

TOPRAKTA SU DURUMUNUN ISLAHI VE ZİRAAT ARAZİLERİNİN DRENAJ

Hazırlayan: Metin Bahtiyar (1)

I- Giriş

Toprakta suyun azlığı gibi, fazla oluşu da kültür bitkilerinin yetiştirilememesine veya verimlerinin düşmesine sebep olmaktadır. Bir çok bölgelerde, taban araziler umumiyetle en verimli toprakları içine alırlar. Fakat, yağışlı senelerde veya her zaman, fazla ıslaklıktan dolayı, arazinin bir kısmından yahut her tarafından beklenen mahsul alınmaz. Ancak, aynı arazi drene edildiği ve diğer faktörler de uygun olduğu takdirde, alınacak mahsul çok daha fazla olabilir.

Konuya girmeden önce, drenaj sözü ile neyin kastedildiğini genel kapsamıyla tarif etmek faydalı olacaktır.

Drenaj: Toprak sathı ve bitki kök bölgesindeki fazla suyun akıtılması veya diğer bir ifade ile, taban suyunu, bitkilerin gelişmesine engel olmayacak derecede, kök bölgesi altına düşürmek ve yüzeye çıkacak tuzları önlemek bakımından kontrol altına almaktır.

II- Drenajın Gayesi :

Hümid ve yarı hümid bölgelerde drenajın amacı; Havalanan bir kök

bölgesi ile, ihtiyaç duyulduğu herhangi bir anda, tarım alet ve makinalarının kullanılmasına imkân verebilecek derecelerde ıslaklığı giderilmiş, nisbeten kuru bir üst toprak meydana getirmektir. Bundan dolayı, yağışlardan ileri gelen fazla suyun topraktan atılması ve taban suyu seviyesinin, konu olan toprak, kültür bitkisi ve iklim bakımından en elverişli bir seviyede tutulması icap etmektedir.

Ekseri sulanan sahalarda da; Kanallı hendek ve arklardaki su sızıntılarından ve aşırı sulamadan ileri gelen taban suyu seviyelerindeki yükselmeleri kontrol altında bulundurmak ve bu suretle toprakların suya boğulmalarını ve tuzlanmalarını önlemek için drenaja ihtiyaç duyulmaktadır.

Tuzlu arazilerin ıslahında ise etkili drenaj sistemlerinin tatbiki, kök bölgesindeki fazla tuzların yıkanması, taban suyundaki tuzluluğun giderilmesi ve yeniden tuzlanmanın önüne geçilmesi bakımından bir ön ihtiyaç olarak kendini göstermektedir (Van Beers, 1965).

(1) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak İlmi Bölümü Asistanı-Erzurum.

Dergi Komisyonuna geliş tarihi : 28.2.1974.

Drenaj şebekesi, akıntısı olmayar, hemen hemen düz bir araziye yerleştirilirken, birbirinden farklı iki problem ile karşılaşmaktadır. Bunlar:

A- Çeşitli kültür bitkilerinin hangi taban suyu seviyesinde, verimlerinin yüksek ve kalitelerinin iyi olacağı, vegetasyon devresi içinde ve dışında, ne kadar bir zaman su altında kalmaya mukavemet edebilecekleri ve bu sular ne kadar bir süre içinde boşaltılabilirse, bitkilerin boğularak çürümelerinin önlenmiş olabileceğidir.

B- Bir arazide, bölgenin toprak ve iklim faktörleri dikkate alınarak, yukardaki şartları yerine getirebilmek için, drenaj şebekesi projelendirirken, hafifletici-pralel tip drenler arasına verilmesi gereken en uygun aralığın hesaplanabilmesidir (Alagöz, H. 1967).

Yıllardanberi bu gaye için, çok sayıda denaj formülleri geliştirilmiş bulunmaktadır. Bunlardan biri de Hooghoudt formülüdür ve bu formüllerin kullanılabilmesi için;

B.1- Drenaj kıstasları (Drenaj ihtiyaçları)

B.2- Toprak prfilinin hidrolojik fiziksel özelliklerini (Fiziksel koşullarını) gösteren, ayrı ayrı iki değer takımına ihtiyaç bulunmaktadır.

B.1- Drenaj ihtiyaçları deyimi ile, mûsaade edilebilir minimum taban suyu seviyesi derinliği (a), bu derinliği temin edecek fazla suyun boşaltım (tahliye) değeri, yani topraktan atılacak su miktarı veya, taban suyunu besleyen su miktarı (q) kastedilmektedir.

B.2- Düzenli durumdaki akış şartlarında, ihtiyaç duyulan, toprak prfilinin fiziksel özellikleri ise; Dren seviyesinin üstünde ve altındaki toprak katlarının hidrolik kondaktivite değerleri (K1 ve K2) ile impermeabl (Bariyer) tabakanın derinliğidir (D).

Düzensiz durum akış şartlarında, yukardaki özelliklerin yanı sıra (K1, K2 ve D), aynı zamanda "Drene olabilir" gözenek hacminin (V) bilinmesi gerekmektedir. (Dumm, L. D. 1954 Van Beers'e göre).

