

57421



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÜZENLİ KATI ATIK
DEPO ALANLARINDA
SIZINTI SUYU TOPLAMA SİSTEMLERİNİN
MATEMATİKSEL MODELLERLE TASARIMININ
İNCELENMESİ

Çevre Müh. Nurdan APAYDIN

F.B.E. Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Talha GÖNÜLLÜ

İSTANBUL

1996

Yıldız Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği
Yüksek Lisans Tezi

Bu çalışmanın yürütülmesinde büyük yardımlarını gördüğüm tez danışmanım Sayın Hocam Doç. Dr. M. Talha GÖNÜLLÜ' ye , yetişmemizde büyük emekleri bulunan Bölümümüzdeki diğerkıymetli Hocalarıma , tez çalışmam boyunca bana maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen arkadaşlarıma ve büyüklerime teşekkürü bir borç bilirim.

Nurdan APAYDIN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET	v
SUMMARY	vi
BÖLÜM 1. KATI ATIKLARIN DÜZENLİ DEPOLANMASI	1
1 GİRİŞ	1
1.1 KATI ATIK DEPOLAMA YÖNTEMİNİN AVANTAJLARI	1
1.2 DEZAVANTAJLARI	2
1.3 TASARIM ESASLARI	2
1.3.1 Saha seçimi	2
1.3.2 Yeterli büyüklükte alan	2
1.3.3 Taşıma mesafesi	3
1.3.4 Toprak cinsi ve topografya	3
1.3.5 İklimsel şartlar	3
1.3.6 Yüzey suyu hidrolojisi	3
1.3.7 Jeolojik ve hidrojeolojik şartlar	3
1.3.8 Yerel çevresel şartlar	3
1.3.9 Sahanın muhtemel kullanım amaçları	3
BÖLÜM 2. SIZINTI SUYU TOPLAMA SİSTEMLERİ	4
2 GİRİŞ	4
2.1 TEMEL YOL GÖSTERİCİ VE SONUÇLAR	4
2.2 ARAŞTIRMA VE GELİŞTİRME GEREKSİNİMLERİ	5
BÖLÜM 3. KONTROL ALTINDAKİ ÇÖP ALANLARI İÇİN SIZINTI SUYU TOPLAMA TASARIMI	10
3 GENEL BİLGİLER	10
3.1 SIZINTI SUYU TOPLAMA SİSTEMİNİN BİLEŞENLERİ	12
3.1.1 Kanal Boşluğu için Tasarımın Önemi	16
3.2 DRENAJ KANALI ARALIKLARININ TASARIMI İÇİN ANALİTİK FORMULLER	18

3.2.1	Düşük Permeabilite Tabakasının Tertibi	18
3.2.2	Sürekli Eğimli Tertip İçin Oluşturulan Formuller	19
3.2.3	Düz Eğimli Tertip	27
3.2.4	İniş-Çıkış eğimli Tertip İçin Formuller	29
3.2.5	Emniyet Soruları	32
3.2.6	İlave Tertipler	32
3.3	TABAKANIN ÖLÇÜM PERFORMANSI	33
3.3.1	Küme İçinde Kalma Süresi	33
3.3.2	Tutma Verimi	37
3.4	SIZINTI GİDERME ALTERNATİFLERİ	39
3.5	SİSTEM GÜVENİLİRLİĞİ VE BAKIM	39
3.6	SIZINTI ALMA SİSTEMLERİ	45
3.6.1-	Çok Bölümlü Tabaka/Drenaj modülü	45
3.7-	UÇ SIZMASININ ÖNLENMESİ	47
BÖLÜM 4.DEPO SAHASINDA SIZDIRMAZ DİZAYNI İÇİN MODELLEME		49
4.1	GİRİŞ	49
4.2	WONG METODU İLE YAPILAN MODELLER	49
4.2.1-	Yalaşım Modeli	49
4.2.2-	Wong Modeli İçin Sızıntı Toplama sistemi Analizleri	55
4.2.3-	Modelin Uygulama Sonuçları	66
4.2.4-	Alan Uygulaması	74
4.2.5-	Modelin Basitleştirilmiş Çözümlerle Karşılaştırılması	76
4.2.6-	Modelin Değerlendirilmesi	82
4.3-	DUPUIT METODU İLE HAZIRLANAN MODELLER	83
4.3.2-	Yaklaşım Metodu	84
4.3.3-	Doygun Derinlik Profili	87
4.3.4-	USEPA Formülüyle Karşılaştırma	88
4.3.5-	Pratik Uygulamalar	88
4.3.6-	Modelin Değerlendirilmesi	89
BÖLÜM 5. DOĞAL SİNDİRMELİ TOPRAK DEPOLARIN DİZAYNI		92
5.1-	GENEL BİLGİLER	92
5.2-	DİZAYN YAKLAŞIMI	92
5.3-	ANA SIZINTI PARAMETRELERİ	93
5.4-	KİRLETİCİLERİN SİNDİRME MEKANİZMALARI VE SIZINTININ ESAS ETKİSİ	94
5.5-	SİNDİRMEYE DAHİL OLAN TOPRAK HACMİ	95
5.6-	KİRLETİCİNİN SEYRELTİLMESİ	96
5.7-	DİZAYN KRİTERLERİ	98
5.8-	NUMUNE HESAPLAMASI	101
5.9-	MODELİN DEĞERLENDİRİLMESİ	102

**BÖLÜM 6. KONTROL ALTINDAKİ DEPO SAHASINDAKİ
HİDROLİK HESAPLARIN BİLGİSAYAR PROGRAMI İLE
ARAŞTIRILMASI**

104

6.1- TEMEL DENKLEMLERİN TÜRETİLMESİ

104

6.2- BİLGİSAYAR PROGRAMI İLE DİZAYN TASARIMI

113

6.3- PROGRAMIN ÇALIŞTIRILMASI

116

6.4- PROGRAMIN DEĞERLENDİRİLMESİ

118

SONUÇ

KAYNAKLAR

ÖZGEÇMİŞ



ÖZET

Bu çalışmada , katı atık depo sahalarındaki kontrolü sağlamak amacıyla , sızıntı suyu toplama sistemlerinin dizaynına ait araştırmalar ve araştırma sonuçlarından çıkarılmış olan alternatif modeller sunulmuştur.

