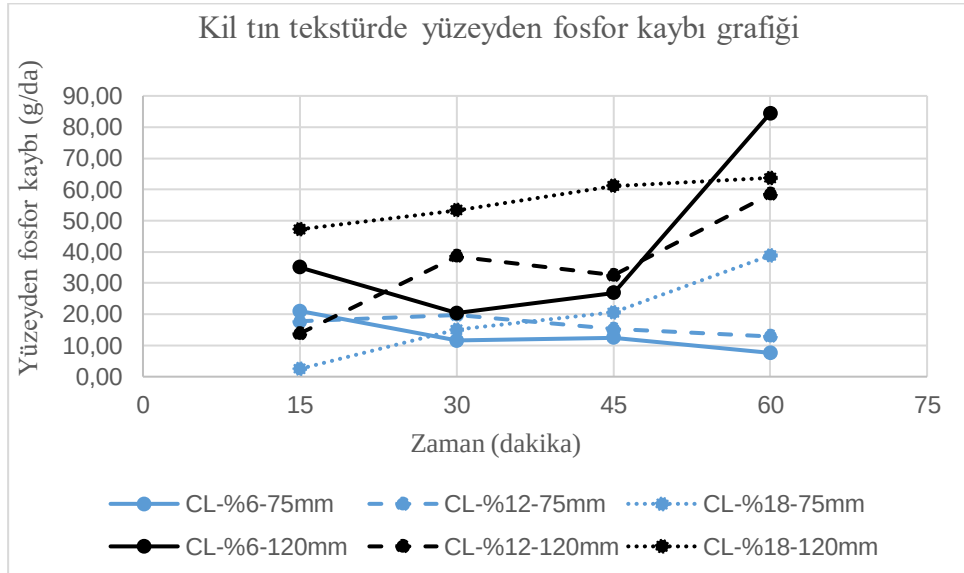
Gafiklerdende anlaşılacağı üzere parsel yüzeyinden fosfor kaybı intensiteye ve eğime paralel olarak doğrusallık göstereceği her iki tekstürde intensite arttıkça yüzey akışı arttığından akışla beraber taşınan kil kolloidleri ve bunlara fikse olan fosforla beraber kayıplarda doğrusal olarak artmaktadır.

Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzeyden fosfor kaybı grafiği şekil 4.21'de verilmiştir.



Şekil 4.21 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzeyden fosfor kaybı grafiği

Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzeyden fosfor kaybı grafiği şekil 4.22'de verilmiştir.



Şekil 4.22 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede yüzeyden fosfor kaybı grafiği

#### 4.5.3 Yüzey akışı ile fosfor (P) kaybı ve tekstür, gübre, intensite ile eğimin etkisi

Toplam fosfor (P) kaybı içerisindeki yüzey akışı ile ( $P_2O_5$ ) formunda fosfor kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi Çizelge 4.41'de, yüzey akışı ile fosfat ( $P_2O_5$ ) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması Çizelge 4.42'de yüzey akışı ile fosfat ( $P_2O_5$ ) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi Çizelge 4.43'de verilmiştir. Çizelgelerdeki veriler detaylı bir şekilde incelendiğinde kendi içinde birbirleriyle olan etki ve önem dereceleri ile kareler ortalaması istatistiksel olarak ( $p<0.05$ ) %95 güven aralığında önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.41 Yüzey akışı ile fosfat ( $P_2O_5$ ) kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi

| Değişkenler |          | Ortalama | Standart hata | % 95 Güven aralığı |           |
|-------------|----------|----------|---------------|--------------------|-----------|
|             |          |          |               | Alt limit          | Üst limit |
| Tekstür     | Kil      | 20408    | 101           | 20204              | 20612     |
|             | Kil tın  | 17825    | 101           | 17622              | 18029     |
| Gübre       | Gübreli  | 34424    | 101           | 34220              | 34628     |
|             | Gübresiz | 3810     | 101           | 3606               | 4013      |
| İntensite   | 75,00    | 9731     | 101           | 9527               | 9934      |
|             | 120,00   | 28503    | 101           | 28299              | 28707     |
| Eğim        | 6,00     | 16549    | 124           | 16300              | 16799     |
|             | 12,00    | 18192    | 124           | 17943              | 18442     |
|             | 18,00    | 22609    | 124           | 22359              | 22858     |

Çizelge 4.42 Yüzey akışı ile fosfat ( $P_2O_5$ ) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması

| Değişkenler |               | Kareler toplamı | Serbestlik Derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem Derecesi (P) |
|-------------|---------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|-------------------|
| Tekstür     | Karşılaştırma | 120081916       | 1                        | 120081916          | 325        | 0                 |
|             | Hata          | 17744967        | 48                       | 369687             |            |                   |
| Gübre       | Karşılaştırma | 16869946232     | 1                        | 16869946232        | 45633      | 0                 |
|             | Hata          | 17744967        | 48                       | 369687             |            |                   |
| İntensite   | Karşılaştırma | 6343274219      | 1                        | 6343274219         | 17159      | 0                 |
|             | Hata          | 17744967        | 48                       | 369687             |            |                   |
| Eğim        | Karşılaştırma | 471414267       | 2                        | 235707134          | 638        | 0                 |
|             | Hata          | 17744967        | 48                       | 369687             |            |                   |

F, toprak tekstürünün etkisini test eder. Bu test, ortalamalar arasında doğrusal olarak bağımsız ikili karşılaştırmalara dayanmaktadır

Çizelge 4.43 Yüzey akışı ile fosfat ( $P_2O_5$ ) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi

| Değişkenler |          |          | Ortalamalar<br>arası fark (I-<br>II) | Standart<br>hata | Önem<br>derecesi P | Fark içim% 95 Güven<br>aralığı |            |
|-------------|----------|----------|--------------------------------------|------------------|--------------------|--------------------------------|------------|
|             |          |          |                                      |                  |                    | Alt limit                      | Üst limit  |
| Tekstür     | Kil      | Kil tın  | 2582,870*                            | 143,311          | 0,000              | 2294,723                       | 2871,017   |
|             | Kil tın  | Kil      | -2582,870*                           | 143,311          | 0,000              | -2871,017                      | -2294,723  |
| Gübre       | Gübreli  | Gübresiz | 30614,037*                           | 143,311          | 0,000              | 30325,890                      | 30902,183  |
|             | Gübresiz | Gübreli  | -30614,037*                          | 143,311          | 0,000              | -30902,183                     | -30325,890 |
| İntensite   | 75,00    | 120,00   | -18772,430*                          | 143,311          | 0,000              | -19060,577                     | -18484,283 |
|             | 120,00   | 75,00    | 18772,430*                           | 143,311          | 0,000              | 18484,283                      | 19060,577  |
| Eğim        | 6,00     | 12,00    | -1643,136*                           | 175,520          | 0,000              | -2078,563                      | -1207,709  |
|             |          | 18,00    | -6059,742*                           | 175,520          | 0,000              | -6495,169                      | -5624,316  |
|             | 12,00    | 6,00     | 1643,136*                            | 175,520          | 0,000              | 1207,709                       | 2078,563   |
|             |          | 18,00    | -4416,606*                           | 175,520          | 0,000              | -4852,033                      | -3981,179  |
|             | 18,00    | 6,00     | 6059,742*                            | 175,520          | 0,000              | 5624,316                       | 6495,169   |
|             |          | 12,00    | 4416,606*                            | 175,520          | 0,000              | 3981,179                       | 4852,033   |

Çalışmada elde edilen sonuçlar ( $p < 0.05$ ) % 95 güven aralığı için karşılaştırılmıştır. (\*) Çoklu karşılaştırmalar “Bonferoni” testi ile yapılmıştır (b)

#### 4.5.4 İnfiltrasyondan fosfor (P) kaybı

Parselden uzaklaşan toplam fosfor (P)'un bir kısmı infiltrasyon ile fosfat ( $P_2O_5$ ) formunda topraktan uzaklaşmaktadır. İnfiltrasyon sonucunda derine sızan sularda yapılan analizleri sonucunda oluşan kayıplara; toprak tekstürü, gübre, intensite, eğim fonksiyonları ile bunlarında kendi içindeki karşılaştırma testleri “Bonferoni” testi ile yapılarak Ek 21 ve Ek 22’de İnfiltrasyondan fosfat ( $P_2O_5$ ) kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri ve etkileşim analizleri analiz tablosunda sunulmuştur.

Ek 21 ve Ek 22 incelendiğinde infiltrasyondan fosfat ( $P_2O_5$ ) kaybına etki eden tekli faktörler önem sırasına göre “**gübre > tekstür > eğim > intensite**” olup ikili faktörler ise önem sırasına göre “**tekstür + gübre**” > “**gübre + eğim**” > “**tekstür + eğim**” > “**gübre + intensite**” > “**tekstür + intensite**” > “**intensite + eğim**” olup üçlü faktörler ise önem sırasına göre “**gübre + intensite + eğim**” > “**tekstürü + gübre + eğim**” > “**tekstür + intensite + eğim**” > “**tekstür + gübre + intensite**” olup etki ve önem dereceleri, kareler ortalaması ve ilişki seviyesi çizelgede yer almaktadır.

Denemede farklı tekstür, farklı eğim ve intensite koşullarında zamana bağlı infiltrasyondan fosfor kaybı ortalamaları g/da olarak Çizelge 4.44’de verilmektedir.

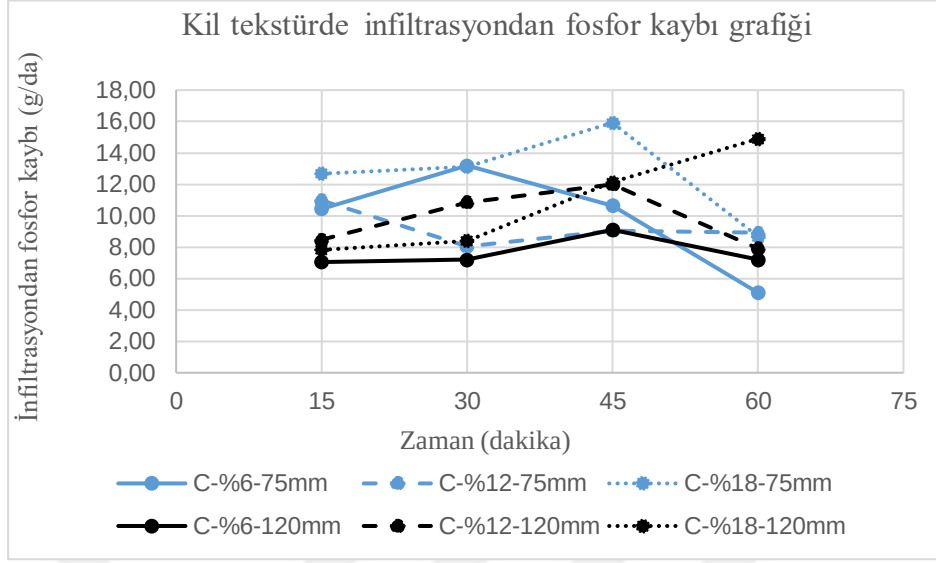
Çizelge 4.44 Deneme parsellerindeki zamana bağlı infiltrasyondan fosfor kaybı ortalamaları

| Tekstur | İntensite (ml) | Eğim (%) | Zaman(dk) |       |       |       |
|---------|----------------|----------|-----------|-------|-------|-------|
|         |                |          | 15        | 30    | 45    | 60    |
| Kil     | 75             | 6        | 10,45     | 13,20 | 10,65 | 5,10  |
| Kil     | 75             | 12       | 10,97     | 8,05  | 9,05  | 8,91  |
| Kil     | 75             | 18       | 12,70     | 13,13 | 15,92 | 8,68  |
| Kil     | 120            | 6        | 7,05      | 7,21  | 9,10  | 7,20  |
| Kil     | 120            | 12       | 8,46      | 10,85 | 12,00 | 7,91  |
| Kil     | 120            | 18       | 7,83      | 8,40  | 12,13 | 14,90 |
| Kil tın | 75             | 6        | 22,35     | 18,15 | 15,65 | 8,61  |
| Kil tın | 75             | 12       | 3,08      | 14,21 | 14,68 | 25,39 |
| Kil tın | 75             | 18       | 34,80     | 23,82 | 19,05 | 5,24  |
| Kil tın | 120            | 6        | 16,73     | 12,29 | 11,52 | 10,37 |
| Kil tın | 120            | 12       | 15,15     | 15,92 | 15,55 | 14,29 |
| Kil tın | 120            | 18       | 28,92     | 25,43 | 23,34 | 19,23 |

İnfiltrasyondan fosfor kaybının kil tekstürde farklı eğim ve intensitedeki grafiği şekil 4.23 de, kil tın tekstürde ise şekil 4.24 de verilmiştir. Bu çalışmadanda anlaşılabacağı üzere infiltrasyondan fosfor kaybına eğim ve intensitenin etkisi görülmektedir.

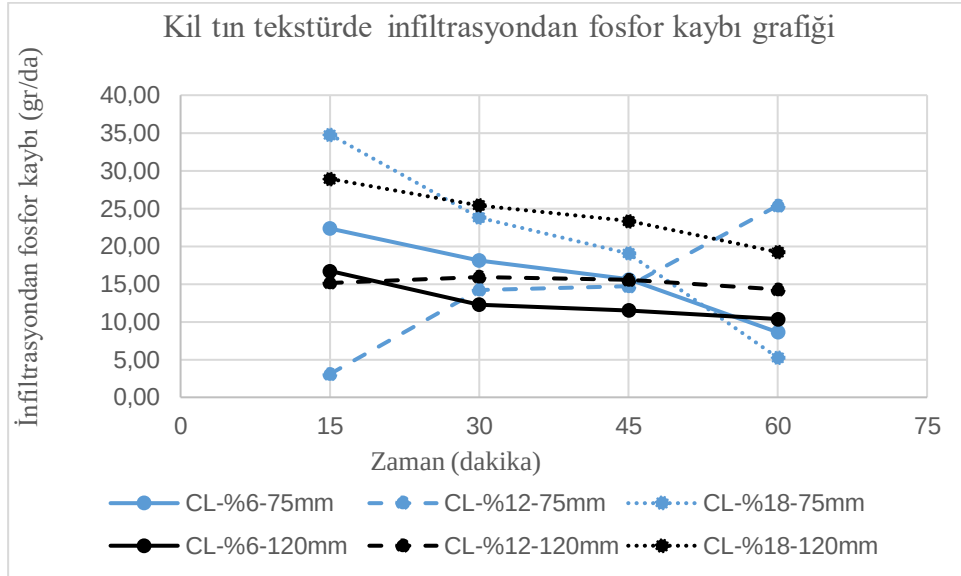
Gafiklerden anlaşılabacağı üzere infiltrasyondan fosfor kaybı, kil tekstürde eğime ve intensiteye paralel olarak artış gösterecek şekilde zamansal olarak kayıplar dengeli bir şekilde sabit olarak devam etmektedir. Aynı eğim kil tın tekstürde görülmektedir.

Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede infiltrasyondan fosfor kaybı grafiği şekil 4.23'te verilmiştir.



Şekil 4.23 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede infiltrasyondan fosfor kaybı grafiği

Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede infiltrasyondan fosfor kaybı grafiği şekil 4.24'te verilmiştir.



Şekil 4.24 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede infiltrasyondan fosfor kaybı grafiği

#### 4.5.5 İnfiltrasyondan fosfor (P) kaybı ve tekstür, gübre, intensite ile eğimin etkisi

Toplam fosfor kaybı içerisindeki infiltrasyondan fosfat ( $P_2O_5$ ) kaybına toprak tekstürü, gübre, intensite ve eğimin etkisi Çizelge 4.45'de, İnfiltrasyondan fosfat ( $P_2O_5$ ) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması Çizelge 4.46'da infiltrasyondan fosfat ( $P_2O_5$ ) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi Çizelge 4.47'de verilmiştir. Çizelgelerdeki veriler detaylı bir şekilde incelendiğinde kendi içinde birbirleriyle olan etki ve önem dereceleri ile kareler ortalaması istatistiksel olarak ( $p<0.05$ ) %95 güven aralığında önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.45 İnfiltrasyondan fosfat ( $P_2O_5$ ) kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi

| Değişkenler |          | Ortalama | Standart hata | % 95 Güven aralığı |           |
|-------------|----------|----------|---------------|--------------------|-----------|
|             |          |          |               | Alt limit          | Üst limit |
| Tekstür     | Kil      | 5641     | 51            | 5539               | 5742      |
|             | Kil tın  | 9251     | 51            | 9150               | 9353      |
| Gübre       | Gübreli  | 13616    | 51            | 13514              | 13718     |
|             | Gübresiz | 1276     | 51            | 1174               | 1378      |
| İntensite   | 75,00    | 7903     | 51            | 7801               | 8005      |
|             | 120,00   | 6989     | 51            | 6887               | 7091      |
| Eğim        | 6,00     | 6331     | 62            | 6206               | 6456      |
|             | 12,00    | 6635     | 62            | 6510               | 6760      |
|             | 18,00    | 9372     | 62            | 9247               | 9497      |

Çizelge 4.46 İnfiltrasyondan fosfat ( $P_2O_5$ ) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması

| Değişkenler |               | Kareler toplamı | Serbestlik Derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem Derecesi (P) |
|-------------|---------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|-------------------|
| Tekstür     | Karşılaştırma | 234703716       | 1                        | 234703716          | 2536       | 0                 |
|             | Hata          | 4443038         | 48                       | 92563              |            |                   |
| Gübre       | Karşılaştırma | 2741339642      | 1                        | 2741339642         | 29616      | 0                 |
|             | Hata          | 4443038         | 48                       | 92563              |            |                   |
| İntensite   | Karşılaştırma | 15029088        | 1                        | 15029088           | 162        | 0                 |
|             | Hata          | 4443038         | 48                       | 92563              |            |                   |
| Eğim        | Karşılaştırma | 134669331       | 2                        | 67334665           | 727        | 0                 |
|             | Hata          | 4443038         | 48                       | 92563              |            |                   |

F, toprak tekstürünün etkisini test eder. Bu test, ortalamalar arasında doğrusal olarak bağımsız ikili karşılaştırmalara dayanmaktadır

Çizelge 4.47 İnfiltrasyondan fosfat ( $P_2O_5$ ) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi

| Değişkenler |          |          | Ortalamalar arası fark (I-II) | Standart hata | Önem derecesi P | Fark için % 95 Güven aralığı |           |
|-------------|----------|----------|-------------------------------|---------------|-----------------|------------------------------|-----------|
|             |          |          |                               |               |                 | Alt limit                    | Üst limit |
| Tekstür     | Kil      | Kil tın  | -3610,969*                    | 72            | 0               | -3755                        | -3467     |
|             | Kil tın  | Kil      | 3610,969*                     | 72            | 0               | 3467                         | 3755      |
| Gübre       | Gübreli  | Gübresiz | 12340,853*                    | 72            | 0               | 12197                        | 12485     |
|             | Gübresiz | Gübreli  | -12340,853*                   | 72            | 0               | -12485                       | -12197    |
| İntensite   | 75,00    | 120,00   | 913,756*                      | 72            | 0               | 770                          | 1058      |
|             | 120,00   | 75,00    | -913,756*                     | 72            | 0               | -1058                        | -770      |
| Eğim        | 6,00     | 12,00    | -304,218*                     | 88            | 0               | -522                         | -86       |
|             |          | 18,00    | -3041,299*                    | 88            | 0               | -3259                        | -2823     |
|             | 12,00    | 6,00     | 304,218*                      | 88            | 0               | 86                           | 522       |
|             |          | 18,00    | -2737,082*                    | 88            | 0               | -2955                        | -2519     |
|             | 18,00    | 6,00     | 3041,299*                     | 88            | 0               | 2823                         | 3259      |
|             |          | 12,00    | 2737,082*                     | 88            | 0               | 2519                         | 2955      |

Çalışmada elde edilen sonuçlar ( $p < 0.05$ ) % 95 güven aralığı için karşılaştırılmıştır. (\*) Çoklu karşılaştırmalar “Bonferoni” testi ile yapılmıştır (b)

#### 4.6 Sediment Kaybı

Sediment kaybı; toprak tekstürü, gübre, intensite, eğim fonksiyonları ile bunlarında kendi içindeki karşılaştırma testleri “Bonferoni” testi ile yapılmıştır yapılarak Ek 23 ve Ek 24’de Sediment Kaybının Kendi İçinde Diğer Değişkenlerle Karşılaştırma Testleri ve Etkileşim Analizleri analiz tablosunda sunulmuştur.

Ek 23 ve Ek 24 incelendiğinde sediment kaybına etki eden tekli faktörler önem sırasına göre “**intensite > eğim > tekstür > gübre**” olup ikili faktörler ise önem sırasına göre “**intensite + eğim**” > “**tekstür + intensite**” > “**tekstür + eğim**”, “**gübre + eğim**” > “**tekstür + gübre**” > “**gübre + intensite**” olup üçlü faktörler ise önem sırasına göre “**tekstür + intensite + eğim**” > “**tekstürü + gübre + eğim**” > “**tekstür + gübre + intensite**” > “**gübre + intensite + eğim**” olup etki ve önem dereceleri, kareler ortalaması ve ilişki çeşidi ekte yer almaktadır.

Deneme parsellerinde farklı tekstür, farklı intensite ve farklı eğim koşullarında zamana bağlı sediment kaybı ortalamaları g/da olarak Çizelge 4.48’de verilmektedir.

