

# GÜÇ ISLANAN TOPRAKLARDA TOPRAK - SU İLİŞKİLERİ VE TOPRAĞIN ISLANABİLİRLİĞİNİN SAPTANMASI

Dr. Kâmil ŞENGÖNÜL<sup>1</sup>

## K ı s a Ö z e t

Topraklara biyolojik organizmalar tarafından kazandırılan bir özellik olan güç ıslanma, Havza Amenajmanı çalışmalarında önemli bazı sorunlar doğurmaktadır. Bu özellikteki topraklarda bozulan toprak - su ilişkileri, başta yüzeysel akış ve erozyonun artması ile havzada vejetasyon - toprak - su dengesinin bozulmasına ve havzanın ekolojik faktörlerinin etkilenmesine neden olmaktadır.

## GİRİŞ

Birçok değişik bitki örtüsü ile kaplı alanlarda doğal durumda veya orman yangınları ile daha da şiddeti artırılmış olarak bir güç ıslanma sorunu görülmektedir. Çeşitli yollarla mineral toprağa ulaşmış bulunan organik hidrofobik maddeler bu oluşumun esas etkenidir. Hidrofobik organik maddelerin ana kaynağı ise doğal bitki örtüsüdür. Bu sorun hem orman örtüsü hemde maki ve benzeri bitki örtüsü ile kaplı alanlarda oldukça yaygın olarak görülmektedir.

Çeşitli disiplinler, güç ıslanan topraklarda toprak - su ilişkileri ile ilgilenmektedir. İnşaat mühendisleri, güç ıslanan toprakların dinamik özellikleri üzerinde durmakta, tarımla uğraşanlar, gölet ve barajlarda sızıntıları önlemek amacıyla güç ıslanan toprakların kullanılabilirliğini araştırmakta, aynı zamanda, bu oluşumun tarımsal üretim üzerine yapabileceği olumsuz etkileri ortaya koymak amacıyla, güç ıslanan topraklarda toprak - su ilişkileri üzerinde durmaktadırlar.

Havza Amenajmanı araştırmacıları ise güç ıslanan toprakların yüzeysel akış ve erozyon üzerine etkilerini konu olarak almaktadırlar.

Özellikle yeni yanmış yağış havzalarının alt kısımlarında yer alan tarımsal alanların ve yerleşim alanlarının sel baskınlarına uğraması büyük ölçüde, bu alanlarda infiltrasyonun güç ıslanan toprak tabakaları tarafından engellenmesi veya geciktirilmesi ile açıklanmaktadır. Bu nedenle de güç ıslanan topraklar ile ilgili araştırmaların bir kısmı bu topraklarda suyun hareketi ile ilgili konulara yöneltilmiş bulunmaktadır.

---

<sup>1</sup> İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Toprak İlimi ve Ekolojisi Anabilim Dalı.

Bu yazı, güç ıslanan topraklarda suyun hareketi ile ilgili temel prensipleri, ve topraklarda güç ıslanmanın saptanması amacıyla geliştirilmiş yöntemleri ele almaktadır.

### 1. TOPRAKTA SUYUN HAREKETİ

Toprakta suyun hareketi, doymuş ve doymamış toprak koşullarında olmak üzere iki şekilde olmaktadır. Doymuş koşullarda akış, topraktaki tüm boşlukların su ile dolu olduğu koşullarda oluşur. Eğer topraktaki gözeneklerin bir kısmı hava ile dolu ise buna da doymamış koşullarda akış denilmektedir. Bu durumda, su toprak içinde ya sıvı halinde ya da buhar halinde hareket eder. Sıvı halde hareket toprak tanecikleri etrafındaki su filmleri vasıtasıyla olmaktadır (Kapılar hareket). Doymamış koşullarda buhar halinde su hareketi ise birbirine bağlı hava boşlukları içinde gelişmektedir.

Toprakta tüm boşlukların su ile dolu olduğu koşullarda, bir gaz ortam (hava) olmadığı kabul edilerek Darcy eşitliğindeki değişkenler incelendiğinde, doymun bir toprakta suyun akış hızı

$$V = k \cdot i \text{ dir.}$$

Bu eşitlikte

$$V = \text{suyun hızı}$$

$$k = \text{hidrolik iletkenlik}$$

$$i = \text{hidrolik eğimi göstermektedir.}$$

Toprak sisteminde hidrolik eğim, toprakta akışı sağlayan su yükü ve suyun içinde hareket ettiği ortamın uzunluğunun birbirine oranıdır. Hidrolik iletkenlik ise aynı toprak kesitinden birim zamanda geçen suyun (birim debinin) hidrolik eğime oranıdır.

Toprağın yeknesak bir yapı sergilediği koşullarda hidrolik iletkenlik toprak gözeneklerinin geometrik yapısı yanında viskozite ve yoğunluk gibi sıvının özelliklerine de bağlıdır. Bu akış koşullarında, toprakların ıslanabilirliğini karakterize eden ıslanma açısı bir etken olarak bulunmamaktadır. Çünkü sıvı-gaz ara fazı su ile doymuş ortamda yoktur.

Topraktaki bir güç ıslanma sorunu ise hidrolik iletkenliği, toprağın doymun hale gelmesine olanak sağlamadığı için dolaylı olarak etkilemektedir. Tam olarak meydana gelmeyen bir ıslanma, gözenek boşluklarında havanın hapsolmesine dolayısıyla da hidrolik iletkenliğin değişmesine neden olmaktadır.