Birinci bölümde konuya genel bir giriş yapıp, çalışmanın amacı üzerinde durulmuştur.

İkinci bölümde sızıntı suyu toplama sistemleri incelenmiştir.

Üçüncü bölümde kontrol altındaki çöp alanları için sızıntı suyu toplama sistemi dizayn parametreleri tesbit edilmiş ve modellemeler için kabuller araştırılmıştır.

Dördüncü bölümde,düzenli depo sahasında sızdırmazlık için diğer modeller sunulmuştur.

Beşinci bölümde doğal sindirmeli toprak dolguların dizaynına ait hesaplar yapılmıştır.

Altıncı bölümde McBean modeli esas alınarak yapılan sızıntı suyu toplama dizayn kriterleri bilgisayar programı ile çözülmüştür.

SUMMARY

In this study , manage to control in solid waste landfill were presented . Leachate Collection Design models.

In the first and second chapter , a general review of the subject and its significance were presented.

In the third chapter ,modeling for design parameters of landfill bottom liners were researched and this parameters were used for leachate collection system design.

In the fourthchapter,present alternative models for leachate collection design were given.

In the fifth chapter , design of naturel attenuation landfill were made.

In the sixth chapter , for calculation landfill liner hydraulics of landfill liner were researched McBean's model . This model was calculatoned by computure.

BÖLÜM 1

KATI ATIKLARIN DÜZENLİ DEPOLANMASI

1- GİRİŞ

Başta büyük şehirlerimiz olmak üzere , pek çok yerleşim merkezimizde katı atıklar," çöplük " denilen alanlara gelişi güzel bir şekilde dökülüp kendi hallerine bırakılmaktadır. Bazı kentlerimizde ise bu atıklar tamamen kontrolsüz olarak denize dökülmektedir. Bu tür ilkel uygulamalar estetik kirlenmenin ötesinde bir çok tehlikeli sakıncalar taşımaktadır.Son 10-20 yılda şehirleşme / endüstrileşme sonucunda kirletici maddelerin yoğunluğunda artış meydana gelmesi nedeniyle,katı atıkların kontrolsüz çöplükler yerine, mühendislik kurallarına göre projelendirilmiş metodlarla bertaraf edilmesi gerektiğini ortaya çıkarmıştır.Rastgele dökülen çöpler canlılar için hastalık yapıcı ve taşıyıcı olmaya çok müsait bir üreme ortamıdır. Ayrıca uygun kriterler göz önünde bulundurulmadan gelişigüzel seçilmiş sahalara yığılan çöplerden kontrolsüz bir şekilde yayılan tozlar , sızıntı suları ve gazlar çevreyi tehlikeli ölçülerde kirletir.

Katı atıkların çevreyi mümkün olduğu kadar kirletmeden imha edilmesi için değişik teknolojiler geliştirilmiştir. Bu yöntemler içinde en yaygın olarak kullanılanları yakma , kompostlaştırma ve düzenli depolama olarak sayılabilir. Bunlardan da sadece düzenli depolama nihai bir çöp uzaklaştırma yöntemidir. Zira yakma ve kompostlaştırma gibi teknikler geriye nihai olarak bertaraf edilmesi gereken kalıntılar bırakır.

Genel olarak , düzenli depolama ; katı atıkların titizlikle seçilmiş ve hazırlanmış bir alana sistemli olarak yayılıp üzerlerinin toprakla örtülmesinden ibarettir. Ayrıca uygun arazilerin bulunması şartıyla bu yöntem en ekonomik ve en kolay imha seçeneğidir. Düzenli depolama yönteminin avantaj ve dezavantajları özet olarak şu şekilde sıralanabilir.

1.1- KATI ATIK DEPOLAMA YÖNTEMİNİN AVANTAJLARI

- 1) Uygun arazi bulunduğu takdirde ekonomik bir yöntemdir.
- 2) Ön yatırımı nisbeten en az olan yöntemdir.
- 3) Nihai imha metodudur.Her türlü çöp için uygulanabilir.
- 4) Esnek bir metoddur. Katı atık miktarına göre kapasite kolaylıkla artırılabilir.
- 5) Kullanılan araziden , bazı diğer maksatlar için de istifade edilebilir.

1.2- DEZAVANTAJLARI

- 1) Kalabalık yörelerde , ekonomik taşıma mesafesi içerisinde uygun yer bulmak mümkün olmayabilir.
- 2) Yerleşim yerlerine yakın depo alanları için , halkın muhalefeti ile karşılaşılabilir.
- 3) Tamamlanmış depo alanlarında göçük ve yerel çökmeler olabileceğinden devamlı bakımı gereklidir.
- 4) Sıvı ve gaz sızıntıları , kontrol edilmezse , tehlikeli durumlar ortaya çıkabilir.

Düzenli depolama tesislerinin tasarımı ve uygun bir şekilde çalıştırılması bilimsel metodlar kullanılarak, mühendislik ve ekonomik prensiplerin uygulanması ile mümkündür ve öğeleri arasında ; (1) sahanın seçimi , (2) düzenli depolama metodları , (3) tamamlanmış depo alanlarında oluşacak reaksiyonlar , (4) gaz ve sıvı sızıntılarının kontrolü , (5) tasarım ve operasyon ile ilgili hususlar yer almaktadır.

1.3- TASARIM ESASLARI

1.3.1- SAHA SEÇİMİ

Düzenli depolama yapılacak sahanın seçiminde etkili olan faktörler şunlardır.