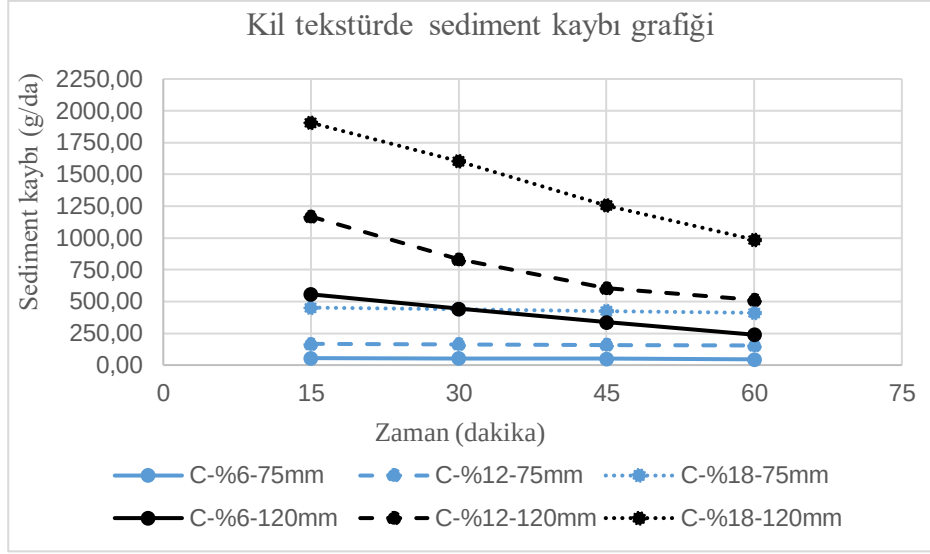
Çizelge 4.48 Deneme parsellerindeki zamana bağlı sediment kaybı ortalamaları

| Tekstur | İntensite (ml) | Eğim (%) | Zaman(dk) |         |         |        |
|---------|----------------|----------|-----------|---------|---------|--------|
|         |                |          | 15        | 30      | 45      | 60     |
| Kil     | 75             | 6        | 54,70     | 51,43   | 49,47   | 45,07  |
| Kil     | 75             | 12       | 166,99    | 163,90  | 157,41  | 154,26 |
| Kil     | 75             | 18       | 451,88    | 439,25  | 424,00  | 410,72 |
| Kil     | 120            | 6        | 556,44    | 442,43  | 336,43  | 238,79 |
| Kil     | 120            | 12       | 1168,24   | 831,62  | 604,64  | 512,82 |
| Kil     | 120            | 18       | 1905,66   | 1604,27 | 1257,15 | 986,22 |
| Kil tın | 75             | 6        | 56,07     | 54,62   | 53,47   | 49,12  |
| Kil tın | 75             | 12       | 178,11    | 168,06  | 163,79  | 162,39 |
| Kil tın | 75             | 18       | 520,88    | 506,12  | 486,97  | 470,66 |
| Kil tın | 120            | 6        | 659,06    | 405,62  | 335,85  | 308,48 |
| Kil tın | 120            | 12       | 1166,73   | 971,30  | 807,36  | 659,91 |
| Kil tın | 120            | 18       | 2145,71   | 1636,41 | 1281,45 | 972,74 |

Sediment kaybının kil tekstürde farklı eğim ve intensitedeki grafiksel görünümü şekil 4.25 de, kil tın tekstürde ise şekil 4.26 da verilmiştir. Bu çalışmada anlaşılabacağı üzere yüzey akışı ile sediment kaybına intensite ve eğimin etkisi görülmektedir.

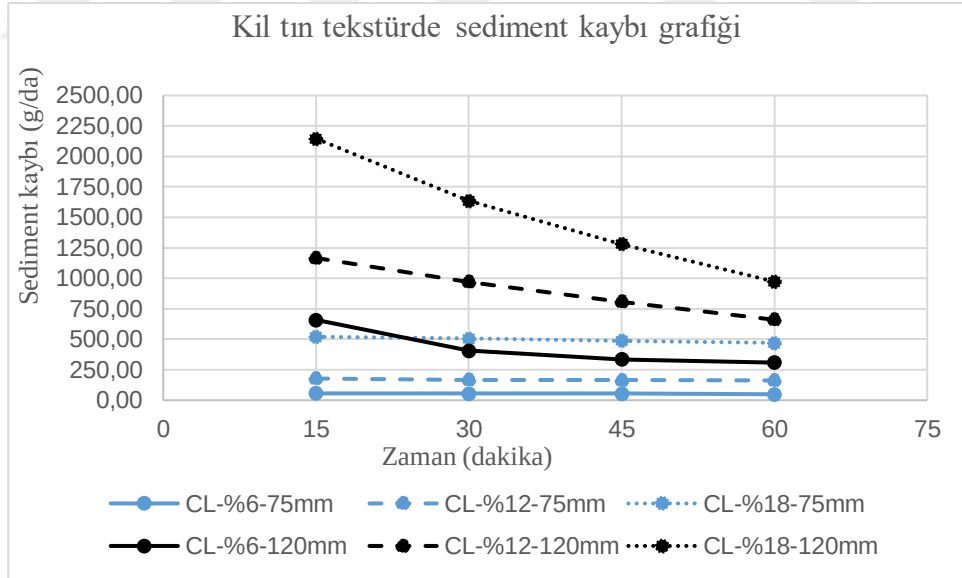
Gafiklerdende anlaşılabacağı üzere sediment kaybı, her iki tekstürde de benzer bir eğilim göstermekte, kil tekstürde intensiteye ve eğime paralel olarak artış gösterecek şekilde zamansal olarak ilk 15. dakikadan sonraki artış dengeli bir şekilde azalmaya devam etmektedir. Aynı eğilim kil tın tekstürde görülmektedir.

Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede sediment kaybı grafiği şekil 4.25'de verilmiştir.



Şekil 4.25 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede sediment kaybı grafiği

Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede sediment kaybı grafiği şekil 4.26'da verilmiştir.



Şekil 4.26 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede sediment kaybı grafiği

#### 4.6.1 Sediment kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi

Sediment kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi Çizelge 4.49'da, sediment kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması Çizelge 4.50'de sediment kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi Çizelge 4.51'de verilmiştir. Çizelgelerdeki veriler detaylı bir şekilde incelendiğinde kendi içinde birbirleriyle olan etki ve önem dereceleri ile kareler ortalaması istatistiksel olarak ( $p < 0.05$ ) % 95 güven aralığında bulunmuştur.

Çizelge 4.49 Sediment kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi

| Değişkenler |          | Ortalama | Standart hata | % 95 Güven aralığı |           |
|-------------|----------|----------|---------------|--------------------|-----------|
|             |          |          |               | Alt limit          | Üst limit |
| Tekstür     | Kil      | 564,742  | 2,150         | 560,418            | 569,065   |
|             | Kil tın  | 616,286  | 2,150         | 611,962            | 620,609   |
| Gübre       | Gübreli  | 587,805  | 2,150         | 583,482            | 592,129   |
|             | Gübresiz | 593,222  | 2,150         | 588,899            | 597,546   |
| İntensite   | 75,00    | 226,638  | 2,150         | 222,315            | 230,962   |
|             | 120,00   | 954,389  | 2,150         | 950,065            | 958,712   |
| Eğim        | 6,00     | 231,064  | 2,634         | 225,769            | 236,359   |
|             | 12,00    | 517,345  | 2,634         | 512,049            | 522,640   |
|             | 18,00    | 1023,132 | 2,634         | 1017,837           | 1028,427  |

Çizelge 4.50 Sediment kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması

| Değişkenler |               | Kareler toplamı | Serbestlik Derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem Derecesi (P) |
|-------------|---------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|-------------------|
| Tekstür     | Karşılaştırma | 47822,291       | 1                        | 47822,291          | 287,293    | 0,000             |
|             | Hata          | 7990,006        | 48                       | 166,458            |            |                   |
| Gübre       | Karşılaştırma | 528,166         | 1                        | 528,166            | 3,173      | 0,081             |
|             | Hata          | 7990,006        | 48                       | 166,458            |            |                   |
| İntensite   | Karşılaştırma | 9533177,49      | 1                        | 9533177,49         | 57270,61   | 0,000             |
|             | Hata          | 7990,006        | 48                       | 166,458            |            |                   |
| Eğim        | Karşılaştırma | 7721186,33      | 2                        | 3860593,16         | 23192,53   | 0,000             |
|             | Hata          | 7990,006        | 48                       | 166,458            |            |                   |

F, toprak tekstürünün etkisini test eder. Bu test, ortalamalar arasında doğrusal olarak bağımsız ikili karşılaştırmalara dayanmaktadır.

Çizelge 4.51 Sediment kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi

| Değişkenler |          |          | Ortalamalar arası fark (I-II) | Standart hata | Önem derecesi b | Fark için% 95 Güven aralığı |           |
|-------------|----------|----------|-------------------------------|---------------|-----------------|-----------------------------|-----------|
|             |          |          |                               |               |                 | Alt limit                   | Üst limit |
| Tekstür     | Kil      | Kil tın  | -51,544*                      | 3,041         | 0,000           | -57,658                     | -45,430   |
|             | Kil tın  | Kil      | 51,544*                       | 3,041         | 0,000           | 45,430                      | 57,658    |
| Gübre       | Gübreli  | Gübresiz | -5,417                        | 3,041         | 0,081           | -11,531                     | -5,417    |
|             | Gübresiz | Gübreli  | 5,417                         | 3,041         | 0,081           | -0,697                      | 5,417     |
| İntensite   | 75,00    | 120,00   | -727,751*                     | 3,041         | 0,000           | -733,865                    | -721,636  |
|             | 120,00   | 75,00    | 727,751*                      | 3,041         | 0,000           | 721,636                     | 733,865   |
| Eğim        | 6,00     | 12,00    | -286,280*                     | 3,724         | 0,000           | -295,520                    | -277,041  |
|             |          | 18,00    | -792,068*                     | 3,724         | 0,000           | -801,307                    | -782,828  |
|             | 12,00    | 6,00     | 286,280*                      | 3,724         | 0,000           | 277,041                     | 295,520   |
|             |          | 18,00    | -505,787*                     | 3,724         | 0,000           | -515,027                    | -496,548  |
|             | 18,00    | 6,00     | 792,068*                      | 3,724         | 0,000           | 782,828                     | 801,307   |
|             |          | 12,00    | 505,787*                      | 3,724         | 0,000           | 496,548                     | 515,027   |

Çalışmada elde edilen sonuçlar ( $p < 0.05$ ) % 95 güven aralığı için karşılaştırılmıştır (\*). Çoklu karşılaştırmalar “Bonferoni” testi ile yapılmıştır (b).

#### 4.6.2 Sedimentten toplam fosfor (P) kaybı

Parselden yüzey akışı ile oluşan erozyon neticesinde sedimente fiks olan fosfor (P) sediment taşınımı ile topraktan uzaklaşmaktadır. Yüzey akışından toplanan sulardaki sedimentte spektrofotometre ile yapılan analizler sonucunda oluşan kayıplara; toprak tekstürü, gübre, intensite, eğim fonksiyonları ile bunlarında kendi içindeki karşılaştırma testleri “Bonferoni” testi ile yapılarak Ek 25 ve Ek 26’da sedimente toplam fosfor kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri ve etkileşim analizleri analiz tablosunda sunulmuştur.

Ek 25 ve Ek 26 incelendiğinde sedimentten toplam fosfor kaybına etki eden tekli faktörler önem sırasına göre “**intensite > gübre > eğim > tekstür**” olup ikili faktörler ise önem sırasına göre “**gübre + intensite**” > “**intensite + eğim**” > “**gübre + eğim**” > “**tekstür + gübre**” > “**tekstür + eğim**” > “**tekstür + intensite**” olup üçlü faktörler ise önem sırasına göre “**gübre + intensite + eğim**” > “**tekstürü + gübre + eğim**” > “**tekstür + intensite + eğim**” > “**tekstür + gübre + intensite**” olup etki ve önem dereceleri, kareler ortalaması ve ilişki seviyesi çizelgede yer almaktadır.

Deneme parsellerinde farklı tekstür, farklı intensite ve farklı eğim koşullarında zamana bağlı sedimentten toplam fosfor kaybı ortalamaları g/da olarak Çizelge 4.52’de verilmektedir.

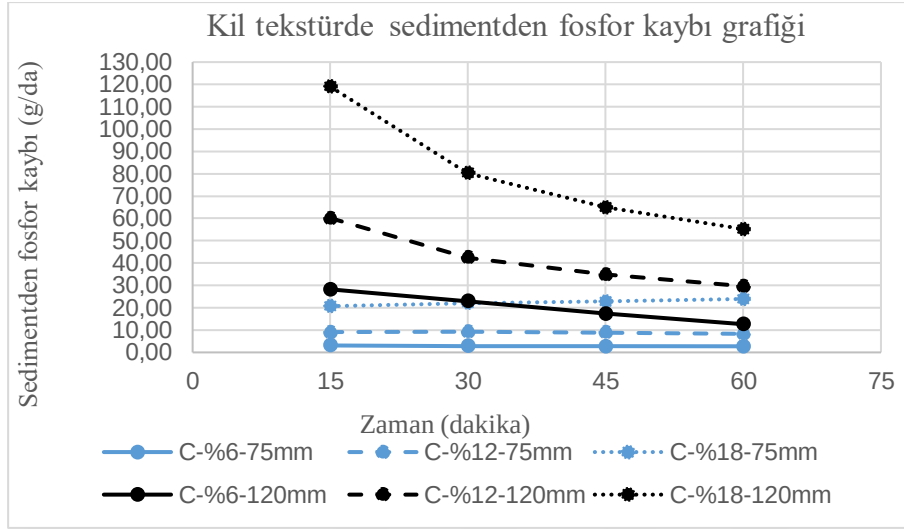
Çizelge 4.52 Deneme parsellerindeki zamana bağlı sedimentten toplam fosfor kaybı ortalamaları

| Tekstur | İntensite (ml) | Eğim (%) | Zaman(dk) |       |       |       |
|---------|----------------|----------|-----------|-------|-------|-------|
|         |                |          | 15        | 30    | 45    | 60    |
| Kil     | 75             | 6        | 3,11      | 2,93  | 2,79  | 2,74  |
| Kil     | 75             | 12       | 8,97      | 9,26  | 8,88  | 8,31  |
| Kil     | 75             | 18       | 20,70     | 22,12 | 22,85 | 23,93 |
| Kil     | 120            | 6        | 28,23     | 22,99 | 17,37 | 12,63 |
| Kil     | 120            | 12       | 60,13     | 42,37 | 34,86 | 29,67 |
| Kil     | 120            | 18       | 119,00    | 80,24 | 65,01 | 55,23 |
| Kil tın | 75             | 6        | 2,58      | 2,89  | 2,80  | 2,48  |
| Kil tın | 75             | 12       | 11,74     | 13,22 | 11,33 | 10,10 |
| Kil tın | 75             | 18       | 25,78     | 27,94 | 33,35 | 32,68 |
| Kil tın | 120            | 6        | 30,10     | 14,49 | 15,46 | 15,53 |
| Kil tın | 120            | 12       | 70,14     | 58,90 | 44,83 | 35,07 |
| Kil tın | 120            | 18       | 130,29    | 84,45 | 75,63 | 62,49 |

Sedimentten toplam fosfor kaybının kil tekstürde farklı eğim ve intensitedeki grafiksel görünümü şekil 4.27’de, kil tın tekstürde ise şekil 4.28’de verilmiştir. Bu çalışmadan da anlaşılabileceği üzere sedimentten toplam fosfor kaybına intensite ve eğimin etkisi görülmektedir.

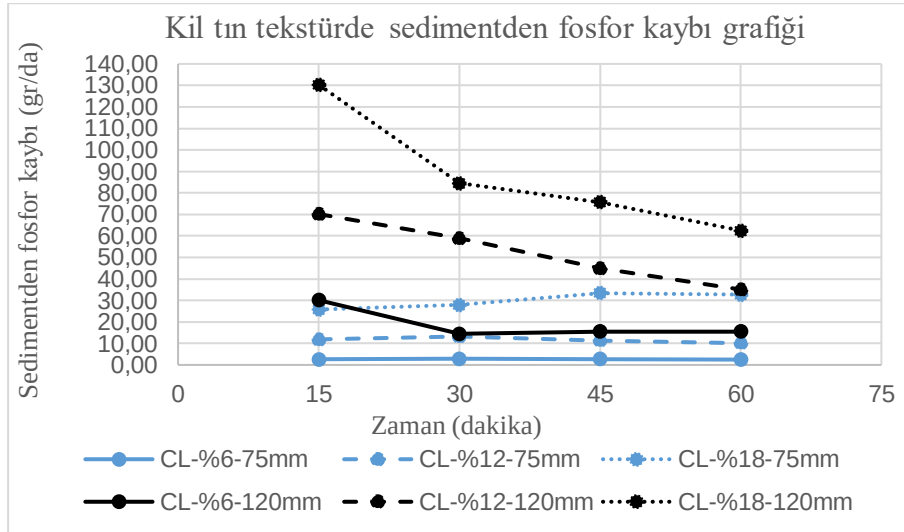
Grafiklerden de anlaşılabileceği üzere parselden sedimentten toplam fosfor kaybı, her iki tekstürde de benzer şekilde intensiteye ve eğime paralel olarak artış göstersede zamansal olarak ilk 15. dakikadan sonraki artış dengeli bir şekilde azalmaya devam etmektedir.

Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede sedimentten toplam fosfor kaybı grafiği şekil 4.27’de verilmiştir.



Şekil 4.27 Kil tekstürde farklı eğim ve intensitede sedimentden toplam fosfor kaybı grafiği

Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede sedimentten toplam fosfor kaybı grafiği şekil 4.28'de verilmiştir.



Şekil 4.28 Kil tın tekstürde farklı eğim ve intensitede sedimentden toplam fosfor kaybı grafiği

#### 4.6.3 Sedimentden fosfor (P) kaybı ve tekstür, gübre, intensite ile eğimin etkisi

Toplam fosfor kaybı içerisindeki sedimentden fosfor (P) kaybın, sedimentin spektrofotometrede fosfor analizi yapılarak bulunan değerler fosfat ( $P_2O_5$ )'a çevrilmiştir. Sedimentden fosfat ( $P_2O_5$ ) kaybına; toprak tekstürü, gübre, intensite ve eğimin etkisi Çizelge 4.53'de, sedimentden fosfat ( $P_2O_5$ ) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması Çizelge 4.54'de Sedimentden fosfat ( $P_2O_5$ ) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi Çizelge 4.55'de verilmiştir. Çizelgelerdeki veriler detaylı bir şekilde incelendiğinde kendi içinde birbirleriyle olan etki ve önem dereceleri ile kareler ortalaması istatistiksel olarak ( $p<0.05$ ) %95 güven aralığında önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.53 Sedimentden fosfat ( $P_2O_5$ ) kaybına tekstür, gübre, intensite ve eğimin etkisi

| Değişkenler |          | Ortalama  | Standart hata | % 95 Güven aralığı |           |
|-------------|----------|-----------|---------------|--------------------|-----------|
|             |          |           |               | Alt limit          | Üst limit |
| Tekstür     | Kil      | 20424,398 | 254,443       | 19912,805          | 20935,991 |
|             | Kil tın  | 23114,597 | 254,443       | 22603,004          | 23626,190 |
| Gübre       | Gübreli  | 31636,958 | 254,443       | 31125,365          | 32148,550 |
|             | Gübresiz | 11902,037 | 254,443       | 11390,445          | 12413,630 |
| İntensite   | 75,00    | 8598,935  | 254,443       | 8087,343           | 9110,528  |
|             | 120,00   | 34940,060 | 254,443       | 34428,467          | 35451,652 |
| Eğim        | 6,00     | 7757,301  | 311,628       | 7130,730           | 8383,872  |
|             | 12,00    | 19645,450 | 311,628       | 19018,879          | 20272,020 |
|             | 18,00    | 37905,742 | 311,628       | 37279,171          | 38532,312 |

Çizelge 4.54 Sedimentden fosfat ( $P_2O_5$ ) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğimle ikili karşılaştırması

| Değişkenler |               | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem Derecesi (P) |
|-------------|---------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|-------------------|
| Tekstür     | Karşılaştırma | 130269048       | 1                        | 130269048          | 56         | 0                 |
|             | Hata          | 111873246       | 48                       | 2330693            |            |                   |
| Gübre       | Karşılaştırma | 7010407254      | 1                        | 7010407254         | 3008       | 0                 |
|             | Hata          | 111873246       | 48                       | 2330693            |            |                   |
| İntensite   | Karşılaştırma | 12489386897     | 1                        | 12489386897        | 5359       | 0                 |
|             | Hata          | 111873246       | 48                       | 2330693            |            |                   |
| Eğim        | Karşılaştırma | 11069558519,    | 2                        | 5534779259,8       | 2374,736   | 0,000             |
|             | Hata          | 111873246,05    | 48                       | 2330692,626        |            |                   |

F, toprak tekstürünün etkisini test eder. Bu test, ortalamalar arasında doğrusal olarak bağımsız ikili karşılaştırmalara dayanmaktadır

Çizelge 4.55 Sedimentden fosfat ( $P_2O_5$ ) kaybının tekstür, gübre, intensite ve eğim ile varyans analizi

| Değişkenler |          |          | Ortalamalar arasındaki fark (I-II) | Standart hata | Önem derecesi P | Fark için % 95 Güven aralığı |            |
|-------------|----------|----------|------------------------------------|---------------|-----------------|------------------------------|------------|
|             |          |          |                                    |               |                 | Alt limit                    | Üst limit  |
| Tekstür     | Kil      | Kil tın  | -2690,199*                         | 359,837       | 0,000           | -3413,700                    | -1966,697  |
|             | Kil tın  | Kil      | 2690,199*                          | 359,837       | 0,000           | 1966,697                     | 3413,700   |
| Gübre       | Gübreli  | Gübresiz | 19734,920*                         | 359,837       | 0,000           | 19011,419                    | 20458,422  |
|             | Gübresiz | Gübreli  | -19734,920*                        | 359,837       | 0,000           | -20458,422                   | -19011,419 |
| İntensite   | 75,00    | 120,00   | -26341,124*                        | 359,837       | 0,000           | -27064,626                   | -25617,623 |
|             | 120,00   | 75,00    | 26341,124*                         | 359,837       | 0,000           | 25617,623                    | 27064,626  |
| Eğim        | 6,00     | 12,00    | -11888,149*                        | 440,709       | 0,000           | -12981,452                   | -10794,845 |
|             |          | 18,00    | -30148,441*                        | 440,709       | 0,000           | -31241,744                   | -29055,137 |
|             | 12,00    | 6,00     | 11888,149*                         | 440,709       | 0,000           | 10794,845                    | 12981,452  |
|             |          | 18,00    | -18260,292*                        | 440,709       | 0,000           | -19353,595                   | -17166,988 |
|             | 18,00    | 6,00     | 30148,441*                         | 440,709       | 0,000           | 29055,137                    | 31241,744  |
|             |          | 12,00    | 18260,292*                         | 440,709       | 0,000           | 17166,988                    | 19353,595  |

Çalışmada elde edilen sonuçlar ( $p < 0.05$ ) % 95 güven aralığı için karşılaştırılmıştır (\*). Çoklu karşılaştırmalar “Bonferoni” testi ile yapılmıştır (b).

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu tez çalışmasında, 3 farklı eğim ve 2 farklı intensitede uygulanan yağış koşullarında 2 farklı tekstürde toprak kullanılarak, azot, fosfor ve sediment kayıplarının miktarları ve birbirleri ile olan etkileşimi ortaya konulmuştur. Bu çalışmada, toprak erozyonu sürecinde N ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3^-\text{N}$ ) ve P ( $\text{PO}_4^-$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5^-$  ve sedimentde TP) kayıplarının dört formu analiz edilerek her 15. dakika başına N, P ve sedimentin zamansal olarak kayıpların miktarları ve yoğunlukları belirlenmiştir. Başlangıçtaki ilk 15 dakikadan önce ve sonrasında önemli varyasyonlarla benzer zamansal kalıplara sahip ve akışın orta ve geç evrelerinde bilhassa 30 dakikadan sonra kil(C) tekstürlü toprak daha stabil hale gelmesine rağmen, kil tın (CL) toprak ise eğim ve intensitedeki artışla beraber yüzey akışında belirgin azalış göstermiştir. Devam eden yağmurlama ile spesifik olarak,  $\text{NH}_4^+$  - N kayıp oranları, kil tın tekstürde başlangıç aşamasında  $6^\circ$  eğimde belirgin bir zirveye sahip değilken,  $120 \text{ mm h}^{-1}$  yağış yoğunluğunun altında kil tekstürde daha sabit olsada her iki testürde de yataya yakın seyretmiştir. Yağış yoğunluğu arttıkça,  $\text{NO}_3^-$  - N kayıp oranları yüzey akışında ve infiltrasyonda ilk 15. dakikada maksimuma ulaşmış ve devam eden süreçte sabit hale gelmiştir. İnfiltrasyonda bu süreç zamana bağlı azalış yönünde olmuştur.  $120 \text{ mm h}^{-1}$  yağış yoğunluğu altındaki toplam N kayıp oranları  $75 \text{ mm h}^{-1}$  'den daha yüksek çıkmıştır.  $\text{P}_2\text{O}_5^-$  kayıp oranlarının dalgalanması nispeten yüzey akışında infiltrasyondan daha fazla bulunmuş ve oranlar esas olarak akışın ilk 15 dakikadan sonra  $120 \text{ mm h}^{-1}$  yağış yoğunluğunda 45. ve 60. dakikalarda zirveye ulaştı. Sediment kaybı ise TP ile benzer bir zamansal eğilim gösterdi ve  $120 \text{ mm h}^{-1}$  yağış yoğunluğunda  $75 \text{ mm h}^{-1}$  'den çok daha yüksek bulundu. Birinci 15. dakikada maksimuma ulaşarak devam eden süreçte azalarak sabit hale gelmiştir.