B.1- Drenaj Kıstasları (İhtiyaçları):

1.a- Optimum Taban Suyu Seviyesi:

Kültür bitkilerinin kök sistemlerinin kısmen veya tamamen su altında kalmaları üretimin azalmasına ve hatta bazı hallerde ise yerlerini yabancı su bitkilerine terk etmelerine sebep olmaktadır. Buna karşılık, drenaj sistemi vasıtasıyla, taban suyunun lüzumundan fazla düşürülmesi de verimi azaltmaktadır. Bu bakımdan taban suyu seviyesi, bitki toprak ve iklim faktörlerine tâbi olarak optimum derinlikte tutulmalıdır.

Birbirleriyle bağlantısı olmayan parsellerde değişik taban suyu seviyeleri meydana getirilerek aynı bitki türünün hangi taban suyu derinliğinde en iyi sonuç verdiği hususunda pek çok deneyler yapılmıştır (Alagöz, H-1967).

Ancak, denaj uygulamasında kullanılacak rakamların, iklim, toprak ve bitkiye bağlı olacağı prensibi asla ihmal edilmemelidir.

Minsk araştırma istasyonunun, çayır ve yulaf için elde ettiği sonuçlar aşağıda verilmiştir (Tablo: 1).

Tablo 1. (Alagöz, 1967).

Taban suyu seviyesi (metre)	% Randuman (Verim)	
	Çayır	Yulaf
0,20	36	13
0,40	87	67
0,60	100	100
0,80	90	90

Bitkilerin gelişme devrelerine göre de taban suyu seviyeleri araştırılmaktadır. Nitekim Novgorot Deneme İstasyonunda Çavdar için elde edilen sonuç-

lar, ekimden hasada doğru taban suyu seviyesi alçalmalarının verim üzerinde olumlu etki yaptığını ifade etmektedir (Tablo: 2.)

Tablo 2. Novgorot İstasyonu Çavdar denemesi (Alagöz, 1967)

Bitkilerin Gelişme Durumu	Tabansuyu Optimum Seviyesi
Ekim yapılırken	0,40 m.
Başığa kalkarken	0,50 m.
Olgunlaşma devresinde	0,60 m.
Hasad'da	0,70-0,80 m.

Optimum taban suyu seviyeleri üzerine bitkiler gibi, toprak özelliklerinin de etkisi vardır. Rolley, Fransa'nın mütedil iklim bölgelerinde toprak ve bitki

türlerine uygun olan, ortalama taban suyu seviyeleri hakkında aşağıdaki bilgileri vermiştir (Tablo: 3).

Tablo 3. (Alagöz, 1967)

Toprak Cinsi	Optimum Tabansuyu Derinliği	
	Kültür bitkileri	Çayır
Kompakt killi toprak	0,70-1,20 m.	0,50-0,80 m.
Tınlı toprak	0,60-1,00 m.	0,40-0,60 m.
Kumlu toprak	0,60-0,80 m.	0,30-0,40 m.
Turbiyer toprak	0,60-0,80 m.	0,30-0,40 m.

Burada toprak bünyesi inceldikçe veya toprak ağırlaştıkça, müsaade edilebilir optimum taban suyu seviyesi derinliğinin de toprak sathından itibaren, arttığı dikkati çekmektedir (K değeri, TK. ve Kapillar yükselişten dolayı).

1.b- Bitkilerin Zarar görmeden su altında kalabilme süreleri:

Bitki türlerine göre değişmekle beraber, genellikle bitkilerin 1 ilâ 3 gün su altında kalmaları, gelişmelerinin gecikmesine sebep olduğundan, verimi dü-

şürür. Fakat, 7 ila 15 gün su altında kalan bitkilerin tekrar eski durumlarına dönmeleri ekseriya mümkün değildir (Cook, A. L.-1962) Alagöz'e (1967) göre, Tcherkassov, tabii ve sun'i çayırların vegetasyon devresinden önce 1-2 ay, hatta bazı hallerde 3 ay su altında kalmaya mukavemet edebileceklerini, buna karşılık, vegetasyonun gelişmeye başladığı devrede ancak çayırların 36 saat (Kanarya otları), suya hassas yemelik havuçların ise 6 saat dayanabildiklerini bildirmektedir. Amerika'da yapılan araştırmalarda, Çavdarların; Nisan sonunda 15 gün, Haziran ortasında 10 gün, Yulafın ise, Mayıs sonunda 15 gün ve Temmuz başında ancak 32 gün su altında kalmaya mukavemet edebilecekleri anlaşılmaktadır.

Genellikle, hububatın çiçeklenme ve dane bağlama devresinde su altında kalmaya karşı hassasiyeti, uygunluk devresine nazaran daha fazladır. İlk baharda, hububatın 2 gün su altında kalması ile verimin % 50, 5 gün su altında kalması ile % 70 azaldığı görülmüştür. Sebzeler ise 4 günden fazla su altında kalmaya dayanamazlar (Sayan, B. 1966).

1.c- Drene Edilecek Su Miktarının Tayini (q Drenaj Katsayısı):

Drene edilecek su miktarının bilinmesi, bütün drenaj şebekesinin kapasitelendirilmesine ve direkt olarak hesap edilecek dren aralığının büyüklüğüne tesir edecektir. Mahsule zarar verecek suyun en kısa zamanda drenlere ulaştırılabilmesi ve atılması için, drenaj katsayısını iyi tayin etmek lâzımdır. Muayyen bir bölge için drenaj katsayısının tesbiti, aslında başlı başına bir araştırma konusu teşkil edecek önemde

olmakla beraber, burada genel hatlarıyla özlü olarak bahsetmek, drenaj formüllerinin güvenilirlik derecelerini ortaya koymasını bakımından faydalı olacaktır.