- 1) Kullanılabilir yeterli büyüklükte bir alan,
- 2) Taşıma mesafesi,
- 3) Toprak cinsi ve topografya
- 4) İklimsel şartlar
- 5) Yüzey suyu hidrolojisi
- 6) Jeolojik ve hidrojeolojik şartlar
- 7) Yerel çevresel faktörler
- 8) Sahanın tamamlandıktan sonra muhtemel kullanım amaçları

Bu faktörler uygun olmayan sahaların belirlenebilmesinde bir ön çalışma teşkil etmektedir. Bu çalışmadan sonra, kesin seçim ekonomik analizler ve çevresel etki değerlendirilmesiyle yapılacaktır.

1.3.2- YETERLİ BÜYÜKLÜKTE ALAN

Türkiye'de kişi başına çıkan günlük çöp miktarı ortalama olarak 1-1.5 kg olarak alınabilir. Bu varsayımla 3 m yükseklikte bir düzenli depolama yapıldığında 1 yılda 50.000 kişilik bir yerleşim yeri için gerekli depo alanı 20-25 dönüm kadardır. Bu alan gerekli yollar ve diğer yan ihtiyaçlar göz önüne alındığında % 20-30 daha da artmaktadır. Düzenli depolamada kullanılacak sahanın büyüklüğü yerleşim yerinin ihtiyacını enaz 1 yıl karşılayabilecek kapasitede olmalıdır. Aksi takdirde maliyet artmaktadır.

1.3.3- TAŞIMA MESAFESİ

Taşıma mesafesi , yer seçiminde etkili bir faktördür.Mesafenin az olması diğer şartların da sağlanması halinde , arzu edilen bir durumdur.

1.3.4- TOPRAK CİNSİ VE TOPOGRAFYA

Sıkıştırılan çöp yığınlarının üzeri sürekli toprak ile örtüleceğinden yöredeki toprak cinsi ve miktarının bilinmesinde fayda vardır.Kurulması planlanan depo sahasının altındaki toprağın kullanılması düşünülüyorsa jeolojik ve hidrojeolojik araştırmalar yapılır. Örtü için başka yerden toprak getirilmesi gerektiğinde ise sondaj vasıtasıyla toprak cinsi ve miktarı hakkında bilgi toplanır.

1.3.5- İKLİMSEL ŞARTLAR

Rüzgar durumu başta olmak üzere diğer meteorolojik şartlar depo sahası seçimi için önemlidir. Şiddetli don olan yerlerde örtü malzemesi önceden stok edilmelidir.

1.3.6- YÜZEY SUYU HİDROLOJİSİ

Depo alanı seçiminde yüzey suyu hidrolojisi ve arazinin sel yatağında olup olmadığının bilinmesi önem taşımaktadır.

1.3.7- JEOLJİK VE HİDROJEOLJİK ŞARTLAR

Arazinin düzenli depolama için uygun olup olmadığının saptanmasında çok önemli faktörlerdir. Zira sıvı ve gaz sızıntılarının yeraltı su kaynaklarını kirletip kirletmeyeceği bu faktörlerin incelenmesiyle belirlenir.

1.3.8- YEREL ÇEVRESEL ŞARTLAR

Düzenli depolama sahaları yerleşim bölgelerine yakın bölgelerde seçilebilir.Ancak bu taktirde düzenli depolama esnasında, gürültü,koku,toz ve haşere gibi çevresel etkilere çok sık rastlanabilir.

1.3.9- SAHANIN MUHTEMEL KULLANIM AMAÇLARI

Düzenli depolamanın diğer bir avantajlı yönü, kullanılan arazi daha sonra başka maksatlar için tekrar kullanılabilir.

BÖLÜM 2

SIZINTI SUYU TOPLAMA SİSTEMLERİ

2- GİRİŞ

ABD 'de 1984 yılında yürürlüğe giren yönetmelikler minimum teknolojik gereksinimlere ön hazırlık olarak, tehlikeli atıklardan kaynaklanacak sızma ve bunların yayılması gibi önemli konular göz önünde bulundurularak ,kaynakları koruma ve geri kazanma ile ilgili yönetmeliklerde değişiklikler yapılması gereğini ortaya çıkarmıştır.

Her ne kadar sızıntı suyu toplama sistemi (Leachate Collection System,LCS) ile ilgili birçok teorik bilgi olmasına rağmen ,LCS'in yapımında ve dizaynında faydalanılan kolaylıklar, LCS'in performansına ait uygulama sonuçları ile ilgili yeterli derecede bilgi bulunmamaktadır. Eğer tarımsal drenajın oluşması için kullanılan makinalar depo sahalarındaki toprak dolumu için de kullanılabilirse LCS'in hazırlanma daha yüksek olacaktır.Böylece uygulamalardaki artış ile LCS hakkında daha hızlı ve gerçek bilgilere sahip olunabilecektir.

Şu ana kadar elde edilen deneyimler ve son çalışmalar daha önceki araştırmaların tekrarıdır. Sızıntı suyunda eni yi performansı sağlamak için, atık uzmanları ve mühendisler dizayn ve çalıştırma faktörlerini belirleyip, literatür için temel yol gösterici faktörleri oluşturmaktadırlar.

2.1- TEMEL YOL GÖSTERİ FAKTÖRLER VE SONUÇLAR

1) Tehlikeli atık depolama sahalarının sızıntı suyu toplama sistemleri hakkında çok az işletme deneyimleri mevcuttur. Bu konu genel olarak yeni ortaya çıkan mühendislik alanlarını ilgilendirmektedir. Sızıntı suyu toplama sistemleri ile ilgili ortaya çıkabilecek problemler, dizayn sırasında meydana gelen yapısal bozukluklara , işletme sırasındaki kontrollerin ve gerekli bakımların zamanında yapılmamasına bağlıdır..

2) Sızıntı suyu toplama sistemi ile ilgili gerçek veya potansiyel problemler, önleyici çözümler ortaya koyabilir. Örneğin yapım esnasındaki yağış/sızma (QA/QC) oranının yeterliliği ve çalıştırma kontrolleri gibi.

