**İÇİNDEKİLER**

[1. İNSANLAR VE EROZYON 2](#_Toc466539503)

[1.1 Koruma ve Çevre 8](#_Toc466539504)

[1.1.1 Toprak ve su korumada mühendislerin yeri 9](#_Toc466539505)

[1.1.2 Koruma etiği 9](#_Toc466539506)

[1.2 Erozyonun Dağılımı 10](#_Toc466539507)

[1.3 Türkiye'de Erozyonun Durumu 13](#_Toc466539508)

[1.4 Türkiye’deki erozyon sorununun nedenleri 16](#_Toc466539509)

[1.4.1 Doğal etmenler 17](#_Toc466539510)

[1.4.2 Toprak ve arazi yönetimi etmenleri 18](#_Toc466539511)

[1.4.3 Sosyo-ekonomik etmenler 18](#_Toc466539512)

[1.5 Kaynaklar 18](#_Toc466539513)

[2. EROZYONUN MEKANİĞİ VE ŞEKİLLERİ 20](#_Toc466539514)

[2.1 Erozyonun Etmenleri 20](#_Toc466539515)

[2.2 Erozyon Şekilleri 24](#_Toc466539516)

[2.2.1 Sıçratma erozyonu 24](#_Toc466539517)

[2.2.2 Yüzey erozyonu 25](#_Toc466539518)

[2.2.3 Parmak erozyonu 27](#_Toc466539519)

[2.2.4 Oyuntu erozyonu 29](#_Toc466539520)

[2.2.5 Akarsu yatak erozyonu 30](#_Toc466539521)

[2.2.6 Kütle hareketleri 31](#_Toc466539522)

[2.2.7 Rüzgâr erozyonu 32](#_Toc466539523)

[2.2.8 Birikme 33](#_Toc466539524)

[2.3 Erozyon Tiplerinin Nispi Önemi 34](#_Toc466539525)

[2.4 Kaynaklar 34](#_Toc466539526)

[3. EROZYONU ETKİLEYEN FAKTÖRLER 36](#_Toc466539527)

[3.1 Aşındırabilirlik (erozivite) 36](#_Toc466539528)

[3.1.1 Yağış 36](#_Toc466539529)

[3.1.2 Yağış erozyon göstergeleri 41](#_Toc466539530)

[3.1.3 Rüzgâr aşındırabilirliği 43](#_Toc466539531)

[3.2 Toprak aşınabilirliği (Erodibilite) 44](#_Toc466539532)

[3.3 Eğimin Etkisi 51](#_Toc466539533)

[3.4 Bitki Örtüsünün Etkisi 53](#_Toc466539534)

[3.5 Kaynaklar 57](#_Toc466539535)

[4. EROZYON TEHLİKESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ 61](#_Toc466539536)

[4.1 Genelleştirilmiş Değerlendirmeler 61](#_Toc466539537)

[4.1.1 Erozyon Yoğunluğu 61](#_Toc466539538)

[4.1.2 Yağış aşındırabilirlik (Erozivite) göstergelerinin kullanımı 61](#_Toc466539539)

[4.1.3 Yağışların agresifliği 62](#_Toc466539540)

[4.1.4 Faktöriyel değerlendirme 63](#_Toc466539541)

[4.2 Yarı Detaylı Belirlemeler 64](#_Toc466539542)

[4.2.1 Arazi yetenek sınıflaması 64](#_Toc466539543)

[4.2.2 Hızlandırılmış erozyona uğramış alanların sınıflandırılması. 66](#_Toc466539544)

[4.2.3 Erozyon etütleri 74](#_Toc466539545)

[4.3 Özet 76](#_Toc466539546)

[4.4 Kaynaklar 76](#_Toc466539547)

[5. RÜZGAR EROZYONU VE KONTROLÜ 78](#_Toc466539548)

[5.1 Rüzgar Erozyonunu Etkileyen Faktörler 78](#_Toc466539549)