Azot ve fosfor kayıpları ve toprak erozyonu ilişkileri incelendiğinde; en büyüğünden en küçüğüne kadar, aynı eğimlerde ve aynı yağış yoğunluğunda toplam (yüzey akışı ile infiltrasyonda çözünmüş-sedimentte fikse olan) N ve P kayıpları şunlardır:

**Kil tekstür** için  $\text{TN} > \text{NO}_3^- \text{-N} > \text{NH}_4^+ \text{-N}$ . Yağış şiddeti ve eğim derecesine göre  $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 'nin toplam kayıpları  $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 'nin yaklaşık 3,4 ila 7,5 katı arasında değişiklik göstermektedir. Bununla birlikte, toprak örneklerinde N ve P içeriğinin sırası biraz

farklılık gösterdi, bu da  $TP > TN > NO_3^- - N > NH_4^+ - N > DP$  şeklinde bulunmuştur. Sonuç olarak karşılık geldiği yüzey akışı ve sediment ile azot (N) ve fosfor (P) kayıpları Akış miktarı +  $NH_4^+ - N$ ,  $NO_3^- - N$ , DP ve TP kayıpları farklı eğimler ve farklı yağış şiddetleri altında yüzey akış ve sediment kayıpları (miktarı) verileri Çizelge 5.1'de verilmiştir. Bu nedenle,  $NH_4^+ - N$ ,  $NO_3^- - N$  ve DP kayıpları esas olarak toprak eğimindeki yüzey akış suyundan ve TP kayıplarının yaklaşık % 89 ila 98'i arası sedimentden taşınmıştır. Ek olarak, N suda P'den daha fazla çözünür olduğundan, N kaybının oranı toprak erozyonu sürecinde P kaybından daha yüksektir.

Çizelge 5.1 Kil tekstürde farklı inyensite ve farklı eğim koşullarında sediment, azot ve fosfor kaybı (n=3)

| Eğim (%) | Yağış yoğunluğu (mm h <sup>(-1)</sup> ) | Yüzey akışı (Litre) | Sediment (ton ha <sup>(-1)</sup> ) | Amonyum Azotu (kg da <sup>(-1)</sup> ) | Nitrat Azotu (kg da <sup>(-1)</sup> ) | Toplam Azot (kg da <sup>(-1)</sup> ) | Yarayışlı Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (kg da <sup>(-1)</sup> ) | Sedimentle Taşınan Toplam Fosfor (kg da <sup>(-1)</sup> ) |
|----------|-----------------------------------------|---------------------|------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 6        | 75                                      | 4,66                | 0,93                               | 0,109                                  | 0,522297                              | 0,631                                | 0,104                                                                      | 0,921                                                     |
| 6        | 120                                     | 8,47                | 1,56                               | 0,388                                  | 1,32162                               | 1,71                                 | 0,217                                                                      | 6,538                                                     |
| 12       | 75                                      | 4,96                | 1,46                               | 0,162                                  | 0,71855                               | 0,881                                | 0,113                                                                      | 2,815                                                     |
| 12       | 120                                     | 9,45                | 3,25                               | 0,517                                  | 1,252825                              | 1,77                                 | 0,241                                                                      | 13,701                                                    |
| 18       | 75                                      | 5,66                | 2,71                               | 0,2                                    | 1,504468                              | 1,704                                | 0,145                                                                      | 7,145                                                     |
| 18       | 120                                     | 10,35               | 6,09                               | 0,529                                  | 2,074892                              | 2,604                                | 0,306                                                                      | 25,614                                                    |

**Kil tın tekstür** için  $TN > NO_3^- - N > NH_4^+ - N$ . Yağış şiddeti ve eğim derecesine göre  $NO_3^- - N$ 'nin toplam kayıpları  $NH_4^+ - N$ 'nin yaklaşık 2,7 ila 5,5 katı arasında değişiklik göstermektedir. Bununla birlikte, toprak örneklerinde N ve P içeriğinin sırası aynıydı, bu da  $TP > TN > NO_3^- - N > NH_4^+ - N > DP$  şeklinde bulunmuştur. Karşılık geldiği yüzey akışı ve sediment ile azot (N) ve fosfor (P) kayıpları Akış miktarı +  $NH_4^+ - N$ ,  $NO_3^- - N$ , DP ve TP kayıpları farklı eğimler ve farklı yağış şiddetleri altında yüzeysel akış ve sediment kayıpları (miktarı) verileri Çizelge 5.2'de verilmiştir. Bu nedenle,  $NH_4^+ - N$ ,  $NO_3^- - N$  ve DP kayıpları esas olarak toprak eğimindeki akış suyundan ve TP kayıplarının yaklaşık % 87 ile 98'i arası sedimentden taşınmıştır. Ek olarak, N suda P'den daha fazla çözünür olmasına rağmen, P kaybının oranı toprak erozyonu sürecinde N kaybından daha yüksektir.

Çizelge 5.2 Kil tın tekstürde farklı inyensite ve farklı eğim koşullarında sediment, azot ve fosfor kaybı (n=3)

| Eğim (%) | Yağış yoğunluğu (mm h <sup>-1</sup> ) | Yüzey akışı (Litre) | Sediment (ton ha <sup>-1</sup> ) | Amonyum Azotu (kg da <sup>-1</sup> ) | Nitrat Azotu (kg da <sup>-1</sup> ) | Toplam Azot (kg da <sup>-1</sup> ) | Yararışlı Fosfor (P2O5) (kg da <sup>-1</sup> ) | Sedimentle Taşınan Toplam Fosfor (kg da <sup>-1</sup> ) |
|----------|---------------------------------------|---------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 6        | 75                                    | 4,34                | 0,96                             | 0,116                                | 0,49                                | 0,607                              | 0,117                                          | 0,857                                                   |
| 6        | 120                                   | 8,47                | 1,69                             | 0,312                                | 1,339                               | 1,651                              | 0,228                                          | 6,04                                                    |
| 12       | 75                                    | 4,58                | 1,57                             | 0,14                                 | 0,705                               | 0,846                              | 0,123                                          | 3,688                                                   |
| 12       | 120                                   | 8,75                | 3,71                             | 0,431                                | 1,184                               | 1,615                              | 0,239                                          | 16,635                                                  |
| 18       | 75                                    | 5,19                | 2,98                             | 0,231                                | 1,262                               | 1,493                              | 0,16                                           | 9,57                                                    |
| 18       | 120                                   | 10,39               | 6,5                              | 0,49                                 | 1,636                               | 2,126                              | 0,312                                          | 29,047                                                  |

Çoklu faktörlü regresyon analizi, zaman periyodu değerlerinin N, P ve sediment kayıp oranlarının 12 (2 farklı tekstür \* 2 farklı intensite \* 3 farklı eğim derecesi \* 2 ayrı örnek alma noktası \* 4 ayrı örnek alma zamanı \* 3 paralel \* 2 blank) ile parsel başına n = 36) akış oranları ile anlamlı korelasyonlara sahip olduğunu ve katsayı tayininin (R) 0.37 ile 0.93 arasında değiştiğini göstermiştir. N ve P kayıp oranları da sediment kayıp oranları ile anlamlı korelasyonlara sahip iken, ilişkiler TN ve TP hariç akış oranlarına sahip olanlar kadar güçlü çıkmamıştır, yani NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, NO<sub>3</sub>-N ve DP kayıpları öncelikle akıştan etkilenirken TP kaybı esas olarak sedimentten etkilenmiştir. Ayrıca, TN kaybı oranı akış ve sedimentten etkilenmiş. N, P ve sedimentten kayıpları, yağış yoğunluğu, kanal alanı ve zaman periyodunun çarpılmasıyla elde edilen periyodik yağış miktarı ile anlamlı korelasyonlara sahip olduğu görülmüştür.

Bu bağlamda, Vitousek vd. (2009) tarafından bitkilerin ihtiyacından fazla fosforun girdi olarak tarım topraklarına eklenmesinin fosfor fazlalığına neden olduğu, tarım ve çevre kalitesini bozduğu belirtilmiştir.

Özellikle kumlu topraklarda taban suyunun yapay drenaj sistemleriyle uzaklaştırılması sonucu dere ve çaylarda önemli debi artışlarına sebep olurken büyük miktarlarda fosforda kumlu toprak profillerinden drenaj yoluyla uzaklaşmaktadır. Bu toprakların fosfor absorbe etme kapasiteleri minimum düzeydedir (Shukla vd. 2010).

Kinley vd. (2010), yüzey altı boru drenaj sularında nitrat konsantrasyonlarını toprakta yayışlı P miktarlarıyla ilişkilendirmişlerdir. Yüzey altı boru drenlerinde nitrat-N hareketi ilkbahar ve sonbahar yağışlarına bağılı olarak artan konsantrasyonlarıyla mevsimsel bir dağılım deseni göstermişlerdir. Benzer şekilde, Randall ve Vetsch (2005) yürüttükleri 7 yıllık bir çalışmada drenaj akışlarının ve  $\text{NO}_3^-$  N kayıplarının %70 den fazlası Nisan ayından Haziran ayına kadar oluştuğunu bildirmektedirler. Bu durumun tersine büyük dren akış debileri Ekim-Kasım aralığında yüksek miktarda  $\text{NO}_3^-$  N konsantrasyon kayıpları meydana getirmişlerdir. Yazın yapılan hayvan gübresi uygulamalarından sonra meydana gelen şiddetli sonbahar yağışları sonbaha döneminde büyük miktarlarda  $\text{NO}_3^-$  N kayıplarına neden olmaktadır.

Tatlı su kaynaklarını kirlilemeyecek ya da kalitesini bozmayacak miktarlarda fosfor gübrelemesi ya da girdisi bitki gereksinimini karşılamak amacıyla uygulayabilmek 21. yüzyılda fosfor uygulamalarının ana amacını oluşturmaktadır. Bu dengeyi özellikle fosfor kullanım etkinliğinin düşük olduğu topraklarda sağlamak tek başına küresel bir iddia olarak önümüze çıkmaktadır. Bu nedenle fosforun tarım topraklarına girdi olarak uygulanması beraberinde tatlı su kaynaklarında ötrifikasyon sebep olmaktadır (MacDonald vd., 2011).

James ve Zhang (2011), yağmur suyu ve fosfor girdileri topraktan fosfor yıkanmasında direk etkili iki faktör olduğundan, bitki besin maddeleri (özellikle N ve P) ve su eşzamanlı değerlendirilmelidir. Böylece derelere, çaylara ve göllere dren boru ve kanalları yardımıyla ulaştırılan fosfor kirliliği su kalitesindeki bozulmalar azaltılabileceğini ifade etmişlerdir.

Tarımsal üretimin gerçekleştirildiği alanlarda alınan toprak işleme, toprağın ve suyun korumasına dair önlemler, yağış yoğunluğu ve süresi, bitkisel örtü, şevdeki eğim dikliği ve uzunluğu büyük önem arz etmektedir.

Tarımsal üretimde sürdürülebilirliği sağlamak için en önemli faktör, toprakların verimlilik artışında süreklilik için topraklarda mevcut olan tüm özelliklerin bilinip, oluşabilecek değişimlerin araştırılarak ihtiyaç duyulan tüm tedbirler alınmalıdır. En değerli kaynaklarımız olan toprak ve suyun bilinçsizce faydalanılarak, tüketim talebindeki artışla birlikte ortaya çıkan atık maddeler, miktarı ve doğal çevreyi olumsuz etkileri sonucunda ekolojik dengeyi ve insan sağlığını tehdit eder seviyelere gelmiştir (Kaçtıoğlu ve Şengül 2010).

### **Tarımsal üretimin yapıldığı topraklar;**

İklim şartları dikkate alınarak yağışın yetersiz olduğu durumlarda yüzey akışının minimum olduğu sulama sistemleri seçilmelidir.

Toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri dikkate alınarak yetiştirilecek bitki çeşidine en uygun gübre kullanılmalıdır.

Topoğrafik özellikleri dikkate alınarak erozyonu azaltacak şekilde eğim yönüne dik toprak işleme yapılmalıdır.

Drenaj şartları dikkate alınarak fazla suların çiftçi hendekleri veya oluşturulacak drenaj sistemi ile bitki kök bölgesinden uzaklaştırılmalıdır.

Su kaynağının iletim ve dağıtımını en düşük kayıp kaçak oranı olan basınçlı borulu sulama sistemi kullanılarak bitki, toprak, topoğrafya ve drenaj şartları dikkate alınarak yağmurlama, damla sulama vb yöntemleri seçilmelidir.

Bitki paterni seçiminde tarım yapılacak alanın iklim şartları, bitki su ihtiyacı, toprak tekstürü, profil derinliği, toprakta bitki gelişimini etkileyebilecek tuzluluk, alkalilik, kireç vb yetersizlikler dikkate alınarak topraklar arazi kullanım yetenek sınıfına uygun şekilde ekosistemde sorunlara neden olmadan kullanılması gerekmektedir.

Hava durumu tahminleri dikkate alınarak eroziv yağışlar öncesinde gübreleme yapılmamalıdır. Nitratın toprakta tutulmaması nedeni ile amonyum içeren gübreler seçilmelidir.

Malç kullanımı arttırılmalı, özellikle eğimli arazilerde anıza ekim uygulamaları yaygınlaştırılmalıdır.

Eğimi %12 nin üzerinde olan arazilerde erozyon koruma önlemlerinin ve su hasatı işlemlerine önem verilmelidir.

*Sonuç olarak,” toprak ve su kaynakları, özellikleri ve yer aldıkları havzadaki çevre ve iklim şartları dikkate alınarak, aynı zamanda kirliliğide en aza indirecek toprak işleme-gübreleme-sulama uygulamaları seçilmelidir. Böylece toprak ve su kaynaklarını korumak için mevcut ve muhtemel sorunlar belirlenerek çözümleri için alternatifler geliştirilmelidir”.*

Bitki besin elementlerinin neden olduğu kirliliğin seviyesini belirlemek bundan sonraki araştırmalara yön verecektir.

Bu tez çalışmasında, farklı arazi eğimleri altındaki farklı tekstürdeki topraklara yapay yağmur simülatörüyle uygun atmosferik koşulları sağlayarak yüzey akışıyla taşınan sediment miktarı ile bitki besin elementlerinin (azot ve fosfor) miktarları belirlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Addiscott, T.M. 1996. Fertilizer and nitrate leaching. Eds: Hester, R.E., Harrison, R.M., Agricultural Chemicals and Environment. Issues in Environmental Science Technology, Vol. 5, pp. 1-26.
- Alabaster, J.S. ve Lloyd, R. 1980. Water Quality Criteria for Freshwater Fish. Butterworths, London-Boston, 297 pp.
- Alam, M. M. and Ladha, J. K. 2004. Optimizing phosphorus fertilization in an intensive vegetable-rice cropping system. Biology and Fertility of Soils, 40, 277–283.
- Alexander, R.B., Smith, R.A., Schwarz, G.E. 2000. Effect of stream channel size on the delivery of nitrogen to the Gulf of Mexico. Nature, 403, 758–761.
- Anayah, F.M. ve Almasri, M.N. 2009. Trends and occurrences of nitrate in the groundwater of the west bank, Palestine. Applied Geography, 29, 588-601.
- Anonim. 1954. (US Salinity Laboratory Staff) Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agri. Handbook. No:60, USDA.
- Anonim. 1987. Türkiye Genel Toprak Amenajman Planlaması. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.
- Anonim. 1988. Nitrate and Drinking Water. European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, Brussels.
- Anonim. 2002. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), In: Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. McCarthy J, Canziani O, Leary N, Dokken D. and White K. (eds), Cambridge University Press: Cambridge, UK.
- Anonymous. 2007 Web Sitesi: [http://www.who.int/entity/water\\_sanitation\\_health/dwq/chemicals/nitratenitrite2ndadd.pdf](http://www.who.int/entity/water_sanitation_health/dwq/chemicals/nitratenitrite2ndadd.pdf), Erişim Tarihi: 08.09.2009.
- Arslan, S. 2006. Toprak sıkışmasının azaltılması için alternatif bir yöntem, kontrollü tarla trafiği. K.S.Ü. Fen ve Mühendislik Dergisi, 9(1), 135-141.
- Aydın, M. ve Kılıç, Ş. 2010. Toprak Bilimi. Nobel Yayın Evi, Antakya.
- Barlund, I., Tattari, S., Puustinen, M., Koskiahho, J., Yli-Halla, M. and Posch, M. 2009. Soil parameter variability affecting simulated field-scale water balance, erosion and phosphorus losses. Agricultural and Food Science, 18(3-4), 402–416.
- Baver, L. D. 1938. Soil permeability in relation to noncapillary porosity. Soil Science Society American Proceeding, 3, 52-56.

- Bennett, G.W. 1983. Management of Lakes and Ponds. 2nd, Edition, Remzi Kitapevi, İstanbul.
- Bertrand, I., Hinsinger, P., Jaillard, B. and Arvieu, J. C. 1999. Dynamics of phosphorus in the rhizosphere of maize and rape grown on synthetic, phosphated calcite and goethite. *Plant and Soil* 211 (1): 111-119.
- Bodman, G.B. and Colman, E.A. 1944. Moisture and energy conditions during downward entry of water into soils. *Soil Science Society American Proceeding*, 8, 116-122.
- Bonczek, J.L. and McNeal, B.L. 1996. Specific-gravity effects on fertilizer leaching from surface sources to shallow water tables. *Soil Science Society of America Journal*, 60 (4), 978–985.
- Bouyoucos, G.J. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agonomy Journal*, 43, 435-438.
- Brinck, J. N. 1978. World Resources of phosphorus, in: phosphorus in the environment: its chemistry and biochemistry. Ciba Foundation Symposium, 57, 23- 63.
- Burak, S. Duranyıldız, İ. ve Yetiş, Ü. 1997. Su Kaynaklarının Yönetimi: Ulusal Çevre Eylem Planı. Devlet Planlama Teşkilatı, ISBN 975-19-1799-9, Ankara.
- Cai, G.X. 1997. Ammonia volatilization. In: Nitrogen in soils of China Z.L. Zhu, Q.X.Wen, and J.R. Freney (eds), Kluwer Academic Publishers, 193–213, Dordrecht, the Netherlands.
- Callow, P. and Petts, G. 1992. The Rivers Handbook. Volume 1: Hydrological and Ecological Principles. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Campbell, G. S. 1988. Soil water potential measurement: an overview. *Irrigation Science*, 9, 265-273.
- Carpenter, S.R., Caraco, N. F., Correll, D.L., Howarth, R.W., Sharpley, A.N. and Smith, V. H. 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen, *Ecological Applications*, 8(3), 559-568,
- Chen, L., Song, L.X., Cui, Y.J., Zhang, B., Zhu, X.M. and Liu, D.F. 2013. Characteristics of phosphorus loss in sloping arable land of yellow-brown soil under artificial rainfall test. *Journal of Ago-Environment Science*, 32(1), 49-55.
- Cirik, S. ve Cirik, Ş. 2005. Limnoloji. Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Cociasu, A., Dorogan, L., Humborg, C. ve Popa, L. 1996. Long-term ecological changes in Romanian coastal waters of the Black Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 32, 32- 38.

- Conley, D.J. 2000. Biogeochemical nutrient cycles and nutrient management strategies. *Hydrobiologia*, 410, 87–96.
- Conley, D.J., Paerl, H.W., Howarth, R.W., Boesch, D.F., Seitzinger, S.P., Havens, K.E., Lancelot, C. and Likens, G.E. 2009. Controlling eutrophication: Nitrogen and phosphorus. *Science*, 323(5917), 1014-1015.
- Cuny , H., Wery, J., and Gaufres, F. A., Agon. J. 1998. Simple indicator for diagnosing leaching risk below the root zone using tensionic tensiometers. *Agonomie*, 18, 521–535.
- Çanga, M. and Erpul, G. 1994. Toprak işlemeli tarım alanlarında erozyon ve kontrolü. *Topraksu*, 3(2), 14-16.
- Dağdelen, E. 2012. [https://www.researchgate.net/publication/274584763\\_Toprak-Bitki-Su](https://www.researchgate.net/publication/274584763_Toprak-Bitki-Su) (Erişim tarihi: 24.11.2018).
- Dall'Orsoletta, DJ., Gatiboni, LC., Mumbach, GL., Schmitt, DE., Boitt, G. and Smyth, TJ. 2021. Soil slope and texture as factors of phosphorus exportation from pasture areas receiving pig slurry. *Science of The Total Environment* Article Number: 144004.
- Dane, J. H., Walker, R. H., Bahaminyakamwe, L. And Belcher, J. L. 2006. Tall fescue and hybrid bluegrass response to soil water matric head limits. *Agricultural Water Management*, 86, 177-186.
- Darracq, A., Destouni, G. 2007. Physical versus biogeochemical interpretations of nitrogen and phosphorus attenuation in streams and its dependence on stream characteristics. *Global Biogeochemical Cycles*, 21, GB3003.
- De Roo, A. P. J., Jetten, V. G. and Favis-Mortlock, D. 1999. Calibrating and validating the LISEM model for two data sets from the Netherlands and South Africa. *Catena*, 37(3-4), 477-493.
- Delibaş, L. 1994. Sulama. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları No.213, Ders Kitabı No. 24, Tekirdağ.
- Di, H. J. and Cameron, K. C. 2002. Nitrate leaching in temperate agroecosystems: sources strategies and mitigating factors. *Nutrient Cycling in Agroecosystem*, 64, 237–256.
- Djodjic, F., Bergstrom, L., Ulen, B. and Shirmohammadi, A. 1999. Mode of transport of surface applied phosphorus-33 through a clay and sandy soil. *Journal of Environmental Quality*, 28, 1273–1282.
- Dillon, P.J. and Kirchner, W.B. 1975. The effects of geology and land use on the export of phosphorus from watersheds. *Water Resources*, 9, 135-148.