3) Sızıntı suyu sistemindeki etkiyi azaltmak, sızıntı kontrol sisteminin kapasitesini düzenlemek ve sızıntının potansiyel artışını en aza indirmek için literatürdeki dizayn ve araştırma kontrollerinden yararlanılabilir. Sızıntı yönetiminin kolay işlerliğini sağlamak için gereken dizayn ve çalıştırma esasları sırayla Tablo2.1. ve Tablo 2.2 de verilmiştir.

4) Sızıntı toplama ve taşıma borularının düzenli kontrol edilmesi, tortulaşma ve kırıntılar yüzünden geçiş noktalarında akımın azalmasını önlemek için

geleneksel şekilde lağım borularında olduğu gibi yıkama yapılmalıdır. Bu nedenle kısa aralıklarla boruların bakımı ve temizliği yapılmalıdır.

5) Tekrarlanan ölçümler için engeller oluşturulmalıdır. Örneğin; sızıntı toplama ile ilgili deneyler tekrarlanacaksa toplama sistemine geçişte kum parçaları kullanılarak geçişler önlenir.

2.2- ARAŞTIRMA VE GELİŞTİRME GEREKSİNİMLERİ

Daha öncede bahsedildiği gibi sızıntı suyu toplama sisteminin uzun süreli kullanımı ile ilgili günümüzde yeterli bilgi mevcut değildir. Çünkü bazı sistemler henüz uzun vade için deneme aşamasındadır.

Bu konuda detaylı verilere sahip olunmak istenmesinin sebebi ise yeni dizayn edilecek sızıntı suyu sistemlerinin en uygun şekilde tasarımının sağlanmasıdır.

TABLO 2.1- Sızıntı Yönetimi Açısından Yapı Performansını Geliştirecek Tasarımla İlgili Hususlar

Dikkate alınacak hususlar (1)	Hedef (2)	Açıklama/Yorum (3)
Aşamalı tasarım	Daha hızlı ve kuru bir doldurma işlemi; daha önceki tasarım deneyimlerinin kullanılması; alan/birim oranının düşük olması riskinin azaltılması ve düzeltme işleminin daha düşük maliyetle gerçekleştirilmesi.	Hücreli tasarımla yapılan dizayn, birkaç yıl içerisinde doldurulup üzeri kapatılan aktif alan boyutlarını sınırlar, böylece, kurutulmak üzere pompalanan sızıntı suyu kısa olan aktif hayatı boyunca kontrol edilmiş olur.
Kaplama tasarımı ve alt yüzeyin suyla kesişmesi.	Sızmayı minimize etmek	Kapalı hücreye çok az veya hiç su sızması için kaplama tasarımı yapılır. Böylece atık yerleştirilmesi sırasında su giriş yerine pompalanacak sızma sınırlandırılır; yeraltı sularının dreneajlarla kesişmesi için alt yüzey kullanılır. Yağmur sularının uzaklaştırılması için uygun bir yüzey drenajı yapılır.

Ayrı karakterdeki atıksuların atılması çoklu hücre tasarımı	Daha iyi bir işletme kontrolü sağlamak.	Belirli daldırma hücre veya alanlarını belirli atıklara veya atık çeşitlerine ayırmak ve belirli atık özelliklerine göre işletme yapılması.
LCS için drenaj yatağı olarak drenajın içinden geçen atıklardan etkilenmeyen malzeme kullanılması	Sızıntı ile reaksiyona girmesinin önlenmesi.	Bazı eski yerlerde yataklama malzemesi olarak kırılmış kireç taşı kullanılır. Kireç taşının kullanımı çimentolaşmayla sonuçlanmıştır. Ve asidik sızıntı ile reaksiyondan dolayı katı bloklar oluşmuştur.
Özel olarak üretilmiş boru bağlantıları 6 inch veya daha büyük borular ve stratejik yerlerde temizleme girişleri kullanın.	Boruların bakımı için TV kameralarının kullanılması dahil ,giriş kontrolünün sağlanması.	Özel durumlara bağlı olarak özel üretilmiş boru bağlantıları, birbirine geçebilen borular kullanılır. (perfore boruların yerine). Bağlantılarda keskin köşelerin yerine yuvarlatılmış köşelerin kullanımı borulara ulaşımı ve bakımı kolaylaştırır.
Muayene bacalarının üzerine kapak koymak.	Giriş hatlarının tıkanmasını engellemek.	Bu çıkışlar kapalı tutulmadığı sürece rüzgarla gelen maddeler borulara girebilir ve akışı engeller. Bu birçok bölgede hidrolik kapasitenin korunması için boruların temizlenmesini gerektiren problem kaynağıdır.
Toplama borularında trafik yükü	Trafik yükünden dolayı boruların çökmesi olasılığını en aza indirmek	Trafik yükünü toplayan boruların kullanılmaması için yapı tasarımı (ve işletimi).

Otomatik olarak sızıntının pompa- lanması	Doldurma bölgesinde sızıntı birikmesini engellemek.	Seviyeli olarak harekete geçirilebilen sızıntı pom- palama sistemi kullanılır. Böylece drenaj sisteminin tıkanma olasılığı en aza indirilir.
Değişik hücrelerden gelen sızıntıların birleştirilmesine karşılık ayrı pom- palama	Maliyeti düşürmek pompa bakımını kolay- laştırmak (birleşik pom- palama) daha iyi kont- rol sağlar (ayrı pompa- lama)	Uygun olduğu varsayıla- rak değişik hücrelerden gelen sızıntı ortak bir toplama kanalına yönlendirilebilir.
Geotekstillerin kullanımı	Filtre veya ayırıcı ola- rak kullanmak	Drenaj çukurlarındaki granüle malzemeyi kap- lamak için geotekstiller kullanılır.
Boruların donması- nın önlenmesi	Soğuk iklimli bölgelerde kışın donmadan dolayı akışın kesilmesini en- gellemek.	Sızıntının ayrılmasında yeraltı boruları kullanılır; taşıma borular uygun der- rinliğe yerleştirilir.
Uygun eğim ve koruyucu kaplama	Yan eğimlerden kilin yıkınmasıyla aşınma- sını engellemek.	Uygun yan eğimler kulla- lır ve koruyucu kaplama yerleştirilir.