Toprağın doymun olmadığı koşullarda toprak içinde buhar halinde su hareketi başlıca diffüzyon ve kütle halindeki hareket olarak ayırd edilmektedir. Suyun toprakta buhar halinde hareketini sağlayan buhar basıncı farklarını yaratan etkenler oldukça kompleks ilişkiler sonucu oluşur, bunlar başlıca şöyle özetlenebilir (ÇEPEL 1985).

a) Toprakta absorbsiyon ile tutulan su filmlerinin kalınlıkları arasındaki farklar

b) Kılcal boşluklardaki suyun bu kılcal boşluğun kenarları ile yaptığı değme açıları arasındaki farklar

c) Sıcaklık farkları

d) Toprak sisteminde meydana gelen osmotik basınç farkları

Bu faktörler arasında değme açısı (ıslanma açısı) diğer faktörler eşit olduğu koşullarda önem kazanmaktadır.

Doymamış akış koşullarında oluşan bir su hareketi olarak «kapılar hareket» ele alındığında, bu hareket tamamen toprak tanecikleri etrafındaki su filmleri arasında gelişmektedir. Bu şartlarda ortamda hava ile dolu boşluklar bulunmakta, buda toprak-su-gaz arafazlarında bir ıslanma açısının oluşmasına neden olmaktadır. Toprağın ıslanabilirliği üzerinde etkili olan, diğer bir anlatımla toprak taneciklerinin su moleküllerini tutabilme gücü üzerinde etkili olan ıslanma açısı kapılar hareketi doğrudan etkilemektedir.

Topraklarda güç ıslanma sorunu bazen o derece şiddetlidir ki toprak hiç bir şekilde ıslatılamamaktadır. Bu koşullarda sadece diffüzyon ile bir hareket söz konusu olabilmektedir.

Ote yandan, toprakta suyun diffüzyon hareketi ilgili çalışmaları derleyen DeBano (1981), güç ıslanan topraklarda hidrofobik maddelerin buhar halinde su hareketini tahmin edilenden daha az etkileyebildiğini vurgulamaktadır.

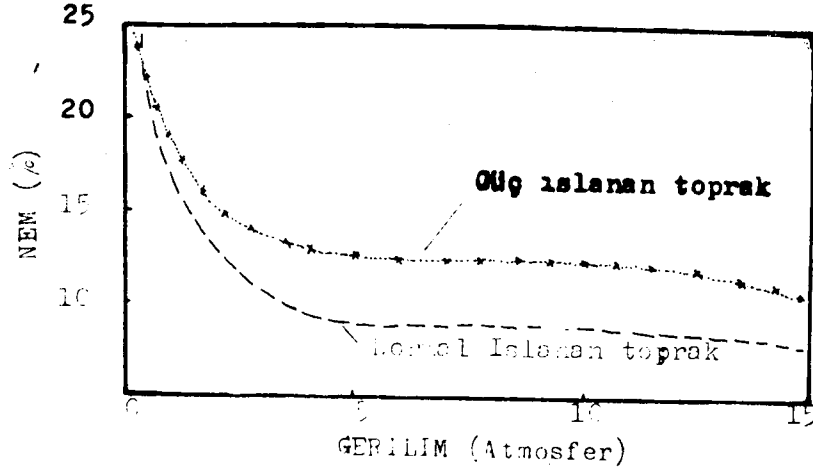
#### 1.1. Güç ıslanan Topraklarda Toprak - Nem İlişkileri

Hidrofobik özellikte olan bir yüzeyde ıslanma açısının büyük olması nedeniyle hidrofobik maddelerin bulunduğu topraklarda, suyun kapılar hareketi, evaporasyon ve infiltrasyon etkilenmektedir. Çünkü suyun bu koşullarda hareketinin önemli bir kısmında toprak tanecikleri ile su molekülleri arasındaki çekim kuvvetleri etkili-dirler. Ote yandan bu üç toprak suyu hareketi doymamış koşullarda hareket olarak ele alınmaktadır. Çünkü her üç koşulda da toprak tanecikleri arasında hava tarafından işgal edilmiş boşluklar bulunmaktadır (DEBANO 1969).

##### a) Güç ıslanan topraklarda toprak suyu konstantları

Toprak suyunu tanımlama da, geleneksel olarak, belli gerilimler altında toprakta tutulabilen su miktarları göz önüne alınmaktadır. Bunlar 1/3 atmosfer gerilim altında toprakta tutulabilen su miktarı olan tarla kapasitesi, 15 Atmosferlik gerilim altında toprakta tutulabilen su miktarı olan pörsüme noktası ve bunların farkı olan yararlanılabilir su miktarlarıdır. Güç ıslanan ve aynı tekstürdeki normal ıslanabilen topraklar üzerinde yapılan laboratuvar denemeleri sonuçlarına göre, şekil 1'de de izlenebileceği gibi, önemli farklılıklar görülmüştür. 15 Atmosferlik gerilim altında güç ıslanan topraklarda tutulan su miktarı, normal ıslanabilen topraklardan daha fazla, buna karşılık 1/2 tmosferlik gerilim altında normal ıslanabilen topraklarda tutulabilen nem miktarı güç ıslanan topraklardan daha fazla olmaktadır (DEBANO 1981). Bu farklılığın nedenini, ıslanma açısı ve kapılar hareketin özelliklerinden yararlanılarak açıklarsak; aynı tekstürdeki normal ıslanabilen toprakta ıslanma açısı küçüktür ve bunun sonucunda uygulanan bir gerilime karşılık toprakta daha fazla su tutulabilir, çünkü ıslanma açısının küçük oluşu, top-