[5.2 Rüzgarla Toprak Hareketi 79](#_Toc466539550)

[5.2.1 Hareket tipleri 79](#_Toc466539551)

[5.2.2 Rüzgar erozyonunun etkileri 81](#_Toc466539552)

[5.2.3 Rüzgarla hareket eden toprak miktarı 82](#_Toc466539553)

[5.3 Rüzgar Erozyonu Kontrolü 83](#_Toc466539554)

[5.3.1 Arazi yönetimi 83](#_Toc466539555)

[5.3.2 Ürün yönetimi 84](#_Toc466539556)

[5.3.3 Sürüm teknikleri ve aletleri 86](#_Toc466539557)

[5.3.4 Acil sürüm 87](#_Toc466539558)

[6. TOPRAK KAYIPLARININ TAHMİNİ 88](#_Toc466539559)

[6.1 Eşitliğin Açıklanması ve Faktörlerin Değerlendirilmesi 88](#_Toc466539560)

[6.1.1 Eşitlik 88](#_Toc466539561)

[6.1.2 Yağış faktörü (R) 89](#_Toc466539562)

[6.1.3 Toprak erozyon duyarlılığı faktörü (K) 94](#_Toc466539563)

[6.1.4 Eğim uzunluğu (L) ve eğim dikliği (S) faktörleri 97](#_Toc466539564)

[6.1.5 Ürün yönetimi faktörü (C) 102](#_Toc466539565)

[6.1.6 Erozyon kontrol işlemleri faktörü (P) 105](#_Toc466539566)

[6.2 Toprak Kaybı Eşitliğinin Kullanımları 105](#_Toc466539567)

[6.2.1 Yıllık veya ekim nöbeti için araziden oluşan toprak kaybının tahmini 105](#_Toc466539568)

[6.2.2 Bireysel yağışlar için toprak kaybının tahmini 105](#_Toc466539569)

[6.2.3 Toprak koruma planlaması amacıyla kullanımı 105](#_Toc466539570)

[6.2.4 Erozyonu azaltmak amacıyla yapılan havza yönetimi planlamalarındaki kullanımı 106](#_Toc466539571)

[6.3 Kaynaklar 109](#_Toc466539572)

[7. TOPRAK KORUMA STRATEJİLERİ 110](#_Toc466539573)

[7.1 İzin Verilebilir Toprak Kaybı 110](#_Toc466539574)

[7.2. Toprak Korumanın Prensipleri 111](#_Toc466539575)

[7.3 Belirleme sırası 112](#_Toc466539576)

[7.3.1 Arazi yetenek sınıflaması 114](#_Toc466539577)

[7.3.2 Koruma ihtiyacının belirlenmesi 114](#_Toc466539578)

[7.3.3. Etki değerlendirmesi 118](#_Toc466539579)

[7.3.4. Ekonomik değerlendirme 118](#_Toc466539580)

[7.4. Toprak Koruma Yaklaşımları 119](#_Toc466539581)

[7.4.1 İşlenen araziler 119](#_Toc466539582)

[7.4.2 Mera alanları 123](#_Toc466539583)

[7.4.3 Orman alanları 125](#_Toc466539584)

[7.4.4 Arazi temizleme 127](#_Toc466539585)

[7.4.5. Engebeli araziler 127](#_Toc466539586)

[7.4.6. Yerleşim alanları 129](#_Toc466539587)

[7.4.7. Maden sahaları 129](#_Toc466539588)

[7.4.8. Yol kenarları 130](#_Toc466539589)

[7.5 Kaynaklar 132](#_Toc466539590)

[8. ÜRÜN VE BİTKİ ÖRTÜSÜ YÖNETİMİ 134](#_Toc466539591)

[8.1 Ekim Nöbeti 134](#_Toc466539592)

[8.2 Örtü Bitkileri 135](#_Toc466539593)

[8.3 Şeritvari Ekim 136](#_Toc466539594)

[8.4. Çoklu Ürün Yetiştirme 137](#_Toc466539595)