TABLO 2.2- İşletme İle İlgili Sızıntı Yönetim Problemleri ve
"UygulanabilirTasarım Dışı" Koruyucu/Düzeltici Tedbirler

Sorunlar	Nedenler	Uygulanabilir koruyucu/düzenleyici tedbirler
Sızıntı fazlası	Sıvı atıkların kabülü	Doldurma bölgesine sıvı kabul edilemez; sıvı atıklar katılaştırılır veya yerleştirmeden önce emicilerle karıştırılır.
	Sızma	Yağmur suyunun uzaklaştırılması ve aktif bölgeye giren yağmur suyunun tahliyesi; işletim sırasında geçici kubbe ve çatılar kullanılır.Günlük kaplama için toprağın yerine tarp veya benzer bir malzeme geçici olarak kullanılır, kapatmadan sonra uygun kaplama bakımını yapılır.
Sızıntı yığılması	Düşük geçirgenlikli atıkların yanlış kullanımı.	Kaynak kontrolü (sorun yaratan atıklar ön işleme tabi tutulur veya kabul edilmez);sorunlu atıklar üste yakın yerleştirilir.
	Düşük geçirgenlikli malzemenin ara kaplama olarak kullanılması.	Killi topraklar veya düşük geçirgenlikli atıklar ara kaplama olarak kullanılmaz; kum veya diğer geçirgen malzemeler ara kaplama olarak kullanılır.
LCS tıkanması	Drenaj malzemesinin ince parçalar ve çöktürler tarafından tıkanması.	Kaynak kontrolü (sorun yaratan atıklar ön işleme tabi tutulur veya kabul edilmez).

	Çamurlanma, kimyasal ve biyolojik birikmeden dolayı ve rüzgarın getirdiği parçaların, çıkış kapakları örtülü olmadığı zaman boruya girerek tıkamaları.	Koruyucu bakım (yıllık temizleme), boruların değiştirilmesi
Drenaj borusunun çökmesi	Çok fazla trafik yükü	Trafik yeniden düzenlenir, kırılan borular yeniden değiştirilir.



BÖLÜM 3

KONTROL ALTINDAKİ ÇÖP ALANLARI İÇİN SIZINTI SUYU TOPLAMA TASARIMI

3- GENEL BİLGİLER

Depo alanlarında katı atıkların çevresel etkileri nedeniyle uygun şekilde dizayn edilmesi gereği yeni kriterlerin oluşumunu hızlandırmıştır. Depo sahalarında katı atıkların serilmesi ile başlayan reaksiyonlar sonucunda oluşan ürünler ve serbest nem bertaraf sahası limitlerini aşmamalıdır. Depo sahasından oluşacak sızıntı suyu ve gazın kontrolsüz bir şekilde sahadan uzaklaşması önlenmelidir.

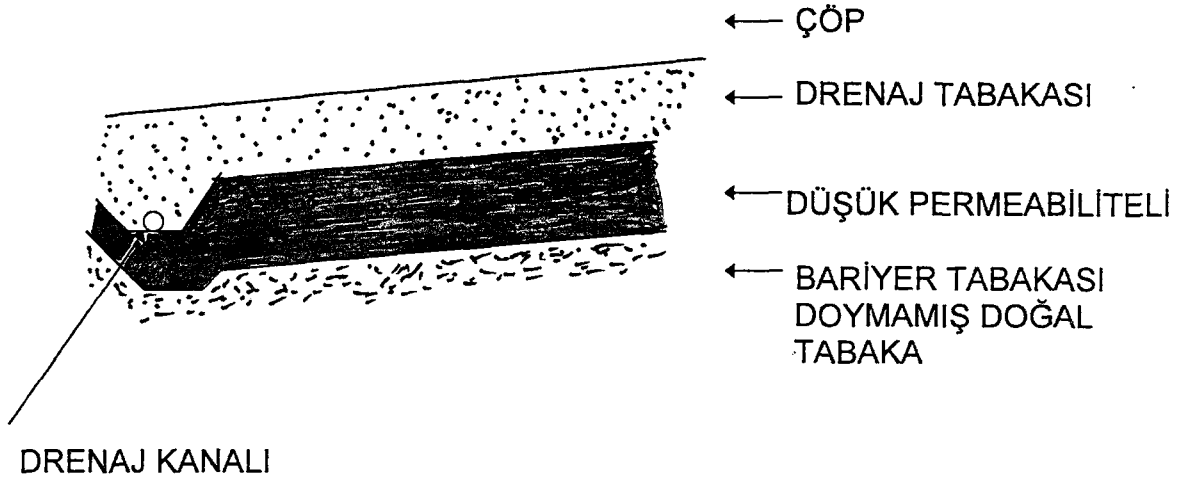
Kontrol tesislerinin asıl bileşeni sızıntı suyu toplama sistemleridir. Sızıntı suyu toplama sisteminin amacı , oluşan sızıntı suyunu arıtma veya alternatif bir düzenleme için biriken sızıntı derinliğini hesaplama yada düşük permeabiliteli tabaka üzerindeki doymuş su seviyesini azaltmaktır.

Sızıntı suyu toplama sistemi , her biri değişik görevde ayrı bileşenler içerebilir. Sızıntı suyu toplama sistemi kendiliğinden çok bileşenli bir sistemdir. Dren altı sistemi ve dış yüzey sistemi olarak adlandırılan iki ana sızıntı suyu toplama sistemi gerekebilir.

Dren altı sistemi ilk olarak depolama için gereklidir. Asıl görevi depodan sızmanın uzaklaştırılmasını sağlamak için drenaj sisteminden ibaret olarak inşaa edilir.