rak taneciklerinin su moleküllerini daha büyük kuvvetle çekebilmesine müsaade etmektedir. Güç ıslanan bir toprakta ise ıslanma açısı büyük bu da herhangi bir gerilime karşı, toprak taneciklerinin suyu kolayca tutamaması sonucunu doğurmaktadır. Öte yandan kapilaritenin bu olaydaki etkisine bakılacak olursak, yine küçük ıslanma açısı daha büyük kapılar çekime, buna karşılık güç ıslanan topraktaki büyük ıslanma açısı daha küçük kapılar çekime izin vereceği görülebilir. Bu yaklaşımlar şekil 1 üzerinde incelendiğinde, yüksek gerilimler uygulandığında



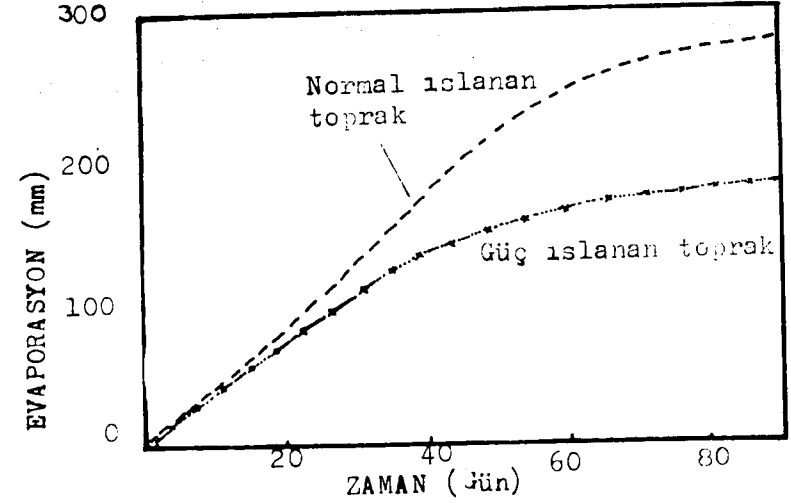
Şekil 1. Güç ıslanan ve Normal ıslanan Topraklarda Nem - Gerilim Eğrileri (DEBANO 1969'dan).

güç ıslanan bir toprakta, toprak kütlesinin dışındaki toprak tanecikleri nemini kaybeder, fakat toprağın içindeki gözenekler arasında kalan nem dış yüzeylere hareket edemez ve yüksek gerilimle alınan nemi tamamlayamaz bu nedenle de yüksek gerilimlerde, güç ıslanan topraklar, normal ıslanabilen topraklardan daha fazla tutabilirler. ıslanabilen toprakta ise bunun aksine toprağın kendi içinde toprak suyunun transferi daha kolay olup, gerilim uygulanarak alınan su tekrar diğer boşluklardaki nem tarafından tamamlanır. Güç ıslanan toprakların toprak yüzeyinde bulunduğu bir durumda kuru bir malç örtüsü gibi bir etki yapmasının nedeni de budur.

#### b) Evaporasyon

Toprakta bulunan hidrofobik maddeler, evaporasyonu düşürme eğilimindedirler. Güç ıslanan ve normal ıslanabilir özellikteki toprak örnekleri üzerinde yapılan bir ölçüde 400 saatlik bir evaporasyon süresi sonunda güç ıslanan toprak örnekleri nemlerinin % 45'ini kaybetmelerine karşılık, ıslanabilir örneklerin % 60'lık bir nem kaybına uğradıkları saptanmıştır (DEBANO 1969). Aynı çalışmada, laboratuvar koşullarında toprak sütunları oluşturularak yapılan ölçmelerde 109 günlük bir evaporasyon süresi sonunda, güç ıslanan toprak sütunundan meydana gelen evaporasyonun, normal ıslanabilir topraktan olan evaporasyona oranla önemli derecede farklı olduğu görülmüştür. Bunun nedeni olarak ise güç ıslanan toprak sütununun üst tabakaları nemini kaybettiği andan itibaren, alt tabakalardan kapılar hareketle nem alamamasıdır (Şekil 2).

Güç ıslanmaya neden olan hidrofobik maddelerin, toprak profilinden oluşacak evaporasyonu azaltması nedeniyle güç ıslanan bir toprak tabakasının yüzey altında veya toprak yüzeyinde bulunduğu koşullarda bir malç örtüsü görevi görebileceği düşünülmektedir. Bu amaca yönelik olarak bir çok hidrofobik malç materyalinin toprak yüzeyine serilerek topraktan oluşacak evaporasyonu düşürülmeye çalışılmaktadır (DEBANO 1981).



Şekil 2. Güç ıslanan ve Normal ıslanan Topraklarda Kümülatif Evaporasyon Miktarları (DEBANO 1969'dan).