- Dodor, D. E. and Tabatabai, M. A. 2003. Effect of cropping systems on phosphatases in soils. *Journal of Plant Nutrition Soil Science*, 166, 7-13.
- Ekinci, B. 2015. Su Kaynaklarının Verimli Kullanılmasına Yönelik Örnek Ülke Uygulamaları ve Ülkemizde Bu Çalışmaların Uygulanabilirliği. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Uzmanlık Tezi, Ankara.
- Ekwue, E.I. 1990. Organic-matter effects on soil strength properties. *Soil and Tillage Research*, 16(3), 289-297.
- El-Swaify, S. A. 1994. State-of-the-art for assessing soil and water conservation needs. *Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA*, 13-27.
- Ergene, A. 1972. Toprak Bilimi Esasları. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi. Erzurum.
- Erie, L.J. 1962. Evaluation of infiltration measurements. *Transactions of the ASAE*, 5, No. 1.
- Erpul, G. ve Çanga. M.R. 2000. Doğal yağışların laboratuvar tipi yapay yağışlar ile karşılaştırılması. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 6(1), 32-35.
- Erpul, G. ve Saygın D.S. 2012. Ülkemizde toprak erozyonu sorunu üzerine: ne yapılmalı? *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 1(1), 26-32.
- Erşahin, S. 2001. Toprak Amerajmanı. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayın No: 21, Tokat.
- Fakıoğlu, Ö. 2004. Mogan Gölü'ünde (Ankara) bazı restorasyon önlemleri sonrası dış kaynaklı fosfor yükünün belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Feng, GX., Zhang, ZY., Kong, LL. and Bakhtawar, W. 2017. Modeling and parameters sensitivity analysis of nitrogen loss through runoff from upland in the Yangtze River downstream. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(3), 2025-2034.
- Flipo, N., Jeannée, N., Poulin, M., Even, S. and Ledoux, E. 2007. Assessment of nitrate pollution in the Gand Morin aquifers (France): Combined use of geostatistics and physically based modeling. *Environmental Pollution*, 146, 241-256.
- Foster, G.R. 1988. Modeling soil erosion and sediment yield. In: *Soil Erosion Research Methods*, Lal, R. (ed), Soil and Water Conservation Society, 97–117, Ankeny, Iowa.
- Foster, I.D.L., Fullen, M.A., Brandsma, R.T. and Chapman, A.S. 2000. Drip-screen rainfall simulators for hydro- and pedo-geomorphological research: the coventry experience. *Earth Surface Processes and Landforms*, 25, 691–707.

- Holz, M., and Augustin, J. 2021. Erosion effects on soil carbon and nitrogen dynamics on cultivated slopes: A meta-analysis. *Geoderma*, 397, 115045.
- Fraser, A.I., Harrod, T.R. and Haygarth, P.M. 1999. The effect of rainfall intensity on soil erosion and particulate phosphorus transfer from arable soils. *Water Science and Technology*, 39,(12), 41-45.
- Gabriels, D. and De Boodt, M. 1975. A rainfall simulator for soil erosion studies in the laboratory. *Pedologie*, 2, 80-86.
- Gallet, A., Flish, R., Ryser, J., Frossard, E. and Sinaj, S. 2003. Effect of phosphate fertilization on crop yield and soil phosphorus status. *Journal of Plant Nutrient Science*, 166, 568- 578.
- Gao, Y., Wang, X., Song, F.P., Zhao, J. and Lu Y.Y. 2010. Effects of controlled release urea coated by polymer on nitrogen loss of soil under simulated rainfall. *Journal of Soil and Water Conservation*, 24(3), 9-12.
- Gardner, W.R. 1967. Development of modern infiltration theory and application in hydrology. *Transactions of the ASAE*, 10(3), 0379–0381.
- Gentry, L.E., David, M.B., Smith, K. M. and Kovacic, D. A. 1998. Nitrogen cycling and tile drainage nitrate loss in a corn / soybean watershed. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 68, 85–97.
- Gewelling, T. and Peech, M. 1960. Chemical Soil Test. Cornell University, Agricultural Experiment Station Bulletin, No: 960.
- Guo, H.Y., Wang, X.R. and Zhu, J.G. 2004. Quantification and index of non-pointsource pollution in Taihu Lake region with GIS. *Environmental Geochemistry and Health*, 26, 147–156.
- Gülçur, F. 1974. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Analiz Metodları, Kurulmuş Matbaası, İstanbul.
- Gündüz, T. 1994. Çevre Sorunları. Bilge Yayıncılık, Ankara.
- Güngör, Y. Erözel, Z. ve Yıldırım, O. 2004. Sulama. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayın no:1525, Ankara.
- Harter, T., Davis, H., Mathews, M.C. and Meyer, R.D. 2002. Shallow groundwater quality on dairy farms with irrigated forage crops. *Journal of Contaminant Hydrology*, 55(3), 287–315.
- He, Z.L., Alva, A.K., Li, Y.C., Calvert, D.V. and Banks, D.J. 1999. Sorption–desorption and solution concentration of phosphorus in fertilized sandy soil. *Journal of Environmental Quality*, 28, 1804–1810.

- He, J., Balasubramanian, R., Burger, D. F., Hicks, K., Kuylensstierna, J. C. I. and Palani, S. 2011. Dry and wet atmospheric deposition of nitrogen and phosphorus in Singapore. *Atmospheric Environment*, 45, 2760-2768.
- Heatwate, A.L., Burt, T.P. and Trudgill, S.T. 1990. Land-use controls on sediment production in a lowland catchment South England. *Soil Erosion on Agricultural Land. Proceeding of a Workshop Sponsored by the British Geomorphological Researches Goup*, UK 69-86.
- Helmerts, M.J., Isenhardt, T.M., Kling, C.L., Moorman, T.B., Simpkins, W.W. and Tomer, M. 2007. Agriculture and Water Quality in the Cornbelt: Overview of Issues and Approaches, *The Magazine of Food, Farm and Resource Issues*, A publication of the American Agricultural Economics Association 2nd Quarter, 22(2), 79-86.
- Houghton B. F. and Hackett, W. R. 1984. Strombolian and phreatomagmatic deposits of Ohakune Craters, Ruapehu, New Zealand: A complex interaction between external water and rising basaltic magma. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 21, 207–231.
- Hu, K., Huang, Y., Li, H., Li, B., Chen, D. And White, R.E. 2005. Spatial variability of shallow groundwater level, electrical conductivity and nitrate concentration, and risk assessment of nitrate contamination in North China plain. *Environment International*, 31, 896-903.
- Hudson, N. 1995. *Soil Conservation*. Fully revised and updated third edition. BT Bastford Ltd., London.
- Iserloh, T., Ries, J.B., Arnaez, J., Boix-Fayos, C., Butzen, V., Cerda, A., Echeverria, M.T., Fernandez-Galvez, J., Fister, W., Geißler, C., Gómez, J.A., Gómez-Macpherson, H., Kuhn, N.J., Lázaro, R., León, F.J., Martínez-Mena, M., Martínez-Murillo, J.F., Marzen, M., Mingorance, M.D., Peters, P., Regués, D., Ruiz-Sinoga, J.D., Scholten, T., Seeger, M., Solé-Benet, A., Wengel, R., and Wirtz, S. 2013. European small portable rainfall simulators: A comparison of rainfall characteristics. *Catena*, 110, 100-112.
- İstanbulluoğlu, A. 2015. Hidroloji Uygulamalı Havza Hidrolojisi. N.K.Ü Genel Yayınları No:17, Ders Notu Yayın No:6, Tekirdağ.
- Jackson, M.L. 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall. Inc. Eng. Cliffs, New Jersey, USA.
- Jalali, M. 2005. Nitrates leaching from agricultural land in Hamadan, Western Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 110, 210-218.
- James, R.T. and Zhang, J., 2011. [http://my.sfwmd.gov/portal/page40/portal/pg\\_gp\\_sfwmd\\_sfer/portlet\\_prevreport/2011\\_sfer/v1/chapters/v1\\_ch10.pdf](http://my.sfwmd.gov/portal/page40/portal/pg_gp_sfwmd_sfer/portlet_prevreport/2011_sfer/v1/chapters/v1_ch10.pdf).

- Jarasiunas, G. and Kinderiene, I. 2016. Impact of agro-environmental systems on soil erosion processes and soil properties on hilly landscape in western Lithuania. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 24(01), 60-69.
- Jimenez-Carceles, F.J. and Alvarez-Rogel, J. 2008. Phosphorous fractionation and distribution in salt marsh soils affected by mine wastes and eutrophicated water: A case study in SE Spain. *Geoderma*, 144, 299-309.
- Jin, K., Cornelis, W.M., Schiettecatte, W., Lu, J. J., Cai, D. X., Jin, J. Y., Neve, S. De, Hartmann, R., and Gabriels, D. 2009. Effects of different soil management practices on total P and Olson-P sediment loss: A field rainfall simulation study. *Catena*, 78, 72-80.
- Johansen, M.P., Hakonson, T.E. and Breshears D.D. 2001. Post-fire runoff and erosion from rainfall simulation: contrasting forests with shrublands and grasslands. *Hydrology Processes*, 15, 2953-2965.
- Kacar, B. 2009. *Toprak Analizler*. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kaçtıoğlu, S. ve Şengül, Ü. 2010. Erzurum kenti ambalaj atıklarının geri dönüşümü için tersine lojistik ağı tasarımı ve bir karma tamsayılı programlama modeli. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 24(1), 89-112.
- Kaihura, F.B.S., Kullaya, I.K., Kilasara, M., Aune, J.B., Singh, B.R. and Lal. R. 1999. Soil quality effects of accelerated erosion and management systems in three eco-regions of Tanzania. *Soil and Tillage Research*, 53, 59-70.
- Kang, L.L., Zhu, X.Y., Wang, Y.Z., Wu, Q. and Wei, Y.C. 1999. Research on nutrient loss from a loessial soil under different rainfall intensities. *Acta Pedologica Sinica*, 36(4), 536-543.
- Karaca, A., Öztürk, H. S., Bayramin, İ., Erpul, G. ve Suiçmez, B.K. 2008. Küresel ısınma ve ülkemiz tarımına etkileri. *Türktarım, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Dergisi*, 179, 24-29.
- Kaufmann, V., Pinheiro, A., Maria, N. and Castro, R. 2014. Simulating transport of nitrogen and phosphorus in a Cambisol after natural and simulated intense rainfall. *Journal of Contaminant Hydrology*, 160, 53-64.
- Kay, P, Blackwell, P.A. and Boxall, A. B. A. 2004. Fate of veterinary antibiotics in a macroporous tile drained clay soil. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 23(5), 1136-1144.
- Keeney, D.R. and Follett, R.F. 1991. Managing nitrogen for groundwater quality and farm profitability: Overview and introduction. In: *Managing Nitrogen for Groundwater Quality and Farm Profitability*, R.F. Follett, et al. (eds), Soil Science Society of America, Inc., 1-7, Madison, WI.

- Kinderiene, I. and Karcauskiene, D. 2012. Effects of different crop rotations on soil erosion and nutrient losses under natural rainfall conditions in Western Lithuania. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 62(Sup 2). 199-205.
- Kinley, R. D., Gordon, R. J., and Stratton, G. W. 2010. Soil test phosphorous as an indicator of nitrate-nitrogen leaching risk in tile drainage water. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 84, 413-417.
- Klik, A. and Rosner, J., 2020. Long-term experience with conservation tillage practices in Austria: Impacts on soil erosion processes. *Soil and Tillage Research*, 203, 104669.
- Korkmaz, K. 2005. Kireçli toprakların fosfor durumlarının belirlenmesi ve fosfor uygulamasının mısır verimine etkisi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kömüşçü, A. Ü., Dorum, A. ve Ceylan, A. 2003 Yağış şiddeti ve tekerrür sürelerine göre sel ve taşkın riski analizi. III. Atmosfer Bilimi Sempozyumu.
- Knox, E. ve Moody, D.W., 1991. Influence of hydrology, soil properties, and agricultural land use on nitrogen in groundwater. In: *Managing nitrogen for groundwater quality and farm profitability*, Follett, R. F., Keeney, D. R., Cruse, R. M., Knox, E., & Moody, D. W. (eds), ACSESS Publications, Soil Science Society of America, 19-59, Wisconsin.
- Korukçu, A. ve Yıldırım, O. 1981. Yağmurlama Sistemlerinin Projelendirilmesi. Toprak-Su Yayınları, Ankara.
- Kumar, T., Jhariya, D. C. and Pandey, H. K. 2020. Comparative study of different models for soil erosion and sediment yield in Pairi watershed, Chhattisgarh, India. *Geocarto International*, 35(11), 1245-1266.
- Kundu, M.C., Mandal, B., Hazra, G.C., 2009. Nitrate and fluoride contamination in groundwater of an intensively managed agroecosystem: A functional relationship. *Science of the total environment*. 407(8), 2771-2782.
- Lægeid, M., Bøckman, O.C. and Kaarstad, O. 1999. Part II. Soil Productivity, Fertilizer Use and Environment: The Concerns Related to Fertilizer Use. *Agriculture Fertilizers and the Environment*. CABI Publishing.
- Lal, R. 1990. Soil erosion and land degradation: The global risks. In: *Soil Degradation*, R. Lal and B.A. Stewart (eds), Springer-Verlag, 129–172, New York.
- Lal, R. 2003. Soil erosion and the global carbon budget. *Environment International*, 29, 437–450.

- Laws, J. O. 1941. Measurements of the fall velocity of waterdrops and raindrops. *Transactions of American Geophysics Union*, 24, 452-460.
- Li, H., Liang, X.Q., Chen, Y.X., Lian, Y.F., Tian, G.M. and Ni, W.Z. 2008. Effect of nitrification inhibitor DMPP on nitrogen leaching, nitrifying organisms and enzyme activities in a rice-oilseed rape cropping system. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 20, 149–155.
- Li, ZW., Nie, XD., He, JJ., Chang, XF., Liu, C., Liu, L., Sun, LY., 2017. Zonal characteristics of sediment-bound organic carbon loss during water erosion: A case study of four typical loess soils in Shaanxi Province. *Catena*, 156, 393-400.
- Lin, S.S., Rochester, E.W and Hermanson, R.E. 1973. Soil Moisture Profile under Steady Infiltration. *Journal Agricultural Engineering Research*, 18, 179-187.
- Lindgen, G.A., Destouni, G. and Darracq, A. 2007. Inland subsurface water system role for coastal nitrogen load dynamics and abatement responses. *Environmental Science and Technology*, 41(7), 2159–2164.
- Lindsay, W. L. 1979. *Chemical Equilibrium in Soils*. John Wiley and Sons, New York.
- Liu, Y., Y. Tao, K.Y. Wan, G.S. Zhang, D.B. Liu, G.Y. Xiong, and F. Chen. 2012. Runoff and nutrient losses in citrus orchards on sloping land subjected to different surface mulching practices in the Danjiangkou Reservoir area of China. *Agricultural Water Management*, 110, 34-40.
- Liu, R., Wang, J., Shi, J., Chen, Y., Sun, C., Zhang, P. and Shen, Z., “Runoff characteristics and nutrient loss mechanism from plain farmland under simulated rainfall conditions. *Science of the Total Environment*, 468-469, 1069-1077.
- Liu, L., Li, Z. W., Chang, X. F., Nie, X. D., Liu, C., Xiao, H. B. and Wang, D. Y. 2018. Relationships of the hydraulic flow characteristics with the transport of soil organic carbon and sediment loss in the Loess Plateau. *Soil and Tillage Research*, 175, 291-301.
- Liu, J. E., Wang, Z. L. and Li, Y.Y. 2018. Efficacy of natural polymer derivatives on soil physical properties and erosion on an experimental loess hillslope. 15(1), 9.
- Lu P, O. and Cooner, G. A. 1999. Factors affecting phosphorus reactions in soils: potential sewage sludge effects. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings*, 58, 66-71.
- Lv, Y.J., X.H. Peng, L. Gao, and Z.B. Zhang. 2015. Characteristics of nitrogen and phosphorus losses through surface runoff on sloping land, red soil hilly region. *Soils*, 47(2), 297-304.

- Ma, K., Wang, Z.Q., Chen, X. and You, L. 2002. Study on properties of nutrient loss from red soil in sloping land under different rainfall intensities. *Journal of Soil and Water Conservation*, 16(3):16-19.
- Maalim, F.K., Melesse, A.M., Belmont, P. and Gan, K.B. 2013. Modeling the impact of land use changes on runoff and sediment yield in the Le Sueur watershed, Minnesota using GeoWEPP. *Catena* 107, 35-45.
- MacDonald, G.K., Bennett, E.M., Potter, P.A. and Ramankutty, N. 2011. Agonomic phosphorus imbalances across the world's croplands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107 (7), 3086–3091.
- McDowell, R. W. and Sharpley, A. N. 2002. Effect of plot scale and an upslope phosphorus source on phosphorus loss in overland flow. *Soil Use And Management*, 18(2), 112-119
- Mcgechan, M. B. and Lewis, D.R. 2002. Sorption of phosphorus by soil, part 1: principles, equations and models, *Biosystems Engineering*, 82(1), 1-24.
- Metternicht, G. I. 1996. Detecting and Monitoring Land Degadation Features and Processes in the Cochabamba Valleys, Bolivia: A Synergistic Approach. ITC publication.
- Meyer, L. D. 1965. Symposium on simulation of rainfall for soil erosion research. *Transaction of the ASAE*, 8(1), 66-67.
- Mongil-Manso, J., Diaz-Gutierrez, V., Navarro-Hevia, J., Espina, M. and San Segundo, L. 2019. The role of check dams in retaining organic carbon and nutrients. a study case in the Sierra De Avila Mountain Range (Central Spain). *Science of The Total Environment*, 657, 1030-1040.
- Morgan, R.P.C. 2005. *Soil Erosion and Conservation: Third edition*. Blackwell Publishing, Victoria.
- Murray, J.M., Codispoti, L.A. and Freiderich, G.E. 1995. Oxidation-Reduction Environments: The Suboxic Zone in the Black Sea. In: *Aquatic Chemistry*, Huang, C.P., Omelia, C.R. ve Morgan, J.J. (eds), ACS Advances in Chemistry Series, 244, 157-176.
- Namlı, A. 2012. *Toprak Bilimi Ders Notları*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Besleme, Ankara.
- Nearing, M.A, Pruski, F.F. and O'neal, M.R. 2004. Expected climate change impacts on soil erosion rates: A review. *Journal of Soil and Water Conservation*, 59 (1), 43-50.

- Nelson, D.W. and Sommers, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Method of Soil Analysis Part 3, Sparks, D.L. (ed), Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, 961–1011, Madison-WI.
- Oğuz, H. 2008. Toprak Bilimi Ders Notları. Gümüşhane Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu, Gümüşhane.
- Ohle, W. 1965. Nährstoffanreicherung der gewässer durch düngemittel und meliorationen. Münchner Beiträge zur Abwasser, Fischerei und Flussbiologie, 12, 54-83.
- Olli, G., Darracq, A. and Destouni, G. 2009. Field study of phosphorous transport and retention in drainage reaches. Journal of Hydrology, 365, 46-55.
- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. US. Dept of Agric. Circ., 939.
- Öztekin T. ve Öztekin S. 2007. Hacim ağırlığı ve drenaj sisteminin infiltrasyona etkileri GOPÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi, 24(2), 67-75.
- Pacheco, F. A. L., Varandas, S. G. P., Sanches Fernandes, L. F. and Valle, R. F. 2014. Soil losses in rural watersheds with environmental land use conflicts. The Science of the Total Environment, 485-486, 110-20.
- Paz, J.M. and Ramos, C. 2004. Simulation of nitrate leaching for different nitrogen fertilization rates in a Region of Valencia (Spain) Using a GIS– GLEAMS System. Agriculture, Ecosystems and Environment, 103, 59-73.
- Persson, G. 2001. Phosphorus in tributaries to Lake Mälaren, Sweden: analytical fractions, anthropogenic contribution and bioavailability. Ambio, 30 (8), 486–495.
- Peterson, G.A. ve Power, J.F., 1991. Soil, crop, and water management. In: Managing Nitrogen of Groundwater Quality and Farm Profitability, R. F. Follet, D.R. Keeney, R.M. Cruse (eds), Soil Science Society of America Inc, 189-198, Madison, Wisconsin, USA.
- Polemio, M. and Rhoades, J. D. 1977. Determining cation exchange capacity: new procedure for calcareous and gypsiferous soils. Soil Science Society of America Journal, 41, 524-528.
- Quinton, J.N., Catt, J.A. and Hess, T.M. 2001. The selective removal of phosphorus from soil: Is event size important. Journal of Environmental Quality, 30, 538–545.
- Randall, G.W., Vetsch, J.A., and Huffman, J. R. 2003. Nitrate losses in subsurface drainage from a corn–soybean rotation as affected by time of nitrogen application and use of nitrpyrin. Journal of Environmental Quality, 32, 1764–1772.

- Ries, J.B., Langer, M. and Rehberg, C. 2000. Experimental investigations on water and wind erosion on abandoned fields and arable land in the central Ebro Basin, Arago'n/Spain, Zeitschrift für Geomorphologie NF Supplement, 121, 91-108.
- Richards, L. A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils U.S.D.A. Agricultural Hand Book No. 60, USA.
- Romkams, M. J. M., Roth, C.B. and Nelson, W.D. 1977. Erodibility of selected clay subsoils in relation to physical and chemical properties. Soil Science Society of America Journal, 41(5), 954-960.
- Ross, S. M. and Dykes, A. 1996. Soil conditions, erosion and nutrient loss on steep slopes under mixed dipterocarp forest in Brunei Darussalam. Tropical Rainforest Research - Current Issues, 259-270.
- Saygın, D.S., Topcu, P., Ozkan, M., Erpul, G. and Bayramin, I. 2009. Variations in Spatial and Temporal Distribution of Rainfall Erosivity Index of RUSLE Technology in the Mediterranean Part of Turkey. Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU2009-4973, Geoscience General Assembly, Vienna, Austria.
- Serdar, S. 2015. Doğu Karadeniz Havzası Akarsularının Fiziko-Kimyasal Su Kalitesi Mevsimsel Değişimlerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize.
- Schilling, KE., Palmer, JA., Bettis, EA III., Jacobson, P., Schultz, RC. and Isenhardt, TM. 2009. Vertical distribution of total carbon, nitrogen and phosphorus in riparian soils of Walnut Creek, Southern Iowa. Catena, 77(3), 266-273.
- Schlosser, B., Helming, K. and Wiggering, H. 2010. Assessing land use change impacts a comparison of the SENSOR land use function approach with other frameworks. Journal of Land Use Science, 5(2), 159-178.
- Sharpley, A. N., Chapra, S. C., Wedepohl, R., Sims, J. T., Daniel, T. C. and Reddy, K. R. 2006. Managing agricultural phosphorus for protection of surface waters: issues and options. Journal of Environmental Quality, 23, 437-451.
- Sharpley, A. N., Daniel, T. C., Sims, J. T. and Pote D. H. 1996. Determining environmentally sound soil phosphorus levels. Journal Soil and Water Conservation, 51, 160-166.
- Sharpley, A. N., Weld, J. L., Beegle, D. B., Kleinman, P. J. A., Gburek, W. J., Moore, P. A. and Mullins, G. 2003. Development of phosphorus indices for nutrient management planning strategies in the United States. Journal Soil and Water Conservation, 58(3), 137-152.