Her şeyden önce derenlere ulaşacak suyun miktarı, besleyici kaynakla ve toprağın geçirgenliği ile alakalıdır. Bu iki faktörün durumuna göre drenaj katsayısı kıymet alır.

Besleyici kaynak, iklim şartlarına göre çok farklı manalar ifade eder. Meselâ arid bölgelerde besleyici kaynak; sulama suları, yıkama suları ve kanal sızmaları olabildiği halde, hümid bölgelerde yağışlar, yer altı suyunun arteziyenik tesiri ve yüzey akışları olabilir. Drenlere gelen su bunlardan bir tanesi olabileceği gibi, bir kaçının kombinasyonu şeklinde de olabilir. İşte drenaj katsayısı, bu durumlara göre, muhtelif değerler kazanır.

Drenaj katsayısının tesbitinde bir çok metod takip edilmektedir; Bazı drenajcılar, ekilecek bitkinin suya tahammül ederecesini gün olarak ele alırlar ve drenlere gidecek fazla suyun bu günler içerisinde tahliye edilmesi şeklinde düşünürler. Böylece derenlere gidecek su miktarını gün adedine bölerek drenaj katsayısını tayin ederler:

Misâl:

Sebze sulaması yaptığımızı ve hesaplanan yıkama ihtiyacına göre her sulamada tatbik ettiğimiz 110 mm. lik suyun % 20 sinin drenlere boşaldığını kabul edelim. Sulamadan ayrı olarak, diğer kaynakların tesirinin de bulunmadığını farzedelim: Bu taktirde:

$$\frac{110 \times 20}{100} = 22 \text{ mm. su drenlere}$$

boşalacak demektir. Sebzele suya 4 gün tahammül edebildiklerine göre, bir günde drenlere gidecek su miktarı

$$q = \frac{22}{4} = 5,5 \text{ mm/gün olur} \longrightarrow$$

$$q = 0,0055 \text{ m/gün eder.}$$

Demek ki, sulanan arazilerde, yetiştirilecek bitki çeşidine ve sulama suyunun kalitesine göre, toprak tuzluluğunu sabit bir seviyede tutabilmek için hesaplanan drenaj suyu miktarı ve yıkama ihtiyacı q'yu tayin etmektedir. Yine bazıları, sulama aralıklarını gün olarak düşünerek bir sulamada derenlere gidecek suyu bu aralığa bölmek suretiyle drenaj katsayısını bulurlar.

Misâ,: 15 günde bir sulama yapıldığını farzedelim ve drenlere gidecek su da % 30 olsun. Her sulamada 110 mm. su tatbik edildiği taktirde

$$\frac{310 \times 30}{100} = 33 \text{ mm. su drenlere}$$

boşalacak demektir. Bu durumda drenaj katsayısı:

$$q = \frac{33}{15} = 2,2 \text{ mm/gün} = 0,0022 \text{ m/gün olur.}$$

Kirkham'ın Adana Ovasında yaptığı dren aralığı tecrübelerinde kullandığı drenaj katsayısı şöyledir :

Yıllık Yağış Miktarı (mm.)
750 veya daha az
750-1000
1000-1250
1250-1500

Bu rakamlar itibaridir ve her bölgeye göre değişir.

Bir sulama mevsiminde tatbik edilen su 1100 mm. dir. % 20 sinin drenlere gideceği kabul edilmiş ve bütün sulama mevsiminde 220 mm. suyun drenlere boşalacağı ve bir sulama mevsimi de 100 gün kabul edilerek

$$\frac{220}{100} = 2,2 \text{ mm/gün veya } 0,0022$$

m/gün veya 0,025 lt./sn-dekar drenaj katsayısı olarak alınmıştır. Hümid bölgelerde q nun tesbiti ise daha da güçtür. Yağışlar drenaj katsayısının tesbitinde esas alınır. Yağış rejimi ve şiddetleri her yıl değişiklik gösterdiğinden, drenaj katsayısının kat'i bir rakamla ifadesi oldukça zor olmaktadır.

Bu bakımdan; q drenaj katsayısı:

- 1- Yetiştirilecek bitki çeşidinin suda boğulu kalmaya dayanma derecesine göre. yıllık maksimum yağış ortalaması,
- 2- Yüzey akışlarının taban suyuna dahil edilip edilmemesi, dikkate alınarak tayin edilir.

Ancak bunun için de, kat'i olmamakla beraber, yaklaşık bazı rakamlar kabul edilebilir. Genel kaide olarak, yıllık toplam yağışın % 1'i drenaj katsayısı olarak alınabilir. (Sayan, 1966).

q Drenaj Katsayısı
6,2 mm./gün
8-10
12,5
19,0

Bundan başka, yüzey akış sulamının da q ya dahil edilmesi, meseleyi

çok daha farazi bir hale sokmaktadır. İslaha muhtaç, çorak sahalarda, ıslah sırasında ve ıslahattan sonra kullanılmak üzere iki ayrı q değeri tesbit edilir. Şüphesiz ki, ıslah esnasında kullanılan q değeri çok daha büyük olacaktır. Çünkü, ıslah esnasında o topraklar için ampirik olarak çıkarılmış bulunan yıkama grafik eğrilerinden elde edilecek yıkama suyunun tamamının drenlere boşaltılması icab etmektedir.