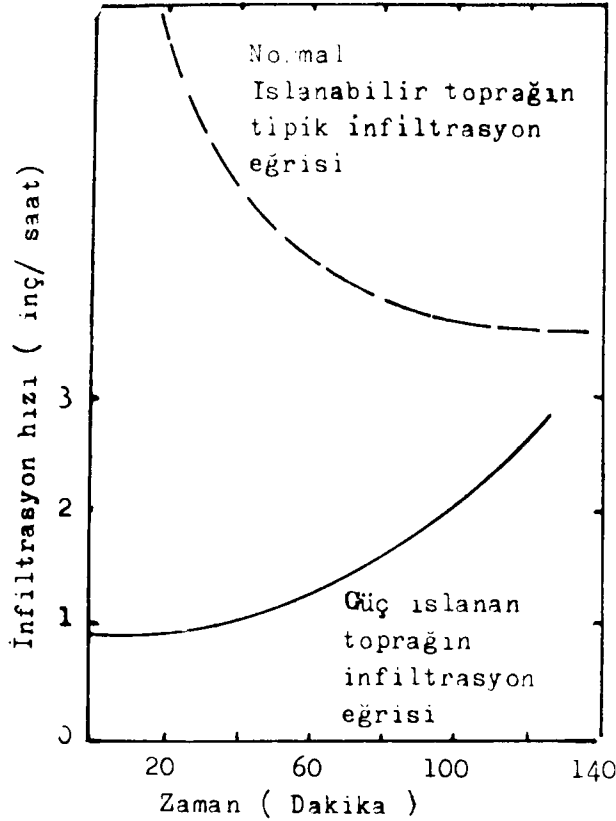
#### c) İnfiltrasyon

Suyun infiltrasyonla, toprağa girişi topraktaki hidrofobik maddelerin varlığı ile önemli ölçüde etkilenmektedir. Normal ıslanabilen toprakların tipik infiltrasyon eğrileri (Şekil 3) incelendiğinde, başlangıç koşullarında infiltrasyon hızının yüksek, ve zamanla bir azalma göstererek devam ettiği görülebilir. İnfiltrasyon, toprağın hidrolik iletkenliğine bağlı olarak sabit bir hızla ulaşır ve bu hızda devam eder. Bunun aksine başlangıç koşullarında, güç ıslanan topraklarda, infiltrasyon hızı düşük ve zamanla bir artma gösterir. Bu farklılık güç ıslanan toprakların büyük ıslanma açalarına sahip olmalarından kaynaklanmaktadır. İnfiltrasyonun zamanla bir artma göstermesi ise, başlangıçta engellenen suyun gittikçe büyüyen bir su yükü meydana getirmesi ve bunun sonucunda meydana gelen basınç etkisi ile güç ıslanan toprak tanecikleri yüzeylerinde zamanla ıslak yüzeyin artması ile açıklanabilmektedir.

Laboratuvar ölçmeleri, güç ıslanan ve aynı özellikteki normal ıslanabilen topraklarda infiltrasyon hızlarınının 25 kat farklı olduğunu ortaya koymuştur (DEBANO 1981). Bizim yaptığımız infiltrasyon ölçmelerinde, kızılçam altında granit anamateryalden gelişmiş güç ıslanan ve normal ıslanabilen topraklarda infiltrasyon hızlarınının 33 kat farklı olduğu görülmüştür. Arazide, dairesel infiltrometre kullanılarak yapılan tespitlerde güç ıslanma sonunun çok şiddetli olduğu yerlerde infiltrasyonun hemen hemen tamamen durduğu da görülmüştür (ŞENGÖNÜL 1984).

Güç ıslanan topraklarda, başlangıçta görülen bu çok düşük infiltrasyon hızı veya infiltrasyonun tamamen engellenmesi, yüzeysel akış ve erozyon açısından çok büyük önem taşımaktadır.

Yangın geçirmiş bir havza da yüzey altında güç ıslanan veya tamamen ıslanmaz bir tabakanın olduğu koşullarda, infiltrasyon hızı, ıslanma yüzeyi güç ıslanan tabakaya ulaşıncaya kadar normal hızıyla devam etmektedir. Bu noktaya ulaşıldığında infiltrasyon ya tamamen durmakta ya da çok yavaşlamaktadır. Bu durumda güç ıslanan tabakanın yüzeye yakın veya daha derinlerde olması yine ayrı bir önem kazanmaktadır. Yüzeye yakın bir güç ıslanan veya ıslanmayan tabaka infiltrasyonu daha başlangıçta büyük oranda azaltmakta veya tamamen durdurmaktadır.



Şekil 3. Güç ıslanan ve Normal ıslanan Toprakların Tipik İnfiltrasyon Eğrileri.

Topraklarda görülen bu güç ıslanma özelliği, toprak-su ilişkilerinde meydana getirdiği anormallikler nedeniyle son yıllarda üzerinde önemle durulan bir konu olmuştur. Bu özelliği gidermek amacıyla, topraklara ıslanmayı artırıcı sentetik maddelerin ilavesi ise ayrı bir araştırma alanına dönüşmüştür. Fakat bütün bu çalışmalardan önce, toprakların ıslanabilirliklerini saptamak, ve uygun işlemleri bu

aşamadan sonra yapmak gerekmektedir. Toprakları ıslanabilir (Wettable) veya güç ıslanır (Water-repellent) olarak kabaca ayırmak olası isede, şüphesiz ki güç ıslanmanın derecesini (şiddetini) belirlemek esas amacı oluşturmaktadır. Bu yüzden güç ıslanmayı sayısal olarak belirleyecek yöntemlere gerek vardır. Bu yöntemler ise toprakta, suyun doymuş ve doymamış koşullardaki hareketleri ile ilgili eşitliklerden faydalanmaktadır. Bunlara örnek olarak doymuş akış koşulları için «Poiseuille» ve doymamış akış koşulları için «Kapillarite» eşitlikleri verilebilir.