[8.5. Sık Ekim 137](#_Toc466539596)

[8.6. Malçlama 137](#_Toc466539597)

[8.7 Yeni Bitki Örtüsü Oluşturulması 142](#_Toc466539598)

[8.7.1 Oyuntu sahalarının restorasyonu 142](#_Toc466539599)

[8.7.2 Heyelan sahalarının ıslahı 144](#_Toc466539600)

[8.8 Kaynaklar 145](#_Toc466539601)

[9. TOPRAK YÖNETİMİ 147](#_Toc466539602)

[9.1 Sürüm Uygulamaları 149](#_Toc466539603)

[9.2 Kaynaklar 150](#_Toc466539604)

[10. FİZİKSEL YÖNTEMLER 151](#_Toc466539605)

[10.1 Düzeç Eğrilerine Paralel Tarım (Kontur Tarım) 151](#_Toc466539606)

[10.2 Kontur Setler 152](#_Toc466539607)

[10.3 Teraslar 152](#_Toc466539608)

[10.3.1 Teras boyutlarının belirlenmesinde kullanılan formüller 154](#_Toc466539609)

[10.4 Su Yolları 161](#_Toc466539610)

[10.4.1 Suyolları tasarımı yöntemleri 163](#_Toc466539611)

[10.4.2 Teras ve suyolları sistemlerinin araziye yerleştirilmesi 167](#_Toc466539612)

[10.5 Kaynaklar 168](#_Toc466539613)

**ÇİZELGELER**

[Çizelge 1‑1 Su ve rüzgar erozyonundan etkilenen arazilerin dağılımı (Oldeman 1991) 11](#_Toc466293590)

[Çizelge 1‑2 Çölleşmeden etkilenen arazilerin dağılımı (106 ha) (Anonymous 1991) 11](#_Toc466293591)

[Çizelge 1‑3 Türkiye'de erozyon derecelerinin dağılımı (Anonim 1987) 14](#_Toc466293592)

[Çizelge 1‑4 İşlenen arazilerde toprak ve su koruma sorunları (ha) (Anonim 1987) 14](#_Toc466293593)

[Çizelge 1‑5 Türkiye’de su erozyonu alanlarının dağılımı (milyon ha) (Anonim 1998) 14](#_Toc466293594)

[Çizelge 1‑6 Türkiye’de rüzgâr erozyonu alanlarının dağılımı (Anonim 1998) 14](#_Toc466293595)

[Çizelge 1‑7 Mera arazisi toprak ve su koruma sorunları (ha) (Anonim 1987) 15](#_Toc466293596)

[Çizelge 1‑8 Çayır-mera ve hayvan varlığı ilişkisi (Anonim 1998) 16](#_Toc466293597)

[Çizelge 1‑9 Orman ve funda arazileri toprak ve su koruma sorunları (ha) (Anonim 1987) 16](#_Toc466293598)

[Çizelge 1‑10 Türkiye'de arazilerin eğim dağılımı (Anonim 1987) 17](#_Toc466293599)

[Çizelge 1‑11 Türkiye arazilerinin toprak derinliği dağılımı (Anonim 1987) 18](#_Toc466293600)

[Çizelge 2‑1 Su erozyonu şekillerinin etkinlikleri (Morgan 1986) 21](#_Toc466293601)

[Çizelge 2‑2 Büyüklüklerine göre oyuntular 30](#_Toc466293602)

[Çizelge 3‑1 Yağmurların yoğunluklarına göre sınıflandırılması 38](#_Toc466293603)

[Çizelge 3‑2 Toprak kaybı ve yağmur yoğunluğu arasındaki ilişki 39](#_Toc466293604)

[Çizelge 3‑3 Yağmur ve toprak kaybı ( Morgan, 1996) 39](#_Toc466293605)

[Çizelge 3‑4 Toprak kayıpları üzerine önceki yağmur koşullarının etkisi 40](#_Toc466293606)