Burada, arazi üzerinde bitki olmadığından, dren seviyesine göre maksimum elverişli nidrolik yükseklik yaratılarak, drenlere daha fazla bir boşalım temin edilebilir. Bu husus; toprak yüzünde suyu gölendirmek, dren derinliğini arttırmak ve ilâve dren hatlarını kullanmakla sağlanabilir.

B.2- Toprak Profiline Hidrolojik Fiziksel Özellikleri:

2.a- Dren Seviyesinin Üstündeki ve Altındaki Toprak Katlarının Hidrolik Kondaktiviteleri (K1-K2).

Bu değerler doğrudan doğruya arazide tesbit edilirler; Taban suyunun üstünde ve altında olmak üzere iki ayrı lokalde yapılır. Taban suyunun üzerindeki satüre olmayan zonda hidrolik kondaktivite tayini, bozulmamış core numuneler üzerinde yapılır (m/gün). Her tabakanın hem yatay, hem düşey K testi yapıldıktan sonra Kort = $\sqrt{K_y \times KD}$ formülünden, ortalama geçirgenlik hesab edilir.

Taban suyunun altındaki, satüre zonda K hidrolik kondaktivite tayini ise, en çok kullanılan AUGER-HOLE ve PİZOMETRE metodlarıyla yapılır. (Sayan, B. 1966 ve Van Beers, 1962).

2.b.- Geçirimsiz Tabakanın Derinliği (D)

Geçirimsiz tabakanın derinliği doğrudan doğruya akışın, yatay düşey ve radyal olmasını etkilemektedir.

Geçirimsiz tabaka drenlerin hemen altında uzandığı takdirde, sistemde yatay akış vukubulmakta ve radyal akış ihmal edilebilmektedir.

$$(D > \frac{1}{4}L) \text{ olduğunda, radyal akış}$$

olmakta ve yatay akış ihmal edilebilmektedir.

$$(D < \frac{1}{4}L) \text{ ise, her iki akış birden}$$

etkilidir.

III- Drenajda, Dren Derinlik ve Aralıklarının Tayini:

- Drenaj Formülleri:

Drenaj formüllerinin esas fonksiyonu;

"Drene edilmiş bir toprakta taban suyu hareketini nitelendirmek ve resmetmek",

"Taban suyu hareketini idare eden koşullar arasındaki bağıntıları kantitatif olarak ifade etmektir."

Suyun hareketini idare eden koşullardan başlıcaları:

- Toprak profiline permeabilitesi (K1-K2),
- Sisteme boşalım derecesi (q),
- Akışa sebebiyet veren hidrolik gradyantır.

Drenaj sistemi, paralel drenlerin teşkil ettiği, muntazam bir modelden ibaret olduğu taktirde, hidrolik gradyant, drenler arası orta mesafedeki elverişli hidrolik yüksekliğin, dren aralığı yarı mesafesine bölünmesinden elde

edilen itici kuvvettir. $(\frac{h}{L})$. h: Elverişli

hidrolik yükseklik. L: Drenler arası yarı mesafe.

Daha önce belirtmiş olduğumuz, drenaj ihtiyaçları ve toprağın hidrolojik fiziksel özelliklerinin yanı sıra, drenaj akışı için, mümkün olabilen bütün hususları dikkate alan hiçbir genel matematiksel çözüm şekli bilinmemektedir. Problem çok muğlak olduğundan sadeleştirme ve basitleştirme zorunda kalmıştır. Bundan böyle, sadeleştirme tipine ve sayısına bağlı olarak farklı drenaj formülleri geliştirilmiş bulunmaktadır.

Mevcut koşullara göre gereken dren aralığının bulunabilmesinde, çok zaman iyi bir drenaj formülünün kullanılmasına haddinden fazla bir önem verilmektedir. Halbuki bir zincir ancak en zayıf halkası kadar kuvvetli olabilir. Dren aralığının hesaplanmasında da, zayıf halkayı belki formülün bizzat tendisi değil de, formülde kullanılan ve meselâ; Drenaj kıstasları (h ve q) ile hidrolojik toprak özelliklerine ait (K1, K2 ve D) değerler teşkil edebilir. Bundan dolayı tatbikatta drenaj formüllerinin kullanılmasının, ancak yaklaşık doğrulukta olabileceği hususu hatırdan çıkarılmamalıdır.

Drenaj formülleri, iki esas düşünce altında geliştirilmişlerdir.

A- Düzenli akış formülleri;

B- Düzensiz akış formülleri,

A- Düzenli Akış Formülleri:

Bu formüller;

- Drene boşalmanın,
- Tabun suyu seviyesi derinliğinin sabit kaldığı, zamanla değişmediği kabulüne istinad etmektedir.

Bu duruma ait en elverişli çözümlerden biri Hooghoudt tarafından ortaya konulmuştur ki, daha sonra bu formülün şumullü analizini ve nasıl tatbik edileceğini anlatmaya çalışacağız. Hooghoudt'un denkleminde, profilin derinliklerinde geçirimsiz tabakanın mevcudiyeti kadar, profil de yatay (Horizontal) ve radyal (Şuai) su hareketleri de nazarı itibare alınmaktadır (Dieleman, P. j. 1963).