Poiseuille eşitliği :

$$Q=C \frac{\pi r^3 (p \cdot r \cdot q \cdot h + 2 \text{Cos } \theta)}{8 \text{Ln}}$$

Bu eşitlikte, toprakların çok sayıda bir kapilar demetten oluştuğu varsayılarak,

- Q = Birim zamanda topraktan geçen su (m<sup>3</sup>)
- C = Porozite (Gözeneklilik) kat sayısı
- r = Kapilar yarıçap (cm)
- p = Sıvının yoğunluğu (gr/cm<sup>3</sup>)
- q = Yerçekimi ivmesi (cm/sn<sup>2</sup>)
- h = Kapilar uzunluk + Su yükü uzunluğu (cm)
- L = Kapilar uzunluk (cm)
- n = Sıvının vizkozitesi

Kapillarite eşitliği ise,

$$h = \frac{2\gamma \text{Cos } \theta}{p \cdot r \cdot q} \text{ dir.}$$

## 2. TOPRAKLARDA ISLANABİLİRLİĞİN BELİRLENMESİ VE SINIFLANDIRILMASI

Bu bölümde, pratikte kullanılabilecek bir kaç yöntem ve güç ıslanmanın sınıflandırılması ile ilgili yaklaşımlar konu edilmektedir. Bunlardan en çok kullanılan W.D.P.T. (WATER DROP PENETRATION TIME) testi ile «Kapilar yükselme» yöntemi ve «Kritik yüzey gerilimi» yöntemleri ele alınacaktır.

### 2.1. W.D.P.T. Testi

En basit ve çok yaygın kullanım gören metotlardan biri olan W.D.P.T. testi; toprak yüzeyine bırakılan bir su damlacığının, toprak tarafından absorbe edilinceye kadar geçen sürenin saptanmasına dayanır. Teorik olarak ıslanma açısı (Şekil 4) eğer 90° den büyük ise toprak yüzeyine konan su damlacığı bu yüzeyde bir civa damlası gibi duracak ve tekrar buharlaşıp kaybolacaktır. Eğer bu açı küçük ise toprak taneciklerinin adhezyon kuvvetleri bu damlacığı toprak içine çekecektir. Teorik olarak böyle açıklanabildiği halde, güç ıslanan topraklar ile normal ıslanabilen topraklar arasındaki bu farklılık basit olmayıp zamana bağlı görünüm arz etmektedir. Diğer bir yaklaşım ile eğer toprak yüzüne bırakılan su damlacığı belli

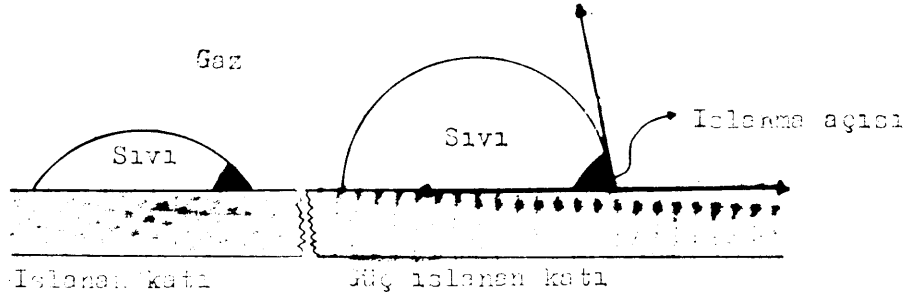
bir süre sonra toprak tarafından emilirse (bu hemen olmasada bir süre sonra gerçekleşebilir), bu sırada ıslanma açısından zamanla bir değişim oluyor demektir. O halde tespit yapılırken beklenecek sürenin belirlenmesinde bazı yararlar vardır. Bu konuda çalışan araştırmacılar 5 saniyeden fazla süre ile toprak yüzeyinde kalan damlacığın, genellikle dakikalar sonra toprağa nüfuz edebildiğini görerek bu süreyi bir ayırım olarak kabul etmektedirler (KRAMMES and DEBANO 1965). Bununla beraber bu süreyi aşan tespitler gereklidir. Çünkü toprağın ne derece güç ıslanma özelliğinde olduğunu belirleyip sayısal karşılaştırmalar yapmak gereklidir. Bu amaçla bazen bir-iki saate varan tespitler yapılması uygun olmaktadır (ŞENGÖNÜL 1984). Bunun yanında pratik maksatlar için, özellikle arazi koşullarında 10 dakikalık bir ölçme yeterli olabilir bunu bir index olarak açıklarsak, su damlacığının toprak yüzeyinde kalma süresine göre;

10 dakika > W.D.P.T. = Ekstrem derecede güç ıslanır.

10 dakika > W.D.P.T. > 1 dakika = Orta derecede güç ıslanır.

1 dakika > W.D.P.T. > 6 saniye = Hafif derecede güç ıslanır.