- Shen, C. Y., Wang, Y., Zhao, A. P., Xu, X. H., Yang, X. K. and Liu, X. L. 2019. Characteristics of material migration during soil erosion in sloped farmland in the black soil region of Northeast China. *Tropical Conservation Science*, 12, 1-11.
- Shukla, S., Boman, B. J., Ebel, R. C., Roberts, P. D. and Hanlon, E.A. 2010. Reducing unavoidable nutrient losses from Florida's horticultural crops. *HortTechnology*, 20, 52–66.
- Smith, S. J. and Cassel, D. K. 1991. Estimating nitrate leaching in soil materials. In: *Managing Nitrogen of Goundwater Quality and Farm Profitability*, R. F. Follet, D. R. Keeney, R. M. Cruse (eds), Soil Science Society of America, Inc, 165-198, Madison, Wisconsin, USA.
- Sims, J. T., Simard, R. R. and Joern, B. C. 1998. Phosphorus loss in agicultural drainage: historical perspective and current research. *Journal of Environmental Quality*, 27, 77–293.
- Sönmez, I., Kaplan, M. and Sönmez, S. 2007. Investigation of seasonal changes in nitrate contents of soil and irrigation waters in geenhouse located in Antalya-Demre Region. *Asian Journal of Chemistry*, 19(7), 5639-5646.
- Sugimoto, Y. and Hirata, M. 2006. Nitrate concentration of goundwater and its association with livestock farming in Miyakonojo basin, Southern Kyushu, Japan *Gassland Science*, 52, 29-36,
- Taysun, A. 1989. Toprak ve Su Korunumu. E. Ü. Ziraat Fak. Teksir No: 92, İzmir.
- Taysun, A., Mollenhauer. K. and Frede, H. G. 1995. Erozyon araştırmalarında kullanılan bilgisayar kontrollü otomatik beslemeli bir yağış benzetiminin çalışma tekniği. İlhan Akalan Çevre Sempozyumu, 27-29 Eylül, 2, 112-121, Ankara.
- U.S. Salinity Laboratory Staff. 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. U.S.D.A. Handbook 60, USA.
- Valentin, C. 2004. Overland flow, erosion and associated sediment and biogeochemical transports. In: *Vegetation, Water, Humans and the Climate. A New Perspective on an Interactive System*. Kabat, P., Claussen, M., Dirmeyer, P.A., Gash, J.H.C., Bravo de Guenni, L., Meybeck, M., Pielke Sr, R. A., Vo" ro" smarty, C. J., Hutjes, R. W. A., Lu"tkemeier, S. (Eds.), Springer Verlag, Berlin, pp. 317 – 322. *Global Change—The IGBP Series*.
- Walling, D.E. 2009. *The Impact of Global Change on Erosion and Sediment Transport by Rivers: Current Progress and Future Challenges*. The united nations world water assessment progam. UNESCO.
- van Duijvenboden, W. and Loch, J. P. G. 1983. Nitrate in the Netherlands: a serious threat to groundwater. *Aqua*, 2, 59–60.

- Wang, L. and Shi, Z. H. 2015. Size selectivity of eroded sediment associated with soil texture on steep slopes. *Soil Science Society of America Journal*, 79(3), 917-929.
- Verburg, P. H., Schot, P. P., Dijst, M. J. and Veldkamp, A. 2004. Land use change modelling: current practice and research priorities. *Geojournal*, 61, 309-324.
- Vitousek, P. M., Naylor, R., Crews, T., David, M. B., Drinkwater, L. E., Holland, E., Johnes, P. J., Katzenberger, J., Martinelli, L. A., Matson, P. A., Nziguheba, G., Ojima, D., Palm, C. A., Robertson, G. P., Sanchez, P. A., Townsend, A. R. and Zhang, F. S. 2009. Nutrient imbalances in agricultural development. *Science*, 324, 1519–1520.
- Volk, M., Liersch, S. and Schmidt, G. 2009. Towards the implementation of the European water framework directive? Lessons learned from water quality simulations in an agricultural watershed. *Land Use Policy*, 26, 580-588.
- Weiske, A., Benckiser, G., Herbert, T. and Ottow, J. C. G. 2001. Influence of the nitrification inhibitor 3,4-dimethyl pyrazole phosphate (DMPP) in comparison to dicyandiamide (DCD) on nitrous oxide emission, carbon dioxide fluxes and methane oxidation during 3 years of repeated application in field experiments. *Biology and Fertility of Soils*, 34, 109–117.
- Wischmeier, W. H. and Mannering, J. V. 1969. Relation of soil properties to its erodibility. *Proceeding*, 33(1), 131-137.
- Williams, J. R. and Kissel, D. E. 1991. Water percolation: Indicator of nitrogen-leaching potential. In: *Managing nitrogen of Soil Science Society of America groundwater quality and farm profitability* R.F. Follet, D.R. Keeney, R.M. Cruse (eds).. Soil Science Society of America, Inc. 59-83. Madison, Wisconsin, USA.
- Wischmeier, W. H. and Smith, D. D. 1978. Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. *USDA Agricultural Handbook*, 537.
- Yang, Y., Ye, Z. H., Liu, B. Y., Zeng, X. Q., Fu, S. H. and Lu, B. J. 2014. Nitrogen enrichment in runoff sediments as affected by soil texture in Beijing mountain area. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186, 971-978.
- Yıldız, F.B. 2012. Marmara Denizi Sedimanlarında Fosfat Tayini. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz, M., Gül, A. ve Solak, K. 1998. Kapulukaya baraj gölü (Kırıkkale)'nün fiziksel, kimyasal özellikleri ve balıkçılık açısından değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1), 136-152.

Young, M. H. and Sisson, J.B. 2002. 3.2. Water Potential, 3.2.2. Tensiometry. In: Methods of Soil Analysis. Part 4. Physical Methods, Dane, J. H., Topp, G. C. (eds), Soil Science Society of America. Book Series No. 5. 575–608. Madison, WI.

Yönter, G. 2006. Laboratuvar koşulları altında yağış yoğunlukları, kaymak tabakası oluşumu ve su erozyonu arasındaki ilişkiler. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 43(1). 109-119.



## **EKLER**

**EK 1 Yüzey akışının kendi içinde diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri**

**EK 2 Yüzey akışının diğer değişkenler arasındaki etkileşim analizleri**

**EK 3 Azotun diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri**

**EK 4. Azotun diğer değişkenler ile etkileşim analizleri**

**EK 5 Yüzey akışı ile nitrat ( $\text{NO}_3$ ) kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri**

**EK 6 Yüzey akışı ile nitrat kaybının diğer değişkenler ile etkileşim analizleri**

**EK 7 Yüzey akışı ile amonyum ( $\text{NH}_4$ ) kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri**

**EK 8 Yüzey akışı ile amonyum kaybının diğer değişkenler ile etkileşim analizleri**

**EK 9 Yüzeyden toplam amonyum kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri**

**EK 10 Yüzeyden toplam azot kaybının diğer değişkenler ile etkileşim analizleri**

**EK 11 İnfiltrasyondan nitrat( $\text{NO}_3$ ) kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri**

**EK 12 İnfiltrasyondan nitrat kaybının diğer değişkenler ile etkileşim analizleri**

**EK 13 İnfiltrasyondan amonyum ( $\text{NH}_4$ ) kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri**

**EK 14 İnfiltrasyondan amonyum kaybının diğer değişkenlerle etkileşim analizleri**

**EK 15 İnfiltrasyondan toplam azot kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri**

**EK 16 İnfiltrasyondan toplam azot kaybının diğer değişkenler ile etkileşim analizleri**

**EK 17 Fosforun diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri**

**EK 18 Fosforun diğer değişkenler ile etkileşim analizleri**

**EK 19 Yüzeyden fosfor kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri**

**EK 20 Yüzeyden fosfor kaybının diğer değişkenler ile etkileşim analizleri**

**EK 21 İnfiltrasyondan fosfor kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri**

**EK 22 İnfiltrasyondan fosfor kaybının diğer değişkenler ile etkileşim analizleri**

**EK 23 Sediment kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testler**

**EK 24 Sediment kaybının diğer değişkenler ile etkileşim analizleri**

**EK 25 Sedimentten fosfor kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri**

**EK 26 Sedimentden fosfor kaybının diğer değişkenler ile etkileşim analizleri**

**Ek 1 Yüzey akışının kendi içinde diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri**

| Kaynak                                                           |           | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi F | Önem derecesi (P) |
|------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------|--------------------------|--------------------|----------|-------------------|
| factor1<br>(Yüzey Akışı)                                         | Linear    | 1657,656        | 1                        | 1657,656           | 409,158  | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 201,670         | 1                        | 201,670            | 93,079   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 45,156          | 1                        | 45,156             | 25,048   | 0,000             |
| factor1<br>* toprak tekstürü                                     | Linear    | 127,806         | 1                        | 127,806            | 31,546   | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 35,420          | 1                        | 35,420             | 16,348   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 23,256          | 1                        | 23,256             | 12,900   | 0,001             |
| factor1<br>* Gubre                                               | Linear    | 1,534           | 1                        | 1,534              | 0,379    | 0,541             |
|                                                                  | Quadratic | 4,253           | 1                        | 4,253              | 1,963    | 0,168             |
|                                                                  | Cubic     | 0,084           | 1                        | 0,084              | 0,047    | 0,830             |
| factor1<br>* Intensite                                           | Linear    | 965,306         | 1                        | 965,306            | 238,266  | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 92,253          | 1                        | 92,253             | 42,579   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 25,867          | 1                        | 25,867             | 14,349   | 0,000             |
| factor1<br>* Egim                                                | Linear    | 370,704         | 2                        | 185,352            | 45,750   | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 79,632          | 2                        | 39,816             | 18,377   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 48,504          | 2                        | 24,252             | 13,453   | 0,000             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre                          | Linear    | 6,267           | 1                        | 6,267              | 1,547    | 0,220             |
|                                                                  | Quadratic | 1,253           | 1                        | 1,253              | 0,579    | 0,451             |
|                                                                  | Cubic     | 6,267           | 1                        | 6,267              | 3,477    | 0,068             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite                      | Linear    | 63,756          | 1                        | 63,756             | 15,737   | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 31,337          | 1                        | 31,337             | 14,463   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 40,334          | 1                        | 40,334             | 22,373   | 0,000             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Egim                           | Linear    | 148,138         | 2                        | 74,069             | 18,282   | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 12,799          | 2                        | 6,399              | 2,954    | 0,062             |
|                                                                  | Cubic     | 89,904          | 2                        | 44,952             | 24,935   | 0,000             |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite                                | Linear    | 0,667           | 1                        | 0,667              | 0,165    | 0,687             |
|                                                                  | Quadratic | 4,753           | 1                        | 4,753              | 2,194    | 0,145             |
|                                                                  | Cubic     | 0,201           | 1                        | 0,201              | 0,111    | 0,740             |
| factor1<br>* Gubre<br>* Egim                                     | Linear    | 4,893           | 2                        | 2,447              | 0,604    | 0,551             |
|                                                                  | Quadratic | 1,799           | 2                        | 0,899              | 0,415    | 0,663             |
|                                                                  | Cubic     | 8,093           | 2                        | 4,047              | 2,245    | 0,117             |
| factor1<br>* Intensite<br>* Egim                                 | Linear    | 107,629         | 2                        | 53,815             | 13,283   | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 99,174          | 2                        | 49,587             | 22,886   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 66,801          | 2                        | 33,401             | 18,527   | 0,000             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite           | Linear    | 2,934           | 1                        | 2,934              | 0,724    | 0,399             |
|                                                                  | Quadratic | 2,920           | 1                        | 2,920              | 1,348    | 0,251             |
|                                                                  | Cubic     | 1,406           | 1                        | 1,406              | 0,780    | 0,382             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Egim                | Linear    | 16,076          | 2                        | 8,038              | 1,984    | 0,149             |
|                                                                  | Quadratic | 2,549           | 2                        | 1,274              | 0,588    | 0,559             |
|                                                                  | Cubic     | 3,576           | 2                        | 1,788              | 0,992    | 0,378             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite<br>* Egim            | Linear    | 129,529         | 2                        | 64,765             | 15,986   | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 16,340          | 2                        | 8,170              | 3,771    | 0,030             |
|                                                                  | Cubic     | 15,401          | 2                        | 7,701              | 4,272    | 0,020             |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite<br>* Egim                      | Linear    | 3,485           | 2                        | 1,742              | 0,430    | 0,653             |
|                                                                  | Quadratic | 2,507           | 2                        | 1,253              | 0,579    | 0,565             |
|                                                                  | Cubic     | 13,835          | 2                        | 6,917              | 3,837    | 0,028             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite<br>* Egim | Linear    | 17,101          | 2                        | 8,551              | 2,111    | 0,132             |
|                                                                  | Quadratic | 1,090           | 2                        | 0,545              | 0,252    | 0,779             |
|                                                                  | Cubic     | 13,329          | 2                        | 6,665              | 3,697    | 0,032             |
| Hata (factor1)                                                   | Linear    | 194,467         | 48                       | 4,051              |          |                   |
|                                                                  | Quadratic | 104,000         | 48                       | 2,167              |          |                   |
|                                                                  | Cubic     | 86,533          | 48                       | 1,803              |          |                   |

Linear  $ax + b = 0$ , Quadratic  $ax^2 + bx + c = 0$ , Cubic  $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$

**Ek 2 Yüzey akışının diğer değişkenler arasındaki etkileşim analizleri**

| Kaynak                            | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem derecesi (P). |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|--------------------|
| Intercept                         | 1297794,753     | 1                        | 1297794,753        | 207878,136 | 0,000              |
| Toprak                            | 928,087         | 1                        | 928,087            | 148,659    | 0,000              |
| Gübre                             | 47,531          | 1                        | 47,531             | 7,613      | 0,008              |
| İntensite                         | 9741,753        | 1                        | 9741,753           | 1560,414   | 0,000              |
| Eğim                              | 8485,215        | 2                        | 4242,608           | 679,572    | 0,000              |
| toprak * Gübre                    | 5,281           | 1                        | 5,281              | 0,846      | 0,362              |
| toprak * İntensite                | 134,753         | 1                        | 134,753            | 21,585     | 0,000              |
| toprak * Eğim                     | 92,715          | 2                        | 46,358             | 7,425      | 0,002              |
| Gübre * İntensite                 | 0,170           | 1                        | 0,170              | 0,027      | 0,870              |
| Gübre * Eğim                      | 9,771           | 2                        | 4,885              | 0,783      | 0,463              |
| İntensite * Eğim                  | 115,007         | 2                        | 57,503             | 9,211      | 0,000              |
| toprak * Gübre * İntensite        | 4,753           | 1                        | 4,753              | 0,761      | 0,387              |
| toprak * Gübre * Eğim             | 2,521           | 2                        | 1,260              | 0,202      | 0,818              |
| toprak * İntensite * Eğim         | 223,174         | 2                        | 111,587            | 17,874     | 0,000              |
| Gübre * İntensite * Eğim          | 17,174          | 2                        | 8,587              | 1,375      | 0,263              |
| toprak * Gübre * İntensite * Eğim | 12,424          | 2                        | 6,212              | 0,995      | 0,377              |
| Hata                              | 299,667         | 48                       | 6,243              |            |                    |

### Ek 3 Azotun diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri

| Kaynak                                                           |           | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi F | Önem derecesi (P) |
|------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------|--------------------------|--------------------|----------|-------------------|
| factor1<br>(Toplam Azot)                                         | Linear    | 787248,044      | 1                        | 787248,044         | 3627,277 | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 14099,025       | 1                        | 14099,025          | 74,434   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 15,568          | 1                        | 15,568             | 0,078    | 0,781             |
| factor1<br>* toprak tekstürü                                     | Linear    | 39464,435       | 1                        | 39464,435          | 181,834  | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 21726,587       | 1                        | 21726,587          | 114,703  | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 28,838          | 1                        | 28,838             | 0,145    | 0,705             |
| factor1<br>* Gubre                                               | Linear    | 502647,843      | 1                        | 502647,843         | 2315,970 | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 8036,151        | 1                        | 8036,151           | 42,426   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 10,895          | 1                        | 10,895             | 0,055    | 0,816             |
| factor1<br>* Intensite                                           | Linear    | 8840,111        | 1                        | 8840,111           | 40,731   | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 114,162         | 1                        | 114,162            | 0,603    | 0,441             |
|                                                                  | Cubic     | 717,377         | 1                        | 717,377            | 3,610    | 0,063             |
| factor1<br>* Egim                                                | Linear    | 25407,807       | 2                        | 12703,904          | 58,534   | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 5059,555        | 2                        | 2529,777           | 13,356   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 1557,027        | 2                        | 778,514            | 3,917    | 0,027             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre                          | Linear    | 33981,253       | 1                        | 33981,253          | 156,570  | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 18263,252       | 1                        | 18263,252          | 96,419   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 58,065          | 1                        | 58,065             | 0,292    | 0,591             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite                      | Linear    | 1603,653        | 1                        | 1603,653           | 7,389    | 0,009             |
|                                                                  | Quadratic | 1550,349        | 1                        | 1550,349           | 8,185    | 0,006             |
|                                                                  | Cubic     | 0,025           | 1                        | 0,025              | 0,000    | 0,991             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Egim                           | Linear    | 4262,295        | 2                        | 2131,148           | 9,819    | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 20837,160       | 2                        | 10418,580          | 55,004   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 2694,999        | 2                        | 1347,500           | 6,780    | 0,003             |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite                                | Linear    | 5664,848        | 1                        | 5664,848           | 26,101   | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 153,089         | 1                        | 153,089            | 0,808    | 0,373             |
|                                                                  | Cubic     | 506,943         | 1                        | 506,943            | 2,551    | 0,117             |
| factor1<br>* Gubre<br>* Egim                                     | Linear    | 18314,549       | 2                        | 9157,275           | 42,193   | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 6351,494        | 2                        | 3175,747           | 16,766   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 940,535         | 2                        | 470,267            | 2,366    | 0,105             |
| factor1<br>* Intensite<br>* Egim                                 | Linear    | 4266,765        | 2                        | 2133,383           | 9,830    | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 5473,887        | 2                        | 2736,943           | 14,449   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 5425,084        | 2                        | 2712,542           | 13,648   | 0,000             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite           | Linear    | 9,430           | 1                        | 9,430              | 0,043    | 0,836             |
|                                                                  | Quadratic | 3396,947        | 1                        | 3396,947           | 17,934   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 0,279           | 1                        | 0,279              | 0,001    | 0,970             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Egim                | Linear    | 1831,661        | 2                        | 915,830            | 4,220    | 0,021             |
|                                                                  | Quadratic | 18355,464       | 2                        | 9177,732           | 48,453   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 2271,414        | 2                        | 1135,707           | 5,714    | 0,006             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite<br>* Egim            | Linear    | 569,578         | 2                        | 284,789            | 1,312    | 0,279             |
|                                                                  | Quadratic | 1169,177        | 2                        | 584,588            | 3,086    | 0,055             |
|                                                                  | Cubic     | 3576,630        | 2                        | 1788,315           | 8,998    | 0,000             |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite<br>* Egim                      | Linear    | 4648,196        | 2                        | 2324,098           | 10,708   | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 4194,200        | 2                        | 2097,100           | 11,071   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 6005,608        | 2                        | 3002,804           | 15,109   | 0,000             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite<br>* Egim | Linear    | 619,560         | 2                        | 309,780            | 1,427    | 0,250             |
|                                                                  | Quadratic | 702,960         | 2                        | 351,480            | 1,856    | 0,167             |
|                                                                  | Cubic     | 3778,933        | 2                        | 1889,466           | 9,507    | 0,000             |
| Hata (factor1)                                                   | Linear    | 10417,706       | 48                       | 217,036            |          |                   |
|                                                                  | Quadratic | 9091,961        | 48                       | 189,416            |          |                   |
|                                                                  | Cubic     | 9539,757        | 48                       | 198,745            |          |                   |

Linear  $ax + b = 0$ , Quadratic  $ax^2 + bx + c = 0$ , Cubic  $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$

**Ek 4 Azotun diğer değişkenler ile etkileşim analizleri**

| Kaynak                            | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem derecesi (P). |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|--------------------|
| Intercept                         | 13988195,178    | 1                        | 13988195,178       | 89447,794  | 0,000              |
| Toprak                            | 7071,528        | 1                        | 7071,528           | 45,219     | 0,000              |
| Gübre                             | 8943895,615     | 1                        | 8943895,615        | 57191,920  | 0,000              |
| İntensite                         | 345583,258      | 1                        | 345583,258         | 2209,839   | 0,000              |
| Eğim                              | 790545,697      | 2                        | 395272,849         | 2527,580   | 0,000              |
| toprak * Gubre                    | 5804,968        | 1                        | 5804,968           | 37,120     | 0,000              |
| toprak * Intensite                | 11454,357       | 1                        | 11454,357          | 73,245     | 0,000              |
| toprak * Egim                     | 11840,557       | 2                        | 5920,279           | 37,857     | 0,000              |
| Gubre * Intensite                 | 275650,217      | 1                        | 275650,217         | 1762,651   | 0,000              |
| Gubre * Egim                      | 675819,126      | 2                        | 337909,563         | 2160,769   | 0,000              |
| Intensite * Egim                  | 21433,956       | 2                        | 10716,978          | 68,530     | 0,000              |
| toprak * Gubre * Intensite        | 6775,343        | 1                        | 6775,343           | 43,325     | 0,000              |
| toprak * Gubre * Egim             | 18445,826       | 2                        | 9222,913           | 58,976     | 0,000              |
| toprak * Intensite * Egim         | 7378,314        | 2                        | 3689,157           | 23,590     | 0,000              |
| Gubre * Intensite * Egim          | 19431,227       | 2                        | 9715,613           | 62,127     | 0,000              |
| toprak * Gubre * Intensite * Egim | 6467,168        | 2                        | 3233,584           | 20,677     | 0,000              |
| Hata                              | 7506,427        | 48                       | 156,384            |            |                    |