B- Düzensiz Akış Formülleri:

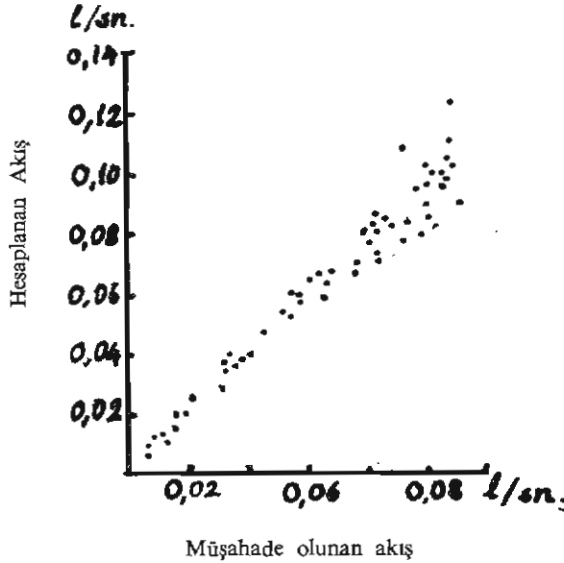
Sulanan topraklarda, sulama suyunun taban suyunu fasılalı bir şekilde beslemesine göre, taban suyu seviyesi ve drene boşalım derecesi, düzenli durumdaki kabullerin aksine sabit olmayıp değişmektedir. Hakikatteki bu durumun, düzenli akış formüllerindeki esaslara uymıyacağı aşikârdır. Bu duruma ait drenaj formülleri Dumm ve Kraijenhoff tarafından geliştirilmiş bulunmaktadır (Van Beers, 1965). Düzensiz akışa ait drenaj formüllerinin avantajlı olmayan tarafı, bu formüllerin muğlak oluşu ve bunlarla çalışılmasının güçlüğüdür. Mamafih birçok hallerde, hidrolik yükseklik ve boşalıma ait ortalama değerler kullanıldığı taktirde, düzensiz akışa ait drenaj problemleri düzenli akış formülleri ile yeteri doğruluk derecelerinde çözümlenebilmektedir.

Düzenli olmayan akış durumunu havi koşullarda, düzenli akış formüllerinin kullanılmasının mahzurlu olmayacağını aşağıdaki grafik göstermektedir. (Dieleman, P. j. 1963) (Grafik 1).

Bu grafik düzenli akış durumu farzedilerek hesap edilmiş drene boşal-

mın, düzenli olmayan koşullar altında gözlemlenen hakiki drene boşalına yakın bir uygunluk arzettiğini göstermektedir. (5-15 gün parseller muhtelif aralıklarla sulanmış ve drene boşalmalar oynaklıklar göstermiştir) (Dieleman, P. j. 1963).

Grafik 1. (Dieleman, 1963).



Dujailah'daki muhtelif parselerde Ernst-Boumans denklemine göre hesaplanmış ve müşahade edilmiş dren boşalımı.

IV- Taban Suyu Serbest Yüzeyinin Şekli:

Bütün drenaj formülleri, muhtelif ilâve ve sadeleştirme kademelerinde, Darcy'nin filtrasyon denemelerine istinaden vermiş olduğu eşitliğe dayanılarak elde edilmiştir.

Buna göre:

$$Q = K.A. \frac{H+h}{H} \text{ dir — } Q = K.A. \frac{H}{H} \text{ olur.}$$

(The Yearbook of Agriculture 1955).

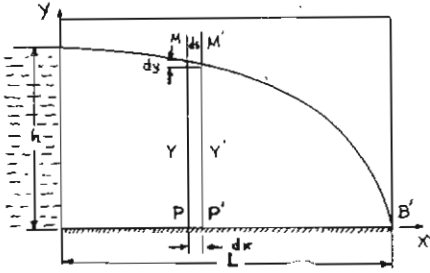
Mütecanis bir toprakta, düşey kesit istikametinde akan su huzmeleri birbirine paralel ve eşit kabul edilirse, bu şartlar altında bulunan taban suyunun serbest yüzey şekli tayin edilebilir.

Durumu daha iyi aydınlatabilmek için yer altı suyunu üzerinde tutan empermeabl tabakanın yatay olduğunu kabul edip, eni (m) m., esas yüksekliği

h olan bir taban suyu kesidini ele alalım (Şekil 1). Birbirine son derece yakın iki düşey kesidin PM ve P¹M¹ olduğunu farzedelim. PM yüzeyine kesit yüzeyi Y, P¹M¹ kesit yüzeyi ise Y¹ olsun. Su, PM yüzeyinden P¹M¹ yüzeyine gelinceye kadar ds mesafesi ilerler ve bu arada suyun yüksekliği de dy kadar azalır. Burada, meyil çok küçük olduğundan ve kesit yüzeyleri de birbirine çok yakın olduğundan ds yerine dx rahatlıkla alınabilir (B¹ ye yakın yerlerde su meyili çok fazla olduğundan bu basitleştirme mümkün olmaz). Şu halde, suyu itici kuvvet, yani hidrolik gradiyant: dy

$$i = \frac{dy}{dx} \text{ olur. Veya-}$$

hut Darcy kanununa göre:



Şekil 1. (Ağöz, 1967).

$$Q = K.A.i = K.y \cdot \frac{-dy}{dx} \text{ veya}$$

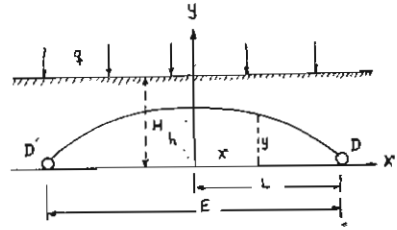
$Q \cdot dx = -K \cdot y \cdot dy$ yazılabilir. Her iki tarafın integrali alınarak:

$$Q \cdot dx = -K \cdot y \cdot dy \rightarrow Q \cdot x = \frac{-Ky^2}{2} + C \rightarrow$$

Netice: $2Q \cdot x = -Ky^2 + C$ bir parabol denklemini verir. Şekilden $x=0$ için $y=h$, ve $y=0$ için $x=L$ olduğu görülmektedir. Buradan eşitlik; $2Q \cdot L = K \cdot h^2$ yazılabilir ve $L = \frac{Kh^2}{2Q}$ elde edilir.

Ancak, denklem drenaja tatbik edilirken, biraz değişikliğe tâbi tutulur. Çünkü; bir taban suyunun, devamlı olarak bir akarsu tarafından yandan beslenişinden bahsedilemez.

Daha önce drenaj katsayısının tayini bahsinde de belirtildiği gibi, taban suyu, teorik olarak, 1 m² ye yağışla düşen veya sulama suyu ile verilen bir q debisi ile beslenir.



Şekil 2. (Ağöz, 1967).

D ve D¹ drenleri, istikâmetlerine dik düşey bir düzlemle kesildiğinde, taban suyu debisinin, D D¹ ekseninin orta mesafesinde ordinat eksenini boyunca sıfır, bu eksenenden itibaren her iki drene doğru tedricen arttığı görülür (Gittikçe (i) büyür (Şekil 2). Eğer q, 1 m² den birim zamanda boşalan özel debi olarak alınsa x apsisi boyunca taban suyu debisi (qx) olur. Ordinatt eksenini iki dren aralığı orta mesafesinden dik olarak geçer.

Darcy Kanununa göre:

$$K.y \frac{-dy}{dx} = q \text{ x veya } -K.y.dy = q x. dx \text{ olur.}$$

$$-K y. dy = q x. dx \longrightarrow \text{den, netice:}$$

$$(1) \frac{-Ky^2}{2} = \frac{qx^2}{2} + C \text{ Yahut; } x=L \text{ ve } y=0 \text{ için;}$$

$$\frac{q L^2}{2} + C = 0 \text{ ve}$$

$$y = h \text{ ve } x = 0 \text{ için;}$$

$$(2) \frac{-Kh^2}{2} = C \frac{Kh^2}{2} + C = 0 \text{ olacağından}$$

$$\frac{-Ky^2}{2} = \frac{qx^2}{2} - \frac{Kh^2}{2} \longrightarrow Kh^2 = qx^2 + Ky^2 \text{ elde edilir.}$$

$$\frac{X^2}{\frac{Kh^2}{q}} + \frac{y^2}{\frac{Kh^2}{K}} = 1 \xrightarrow{(5)} \frac{X^2}{L^2} + \frac{y^2}{h^2} = 1 \text{ olur.}$$

L^2 dir.

(3 nolu eşitlikten)

Bu ise uzun eksenini L ve kısa eksenini h olan bir elips denklemdir.

V- Hooghoudt Formülüne Göre Dren Aralıklarının Hesaplanması:

$$E^2 = \frac{4Kh^2}{q} \text{ eşitliği sadece drenle-$$

rin üstündeki akışı nazarı itibara alması na rağmen yapılan deneylerde, drene boşalımın daha ziyade alttan olduğu husu ileri sürülmüştür. İşte Hooghoudt, $D < 1/4 L$ durumu gibi tatbikatta çok sık karşılaşılan en zor durumu kapsayan, (Şekil 3) radyal ve horizontal akışa da içine alan kabili tatbik, düzenli akışa ait şu formülü vermiştir:

$$\frac{qL^2}{2} = \frac{Kh^2}{2} \text{ elde edilir. Buradan:}$$

(3)

$$L^2 = \frac{Kh^2}{q} \text{ ve } L = E/2 \text{ olduğundan}$$

$$\frac{E^2}{4} = \frac{Kh^2}{q} \xrightarrow{(4)} E^2 = \frac{4Kh^2}{q} \text{ elde edilir.}$$

Bu eşitlik ancak drenlerin-üstündeki yatay akışı nazarı idikkate almaktadır. 1 nolu denklemdaki C yerine, 2 nolu eşiti konulduğu taktirde;

$$L^2 = \frac{8K_2 dh}{q} + \frac{4K_1 h^2}{q}$$

$$L^2 = \frac{8K_2 dh}{q} + \frac{4K_1 h^2}{q} \text{ (metre) Burada;}$$

L = Dren aralığı (metre)

q = Drene boşalım (m/gün)