şeklindeki bu ayırım pratik amaçlar için yeterli bir index olarak kullanılabilir. 6 saniyenin altındaki ölçmelerde ise toprak «normal ıslanabilir» veya «güç ıslanmanın bir problem teşkil etmeyeceği» şeklinde yorumlanması yeterli olacaktır (LETEY et al. 1975).

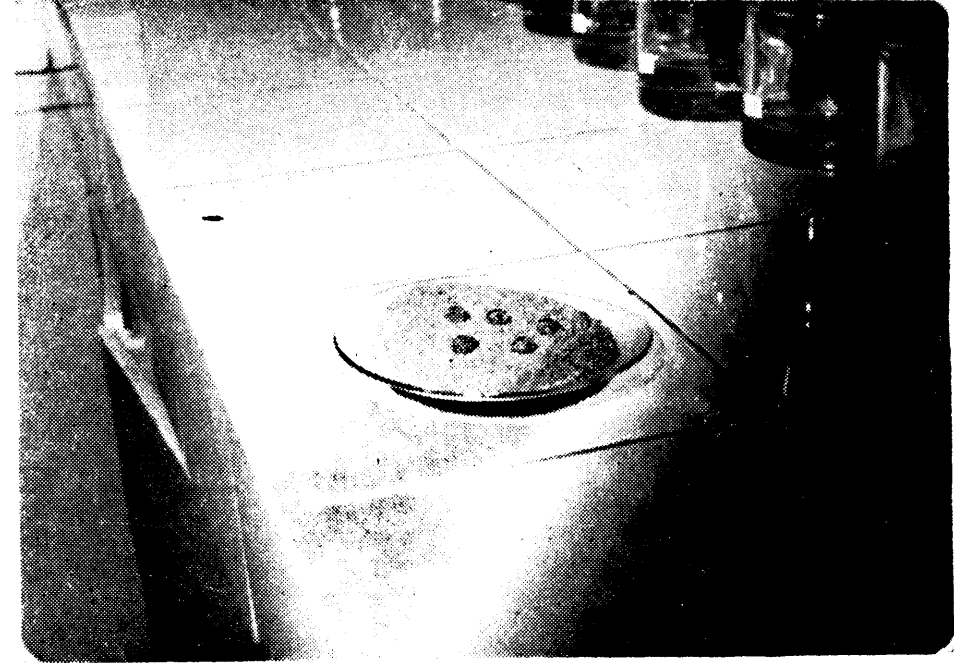


Şekil 4. Islanabilir ve Güç ıslanan Katı Materyaller Üzerinde Islanma Açılarının Durumu.

Bu ölçme yöntemi için gerekli işlem ise, şöyle açıklanabilir. Eşit miktarda damla damlatan bir büret veya damlalık yardımıyla teste tabi tutulacak toprak örneği üzerine bir su damlacığı damlatılarak bu damlacığın toprak yüzeyinde kaybolması kadar geçen süre hassas bir kronometre ile tespit edilir. Ölçme sırasında destile su kullanılması daha uygun olmaktadır. Çünkü sıvının yüzey gerilimi her koşulda sabit tutulmuş olacaktır. Eşit miktarda damla damlatılabilmek ise bir miktar çalışma ile el alışkanlığı haline dönüştürülebilir.

Hem arazi koşullarında, hemde laboratuvarında kullanılabilen bu metodu ölçme yaparken; arazi koşullarında (doğal durumda bir güç ıslanma sorunu hemen ölü örtünün bittiği mineral toprağın başladığı noktadadır) ölü örtü tabakası dikkatlice kaldırılarak mineral toprak açığa çıkarılır ve en az üç eşit damla ile ayrı ayrı ölç-

me yapılarak ortalaması alınıp değerlendirilmelidir. Laboratuvar ölçmelerinde ise 2 mm lik elekten geçirilmiş toprak örnekleri bir petri kabına konularak üzeri bir kurşun kalem yardımıyla düz hale getirilir (Bundan amaç su damlasının yuvarlanmamasıdır). Daha sonra Resim 1 de görüldüğü gibi en az üç defa olmak üzere birer damla damlatılır ve bunların toprak yüzünde kaybolması kadar geçen süreleri tespit edilir (ŞENGÖNÜL 1984).



Resim 1. Laboratuvarında W.D.P.T. Testi.

## 2.2. Topraklarda Islanabilirliğin Bir Kriteri Olarak Islama Açısının Ölçülmesi

Gözenekli bir ortam olan toprak, bir çok kapilar demetten oluşmuş bir sistem olarak ele alındığında Şekil 4 de açıklanan sıvı-katı değme açısı (ıslanma açısı) bir kapilar cam boruda ise toprak gözenek duvarları ile sıvı arasında oluşacaktır. Suyun toprakta kapilar hareketini açıklayan eşitliklerde de ıslanma açısı bir değişken olarak yer almaktadır.

$$h = \frac{2\gamma}{r p g} \cdot \cos \theta$$

Bu eşitlikte,

h	= kapilar yükselme uzunluğu	(cm)
$\gamma$	= sıvının yüzey gerilimi	(dyn/cm <sup>2</sup> )
r	= kapilar tüpün yarıçapı	(cm)
p	= sıvının yoğunluğu	(gr/cm <sup>3</sup> )
g	= yer çekim ivmesi	(cm/sn <sup>2</sup> )
$\theta$	= ıslanma açısı	( $\theta^\circ$ )

Bu eşitliği kapılar bir cam boruda irdelersek, temiz bir cam boruda ıslanma açısı çok küçük veya sıfır alınabilir. Bu şartlarda, kapılar yükselmenin miktarı, sıvının yüzey gerilimi ile doğru orantılı ve tübün çapı ile ters orantılı bir artma gösterir (kullanılan borunun çapı küçüldükçe kapılar yükselme artar). Eğer biz cam tüpün içini hidrofobik bir madde ile kaplırsak, su ile cam tüp arasındaki çekim azalacak ve kapılar yükselme, tüpün temiz olduğu şartlardaki kadar olmayacaktır.