**Ek 5 Yüzey akışı ile nitrat (NO<sub>3</sub>) kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri**

| Kaynak                                                           |           | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi F | Önem derecesi (P) |
|------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------|--------------------------|--------------------|----------|-------------------|
| factor1<br>(Toplam Azot)                                         | Linear    | 87503,069       | 1                        | 87503,069          | 1257,181 | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 2075,081        | 1                        | 2075,081           | 25,312   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 557,627         | 1                        | 557,627            | 2,372    | 0,130             |
| factor1<br>* toprak tekstürü                                     | Linear    | 4520,269        | 1                        | 4520,269           | 64,944   | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 4384,217        | 1                        | 4384,217           | 53,479   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 31,337          | 1                        | 31,337             | 0,133    | 0,717             |
| factor1<br>* Gubre                                               | Linear    | 73285,000       | 1                        | 73285,000          | 1052,906 | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 1879,637        | 1                        | 1879,637           | 22,928   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 452,843         | 1                        | 452,843            | 1,926    | 0,172             |
| factor1<br>* Intensite                                           | Linear    | 855,161         | 1                        | 855,161            | 12,286   | 0,001             |
|                                                                  | Quadratic | 1340,528        | 1                        | 1340,528           | 16,352   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 1308,437        | 1                        | 1308,437           | 5,566    | 0,022             |
| factor1<br>* Egim                                                | Linear    | 14556,780       | 2                        | 7278,390           | 104,571  | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 4140,780        | 2                        | 2070,390           | 25,255   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 513,972         | 2                        | 256,986            | 1,093    | 0,343             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre                          | Linear    | 5454,424        | 1                        | 5454,424           | 78,365   | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 4493,054        | 1                        | 4493,054           | 54,807   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 23,477          | 1                        | 23,477             | 0,100    | 0,753             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite                      | Linear    | 1890,151        | 1                        | 1890,151           | 27,156   | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 1062,655        | 1                        | 1062,655           | 12,962   | 0,001             |
|                                                                  | Cubic     | 288,905         | 1                        | 288,905            | 1,229    | 0,273             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Egim                           | Linear    | 2865,374        | 2                        | 1432,687           | 20,584   | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 11759,839       | 2                        | 5879,920           | 71,724   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 892,111         | 2                        | 446,055            | 1,897    | 0,161             |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite                                | Linear    | 143,132         | 1                        | 143,132            | 2,056    | 0,158             |
|                                                                  | Quadratic | 949,961         | 1                        | 949,961            | 11,588   | 0,001             |
|                                                                  | Cubic     | 1066,196        | 1                        | 1066,196           | 4,535    | 0,038             |
| factor1<br>* Gubre<br>* Egim                                     | Linear    | 13716,120       | 2                        | 6858,060           | 98,532   | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 3772,996        | 2                        | 1886,498           | 23,012   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 439,665         | 2                        | 219,833            | 0,935    | 0,400             |
| factor1<br>* Intensite<br>* Egim                                 | Linear    | 27063,488       | 2                        | 13531,744          | 194,414  | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 7276,792        | 2                        | 3638,396           | 44,381   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 2570,994        | 2                        | 1285,497           | 5,468    | 0,007             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite           | Linear    | 2078,343        | 1                        | 2078,343           | 29,860   | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 1228,506        | 1                        | 1228,506           | 14,985   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 258,119         | 1                        | 258,119            | 1,098    | 0,300             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Egim                | Linear    | 2848,021        | 2                        | 1424,010           | 20,459   | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 11275,991       | 2                        | 5637,996           | 68,773   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 857,268         | 2                        | 428,634            | 1,823    | 0,172             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite<br>* Egim            | Linear    | 861,663         | 2                        | 430,831            | 6,190    | 0,004             |
|                                                                  | Quadratic | 2278,180        | 2                        | 1139,090           | 13,895   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 402,176         | 2                        | 201,088            | 0,855    | 0,432             |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite<br>* Egim                      | Linear    | 25929,744       | 2                        | 12964,872          | 186,270  | 0,000             |
|                                                                  | Quadratic | 7450,544        | 2                        | 3725,272           | 45,441   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 2804,734        | 2                        | 1402,367           | 5,965    | 0,005             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite<br>* Egim | Linear    | 578,861         | 2                        | 289,430            | 4,158    | 0,022             |
|                                                                  | Quadratic | 2312,771        | 2                        | 1156,385           | 14,106   | 0,000             |
|                                                                  | Cubic     | 474,833         | 2                        | 237,417            | 1,010    | 0,372             |
| Hata (factor1)                                                   | Linear    | 3340,926        | 48                       | 69,603             |          |                   |
|                                                                  | Quadratic | 3935,048        | 48                       | 81,980             |          |                   |
|                                                                  | Cubic     | 11284,182       | 48                       | 235,087            |          |                   |

Linear  $ax + b = 0$ , Quadratic  $ax^2 + bx + c = 0$ ,

Cubic  $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$

**Ek 6 Yüzey akışı ile nitrat kaybının diğer değişkenler ile etkileşim analizleri**

| Kaynak                            | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem derecesi (P). |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|--------------------|
| Intercept                         | 3231994,433     | 1                        | 3231994,433        | 46212,280  | 0,000              |
| Toprak                            | 23445,778       | 1                        | 23445,778          | 335,237    | 0,000              |
| Gübre                             | 2281724,531     | 1                        | 2281724,531        | 32624,961  | 0,000              |
| İntensite                         | 238061,558      | 1                        | 238061,558         | 3403,894   | 0,000              |
| Eğim                              | 621886,146      | 2                        | 310943,073         | 4445,982   | 0,000              |
| toprak * Gubre                    | 20177,007       | 1                        | 20177,007          | 288,498    | 0,000              |
| toprak * Intensite                | 3273,221        | 1                        | 3273,221           | 46,802     | 0,000              |
| toprak * Eğim                     | 22664,752       | 2                        | 11332,376          | 162,035    | 0,000              |
| Gubre * Intensite                 | 156818,434      | 1                        | 156818,434         | 2242,249   | 0,000              |
| Gubre * Eğim                      | 577690,511      | 2                        | 288845,256         | 4130,019   | 0,000              |
| Intensite * Eğim                  | 12090,078       | 2                        | 6045,039           | 86,434     | 0,000              |
| toprak * Gubre * Intensite        | 3698,681        | 1                        | 3698,681           | 52,885     | 0,000              |
| toprak * Gubre * Eğim             | 23307,005       | 2                        | 11653,503          | 166,626    | 0,000              |
| toprak * Intensite * Eğim         | 2657,266        | 2                        | 1328,633           | 18,997     | 0,000              |
| Gubre * Intensite * Eğim          | 13552,245       | 2                        | 6776,122           | 96,888     | 0,000              |
| toprak * Gubre * Intensite * Eğim | 3024,070        | 2                        | 1512,035           | 21,620     | 0,000              |
| <b>Hata</b>                       | 3357,024        | 48                       | 69,938             |            |                    |

**Ek 7 Yüzey akışı ile amonyum (NH<sub>4</sub>) kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri**

| Kaynak                                                 |           | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi F | Önem derecesi (P) |
|--------------------------------------------------------|-----------|-----------------|--------------------------|--------------------|----------|-------------------|
| factor1<br>(Yüzeyden Amonyum)                          | Linear    | 6676,440        | 1                        | 6676,440           | 232,667  | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 159,878         | 1                        | 159,878            | 4,663    | 0,036             |
|                                                        | Cubic     | 22,914          | 1                        | 22,914             | 1,734    | 0,194             |
| factor1<br>* toprak tekstürü                           | Linear    | 2031,216        | 1                        | 2031,216           | 70,786   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 386,093         | 1                        | 386,093            | 11,261   | 0,002             |
|                                                        | Cubic     | 23,776          | 1                        | 23,776             | 1,799    | 0,186             |
| factor1<br>* Gubre                                     | Linear    | 10706,818       | 1                        | 10706,818          | 373,122  | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 212,443         | 1                        | 212,443            | 6,196    | 0,016             |
|                                                        | Cubic     | 16,887          | 1                        | 16,887             | 1,278    | 0,264             |
| factor1<br>* Intensite                                 | Linear    | 670,880         | 1                        | 670,880            | 23,379   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 533,716         | 1                        | 533,716            | 15,567   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 199,495         | 1                        | 199,495            | 15,095   | 0,000             |
| factor1<br>* Egim                                      | Linear    | 668,305         | 2                        | 334,153            | 11,645   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 886,500         | 2                        | 443,250            | 12,929   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 158,983         | 2                        | 79,491             | 6,015    | 0,005             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre                | Linear    | 1149,600        | 1                        | 1149,600           | 40,062   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 541,049         | 1                        | 541,049            | 15,781   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 19,708          | 1                        | 19,708             | 1,491    | 0,228             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite            | Linear    | 1671,321        | 1                        | 1671,321           | 58,244   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 141,368         | 1                        | 141,368            | 4,123    | 0,048             |
|                                                        | Cubic     | 58,344          | 1                        | 58,344             | 4,415    | 0,041             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Egim                 | Linear    | 935,566         | 2                        | 467,783            | 16,302   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 1313,447        | 2                        | 656,723            | 19,155   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 898,198         | 2                        | 449,099            | 33,982   | 0,000             |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite                      | Linear    | 1607,019        | 1                        | 1607,019           | 56,003   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 608,153         | 1                        | 608,153            | 17,738   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 163,622         | 1                        | 163,622            | 12,381   | 0,001             |
| factor1<br>* Gubre<br>* Egim                           | Linear    | 721,356         | 2                        | 360,678            | 12,569   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 813,492         | 2                        | 406,746            | 11,864   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 221,708         | 2                        | 110,854            | 8,388    | 0,001             |
| factor1<br>* Intensite<br>* Egim                       | Linear    | 875,260         | 2                        | 437,630            | 15,251   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 1349,186        | 2                        | 674,593            | 19,676   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 173,442         | 2                        | 86,721             | 6,562    | 0,003             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite | Linear    | 786,224         | 1                        | 786,224            | 27,399   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 316,834         | 1                        | 316,834            | 9,241    | 0,004             |
|                                                        | Cubic     | 21,797          | 1                        | 21,797             | 1,649    | 0,205             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Egim      | Linear    | 658,104         | 2                        | 329,052            | 11,467   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 1443,149        | 2                        | 721,574            | 21,047   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 857,699         | 2                        | 428,849            | 32,449   | 0,000             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite<br>* Egim  | Linear    | 356,315         | 2                        | 178,158            | 6,209    | 0,004             |
|                                                        | Quadratic | 2942,442        | 2                        | 1471,221           | 42,912   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 614,746         | 2                        | 307,373            | 23,258   | 0,000             |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite<br>* Egim            | Linear    | 834,448         | 2                        | 417,224            | 14,540   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 1375,042        | 2                        | 687,521            | 20,053   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 222,360         | 2                        | 111,180            | 8,413    | 0,001             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite | Linear    | 265,350         | 2                        | 132,675            | 4,624    | 0,015             |
|                                                        | Quadratic | 2889,504        | 2                        | 1444,752           | 42,140   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 667,790         | 2                        | 333,895            | 25,265   | 0,000             |
| Hata (factor1)                                         | Linear    | 1377,372        | 48                       | 28,695             |          |                   |
|                                                        | Quadratic | 1645,665        | 48                       | 34,285             |          |                   |
|                                                        | Cubic     | 634,364         | 48                       | 13,216             |          |                   |

Linear  $ax + b = 0$ , Quadratic  $ax^2 + bx + c = 0$ , Cubic  $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$

**Ek 8 Yüzey akışı ile amonyum kaybının diğer değişkenler ile etkileşim analizleri**

| Kaynak                            | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem derecesi (P). |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|--------------------|
| Intercept                         | 365160,966      | 1                        | 365160,966         | 32523,958  | 0,000              |
| Toprak                            | 461,530         | 1                        | 461,530            | 41,107     | 0,000              |
| Gübre                             | 193061,161      | 1                        | 193061,161         | 17195,466  | 0,000              |
| İntensite                         | 90999,575       | 1                        | 90999,575          | 8105,101   | 0,000              |
| Eğim                              | 16567,267       | 2                        | 8283,633           | 737,802    | 0,000              |
| toprak * Gubre                    | 166,043         | 1                        | 166,043            | 14,789     | 0,000              |
| toprak * İntensite                | 99,143          | 1                        | 99,143             | 8,830      | 0,005              |
| toprak * Eğim                     | 18,174          | 2                        | 9,087              | 0,809      | 0,451              |
| Gubre * İntensite                 | 60944,918       | 1                        | 60944,918          | 5428,209   | 0,000              |
| Gubre * Eğim                      | 10859,865       | 2                        | 5429,933           | 483,630    | 0,000              |
| İntensite * Eğim                  | 3205,754        | 2                        | 1602,877           | 142,764    | 0,000              |
| toprak * Gubre * İntensite        | 65,785          | 1                        | 65,785             | 5,859      | 0,019              |
| toprak * Gubre * Eğim             | 28,359          | 2                        | 14,179             | 1,263      | 0,292              |
| toprak * İntensite * Eğim         | 120,932         | 2                        | 60,466             | 5,386      | 0,008              |
| Gubre * İntensite * Eğim          | 2758,430        | 2                        | 1379,215           | 122,843    | 0,000              |
| toprak * Gubre * İntensite * Eğim | 98,198          | 2                        | 49,099             | 4,373      | 0,018              |
| <b>Hata</b>                       | 538,917         | 48                       | 11,227             |            |                    |

**Ek 9 Yüzeyden toplam amonyum kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri**

| Kaynak                                                 |           | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi F | Önem derecesi (P) |
|--------------------------------------------------------|-----------|-----------------|--------------------------|--------------------|----------|-------------------|
| factor1<br>(YüzeyAmonyum)                              | Linear    | 45838,440       | 1                        | 45838,440          | 466,939  | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 1082,990        | 1                        | 1082,990           | 10,023   | 0,003             |
|                                                        | Cubic     | 354,449         | 1                        | 354,449            | 1,505    | 0,226             |
| factor1<br>* toprak tekstürü                           | Linear    | 491,276         | 1                        | 491,276            | 5,004    | 0,030             |
|                                                        | Quadratic | 7372,369        | 1                        | 7372,369           | 68,234   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 0,521           | 1                        | 0,521              | 0,002    | 0,963             |
| factor1<br>* Gubre                                     | Linear    | 27968,523       | 1                        | 27968,523          | 284,905  | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 828,228         | 1                        | 828,228            | 7,666    | 0,008             |
|                                                        | Cubic     | 294,814         | 1                        | 294,814            | 1,252    | 0,269             |
| factor1<br>* Intensite                                 | Linear    | 11,167          | 1                        | 11,167             | 0,114    | 0,737             |
|                                                        | Quadratic | 182,540         | 1                        | 182,540            | 1,689    | 0,200             |
|                                                        | Cubic     | 486,096         | 1                        | 486,096            | 2,064    | 0,157             |
| factor1<br>* Egim                                      | Linear    | 9407,022        | 2                        | 4703,511           | 47,913   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 8368,818        | 2                        | 4184,409           | 38,728   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 807,536         | 2                        | 403,768            | 1,715    | 0,191             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre                | Linear    | 1595,874        | 1                        | 1595,874           | 16,257   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 8152,506        | 1                        | 8152,506           | 75,454   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 0,165           | 1                        | 0,165              | 0,001    | 0,979             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite            | Linear    | 6,733           | 1                        | 6,733              | 0,069    | 0,795             |
|                                                        | Quadratic | 1979,227        | 1                        | 1979,227           | 18,318   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 606,928         | 1                        | 606,928            | 2,577    | 0,115             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Egim                 | Linear    | 562,913         | 2                        | 281,456            | 2,867    | 0,067             |
|                                                        | Quadratic | 20668,035       | 2                        | 10334,017          | 95,645   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 3574,799        | 2                        | 1787,400           | 7,590    | 0,001             |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite                      | Linear    | 790,942         | 1                        | 790,942            | 8,057    | 0,007             |
|                                                        | Quadratic | 37,957          | 1                        | 37,957             | 0,351    | 0,556             |
|                                                        | Cubic     | 394,486         | 1                        | 394,486            | 1,675    | 0,202             |
| factor1<br>* Gubre<br>* Egim                           | Linear    | 8238,771        | 2                        | 4119,386           | 41,963   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 7585,550        | 2                        | 3792,775           | 35,103   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 657,197         | 2                        | 328,598            | 1,395    | 0,258             |
| factor1<br>* Intensite<br>* Egim                       | Linear    | 30045,976       | 2                        | 15022,988          | 153,033  | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 2392,960        | 2                        | 1196,480           | 11,074   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 3285,151        | 2                        | 1642,576           | 6,975    | 0,002             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite | Linear    | 307,961         | 1                        | 307,961            | 3,137    | 0,083             |
|                                                        | Quadratic | 2793,115        | 1                        | 2793,115           | 25,851   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 429,957         | 1                        | 429,957            | 1,826    | 0,183             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Egim      | Linear    | 924,368         | 2                        | 462,184            | 4,708    | 0,014             |
|                                                        | Quadratic | 20535,980       | 2                        | 10267,990          | 95,034   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 3388,253        | 2                        | 1694,127           | 7,194    | 0,002             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite<br>* Egim  | Linear    | 112,811         | 2                        | 56,405             | 0,575    | 0,567             |
|                                                        | Quadratic | 497,491         | 2                        | 248,745            | 2,302    | 0,111             |
|                                                        | Cubic     | 1220,658        | 2                        | 610,329            | 2,592    | 0,085             |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite<br>* Egim            | Linear    | 27775,238       | 2                        | 13887,619          | 141,468  | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 2602,466        | 2                        | 1301,233           | 12,043   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 4260,946        | 2                        | 2130,473           | 9,047    | 0,000             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite | Linear    | 61,954          | 2                        | 30,977             | 0,316    | 0,731             |
|                                                        | Quadratic | 394,271         | 2                        | 197,136            | 1,825    | 0,172             |
|                                                        | Cubic     | 1306,939        | 2                        | 653,470            | 2,775    | 0,072             |
| Hata (factor1)                                         | Linear    | 4712,064        | 48                       | 98,168             |          |                   |
|                                                        | Quadratic | 5186,189        | 48                       | 108,046            |          |                   |
|                                                        | Cubic     | 11303,615       | 48                       | 235,492            |          |                   |

Linear  $ax + b = 0$ , Quadratic  $ax^2 + bx + c = 0$ , Cubic  $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$

**Ek 10 Yüzeyden toplam azot kaybının diğer değişkenler ile etkileşim analizleri**

| Kaynak                            | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem derecesi (P). |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|--------------------|
| Intercept                         | 5769893,672     | 1                        | 5769893,672        | 47085,662  | 0,000              |
| Toprak                            | 30486,369       | 1                        | 30486,369          | 248,786    | 0,000              |
| Gübre                             | 3802206,686     | 1                        | 3802206,686        | 31028,201  | 0,000              |
| İntensite                         | 623431,558      | 1                        | 623431,558         | 5087,561   | 0,000              |
| Eğim                              | 804667,356      | 2                        | 402333,678         | 3283,275   | 0,000              |
| toprak * Gubre                    | 24003,811       | 1                        | 24003,811          | 195,885    | 0,000              |
| toprak * İntensite                | 4511,669        | 1                        | 4511,669           | 36,818     | 0,000              |
| toprak * Eğim                     | 22682,405       | 2                        | 11341,202          | 92,551     | 0,000              |
| Gubre * İntensite                 | 413286,332      | 1                        | 413286,332         | 3372,655   | 0,000              |
| Gubre * Eğim                      | 710890,786      | 2                        | 355445,393         | 2900,640   | 0,000              |
| İntensite * Eğim                  | 2873,410        | 2                        | 1436,705           | 11,724     | 0,000              |
| toprak * Gubre * İntensite        | 4751,053        | 1                        | 4751,053           | 38,771     | 0,000              |
| toprak * Gubre * Eğim             | 22833,033       | 2                        | 11416,516          | 93,165     | 0,000              |
| toprak * İntensite * Eğim         | 2068,314        | 2                        | 1034,157           | 8,439      | 0,001              |
| Gubre * İntensite * Eğim          | 4651,625        | 2                        | 2325,813           | 18,980     | 0,000              |
| toprak * Gubre * İntensite * Eğim | 2474,910        | 2                        | 1237,455           | 10,098     | 0,000              |
| <b>Hata</b>                       | 5881,937        | 48                       | 122,54             |            |                    |

**Ek 11 İnfiltrasyondan nitrat (NO<sub>3</sub>) kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri**

| Kaynak                                                 |           | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi F | Önem derecesi (P) |
|--------------------------------------------------------|-----------|-----------------|--------------------------|--------------------|----------|-------------------|
| factor1<br>(İnfiltrasyondan Nitrat)                    | Linear    | 288027,626      | 1                        | 288027,626         | 6092,620 | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 4225,164        | 1                        | 4225,164           | 206,618  | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 715,880         | 1                        | 715,880            | 50,277   | 0,000             |
| factor1<br>* toprak tekstürü                           | Linear    | 6414,586        | 1                        | 6414,586           | 135,687  | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 2145,496        | 1                        | 2145,496           | 104,919  | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 318,818         | 1                        | 318,818            | 22,391   | 0,000             |
| factor1<br>* Gubre                                     | Linear    | 171903,347      | 1                        | 171903,347         | 3636,255 | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 1914,330        | 1                        | 1914,330           | 93,614   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 600,586         | 1                        | 600,586            | 42,179   | 0,000             |
| factor1<br>* Intensite                                 | Linear    | 13883,001       | 1                        | 13883,001          | 293,666  | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 363,915         | 1                        | 363,915            | 17,796   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 35,174          | 1                        | 35,174             | 2,470    | 0,123             |
| factor1<br>* Egim                                      | Linear    | 847,066         | 2                        | 423,533            | 8,959    | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 1163,554        | 2                        | 581,777            | 28,450   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 436,345         | 2                        | 218,173            | 15,322   | 0,000             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre                | Linear    | 2821,868        | 1                        | 2821,868           | 59,691   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 1084,033        | 1                        | 1084,033           | 53,011   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 258,971         | 1                        | 258,971            | 18,188   | 0,000             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite            | Linear    | 715,338         | 1                        | 715,338            | 15,131   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 263,650         | 1                        | 263,650            | 12,893   | 0,001             |
|                                                        | Cubic     | 158,646         | 1                        | 158,646            | 11,142   | 0,002             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Egim                 | Linear    | 2787,571        | 2                        | 1393,785           | 29,483   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 686,288         | 2                        | 343,144            | 16,780   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 325,093         | 2                        | 162,547            | 11,416   | 0,000             |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite                      | Linear    | 28245,735       | 1                        | 28245,735          | 597,479  | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 740,618         | 1                        | 740,618            | 36,218   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 19,582          | 1                        | 19,582             | 1,375    | 0,247             |
| factor1<br>* Gubre<br>* Egim                           | Linear    | 1994,518        | 2                        | 997,259            | 21,095   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 559,139         | 2                        | 279,569            | 13,671   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 251,672         | 2                        | 125,836            | 8,838    | 0,001             |
| factor1<br>* Intensite<br>* Egim                       | Linear    | 3153,218        | 2                        | 1576,609           | 33,350   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 1507,862        | 2                        | 753,931            | 36,869   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 129,709         | 2                        | 64,854             | 4,555    | 0,015             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite | Linear    | 1810,052        | 1                        | 1810,052           | 38,288   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 569,976         | 1                        | 569,976            | 27,873   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 97,274          | 1                        | 97,274             | 6,832    | 0,012             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Egim      | Linear    | 2415,685        | 2                        | 1207,843           | 25,549   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 806,143         | 2                        | 403,072            | 19,711   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 359,525         | 2                        | 179,762            | 12,625   | 0,000             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite<br>* Egim  | Linear    | 21,120          | 2                        | 10,560             | 0,223    | 0,801             |
|                                                        | Quadratic | 53,136          | 2                        | 26,568             | 1,299    | 0,282             |
|                                                        | Cubic     | 6,697           | 2                        | 3,349              | 0,235    | 0,791             |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite<br>* Egim            | Linear    | 2037,554        | 2                        | 1018,777           | 21,550   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 911,938         | 2                        | 455,969            | 22,298   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 86,586          | 2                        | 43,293             | 3,041    | 0,057             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite | Linear    | 327,411         | 2                        | 163,705            | 3,463    | 0,039             |
|                                                        | Quadratic | 118,354         | 2                        | 59,177             | 2,894    | 0,065             |
|                                                        | Cubic     | 2,940           | 2                        | 1,470              | 0,103    | 0,902             |
| Hata (factor1)                                         | Linear    | 2269,192        | 48                       | 47,275             |          |                   |
|                                                        | Quadratic | 981,557         | 48                       | 20,449             |          |                   |
|                                                        | Cubic     | 683,464         | 48                       | 14,239             |          |                   |