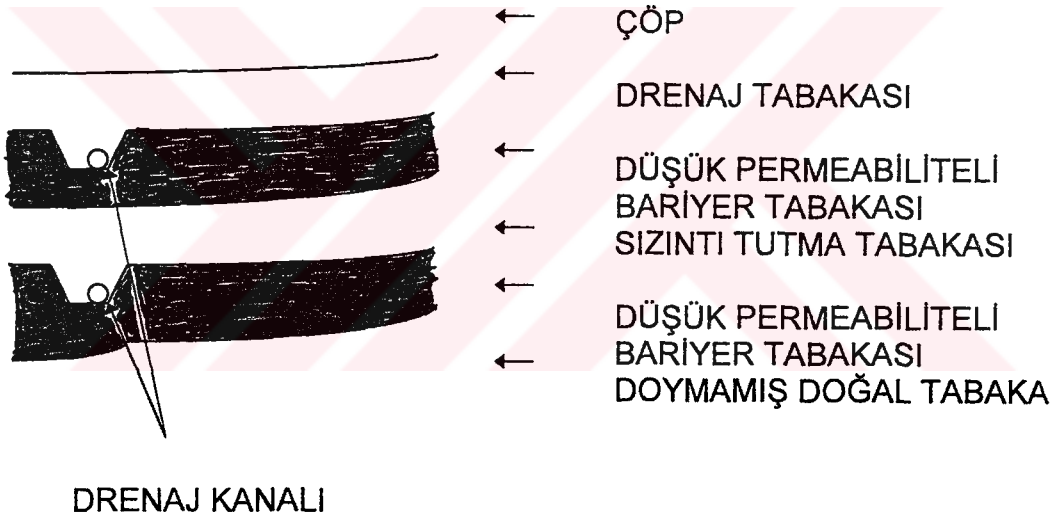
Dış yüzey sistemi depolama olarak tanzim edilen alanın kenarlarının etrafında inşa edilerek depo ile dış yüzey sistemi arasındaki sızıntının kontrol edilmesi sağlanır. Dış yüzey sistemi depo alanı oluştuktan sonra kurulabilir ve sızıntının kontrolünü önemli ölçüde gerçekleştirdiği için yaygın bir şekilde kullanılır. Çoğunlukla tartışmaların odağını dren altı sistemini dizayn etmek oluşturmaktadır.

Drenaj altı sistemi veya basitçe sızıntı suyu toplama sistemi olarak kabul ettiğimiz dren altı sistemi yüksek geçirgenlikli granül malzemenin dren tabakasını oluşturmasından ibarettir. Şekil 3.1 (a) ve (b) de gösterildiği gibi akımı drenaj kanallarına yönlendirip toplar. Sızıntı suyu toplama sistemi işlemi için altta düşük permeabiliteli bir tabaka olmalıdır. Daha ayrıntılı bir şekilde incelendiğinde iki tabaka arasına eğimli olup, düşük permeabiliteli bariyer tabakasını , drenaj tabakası ise yüksek permeabiliteli granüler malzemeden oluşan sızıntı suyu oluşum tabakasını ve diğerleri ise aynı şekilde eğimli , düşük permeabiliteli bariyer tabakası ile geniş bir drenaj sistemini içerir.



(a) Basit bir toplama sistemi

ŞEKİL 3.1- Tipik bir sızıntı suyu toplama sistemi



b) Daha karmaşık bir toplama sistemi

ŞEKİL 3.1- Tipik bir sızıntı suyu toplama sistemi

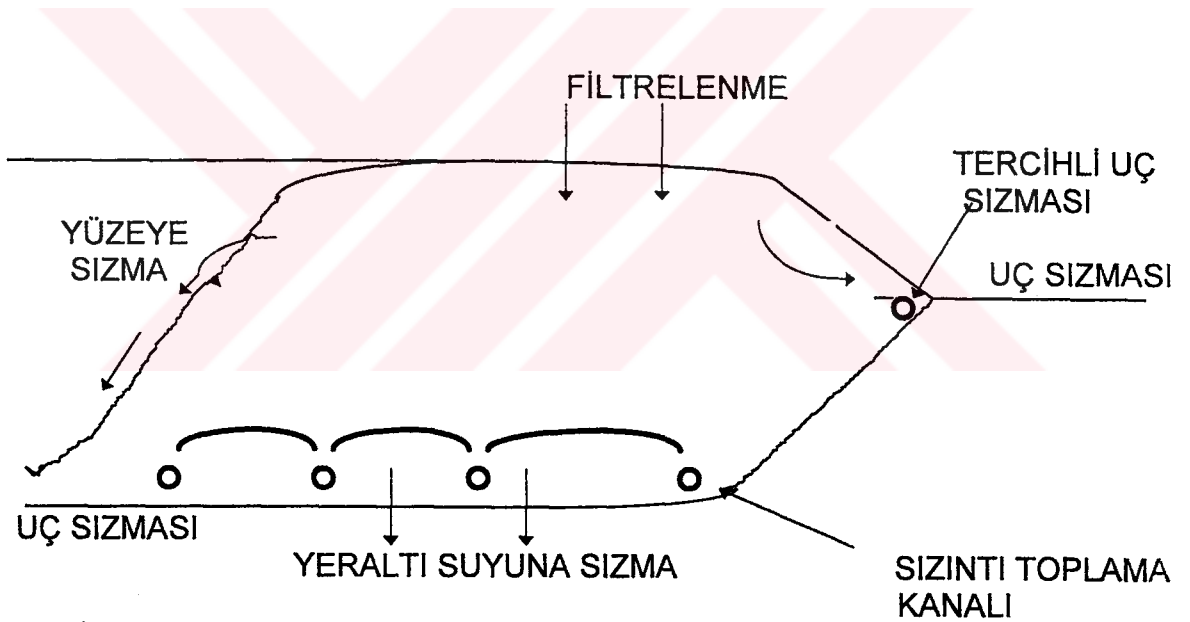
Böylece sızma , düşük permeabilite sınırlarında, çöpün içinden doymamış bölgeye doğru dikey akımın yavaşlatılması ile önlenebilecektir. Depo altındaki tabakalar eğimlendirilerek ve yanal akış drenaj tabakası boyunca kolaylıkla sağlanacaktır. Bu şartlar sağlandığında dokunulmamış doğal malzemeye doğru sızmanın depodan aşağıya dikey olarak süzülmesi minimum miktarda olacaktır.