[Çizelge 3‑5 Yağmurların her cm sinin kinetik enerjileri (ton-m/ha/cm) 42](#_Toc466293607)

[Çizelge 3‑6 Pluviyograf diyagramından bir yağmurun analiz edilmesi (Wischmeier ve Smith 1978) 42](#_Toc466293608)

[Çizelge 3‑7 47](#_Toc466293609)

[Çizelge 3‑8 Manning’ in n değeri için rehber değerler 55](#_Toc466293610)

[Çizelge 4‑1 Kastamonu, Ankara, Antalya ve Rize İllerinin aylık yağış miktarları (mm) (Anonim 1984) 61](#_Toc466293611)

[Çizelge 4‑2 Kastamonu, Ankara, Antalya ve Rize İllerinin aylık R değerlerinin dağılımı (Doğan 1987) 62](#_Toc466293612)

[Çizelge 4‑3 Kastamonu, Ankara, Antalya ve Rize İllerinin ortalama yıllık ve erozif yağış miktarları (Doğan 1987) 62](#_Toc466293613)

[Çizelge 4‑4 Arazi yetenek sınıfları (Morgan 1996) 65](#_Toc466293614)

[Çizelge 4‑5 Değiştirilmiş İşleme-Yönlendirilmiş Planın Arazi Yetenek Sınıfları (Erpul ve Çanga 1994). 73](#_Toc466293615)

[Çizelge 4‑6 Değiştirilmiş İşleme-Yönlendirilmiş Plana göre Arazi Yetenek Sınıflarının belirlendiği kart (Erpul ve Çanga 1994) 74](#_Toc466293616)

[Çizelge 4‑7 Arazide erozyonun tespiti için kullanılan kodlama sistemi 74](#_Toc466293617)

[Çizelge 4‑8 Arazide toprak erozyon özelliklerinin kayıt edildiği kart 75](#_Toc466293618)

[Çizelge 5‑1 FAO ya göre su ve rüzgar erozyonunun sınıflandırılması 83](#_Toc466293619)

[Çizelge 6‑1 Pluviyograf diyagramından bir yağışın analiz edilmesi Wischmeier ve Smith (1978). 90](#_Toc466293620)

[Çizelge 6‑2 Yağışların her cm sinin kinetik enerjileri (ton-m/ha/cm) 91](#_Toc466293621)

[Çizelge 6‑3 Geçirgenlik sınıfları 95](#_Toc466293622)

[Çizelge 6‑4 K faktörlerine göre toprakların sınıflandırılması 96](#_Toc466293623)

[Çizelge 6‑5 Eğim uzunluğu üssü m nin 0,5 olduğu yerlerde LS değerlerinin düzeltilmesi için kullanılan a değerleri 100](#_Toc466293624)

[Çizelge 6‑6 Üniversal toprak kaybı eşitliği için C faktörü değerleri 104](#_Toc466293625)

[Çizelge 6‑7 Devamlı çayır, mera ve ağaçlık sahalar için C değerleri 104](#_Toc466293626)

[Çizelge 6‑8 Teraslama, şeritvari ekim ve düzeç eğrilerine paralel tarım için kullanılan P faktörleri 105](#_Toc466293627)

[Çizelge 7‑1 Değişik köklenme derinliğine sahip olan topraklar için toprak kaybı toleransı (t) değerleri 111](#_Toc466293628)

[Çizelge 7‑2 Çeşitli toprak koruma uygulamalarının erozyonun parçalama ve taşınma fazlarındaki etkileri 112](#_Toc466293629)

[Çizelge 7‑3 Toprak koruma çalışmaları için işgücü ihtiyacı (Morgan, 1996) 115](#_Toc466293630)

[Çizelge 8‑1 Şeritvari ekimde su erozyonu için önerilen şerit genişlikleri1 134](#_Toc466293631)

[Çizelge 8‑2 Şeritvari ekimde rüzgar erozyonu için önerilen şerit genişlikleri1 135](#_Toc466293632)