Bu yaklaşımdan yararlanılarak toprakların ıslanabilirliği saptanmaktadır. Yapılan testler sonucunda saf etanol'un bütün katıları sıfır değme açısı ile ıslattığı görülmüştür. Bu bilgi sıvı-katı değme açısı (ıslanma açısı) nın tayininde kullanılmaktadır. Kapılar yükselme eşitliğinde kolayca ölçülemeyen iki bilinmeyen vardır. Bunlardan biri bizim ölçmeyi amaçladığımız ıslanma açısı ( $\theta$ ) diğeri ise özellikle toprak sisteminde ölçülmesi çok güçlükler arzeden ( $r$ ) değeridir. Toprak sisteminde ( $r$ ) değeri efektif yarıçap olarak ele alınmaktadır. Bu amaçla ıslanabilirliği saptanacak toprak örneği ilk önce saf etanol ile muamele edilir. Bu ölçme sırasında ıslanma açısı sıfır kabul edilir. Bu durumda kapılar yükselmeyi  $h_c = \frac{2\gamma}{r\rho g}$  ve  $\cos\theta = 0^\circ = 1$  yazılabiliriz. Aynı toprak örneğini ikinci defa su ile muamele ettiğimiz de kapılar yükselme  $h = \frac{2\gamma \cos\theta}{r\rho g}$  dir. Bu iki denklemde kullanılan cam tüpün çapı aynı, yer çekimi sabitesi aynıdır. Bu iki eşitliği birbirine oranlayıp  $\cos\theta$  değerini yalnız bıraktığımızda  $\cos\theta = \frac{h(\text{su})}{h(\text{alkol})} = 0.369$  elde edilir. Buradaki 0.369 sabitesi su ve etanol'un yüzeyel gerilimlerinin birbirine oranıdır.

Teorik olarak yöntemi kısaca açıkladıktan sonra, yöntemin laboratuvar koşullarında nasıl uygulanacağını açıklamaya çalışacağız. Test için laboratuvara getirilmiş toprak örnekleri iki milimetrelik elekten geçirildikten sonra, kapılar yükselme ölçmeleri için cam tüplere doldurulur. Cam tüplerin altı birer tülbent geçirilerek bağlanır. Tüp çapının bir çok araştırmada değişik olarak seçildiğini görmekteyiz. Biz çalışmamızda 1 cm çapındaki tüple uygun sonuçlar aldık. Bununla birlikte 4.8 cm lik çapta ve 53 cm boydaki tüplerle daha uygun sonuçlar sağlanabileceği bir çalışmada belirtilmektedir (LETEY et al. 1962).

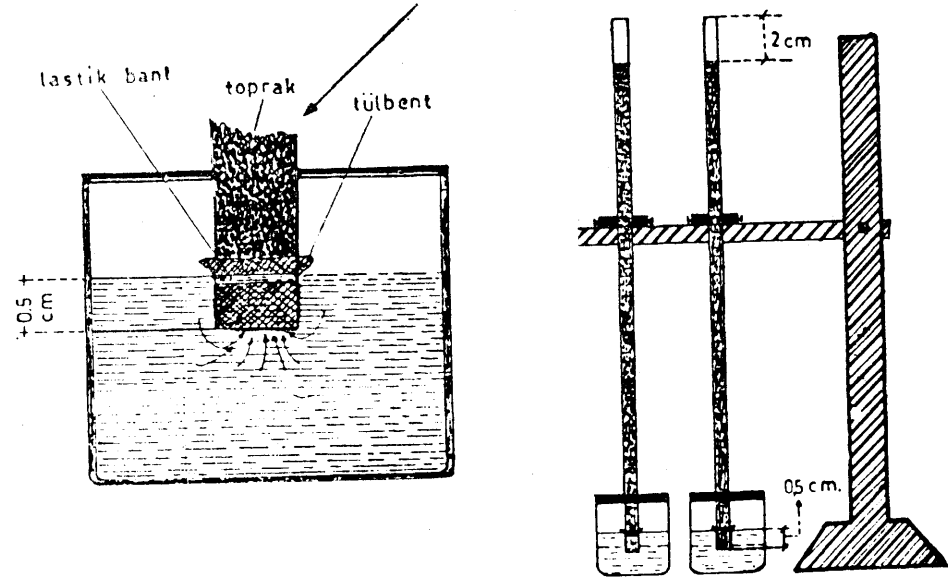
Tüplere doldurulan toprak örneği önce 24 saat süreyle suya batırılarak sudaki kapılar yükselme saptanır. Aynı çaptaki bir diğere tüpe doldurulan aynı toprak örneği bu defa saf etanol içine daldırılarak yine 24 saat sonundaki kapılar yükselme ölçülür (Şekil 5). Ölçmelerde ıslak yüzey esas alınmaktadır. Elde edilen bu iki değer yukarıda verilen denklemde yerine konarak ıslanma açısı saptanır (ŞENGÖNÜL 1984). Elde edilen değerler şu sınır değerler arasında yorumlanmaktadır. Bu yöntemle toprakların ıslanabilirlik değerleri toprakların birbiriyle mukayesesi için en geçerli ve güvenilir değerler olarak kabul görmektedir. Bu sınıflamaya göre;