K_2 = Drenlerin altındaki toprak katının hidrolik kondaktivitesi (m/gün)

K_1 = Drenlerin üstündeki toprak katının hidrolik kondaktvitesi (m/gün)

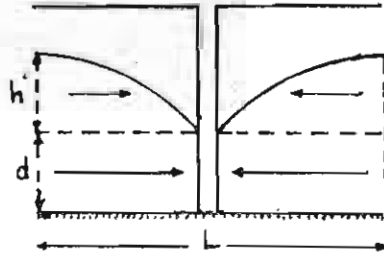
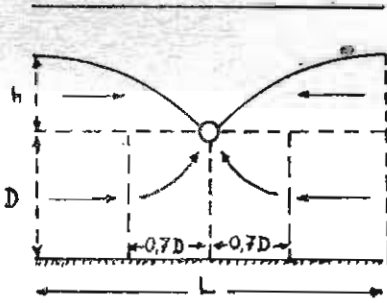
h = Drenlerin arası yarı mesafede taban suyunun yüksekliği (Hidrolik yükseklik) (metre)

d = Eşdeğer tabakanın kalınlığı. (Şekil 3.)

Bu kalınlık; metre cinsinden ifade edilen;

L : dren aralığına, r : Dren yarıçapına ve

D : Bariyer tabakanın derinliğine tâbi olarak değişir. Drenler civarındaki radyal akışı nazarı itibare almak amacıyla Hooghoudt tarafından kendi formülüne dahil edilmiş bir değerdir. Cetveller yardımıyla bulunabileceği gibi hesaplamak da mümkündür.



Şekil 3.

Ancak, formül her ne kadar basit isede, formülle yapılan hesaplamalar, deneyip doğruyu bulmayı icab ettirdiğinden oldukça üzücü ve bıktırıcıdır.

"d,,: Eşdeğer tabakanın hesaplanması:

Hooghoudt formülünün şumüllü analizlerinin ve çözümlerinin esas veçhesi drenlere doğru vukubulan taban suyu akışının, drenlerden $0,7 D$ mesafesine kadar, $(L-1, 4 D)$ boyunca horizontal akış ve $(0,7 D)$ mesafesinden drene kadar radyal akış olarak sematize edilebilmesindedir. Bu temel fikre dayanarak Hooghoudt şekillerde de sematize edildiği gibi, horizontal akış direnci R_h ile, radyal akış direnci

R_r toplamalarının, toplam L uzunluğu boyunca hesaplanan d kalınlığını haiz eşdeğer bir tabaka içerisindeki yatay akış drenine eşit olması gerektiği hususunu kat'i olarak belirtmektedir.

Neticede, esasen yatay akış için tasarlanmış bulunan $L^2 = \frac{8K_2dh}{q}$

formülü, radyal akış dreninin ihmal edilemeyeceği durumları da otomatikman içerisine almaktadır. Taban suyunun drene akışı genel bir şekilde şöyle yazılabilir.

$$q = \frac{h}{L} \cdot K \quad K = \frac{l}{R} \text{ olduğundan}$$

$$q = \frac{h}{L.R} \rightarrow h = q L. R$$

qL= Drene basalım.

h= Elverişli hidrolik yükseklik
 $R_{top} = R_h + R_r$ Bunlar için,
 Hooghoudt :

$$R_h = \frac{(L-1,4 D)^2}{8 D.L} \text{ ve } R_r = \frac{1}{\pi} \cdot \ln \frac{0,7D}{r}$$

$$d = \frac{L}{8 (R_h + R_r)} \text{ formüllerini vermiştir.}$$

Örnek: L = 30 m. D = 5 m. r = 0,10 m. olsun d=? olmalıdır.

$$R_h = \frac{(30-1,4 \times 5)^2}{8 \times 5 \times 30} = \frac{23^2}{1200} = \frac{529}{1200} = 0,44$$

$$R_r = \frac{1}{3,14} \cdot \ln \frac{0,7 \times 5}{0,10} = \frac{1}{3,14} \ln 35 = 1,13$$

$$d = \frac{30}{8 (0,44 + 1,13)} = \frac{30}{12,56} = 2,39$$

Cetvelden de bu değer 2,38 okunur ki birbirine çok yakındır.

$$(\ln x = 2,3 \log x' \text{dir})$$

Formülde q drenaj katsayısı m/gün olarak ifade edilmektedir. Bu daha açık bir deyim ile m³/m² - gün manasındadır.

Mesela; q = 5 mm./gün olsun. Bu; q = 0,005 m./gün = 0,005 m³/m² gün eder.

1 ha araziden vukua gelen boşalım ise:

$$0,005 \times 10000 = 50 \text{ m}^3/\text{ha-gün} = 50.000 \text{ lt./ha-gün.}$$

$$\frac{50.000}{86,400} = 0,58 \text{ lt./sn.-ha eder.}$$

Tayin edilme prensiplerinden daha önce bahsetmiştik.

h: Elverişli hidrolik yükseklik değeridir ve

$$h = b - a$$

dan hesaplanır.

Burada, b= Dren derinliği (Teknik imkânlarla göre ayarlanır)

a = Taban suyunun müsaade edilebilir minimum yasekligidir.

b, dren derinliği her şeyden önce ekonomik şartlara bağlı bir değerdir. Bunun yanında elverişli toprak katının pozisyonu, müsait boşaltım ağızlarının kod'u, taban suyunun tuzluluk dereceleri b dren derinliği değerine direkt olarak tesir ederler.