[Çizelge 9‑1 Bazı organik materyallerin ahır gübresi eşdeğerleri 145](#_Toc466293633)

[Çizelge 9‑2 Toprak muhafaza için kullanılan sürüm uygulamaları (Schwab ve ark.1966 147](#_Toc466293634)

[Çizelge 10‑1 Teras kanalları için eğim ve uzunluk tasarımı (Hudson 1981) 151](#_Toc466293635)

[Çizelge 10‑2 Toprak koruma sistemlerinde kullanılan su yolları tipleri 160](#_Toc466293636)

[Çizelge 10‑3 Trapezoidal ve Parabolik kesitler 161](#_Toc466293637)

[Çizelge 10‑4 Kanallardaki emniyetli maksimum hızlar (m/s). Örtü üzerindeki maksimum hızlar bitki ekiminden iki sezon sonrası içindir 163](#_Toc466293638)

[Çizelge 10‑5 Kanallarda kullanılan bitkilerin özellikleri. Değerler iyi ve tekdüze örtüler için uygulanmıştır 164](#_Toc466293639)

[Çizelge 10‑6 Otlandırılmış kanallar için Manning formülündeki n değerinin bulunması 164](#_Toc466293640)

**ŞEKİLLER**

[Şekil 1.1 Sediment verimi ile etkili yıllık ortalama yağış (a) ve ortalama yıllık yüzey akış (b) arasındaki ilişkiler 6](#_Toc466382160)

[Şekil 1.2 Yarı nemli bir iklimde yağış, bitki örtüsü ve erozyondaki mevsimsel değişimler (Kirkby 1980) 8](#_Toc466382161)

[Şekil 1.3 Ortalama yıllık yağış dağılımı (Hudson 1985) 12](#_Toc466382162)

[Şekil 1.4 Su erozyonunun coğrafik dağılımı (Hudson 1985) 12](#_Toc466382163)

[Şekil 1.5 Rüzgâr erozyonu dağılımı (Hudson 1985) 13](#_Toc466382164)

[Şekil 2.1 Değişik toprak tekstürleri için tipik infiltrasyon oranları Withers ve Vipond (1974) 23](#_Toc466382165)

[Şekil 3.1 Yağış desenleri 38](#_Toc466382166)

[Şekil 4.1 CORINE akış şeması 64](#_Toc466382167)

[Şekil 5.1 Parçacık büyüklüğüne bağlı olarak rüzgarla hareket şekiller 80](#_Toc466382168)

[Şekil 5.2 Sıçrama esnasında bir parçacığın takip ettiği yol 80](#_Toc466382169)

[Şekil 5.3 Bir kum taneciği üzerinde esen rüzgarın etkisi 81](#_Toc466382170)

[Şekil 5.4 Yüzey altı işlemesi için kullanılan iki alet: A-Ot yolan B-Kazayağı 85](#_Toc466382171)

[Şekil 5.5 İlk sürüm aleti olarak kullanılan kırlangıç kuyruğu 87](#_Toc466382172)

[Şekil 6.1 Sabah saat 7.30 da başlayan bir yağışı gösteren pluviyograf diyagramı. Pluviyograf diyagramının en dik eğime sahip olduğu 30 dakikalık dönem işaretlenir ve yağış miktarı dikey eksenden okunur. Bu değerin iki ile çarpılmasıyla I30 değeri bulunur. 92](#_Toc466382173)

[Şekil 6.2 Türkiye iso-erodent haritası (Doğan 1987) 93](#_Toc466382174)

[Şekil 6.3 Ankara için hazırlanmış olan eklenik yıllık erozyon indeksi eğrisi (Doğan 1987) 94](#_Toc466382175)

[Şekil 6.4 Toprak erozyon duyarlılığı nomografı 96](#_Toc466382176)

[Şekil 6.5 Eğim uzunluk üssü m 0,5 ten farklı olduğu zaman eşdeğer eğim uzunluğunu bulmada kullanılan kart 98](#_Toc466382177)