Islanma açısı ( $\theta$ )  $> 80.00^\circ$  = ekstrem derecede güç ıslanır

$80.00^\circ > \theta > 70.00^\circ$  Orta derecede güç ıslanır

$70.00^\circ > \theta > 65.00^\circ$  Hafif derecede güç ıslanır

$65.00^\circ$  nin altında ise güç ıslanma bir sorun teşkil etmemektedir.



Şekil 5. Kapılar Yükselme Ölçmelerinin Yapıldığı Apeyinin Şematik Olarak Görünümü.

### 2.3. Kritik Yüzey Gerilimi Yöntemi

Kritik yüzey gerilimi kısaca, bir sıvının toprağı tam ıslatabildiği noktadaki gerilimi olarak tanımlanabilir. Bu yöntemi uygularken yapılacak bazı ön işlemler vardır. Yapılan araştırmalarda saf Alkol (Etanol) ün bütün katıları sıfır değme (ıslanma açısı) açısı ile ıslattığı görülmüştür. Bu amaçla saf etanol su ile çeşitli oranlarda karıştırılarak bir karışım serisi hazırlanır. Örneğin % 5, % 10, % 15 v.s. gibi. Bu karışımların yüzey gerilimleri de hesaplanarak (Fizik ve Kimya kitaplarından kolayca sağlanabilir) bir sıra halinde karşılına yazılır. Test yapılacak toprak örneği üzerine bu solüsyonlardan birer damla damlatılarak teste devam edilir. Herhangi bir aşamada damlatılan sıvının damlacığı, toprak tarafından derhal emildiği anda, o çözeltinin yüzey gerilimi kritik yüzey gerilim olarak alınır. Aynı toprak yüzeyine bir su damlası bırakılarak kaybolması kadar geçen süre aynen W.D.P.T. testinde olduğu gibi tespit edilir elde edilen bu değer kritik yüzey gerilim değeri ile oranlanarak bir sayısal değere ulaşılır (LETEY et al. 1975). Bu değer bir ıslanabilirlik kriteri olarak kullanılmaktadır.

### 3. YÖNTEMLERİN TARTIŞMASI VE SONUÇLAR

Bir toprak örneğinin ıslanabilirliğinin belirlenmesinde çeşitli ve karmaşık faktörler rol oynamaktadır. Geniş bir kullanım alanı olan W.D.P.T. testi toprakların «ıslanabilir» ve «güç ıslanan» olarak ayrılmasında kesin bir sonuç vermesine karşılık daha sıhhatli çalışmalarda «ıslanma açısı» nın ölçülmesi daha uygun olmaktadır. Bunun yanında oldukça fazla miktarda toprak örneği gerektiği için, örnek

miktarının az olduğu koşullarda kullanılması olanaksızdır. Öte yandan W.D.P.T. testi arazi koşullarında uygulanabilecek tek yöntemdir. Ucuz ve çok kolay olması diğer avantajlarını oluşturmaktadır. Kritik yüzey gerilimi yöntemi ise oldukça teorik ve W.D.P.T. testine bağlı bir değişim göstermesi nedeniyle pek az kullanım görmüştür.

Buraya kadar açıklananların ışığı altında, bir sonuç olarak özet yapmak gerekirse, güç ıslanan topraklar, Havza Amenajmanı uğraşları arasında ihmal edilmemesi gereken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle yangın geçirmiş havzalarda, yangın sonrası daha şiddetli olarak görülen toprak - su dengesi bozulması önemli sorunlara neden olmaktadır.

#### K A Y N A K L A R

- ÇEPEL, N., 1985. *Toprak Fiziği. İ.Ü. Orman Fak. Yayınları No. 374, İstanbul.*
- DEBANO, L.F., 1969. *Water Movement In Water Repellent Soils In Proceedings of Symposium on Water Repellent Soils. Univ. Calif. Riverside.*
- DEBANO, L.F., 1981. *Water Repellent Soils: a State-of-the art. USDA Forest Service. Gen. Tech. Repert. PSW - 46.*
- KRIMMES, J.S., DEBANO, L.F., 1965. *Soil Wettability: a neglected factor In Watershed Management. Water Resour. Research. V. 1.*
- LETEY, J., OSBORN, J.F. and PELISHEK, R.E., 1962. *Measurement of Liquid - Solid Contact Angles In Soil and Sand. Soil Science. V. 93, N. 3, March.*
- LETEY, J., OSBORN, J.F. and PELISHEK, R.E., 1975. *Soil Water Repellency and the use of nonionic surfactants. Tech. Comp. Rep. 154. Water Res. Centre. Univ. Calif.*
- ŞENGÖNÜL, K., 1984. *Marmara Bölgesi - Armutlu Yarımadası - Koşullarında Güç ıslanan Toprakların Oluşumu Üzerine Etkili Olan Faktörler. İ.Ü. Orman Fak. Yayınları 363.*