Linear  $ax + b = 0$ , Quadratic  $ax^2 + bx + c = 0$ , Cubic  $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$

**Ek 12 İnfiltrasyondan nitrat kaybının diğer değişkenler ile etkileşim analizleri**

| Kaynak                            | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem derecesi (P). |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|--------------------|
| Intercept                         | 879154,354      | 1                        | 879154,354         | 33529,892  | 0,000              |
| Toprak                            | 271,119         | 1                        | 271,119            | 10,340     | 0,002              |
| Gübre                             | 500700,078      | 1                        | 500700,078         | 19096,100  | 0,000              |
| İntensite                         | 23951,309       | 1                        | 23951,309          | 913,474    | 0,000              |
| Eğim                              | 8630,866        | 2                        | 4315,433           | 164,585    | 0,000              |
| toprak * Gübre                    | 11,815          | 1                        | 11,815             | 0,451      | 0,505              |
| toprak * İntensite                | 250,634         | 1                        | 250,634            | 9,559      | 0,003              |
| toprak * Eğim                     | 172,782         | 2                        | 86,391             | 3,295      | 0,046              |
| Gübre * İntensite                 | 55553,389       | 1                        | 55553,389          | 2118,740   | 0,000              |
| Gübre * Eğim                      | 10608,594       | 2                        | 5304,297           | 202,300    | 0,000              |
| İntensite * Eğim                  | 3194,845        | 2                        | 1597,422           | 60,924     | 0,000              |
| toprak * Gübre * İntensite        | 913,788         | 1                        | 913,788            | 34,851     | 0,000              |
| toprak * Gübre * Eğim             | 283,421         | 2                        | 141,710            | 5,405      | 0,008              |
| toprak * İntensite * Eğim         | 48,031          | 2                        | 24,016             | 0,916      | 0,407              |
| Gübre * İntensite * Eğim          | 3393,873        | 2                        | 1696,937           | 64,719     | 0,000              |
| toprak * Gübre * İntensite * Eğim | 67,995          | 2                        | 33,997             | 1,297      | 0,283              |
| <b>Hata</b>                       | 1258,561        | 48                       | 26,22              |            |                    |

**Ek 13 İnfiltrasyondan amonyum (NH4) kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri**

| kaynak                                                 |           | kareler toplamı | serbestlik derecesi (df) | kareler ortalaması | etkisi f | önem derecesi (p) |
|--------------------------------------------------------|-----------|-----------------|--------------------------|--------------------|----------|-------------------|
| factor1<br>(İnfiltrasyondan Amonyum)                   | Linear    | 135,897         | 1                        | 135,897            | 12,610   | 0,001             |
|                                                        | Quadratic | 81,940          | 1                        | 81,940             | 17,160   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 1,298           | 1                        | 1,298              | 1,340    | 0,253             |
| factor1<br>* toprak tekstürü                           | Linear    | 350,874         | 1                        | 350,874            | 32,559   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 0,089           | 1                        | 0,089              | 0,019    | 0,892             |
|                                                        | Cubic     | 15,313          | 1                        | 15,313             | 15,811   | 0,000             |
| factor1<br>* Gubre                                     | Linear    | 5,258           | 1                        | 5,258              | 0,488    | 0,488             |
|                                                        | Quadratic | 28,459          | 1                        | 28,459             | 5,960    | 0,018             |
|                                                        | Cubic     | 1,419           | 1                        | 1,419              | 1,465    | 0,232             |
| factor1<br>* Intensite                                 | Linear    | 170,999         | 1                        | 170,999            | 15,868   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 7,865           | 1                        | 7,865              | 1,647    | 0,206             |
|                                                        | Cubic     | 2,267           | 1                        | 2,267              | 2,341    | 0,133             |
| factor1<br>* Egim                                      | Linear    | 56,353          | 2                        | 28,176             | 2,615    | 0,084             |
|                                                        | Quadratic | 172,285         | 2                        | 86,143             | 18,040   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 50,970          | 2                        | 25,485             | 26,314   | 0,000             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre                | Linear    | 184,964         | 1                        | 184,964            | 17,164   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 12,893          | 1                        | 12,893             | 2,700    | 0,107             |
|                                                        | Cubic     | 16,670          | 1                        | 16,670             | 17,213   | 0,000             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite            | Linear    | 367,189         | 1                        | 367,189            | 34,073   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 14,157          | 1                        | 14,157             | 2,965    | 0,092             |
|                                                        | Cubic     | 6,409           | 1                        | 6,409              | 6,618    | 0,013             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Egim                 | Linear    | 435,482         | 2                        | 217,741            | 20,205   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 66,498          | 2                        | 33,249             | 6,963    | 0,002             |
|                                                        | Cubic     | 18,841          | 2                        | 9,421              | 9,727    | 0,000             |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite                      | Linear    | 171,412         | 1                        | 171,412            | 15,906   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 3,628           | 1                        | 3,628              | 0,760    | 0,388             |
|                                                        | Cubic     | 4,339           | 1                        | 4,339              | 4,480    | 0,040             |
| factor1<br>* Gubre<br>* Egim                           | Linear    | 26,791          | 2                        | 13,395             | 1,243    | 0,298             |
|                                                        | Quadratic | 119,659         | 2                        | 59,829             | 12,530   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 13,059          | 2                        | 6,530              | 6,742    | 0,003             |
| factor1<br>* Intensite<br>* Egim                       | Linear    | 259,748         | 2                        | 129,874            | 12,052   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 51,811          | 2                        | 25,906             | 5,425    | 0,008             |
|                                                        | Cubic     | 22,712          | 2                        | 11,356             | 11,726   | 0,000             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite | Linear    | 167,474         | 1                        | 167,474            | 15,541   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 0,727           | 1                        | 0,727              | 0,152    | 0,698             |
|                                                        | Cubic     | 11,071          | 1                        | 11,071             | 11,431   | 0,001             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Egim      | Linear    | 340,436         | 2                        | 170,218            | 15,795   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 24,073          | 2                        | 12,037             | 2,521    | 0,091             |
|                                                        | Cubic     | 36,514          | 2                        | 18,257             | 18,851   | 0,000             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite<br>* Egim  | Linear    | 530,738         | 2                        | 265,369            | 24,625   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 31,980          | 2                        | 15,990             | 3,349    | 0,044             |
|                                                        | Cubic     | 176,727         | 2                        | 88,363             | 91,238   | 0,000             |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite<br>* Egim            | Linear    | 270,554         | 2                        | 135,277            | 12,553   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 29,215          | 2                        | 14,607             | 3,059    | 0,056             |
|                                                        | Cubic     | 2,713           | 2                        | 1,357              | 1,401    | 0,256             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite | Linear    | 443,459         | 2                        | 221,729            | 20,575   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 24,213          | 2                        | 12,106             | 2,535    | 0,090             |
|                                                        | Cubic     | 108,306         | 2                        | 54,153             | 55,915   | 0,000             |
| Hata (factor1)                                         | Linear    | 517,274         | 48                       | 10,777             |          |                   |
|                                                        | Quadratic | 229,201         | 48                       | 4,775              |          |                   |
|                                                        | Cubic     | 46,488          | 48                       | 0,968              |          |                   |

Linear  $ax + b = 0$ , Quadratic  $ax^2 + bx + c = 0$ , Cubic  $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$

**Ek 14 İnfiltrasyondan amonyum kaybının diğer değişkenlerle etkileşim analizleri**

| Kaynak                            | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem derecesi (P). |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|--------------------|
| Intercept                         | 23424,345       | 1                        | 23424,345          | 20483,922  | 0,000              |
| Toprak                            | 260,051         | 1                        | 260,051            | 227,407    | 0,000              |
| Gübre                             | 7356,734        | 1                        | 7356,734           | 6433,254   | 0,000              |
| İntensite                         | 696,736         | 1                        | 696,736            | 609,276    | 0,000              |
| Eğim                              | 96,795          | 2                        | 48,397             | 42,322     | 0,000              |
| toprak * Gübre                    | 221,045         | 1                        | 221,045            | 193,297    | 0,000              |
| toprak * İntensite                | 1257,699        | 1                        | 1257,699           | 1099,822   | 0,000              |
| toprak * Eğim                     | 532,434         | 2                        | 266,217            | 232,799    | 0,000              |
| Gübre * İntensite                 | 859,842         | 1                        | 859,842            | 751,908    | 0,000              |
| Gübre * Eğim                      | 74,425          | 2                        | 37,213             | 32,541     | 0,000              |
| İntensite * Eğim                  | 556,092         | 2                        | 278,046            | 243,143    | 0,000              |
| toprak * Gübre * İntensite        | 547,107         | 1                        | 547,107            | 478,430    | 0,000              |
| toprak * Gübre * Eğim             | 262,715         | 2                        | 131,358            | 114,869    | 0,000              |
| toprak * İntensite * Eğim         | 191,917         | 2                        | 95,958             | 83,913     | 0,000              |
| Gübre * İntensite * Eğim          | 447,936         | 2                        | 223,968            | 195,854    | 0,000              |
| toprak * Gübre * İntensite * Eğim | 124,204         | 2                        | 62,102             | 54,307     | 0,000              |
| Hata                              | 54,890          | 48                       | 1,144              |            |                    |

**Ek 15 İnfiltrasyondan toplam azot kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri**

| Kaynak                                                 |           | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi F | Önem derecesi (P) |
|--------------------------------------------------------|-----------|-----------------|--------------------------|--------------------|----------|-------------------|
| factor1<br>(İnfiltrasyondan Toplam Azot)               | Linear    | 300676,149      | 1                        | 300676,149         | 3617,691 | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 5483,898        | 1                        | 5483,898           | 210,003  | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 656,217         | 1                        | 656,217            | 37,238   | 0,000             |
| factor1<br>* toprak tekstürü                           | Linear    | 9765,964        | 1                        | 9765,964           | 117,503  | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 2117,860        | 1                        | 2117,860           | 81,102   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 194,433         | 1                        | 194,433            | 11,033   | 0,002             |
| factor1<br>* Gubre                                     | Linear    | 173810,319      | 1                        | 173810,319         | 2091,260 | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 2409,713        | 1                        | 2409,713           | 92,279   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 543,662         | 1                        | 543,662            | 30,850   | 0,000             |
| factor1<br>* Intensite                                 | Linear    | 10972,618       | 1                        | 10972,618          | 132,021  | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 264,770         | 1                        | 264,770            | 10,139   | 0,003             |
|                                                        | Cubic     | 19,584          | 1                        | 19,584             | 1,111    | 0,297             |
| factor1<br>* Egim                                      | Linear    | 485,270         | 2                        | 242,635            | 2,919    | 0,064             |
|                                                        | Quadratic | 2022,391        | 2                        | 1011,196           | 38,723   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 545,952         | 2                        | 272,976            | 15,490   | 0,000             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre                | Linear    | 4451,731        | 1                        | 4451,731           | 53,563   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 860,485         | 1                        | 860,485            | 32,952   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 144,226         | 1                        | 144,226            | 8,184    | 0,006             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite            | Linear    | 57,507          | 1                        | 57,507             | 0,692    | 0,410             |
|                                                        | Quadratic | 155,624         | 1                        | 155,624            | 5,960    | 0,018             |
|                                                        | Cubic     | 101,277         | 1                        | 101,277            | 5,747    | 0,020             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Egim                 | Linear    | 3789,472        | 2                        | 1894,736           | 22,797   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 332,743         | 2                        | 166,371            | 6,371    | 0,004             |
|                                                        | Cubic     | 474,939         | 2                        | 237,470            | 13,475   | 0,000             |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite                      | Linear    | 24016,068       | 1                        | 24016,068          | 288,958  | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 640,602         | 1                        | 640,602            | 24,532   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 5,491           | 1                        | 5,491              | 0,312    | 0,579             |
| factor1<br>* Gubre<br>* Egim                           | Linear    | 1606,897        | 2                        | 803,449            | 9,667    | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 1195,586        | 2                        | 597,793            | 22,892   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 216,140         | 2                        | 108,070            | 6,132    | 0,004             |
| factor1<br>* Intensite<br>* Egim                       | Linear    | 4150,191        | 2                        | 2075,095           | 24,967   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 2010,117        | 2                        | 1005,058           | 38,488   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 241,342         | 2                        | 120,671            | 6,848    | 0,002             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite | Linear    | 876,366         | 1                        | 876,366            | 10,544   | 0,002             |
|                                                        | Quadratic | 530,025         | 1                        | 530,025            | 20,297   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 42,708          | 1                        | 42,708             | 2,423    | 0,126             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Egim      | Linear    | 2167,155        | 2                        | 1083,578           | 13,037   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 551,762         | 2                        | 275,881            | 10,565   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 543,993         | 2                        | 271,996            | 15,435   | 0,000             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite<br>* Egim  | Linear    | 491,526         | 2                        | 245,763            | 2,957    | 0,062             |
|                                                        | Quadratic | 36,656          | 2                        | 18,328             | 0,702    | 0,501             |
|                                                        | Cubic     | 139,411         | 2                        | 69,705             | 3,955    | 0,026             |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite<br>* Egim            | Linear    | 2645,154        | 2                        | 1322,577           | 15,913   | 0,000             |
|                                                        | Quadratic | 1149,784        | 2                        | 574,892            | 22,015   | 0,000             |
|                                                        | Cubic     | 110,679         | 2                        | 55,340             | 3,140    | 0,052             |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite | Linear    | 192,198         | 2                        | 96,099             | 1,156    | 0,323             |
|                                                        | Quadratic | 64,227          | 2                        | 32,114             | 1,230    | 0,301             |
|                                                        | Cubic     | 119,861         | 2                        | 59,931             | 3,401    | 0,042             |
| Hata (factor1)                                         | Linear    | 3989,411        | 48                       | 83,113             |          |                   |
|                                                        | Quadratic | 1253,443        | 48                       | 26,113             |          |                   |
|                                                        | Cubic     | 845,879         | 48                       | 17,622             |          |                   |

Linear  $ax + b = 0$ , Quadratic  $ax^2 + bx + c = 0$ , Cubic  $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$

**Ek 16 İnfiltrasyondan toplam azot kaybının diğer değişkenler ile etkileşim analizleri**

| Kaynak                            | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem derecesi (P). |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|--------------------|
| Intercept                         | 1189587,184     | 1                        | 1189587,184        | 44376,814  | 0,000              |
| Toprak                            | 0,115           | 1                        | 0,115              | 0,004      | 0,948              |
| Gübre                             | 629440,224      | 1                        | 629440,224         | 23480,878  | 0,000              |
| İntensite                         | 32817,960       | 1                        | 32817,960          | 1224,254   | 0,000              |
| Eğim                              | 7994,643        | 2                        | 3997,321           | 149,118    | 0,000              |
| toprak * Gubre                    | 130,639         | 1                        | 130,639            | 4,873      | 0,032              |
| toprak * Intensite                | 385,478         | 1                        | 385,478            | 14,380     | 0,000              |
| toprak * Egim                     | 986,100         | 2                        | 493,050            | 18,393     | 0,000              |
| Gubre * Intensite                 | 70236,115       | 1                        | 70236,115          | 2620,115   | 0,000              |
| Gubre * Egim                      | 10764,370       | 2                        | 5382,185           | 200,779    | 0,000              |
| Intensite * Egim                  | 6028,131        | 2                        | 3014,066           | 112,438    | 0,000              |
| toprak * Gubre * Intensite        | 46,765          | 1                        | 46,765             | 1,745      | 0,193              |
| toprak * Gubre * Egim             | 28,395          | 2                        | 14,198             | 0,530      | 0,592              |
| toprak * Intensite * Egim         | 378,449         | 2                        | 189,225            | 7,059      | 0,002              |
| Gubre * Intensite * Egim          | 5723,487        | 2                        | 2861,744           | 106,756    | 0,000              |
| toprak * Gubre * Intensite * Egim | 33,529          | 2                        | 16,764             | 0,625      | 0,539              |
| <b>Hata</b>                       | 1286,712        | 48                       | 26,807             |            |                    |

### Ek 17 Fosforun diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri

| Kaynak                                                           |           | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi F | Önem derecesi (P) |
|------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------|--------------------------|--------------------|----------|-------------------|
| factor1<br>(Toplam Fosfor)                                       | Linear    | 6176801826      | 1                        | 6176801826         | 1103     | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 285634640       | 1                        | 285634640          | 76       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 14342017        | 1                        | 14342017           | 1        | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü                                     | Linear    | 412973701       | 1                        | 412973701          | 74       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 2046544580      | 1                        | 2046544580         | 544      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 633005914       | 1                        | 633005914          | 42       | 0                 |
| factor1<br>* Gubre                                               | Linear    | 11643358600     | 1                        | 11643358600        | 2079     | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 63808712        | 1                        | 63808712           | 17       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 36936792        | 1                        | 36936792           | 2        | 0                 |
| factor1<br>* Intensite                                           | Linear    | 4436081190      | 1                        | 4436081190         | 792      | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 117827290       | 1                        | 117827290          | 31       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 179810272       | 1                        | 179810272          | 12       | 0                 |
| factor1<br>* Egim                                                | Linear    | 1235391243      | 2                        | 617695622          | 110      | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 693291866       | 2                        | 346645933          | 92       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 501521407       | 2                        | 250760704          | 16       | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre                          | Linear    | 467386209       | 1                        | 467386209          | 83       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 2199255252      | 1                        | 2199255252         | 584      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 560492615       | 1                        | 560492615          | 37       | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite                      | Linear    | 70002154        | 1                        | 70002154           | 12       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 2127255103      | 1                        | 2127255103         | 565      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 180267199       | 1                        | 180267199          | 12       | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Egim                           | Linear    | 363624895       | 2                        | 181812448          | 32       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 1189318466      | 2                        | 594659233          | 158      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 158541136       | 2                        | 79270568           | 5        | 0                 |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite                                | Linear    | 5046963444      | 1                        | 5046963444         | 901      | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 158888891       | 1                        | 158888891          | 42       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 157741377       | 1                        | 157741377          | 10       | 0                 |
| factor1<br>* Gubre<br>* Egim                                     | Linear    | 1008743727      | 2                        | 504371863          | 90       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 676311517       | 2                        | 338155758          | 90       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 580451537       | 2                        | 290225768          | 19       | 0                 |
| factor1<br>* Intensite<br>* Egim                                 | Linear    | 2872619719      | 2                        | 1436309859         | 256      | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 1082971790      | 2                        | 541485895          | 144      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 200621783       | 2                        | 100310891          | 7        | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite           | Linear    | 50215153        | 1                        | 50215153           | 9        | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 2275842528      | 1                        | 2275842528         | 605      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 141939263       | 1                        | 141939263          | 9        | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Egim                | Linear    | 247314856       | 2                        | 123657428          | 22       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 1224504338      | 2                        | 612252169          | 163      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 160936742       | 2                        | 80468371           | 5        | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite<br>* Egim            | Linear    | 543598830       | 2                        | 271799415          | 49       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 731317370       | 2                        | 365658685          | 97       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 639338873       | 2                        | 319669436          | 21       | 0                 |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite<br>* Egim                      | Linear    | 3421915990      | 2                        | 1710957995         | 305      | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 844597358       | 2                        | 422298679          | 112      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 211696407       | 2                        | 105848204          | 7        | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite<br>* Egim | Linear    | 536853054       | 2                        | 268426527          | 48       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 656861651       | 2                        | 328430826          | 87       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 636260387       | 2                        | 318130193          | 21       | 0                 |
| Hata (factor1)                                                   | Linear    | 268826882       | 48                       | 5600560            |          |                   |
|                                                                  | Quadratic | 180612388       | 48                       | 3762758            |          |                   |
|                                                                  | Cubic     | 730750877       | 48                       | 15223977           |          |                   |

Linear  $ax + b = 0$ , Quadratic  $ax^2 + bx + c = 0$ , Cubic  $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$

**Ek 18 Fosforun diğer değişkenler ile etkileşim analizleri**

| Kaynak                            | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem derecesi (P). |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|--------------------|
| Intercept                         | 203206929665    | 1                        | 203206929665       | 117720     | 0                  |
| Toprak                            | 76103064        | 1                        | 76103064           | 44         | 0                  |
| Gübre                             | 132848821229    | 1                        | 132848821229       | 76961      | 0                  |
| İntensite                         | 22963121697     | 1                        | 22963121697        | 13303      | 0                  |
| Eğim                              | 4409484702      | 2                        | 2204742351         | 1277       | 0                  |
| toprak * Gübre                    | 102866356       | 1                        | 102866356          | 60         | 0                  |
| toprak * İntensite                | 16100514        | 1                        | 16100514           | 9          | 0                  |
| toprak * Eğim                     | 21427756        | 2                        | 10713878           | 6          | 0                  |
| Gübre * İntensite                 | 15555126691     | 1                        | 15555126691        | 9011       | 0                  |
| Gübre * Eğim                      | 2691845144      | 2                        | 1345922572         | 780        | 0                  |
| İntensite * Eğim                  | 408093112       | 2                        | 204046556          | 118        | 0                  |
| toprak * Gübre * İntensite        | 19021444        | 1                        | 19021444           | 11         | 0                  |
| toprak * Gübre * Eğim             | 11184589        | 2                        | 5592294            | 3          | 0                  |
| toprak * İntensite * Eğim         | 5334356         | 2                        | 2667178            | 2          | 0                  |
| Gübre * İntensite * Eğim          | 437152844       | 2                        | 218576422          | 127        | 0                  |
| toprak * Gübre * İntensite * Eğim | 2946909         | 2                        | 1473455            | 1          | 0                  |
| Hata                              | 82857175        | 48                       | 1726191            |            |                    |