K1 ve K2= Çok fazla değişiklikler arz etmektedirler. En kuvvetli hata kaynağı teşkil ederler.

— Hooghoudt Formülünün Tatbiki:

Verilenler		İstenen
$q = 0,005$ m/gün	$K_1 = 0,5$ m/gün	$L = ?$ dir.
$h = 0,60$ m.	$K_2 = 1,0$ m/gün	
$r = 0,10$ m.	$D = 3$ m olsun	

d, eşdeğer tabaka derinliğini tesbit için;

Denklemin çözümü tekrar ve tekrar dereyip doğruyu bulma işlemini icab ettirdiğinden; ilk önce.

$L = 40$ m. olmasını farzedelim.

$L = 40$ m.

$D = 3$ m.

$r = 0,10$ m.

Değerlerine göre d tabakasının kalınlığını bulmak gerekir. Hooghoudt d değerleri cetvelinden, $d = 2,16$ bulunur veya hesap edilir.

$$1600 = L^2 = \frac{8 \times 1 \times 2,16 \times 0,6 + 4 \times 0,5 \times (0,6)^2}{0,005}$$

$L^2 = 2224$ bulunur.

$2224 > 1600 \longrightarrow L$ 'nin 40 m. den büyük olması gerekir.

$L = 50$ m. farzedelim — $d = 2,29$ olur.

$$L^2 = \frac{8 \times 1 \times 2,29 \times 0,6 + 4 \times 0,5 \times (0,6)^2}{0,005} = 2280$$

$2280 < 2500 \longrightarrow L$ 'nin 50 m. den küçük olması gerekir.

$L = 48$ m ve $d = 2,26$ olduğu takdirde, yapılan aynı yoldaki hesaplamalardan L gerçeğe yakın olarak bulunur. Bu güçlüğü ortadan kaldırmak

için, Hooghoudt formülüne ait grafikler geliştirilmiştir. Gene aynı verilene ait çözümü grafik metoduyla yapalım:

Verilenler:

$q = 5$ mm./gün

$h = 0,60$ m.

$K_1 = 0,50$ m./gün

$K_2 = 1,00$ m./gün

$D = 3$ m.

$r = 0,10$ m.

Hesaplamalar:

Cetvelden

$$\frac{8h}{q} = 960 \quad \frac{4h^2}{q} = 290 \text{ bulunur.}$$

$K_2 = 1$

$K_1 = 0,5$

$$\frac{8K_2h}{q} = 960 \quad \frac{4K_1h^2}{q} = 145 \text{ olur.}$$

Grafik 1 b de, sol taraftan 960 değeri ile sağdan 145 değeri bir doğru ile birleştirilir. Bu doğrunun $D=3$ eğrisini kestiği nokta, verilmesi icab eden L dren aralığı mesafesinin gösterir. Bu değer takriben 47,5 m. dir (Van

Beers, W. F. j. 1965). Bu grafiklerin geliştirilmesinde en büyük şeref Van Beers'e aittir. Grafik o kadar mükemmel bir şekilde tertiplenmiştir ki, "d" eşdeğer tabaka değerini otomatikman içersine almaktadır.

Faydalanılan Eserler

- 1- Alagöz, H., 1967 Kurutma ve Drenaj Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 123 pp: 52-60. İzmir.
- 2- Ayres, C. E. and A. E. Scoates, 1939. Land Drainage and Reclamation McGraw-Hill Book Inc. New York pp: 397-401.
- 3- Cook, A. L., 1962. Soil Management for Conservation and Production, John Wiley and Sons Inc. New York. pp: 10-25.
- 4- Dielemen, P. j., 1963. Urbarmachung der versalzten Böden in Iraq. Internationales Institut für Landgewinnung und Kulturtechnik. Wageningen - Niederlande pp: 85-86.
- 5- Richards, L. A. 1954. Ter: Necmi Sönmez. Tuzlu ve Sodyumlu Toprakların Teşhi ve Islanları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yay. No. 229. pp: 42-55.
- 4- Roe, H. B. and Ayres, Q. C., 1954. Engineering for Agricultural Drainage. McGraw-Hill Book Com. Inc. New York. pp: 373-381.
- 7- Sayan, B., 1966, Drenaj. Toprak Su Eğitim Merkezi - Tarsus. pp: 19-31.
- 8- Schilfgarde, j. and T. W. Edminster, 1955. The Yearbook of Agriculture. pp: 491-498.
- 9- Thorne, D. W. and Peterson, H. B. Irrigated Soils, The Blokiston Comp. Inc. New York. pp: 168-174.
- 10- U.S.D.A. 1944. A Manual on Conservation of Soil and Water. Agricultural Handbook No: 61, pp: 177-181.
- 11- Van Beers, W. F. j., 1962. Die Bohrloch-Methode. Internationales Institut für Landgewinnung und Kulturtechnik. Wageningen Niederlande.
- 12- ..., 1965. Tercüme: İnanet Berkman. Dren Aralıklarının Hesaplanmasına Ait Bazı Nomograflar. Atatürk Üniversitesi Basımevi-Erzurum. pp: 9-22.