[Şekil 6.6 Eğim uzunluğu (l) ve eğim dikliğine (s) göre LS faktörünün bulunmasında kullanılan kart 99](#_Toc466382178)

[Şekil 6.7 Eğim uzunluğu (l) ve eğim dikliğinin (s) Şekil 4.6 daki değerleri aştığı durumlarda LS faktörünün bulunmasında kullanılan kart 101](#_Toc466382179)

[Şekil 6.8 U=S1,5/22,10,5 değerinin bulunmasında kullanılan kart (S eğim dikliği faktörü ve l eğimin başından segmentin alt kısmına kadar olan mesafedir 102](#_Toc466382180)

[Şekil 6.9 Farklı ürünler için yüzeydeki kuru artık miktarı ile yüzey kaplanma oranı arasındaki ilişki 103](#_Toc466382181)

[Şekil 7.1 Bir toprak koruma stratejisinin planlanmasında olayların sıralanması (Perrens ve Trustrum 1984 113](#_Toc466382182)

[Şekil 7.2 İşlenen Araziler İçin Toprak Koruma Stratejileri (El Swaify et. al 1982) 120](file:///D%3A%5C1.%20DERSLER-L%C4%B0SANS%5C2.%20ZTO%20306%20Toprak%20Erozyonu%20ve%20Koruma%5C1.%20ZTO%20306%20TOPRAK%20EROZYONU%20ve%20KORUMA%5CZTO%20306%20Toprak%20Erozyonu%20ve%20Koruma%20Ders%20Notlar%C4%B1%5CZTO%20306%20TOPRAK%20EROZYONU%20ve%20KORUMA.docx#_Toc466382183)

[Şekil 7.3 Güney Mali’de sürülen alanlarda önerilen toprak koruma tasarımı 122](#_Toc466382185)

[Şekil 7.4 İşlenmeyen araziler için toprak koruma stratejileri (El Swaify et al. 1982) 124](#_Toc466382186)

[Şekil 8.1 Eğime dik şeritvari ekim;. (Morgan 1986; Troeh ve ark.1980 dan) 139](#_Toc466382187)

[Şekil 8.2 Çin’de oyuntulu lös alanlarında kullanılan toprak ve su koruma önlemlerinin kesiti (Morgan 1986) 144](#_Toc466382188)

[Şekil 10.1 Saptırıcı ve tutucu teras kesitleri 159](#_Toc466382189)

[Şekil 10.2 Seki teras kesitleri 160](#_Toc466382190)

[Şekil 10.3 Toprak koruma planlamasında su yollarının tipik yerleşimi 161](#_Toc466382191)

**RESİMLER**

[Resim 2‑1 Yağmur damlasının vuruş etkisi 24](#_Toc465180946)

[Resim 2‑2 Yüzey erozyonu 26](#_Toc465180947)

[Resim 2‑3 Bir çit boyunca sediment birikintileri erozyonun göstergesidir 27](#_Toc465180948)

[Resim 2‑4 Parmak erozyonu 28](#_Toc465180949)

[Resim 2‑5 Oyuntu erozyonu 29](#_Toc465180950)

[Resim 2‑6 Erozyon sonucunda oluşmuş bir dere yatağındaki sedimentler 30](#_Toc465180951)

[Resim 2‑7 Akarsu kenar erozyonu 31](#_Toc465180952)

[Resim 2‑8 Heyelan 32](#_Toc465180953)

[Resim 2‑9 Konya - Karapınar’da bir kumul 33](#_Toc465180954)

[Resim 4‑1 Erozyon Sınıfı 1. 68](#_Toc465180955)

[Resim 4‑2Erozyon Sınıfı 2. 69](#_Toc465180956)

[Resim 4‑3 Erozyon Sınıfı 3. 70](#_Toc465180957)

[Resim 4‑4 Erozyon Sınıfı 3. 71](#_Toc465180958)

[Resim 10‑1 Kontur setler 150](#_Toc465180959)