### Ek 19 Yüzeyden fosfor kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri

| Kaynak                                                           |           | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi F | Önem derecesi (P) |
|------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------|--------------------------|--------------------|----------|-------------------|
| factor1<br>(Yüzeyden Fosfor)                                     | Linear    | 9213372713      | 1                        | 9213372713         | 5026     | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 324272005       | 1                        | 324272005          | 124      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 59395154        | 1                        | 59395154           | 74       | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü                                     | Linear    | 122185682       | 1                        | 122185682          | 67       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 1805347866      | 1                        | 1805347866         | 688      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 551324649       | 1                        | 551324649          | 687      | 0                 |
| factor1<br>* Gubre                                               | Linear    | 12335799631     | 1                        | 12335799631        | 6730     | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 246754390       | 1                        | 246754390          | 94       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 63102607        | 1                        | 63102607           | 79       | 0                 |
| factor1<br>* Intensite                                           | Linear    | 3240140408      | 1                        | 3240140408         | 1768     | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 104892944       | 1                        | 104892944          | 40       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 181332931       | 1                        | 181332931          | 226      | 0                 |
| factor1<br>* Egim                                                | Linear    | 312375354       | 2                        | 156187677          | 85       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 708451571       | 2                        | 354225786          | 135      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 367244477       | 2                        | 183622238          | 229      | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre                          | Linear    | 151492873       | 1                        | 151492873          | 83       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 1994714897      | 1                        | 1994714897         | 760      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 485744684       | 1                        | 485744684          | 605      | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite                      | Linear    | 141134011       | 1                        | 141134011          | 77       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 2153241858      | 1                        | 2153241858         | 821      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 192569886       | 1                        | 192569886          | 240      | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Egim                           | Linear    | 114373921       | 2                        | 57186961           | 31       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 1070755890      | 2                        | 535377945          | 204      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 87170320        | 2                        | 43585160           | 54       | 0                 |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite                                | Linear    | 4728197291      | 1                        | 4728197291         | 2580     | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 70868244        | 1                        | 70868244           | 27       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 177270321       | 1                        | 177270321          | 221      | 0                 |
| factor1<br>* Gubre<br>* Egim                                     | Linear    | 273263891       | 2                        | 136631946          | 75       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 667735024       | 2                        | 333867512          | 127      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 413913922       | 2                        | 206956961          | 258      | 0                 |
| factor1<br>* Intensite<br>* Egim                                 | Linear    | 4766943401      | 2                        | 2383471701         | 1300     | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 1034302215      | 2                        | 517151107          | 197      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 250577231       | 2                        | 125288616          | 156      | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite           | Linear    | 111090102       | 1                        | 111090102          | 61       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 2253476963      | 1                        | 2253476963         | 859      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 162768372       | 1                        | 162768372          | 203      | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Egim                | Linear    | 139110374       | 2                        | 69555187           | 38       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 1037356308      | 2                        | 518678154          | 198      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 84717159        | 2                        | 42358580           | 53       | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite<br>* Egim            | Linear    | 202548788       | 2                        | 101274394          | 55       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 758371978       | 2                        | 379185989          | 145      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 689482916       | 2                        | 344741458          | 430      | 0                 |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite<br>* Egim                      | Linear    | 4770330471      | 2                        | 2385165236         | 1301     | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 1014523020      | 2                        | 507261510          | 193      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 245246191       | 2                        | 122623095          | 153      | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite<br>* Egim | Linear    | 228136666       | 2                        | 114068333          | 62       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 687390993       | 2                        | 343695496          | 131      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 692480542       | 2                        | 346240271          | 431      | 0                 |
| Hata (factor1)                                                   | Linear    | 87982377        | 48                       | 1832966            |          |                   |
|                                                                  | Quadratic | 125936390       | 48                       | 2623675            |          |                   |
|                                                                  | Cubic     | 38526277        | 48                       | 802631             |          |                   |

Linear  $ax + b = 0$ , Quadratic  $ax^2 + bx + c = 0$ , Cubic  $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$

**Ek 20 Yüzeyden fosfor kaybının diğer değişkenler ile etkileşim analizleri**

| Kaynak                            | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem derecesi (P). |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|--------------------|
| Intercept                         | 105249608765    | 1                        | 105249608765       | 71175      | 0                  |
| Toprak                            | 480327664       | 1                        | 480327664          | 325        | 0                  |
| Gübre                             | 67479784929     | 1                        | 67479784929        | 45633      | 0                  |
| İntensite                         | 25373096876     | 1                        | 25373096876        | 17159      | 0                  |
| Eğim                              | 1885657069      | 2                        | 942828534          | 638        | 0                  |
| toprak * Gübre                    | 428953609       | 1                        | 428953609          | 290        | 0                  |
| toprak * İntensite                | 51091416        | 1                        | 51091416           | 35         | 0                  |
| toprak * Eğim                     | 90099467        | 2                        | 45049733           | 30         | 0                  |
| Gübre * İntensite                 | 14525377312     | 1                        | 14525377312        | 9823       | 0                  |
| Gübre * Eğim                      | 1104299043      | 2                        | 552149521          | 373        | 0                  |
| İntensite * Eğim                  | 369150888       | 2                        | 184575444          | 125        | 0                  |
| toprak * Gübre * İntensite        | 54889230        | 1                        | 54889230           | 37         | 0                  |
| toprak * Gübre * Eğim             | 98163795        | 2                        | 49081897           | 33         | 0                  |
| toprak * İntensite * Eğim         | 50801371        | 2                        | 25400686           | 17         | 0                  |
| Gübre * İntensite * Eğim          | 192245230       | 2                        | 96122615           | 65         | 0                  |
| toprak * Gübre * İntensite * Eğim | 46711657        | 2                        | 23355828           | 16         | 0                  |
| Hata                              | 70979869        | 48                       | 1478747            |            |                    |

## Ek 21 İnfiltrasyondan fosfor kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri

| Kaynak                                                           |           | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi F | Önem derecesi (P) |
|------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------|--------------------------|--------------------|----------|-------------------|
| factor1<br>(İnfiltrasyondan Fosfor)                              | Linear    | 302540212       | 1                        | 302540212          | 87       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 1225062         | 1                        | 1225062            | 1        | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 15364358        | 1                        | 15364358           | 1        | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü                                     | Linear    | 85895660        | 1                        | 85895660           | 25       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 7559011         | 1                        | 7559011            | 8        | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 2820067         | 1                        | 2820067            | 0        | 1                 |
| factor1<br>* Gubre                                               | Linear    | 9999821         | 1                        | 9999821            | 3        | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 59604302        | 1                        | 59604302           | 65       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 3482517         | 1                        | 3482517            | 0        | 1                 |
| factor1<br>* Intensite                                           | Linear    | 93734957        | 1                        | 93734957           | 27       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 375895          | 1                        | 375895             | 0        | 1                 |
|                                                                  | Cubic     | 3210            | 1                        | 3210               | 0        | 1                 |
| factor1<br>* Egim                                                | Linear    | 349264560       | 2                        | 174632280          | 50       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 118230          | 2                        | 59115              | 0        | 1                 |
|                                                                  | Cubic     | 21455295        | 2                        | 10727648           | 1        | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre                          | Linear    | 86692350        | 1                        | 86692350           | 25       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 4990696         | 1                        | 4990696            | 5        | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 2673581         | 1                        | 2673581            | 0        | 1                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite                      | Linear    | 12342958        | 1                        | 12342958           | 4        | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 78883           | 1                        | 78883              | 0        | 1                 |
|                                                                  | Cubic     | 203034          | 1                        | 203034             | 0        | 1                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Egim                           | Linear    | 472968940       | 2                        | 236484470          | 68       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 3295498         | 2                        | 1647749            | 2        | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 14139017        | 2                        | 7069508            | 0        | 1                 |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite                                | Linear    | 5198835         | 1                        | 5198835            | 1        | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 17529175        | 1                        | 17529175           | 19       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 569688          | 1                        | 569688             | 0        | 1                 |
| factor1<br>* Gubre<br>* Egim                                     | Linear    | 256142287       | 2                        | 128071143          | 37       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 3461307         | 2                        | 1730653            | 2        | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 21119956        | 2                        | 10559978           | 1        | 0                 |
| factor1<br>* Intensite<br>* Egim                                 | Linear    | 279510316       | 2                        | 139755158          | 40       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 47195309        | 2                        | 23597654           | 26       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 15866281        | 2                        | 7933140            | 1        | 1                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite           | Linear    | 11927794        | 1                        | 11927794           | 3        | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 55220           | 1                        | 55220              | 0        | 1                 |
|                                                                  | Cubic     | 712749          | 1                        | 712749             | 0        | 1                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Egim                | Linear    | 365222417       | 2                        | 182611209          | 52       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 8973475         | 2                        | 4486738            | 5        | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 16778642        | 2                        | 8389321            | 1        | 1                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite<br>* Egim            | Linear    | 128549568       | 2                        | 64274784           | 18       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 12116520        | 2                        | 6058260            | 7        | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 10823366        | 2                        | 5411683            | 0        | 1                 |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite<br>* Egim                      | Linear    | 261095483       | 2                        | 130547741          | 38       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 27778738        | 2                        | 13889369           | 15       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 14733261        | 2                        | 7366631            | 0        | 1                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite<br>* Egim | Linear    | 90205019        | 2                        | 45102510           | 13       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 9905622         | 2                        | 4952811            | 5        | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 10278030        | 2                        | 5139015            | 0        | 1                 |
| Hata (factor1)                                                   | Linear    | 167098488       | 48                       | 3481218            |          |                   |
|                                                                  | Quadratic | 44244664        | 48                       | 921764             |          |                   |
|                                                                  | Cubic     | 719461704       | 48                       | 14988785           |          |                   |

Linear  $ax + b = 0$ , Quadratic  $ax^2 + bx + c = 0$ , Cubic  $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$

**Ek 22 İnfiltrasyondan fosfor kaybının diğer değişkenler ile etkileşim analizleri**

| Kaynak                            | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem derecesi (P). |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|--------------------|
| Intercept                         | 15967565337     | 1                        | 15967565337        | 43126      | 0                  |
| Toprak                            | 938814865       | 1                        | 938814865          | 2536       | 0                  |
| Gübre                             | 10965358568     | 1                        | 10965358568        | 29616      | 0                  |
| İntensite                         | 60116353        | 1                        | 60116353           | 162        | 0                  |
| Eğim                              | 538677323       | 2                        | 269338661          | 727        | 0                  |
| toprak * Gübre                    | 951938493       | 1                        | 951938493          | 2571       | 0                  |
| toprak * İntensite                | 9829989         | 1                        | 9829989            | 27         | 0                  |
| toprak * Eğim                     | 145602964       | 2                        | 72801482           | 197        | 0                  |
| Gübre * İntensite                 | 17630932        | 1                        | 17630932           | 48         | 0                  |
| Gübre * Eğim                      | 350185343       | 2                        | 175092671          | 473        | 0                  |
| İntensite * Eğim                  | 13615297        | 2                        | 6807649            | 18         | 0                  |
| toprak * Gübre * İntensite        | 9286455         | 1                        | 9286455            | 25         | 0                  |
| toprak * Gübre * Eğim             | 83378622        | 2                        | 41689311           | 113        | 0                  |
| toprak * İntensite * Eğim         | 25899878        | 2                        | 12949939           | 35         | 0                  |
| Gübre * İntensite * Eğim          | 125059944       | 2                        | 62529972           | 169        | 0                  |
| toprak * Gübre * İntensite * Eğim | 45777299        | 2                        | 22888649           | 62         | 0                  |
| Hata                              | 17772154        | 48                       | 370253             |            |                    |

### Ek 23 Sediment kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri

| Kaynak                                                           |           | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi F | Önem derecesi (P) |
|------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------|--------------------------|--------------------|----------|-------------------|
| factor1<br>(Sediment Kaybı)                                      | Linear    | 7076955         | 1                        | 7076955            | 21405    | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 441152          | 1                        | 441152             | 1779     | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 37097           | 1                        | 37097              | 136      | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü                                     | Linear    | 4864            | 1                        | 4864               | 15       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 5997            | 1                        | 5997               | 24       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 5038            | 1                        | 5038               | 18       | 0                 |
| factor1<br>* Gubre                                               | Linear    | 244             | 1                        | 244                | 1        | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 1101            | 1                        | 1101               | 4        | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 380             | 1                        | 380                | 1        | 0                 |
| factor1<br>* Intensite                                           | Linear    | 6328159         | 1                        | 6328159            | 19140    | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 438940          | 1                        | 438940             | 1770     | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 38131           | 1                        | 38131              | 139      | 0                 |
| factor1<br>* Egim                                                | Linear    | 2297080         | 2                        | 1148540            | 3474     | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 142864          | 2                        | 71432              | 288      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 21837           | 2                        | 10919              | 40       | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre                          | Linear    | 641             | 1                        | 641                | 2        | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 1420            | 1                        | 1420               | 6        | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 302             | 1                        | 302                | 1        | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite                      | Linear    | 3669            | 1                        | 3669               | 11       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 5354            | 1                        | 5354               | 22       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 4739            | 1                        | 4739               | 17       | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Egim                           | Linear    | 73598           | 2                        | 36799              | 111      | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 38370           | 2                        | 19185              | 77       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 1618            | 2                        | 809                | 3        | 0                 |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite                                | Linear    | 413             | 1                        | 413                | 1        | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 1639            | 1                        | 1639               | 7        | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 353             | 1                        | 353                | 1        | 0                 |
| factor1<br>* Gubre<br>* Egim                                     | Linear    | 510             | 2                        | 255                | 1        | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 1385            | 2                        | 692                | 3        | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 612             | 2                        | 306                | 1        | 0                 |
| factor1<br>* Intensite<br>* Egim                                 | Linear    | 1991099         | 2                        | 995549             | 3011     | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 143304          | 2                        | 71652              | 289      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 23798           | 2                        | 11899              | 44       | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite           | Linear    | 73              | 1                        | 73                 | 0        | 1                 |
|                                                                  | Quadratic | 428             | 1                        | 428                | 2        | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 186             | 1                        | 186                | 1        | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Egim                | Linear    | 1659            | 2                        | 829                | 3        | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 2045            | 2                        | 1022               | 4        | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 1788            | 2                        | 894                | 3        | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite<br>* Egim            | Linear    | 67987           | 2                        | 33994              | 103      | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 42410           | 2                        | 21205              | 85       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 2018            | 2                        | 1009               | 4        | 0                 |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite<br>* Egim                      | Linear    | 343             | 2                        | 171                | 1        | 1                 |
|                                                                  | Quadratic | 1906            | 2                        | 953                | 4        | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 488             | 2                        | 244                | 1        | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite<br>* Egim | Linear    | 1085            | 2                        | 543                | 2        | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 852             | 2                        | 426                | 2        | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 2141            | 2                        | 1071               | 4        | 0                 |
| Hata (factor1)                                                   | Linear    | 15870           | 48                       | 331                |          |                   |
|                                                                  | Quadratic | 11905           | 48                       | 248                |          |                   |
|                                                                  | Cubic     | 13126           | 48                       | 273                |          |                   |

Linear  $ax + b = 0$ , Quadratic  $ax^2 + bx + c = 0$ , Cubic  $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$

**Ek 24 Sediment kaybının diğer değişkenler ile etkileşim analizleri**

| Kaynak                                     | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem derecesi (P). |
|--------------------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|--------------------|
| Intercept                                  | 100427410       | 1                        | 100427410          | 150830     | 0                  |
| Toprak                                     | 191289          | 1                        | 191289             | 287        | 0                  |
| Gübre                                      | 2113            | 1                        | 2113               | 3          | 0                  |
| İntensite                                  | 38132710        | 1                        | 38132710           | 57271      | 0                  |
| Eğim                                       | 30884745        | 2                        | 15442373           | 23193      | 0                  |
| toprak *<br>Gubre                          | 697             | 1                        | 697                | 1          | 0                  |
| toprak *<br>İntensite                      | 50357           | 1                        | 50357              | 76         | 0                  |
| toprak *<br>Eğim                           | 40001           | 2                        | 20001              | 30         | 0                  |
| Gubre *<br>İntensite                       | 594             | 1                        | 594                | 1          | 0                  |
| Gubre *<br>Eğim                            | 1416            | 2                        | 708                | 1          | 0                  |
| İntensite *<br>Eğim                        | 6948225         | 2                        | 3474112            | 5218       | 0                  |
| toprak *<br>Gubre *<br>İntensite           | 197             | 1                        | 197                | 0          | 1                  |
| toprak *<br>Gubre *<br>Eğim                | 3645            | 2                        | 1822               | 3          | 0                  |
| toprak *<br>İntensite *<br>Eğim            | 35080           | 2                        | 17540              | 26         | 0                  |
| Gubre *<br>İntensite *<br>Eğim             | 163             | 2                        | 81                 | 0          | 1                  |
| toprak *<br>Gubre *<br>İntensite *<br>Eğim | 3305            | 2                        | 1653               | 2          | 0                  |
| Hata                                       | 31960           | 48                       | 666                |            |                    |

**Ek 25 Sedimentten fosfor kaybının diğer değişkenlerle karşılaştırma testleri**

| Kaynak                                                           |           | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi F | Önem derecesi (P) |
|------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------|--------------------------|--------------------|----------|-------------------|
| factor1<br>(İnfiltrasyondan Fosfor)                              | Linear    | 6468074138      | 1                        | 6468074138         | 3407     | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 421770928       | 1                        | 421770928          | 146      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 69084614        | 1                        | 69084614           | 21       | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü                                     | Linear    | 58420           | 1                        | 58420              | 0        | 1                 |
|                                                                  | Quadratic | 119630          | 1                        | 119630             | 0        | 1                 |
|                                                                  | Cubic     | 7544423         | 1                        | 7544423            | 2        | 0                 |
| factor1<br>* Gubre                                               | Linear    | 977399273       | 1                        | 977399273          | 515      | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 88405991        | 1                        | 88405991           | 31       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 18870748        | 1                        | 18870748           | 6        | 0                 |
| factor1<br>* Intensite                                           | Linear    | 7093126427      | 1                        | 7093126427         | 3737     | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 519387963       | 1                        | 519387963          | 179      | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 67203765        | 1                        | 67203765           | 20       | 0                 |
| factor1<br>* Egim                                                | Linear    | 1809876031      | 2                        | 904938015          | 477      | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 229781953       | 2                        | 114890977          | 40       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 79870275        | 2                        | 39935137           | 12       | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre                          | Linear    | 849896          | 1                        | 849896             | 0        | 1                 |
|                                                                  | Quadratic | 383923          | 1                        | 383923             | 0        | 1                 |
|                                                                  | Cubic     | 6628787         | 1                        | 6628787            | 2        | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite                      | Linear    | 4893871         | 1                        | 4893871            | 3        | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 1708328         | 1                        | 1708328            | 1        | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 33611           | 1                        | 33611              | 0        | 1                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Egim                           | Linear    | 7602856         | 2                        | 3801428            | 2        | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 60560063        | 2                        | 30280032           | 10       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 32179321        | 2                        | 16089660           | 5        | 0                 |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite                                | Linear    | 1267738216      | 1                        | 1267738216         | 668      | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 150182999       | 1                        | 150182999          | 52       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 11062648        | 1                        | 11062648           | 3        | 0                 |
| factor1<br>* Gubre<br>* Egim                                     | Linear    | 171140386       | 2                        | 85570193           | 45       | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 61300091        | 2                        | 30650045           | 11       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 29253924        | 2                        | 14626962           | 4        | 0                 |
| factor1<br>* Intensite<br>* Egim                                 | Linear    | 2513163667      | 2                        | 1256581834         | 662      | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 245380596       | 2                        | 122690298          | 42       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 47846578        | 2                        | 23923289           | 7        | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite           | Linear    | 5265198         | 1                        | 5265198            | 3        | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 10550779        | 1                        | 10550779           | 4        | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 9060130         | 1                        | 9060130            | 3        | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Egim                | Linear    | 26497245        | 2                        | 13248622           | 7        | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 17536643        | 2                        | 8768322            | 3        | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 22989369        | 2                        | 11494685           | 3        | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Intensite<br>* Egim            | Linear    | 18393419        | 2                        | 9196710            | 5        | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 52960502        | 2                        | 26480251           | 9        | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 16463628        | 2                        | 8231814            | 2        | 0                 |
| factor1<br>* Gubre<br>* Intensite<br>* Egim                      | Linear    | 459657098       | 2                        | 229828549          | 121      | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 67433106        | 2                        | 33716553           | 12       | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 6360345         | 2                        | 3180172            | 1        | 0                 |
| factor1<br>* toprak tekstürü<br>* Gubre<br>* Intensite<br>* Egim | Linear    | 8966462         | 2                        | 4483231            | 2        | 0                 |
|                                                                  | Quadratic | 14567451        | 2                        | 7283725            | 3        | 0                 |
|                                                                  | Cubic     | 7706523         | 2                        | 3853262            | 1        | 0                 |
| Hata (factor1)                                                   | Linear    | 91117269        | 48                       | 1898276            |          |                   |
|                                                                  | Quadratic | 138898522       | 48                       | 2893719            |          |                   |
|                                                                  | Cubic     | 158398272       | 48                       | 3299964            |          |                   |

Linear  $ax + b = 0$ , Quadratic  $ax^2 + bx + c = 0$ , Cubic  $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$

**Ek 26 Sedimentden fosfor kaybının diğer değişkenler ile etkileşim analizleri**

| Kaynak                                     | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi (df) | Kareler ortalaması | Etkisi (F) | Önem derecesi (P). |
|--------------------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------|------------|--------------------|
| Intercept                                  | 136486374020    | 1                        | 136486374020       | 14640      | 0                  |
| Toprak                                     | 521076192       | 1                        | 521076192          | 56         | 0                  |
| Gübre                                      | 28041629016     | 1                        | 28041629016        | 3008       | 0                  |
| İntensite                                  | 49957547590     | 1                        | 49957547590        | 5359       | 0                  |
| Eğim                                       | 44278234079     | 2                        | 22139117039        | 2375       | 0                  |
| toprak *<br>Gubre                          | 257382033       | 1                        | 257382033          | 28         | 0                  |
| toprak *<br>İntensite                      | 39644589        | 1                        | 39644589           | 4          | 0                  |
| toprak *<br>Eğim                           | 388524994       | 2                        | 194262497          | 21         | 0                  |
| Gubre *<br>İntensite                       | 8411625838      | 1                        | 8411625838         | 902        | 0                  |
| Gubre *<br>Eğim                            | 9208146569      | 2                        | 4604073285         | 494        | 0                  |
| İntensite *<br>Eğim                        | 10413772265     | 2                        | 5206886132         | 559        | 0                  |
| toprak *<br>Gubre *<br>İntensite           | 16531313        | 1                        | 16531313           | 2          | 0                  |
| toprak *<br>Gubre *<br>Eğim                | 182105883       | 2                        | 91052941           | 10         | 0                  |
| toprak *<br>İntensite *<br>Eğim            | 154892472       | 2                        | 77446236           | 8          | 0                  |
| Gubre *<br>İntensite *<br>Eğim             | 1617347536      | 2                        | 808673768          | 87         | 0                  |
| toprak *<br>Gubre *<br>İntensite *<br>Eğim | 15791308        | 2                        | 7895654            | 1          | 0                  |
| Hata                                       | 447492984       | 48                       | 9322771            |            |                    |