Sızma, düşük permeabiliteyle nerede karşılaşılırsa , sızmanın doymuş bölgedeki derinliği gelişecektir. Böylece sızıntı suyu akışı drenaj tabakası boyunca hidrolik gradyent tarafından idare edilecektir. (Hem toprak yığını hemde çöpün yüksekliği yeterli ise)

Sızıntı suyu toplama sistemine deşarj ile önceki deneyimlerle ortaya çıkan sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- 1) İlk deşarj , sızıntı suyu toplama sistemine akış,
- 2) Düşük permeabiliteli malzeme içerisinde alta sızma ,
- 3) Depoda çöp yüzeyinden içeriye sızma ,
- 4) Hepsinin kombinasyonu ,

Şekil 3.2 sızmanın çeşitli yönlerini göstermektedir.



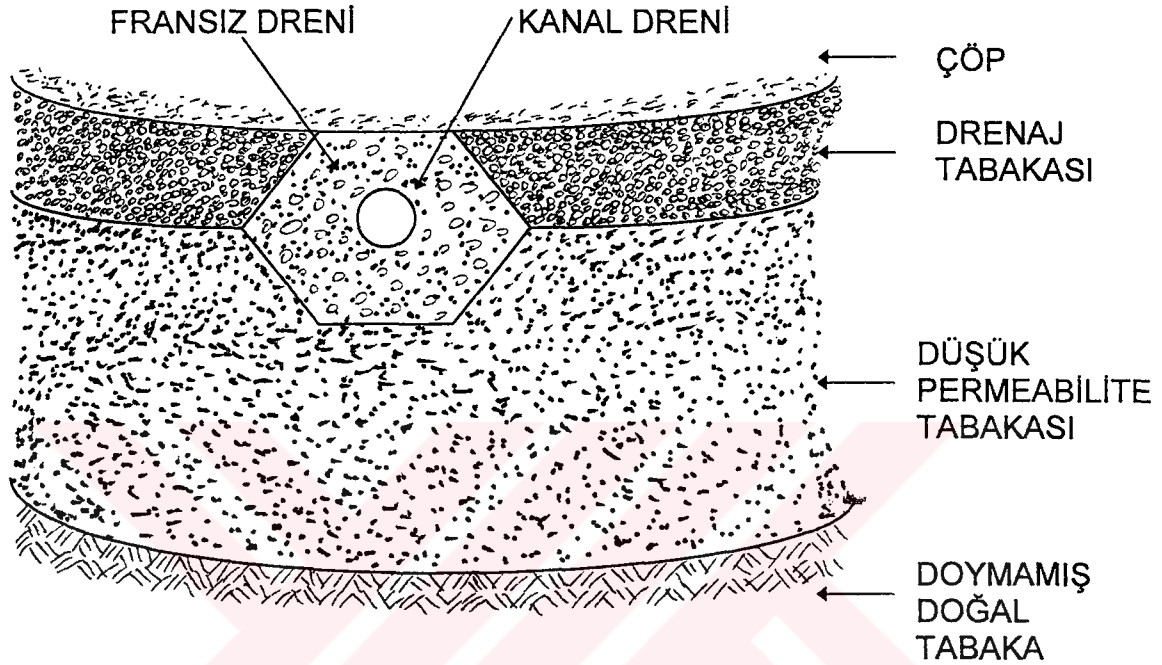
ŞEKİL 3.2- Sızıntı suyunun değişik yollardan deşarjına ait kesit.

3.1- SIZINTI SUYU TOPLAMA SİSTEMİNİN BİLEŞENLERİ

Sızıntı suyu ilk olarak ,toplama sistemine ulaştığı zaman drenaj tabakasının içinden aşağı doğru akarak üst yüzeyindeki tabaka sınırını aşar. Sızıntı suyu üstteki tabaka yüzeyinde havuzcuklar oluşturmaya yada toplanmaya başlar ve drenaj tabakasının aralıklarını doldurur. Sızıntı suyu drenajı yatay olarak toplama

borularına doğru drenaj tabakası içinden cazibe ile akmaya başlar ve doymamış tabakaya doğru süzülür.

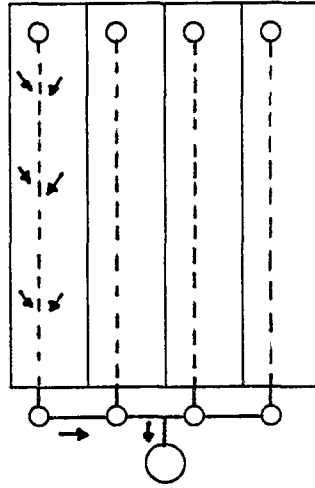
Drenaj etrafındaki gruplaşma ile ilgili detaylar Şekil 3.3 ' de gösterilmiştir. Şekilde düşük permeabiliteli tabaka içinde tutulabilen veya tutulamayan drenaj kanalı, borunun yetersiz kalması yada sızmanın bir engelle karşılaşması sonucunda kullanılan fransız drenajı basit bir uygulama halinde gösterilmiştir. Çakıl ile yapılan drenaj tabakası, drenaj kanalı içerisine düzenli bir kapasitede akım taşımada sızıntıyı iletecek hidrolik kapasiteye sahiptir.



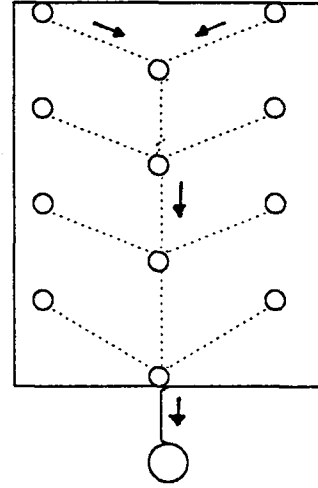
ŞEKİL 3.3-Toplama kanalı ve etrafındaki bileşenleri

Diğer bileşenler depo sahası ve sızıntı tesbiti ile ilgili ilave durumları yada ilave masrafları ihtiva içerir. Gerçekte sızıntı suyu toplama sisteminin maliyeti mutedil büyüklükte depo sahaları için milyarlarca dolar olabilir.

Sızıntı suyu toplama kanalları değişik tarzlarda oluşturulabilir. Şekil 3.4 ' de iki değişik tipi gösterilmiştir. (stecker , 1992) Şemalar üzerindeki daireler , temizleme noktalarını işaret etmektedir.



(a)



(b)

ŞEKİL 3.4- Sızıntı suyu toplama boru ağı örnekleri.

Yerçekimi vasıtasıyla boşaltma, bir başka deyişle drenaj , bir yada daha fazla yerleşim alanları içindir. Bu yerleşimlerden sızıntı suyu, daha sonra tanımlanacak yol vasıtasıyla giderilir. drenaj tabakası için ise çakıl malzemesi kullanılır.

Yüksek permeabiliteli çakıl malzemesinden ibaret olan drenaj tabakası , atık sızıntı suyunu, toplama sistemine ve kil tabakası üzerinde biriken sıvıyı toplayıcı dren borularına iletilirken , gelişigüzel eğimlendirilmiş hat üzerinde yol alırken üniform ve süreklilik sağlar. Uygulamada tipik olarak , malzemenin hidrolik iletkenliği minimum 10^{-3} cm/sn, istenen ise 10^{-2} cm/sn'dir.

Drenaj tabakasının granüler malzemesi, ince malzemeyi gidermek için ön yıkamaya tabi tutulmalıdır. Malzemeler üzerindeki şartlar öyle belirgindir ki ,örneğin kireç taşı esaslı kum orta drenaj içinde faydalı olmaz. Çünkü sızıntı suyunun asidik pH şartlarında olması halinde son çökelmeyi takiben oluşacak çözünme ve kaya/çakıl ortamında oluşan tabaka nedeniyle tehlikelidir.

Kimyasal çökeltme , uzun permeabilite süresince ciddi sorunlara sebep olabilir.Ön yıkamalı doğal çakıl genellikle uygun bir drenaj tabakasıdır. Sızıntı suyu drenaj örtüsü tamamlandığında,sistemin zarar görmesini engellemek ve bir filtre gibi davranan drenaj tabakasının pıhtılaşmasını önlemek için üzerine son örtü olarak 0.7m (2ft) kalınlığında ince toprak veya çöp yerleştirilir. Sızıntı suyu toplama sisteminin her bir bileşeni ve görevleri Tablo 3.1'de özetlenmiştir.

TABLO 3.1- Sızıntı toplama sisteminde her bir bileşenin rolü ve düşük permeabilite takası

SİSTEM BİLEŞENİ	AÇIKLAMA
Bariyer tabakası	Çok düşük permeabiliteli sentetik yada doğal toprak tabakasıyla sınırlayarak sızının dikey yöndeki akımının kontrolünü sağlar.
Drenaj tabakası	Yüksek permeabiliteli çakıl malzemeli drenaj tabakası ; yanal akışla sıvıyı dren borularına toplar. Tabakada sızıntının atıktan uzaklaşması ile atık ve sızıntı suyunun temas süresi azalır. Enaz 30 cm (12 inc) kalınlıkta ve minumum hidrolik iletkenliği 1×10^{-3} cm/sn olmalı.
Eğim	Yana doğru akımı sağlamak için en alttaki eğim , uzun vadeli çökeltmeden sonra min. %2 olmalıdır.
Fransız drenleri ve kanalları	Kanal drenajı ile için yönlendirilen ve toplanan sızıntı suyu miktarını maximize eder.Fransız drenajında kullanılan malzeme köşeli çakıl ise yuvarlaklaş- tırılmalı ve üniformalık katsayısı 4 den az max. malzeme çapı 2 inç olmalıdır. Sızıntı kanal drenajı hazırlanırken borunun üstünde min. 15 cm (6 inc) 'lik bir çakıl derinliği oluşturulur.Tipik drenaj borusu 2 ve 10 saatteki durumlara göre 2 yada daha fazla sıralı deliklerden meydana gelir. Tipik olarak uygulanan min. kanal eğimi % 0.5 ve minumum çap 6 inç'dir.
Filtre tabakası	Granüler yada sentetik olup,drenaj tabakasının üstünde kullanılır ve pıhtılaşmayı önler. Filtre tabakası (granü (ler yada sentetik) drenaj tabakasının üzerinde sıkça kullanılır ve drenaj

tabakası içerisinde ince malzemenin geçişindeki potansiyeli azaltmak için yapılır.

Çöp

Hidrolik iletkenlik $1 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ ndir. Bu değer ince taneli öğütülmemiş çöpün tipik değeridir.

3.1.1- KANAL BOŞLUĞU İÇİN TASARIMIN ÖNEMİ

Çöpün içerisinde filtreleme ile oluşan sızıntıyı , bariyer tabakası üstünde oluşan sızıntı kümesi kabul etmez. Bu kümenin yüksekliğini kontrol etmek için sızıntı suyu toplama sistemi kullanılır. Eğer toplama kanalları kullanılırsa sızıntı kümelenmesi kanallar arasında meydana gelecektir. Bu nedenle dizayn yapılırken, sızıntı suyu bileşenleri arasındaki ilişki kontrol edilmelidir.

Dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır ;

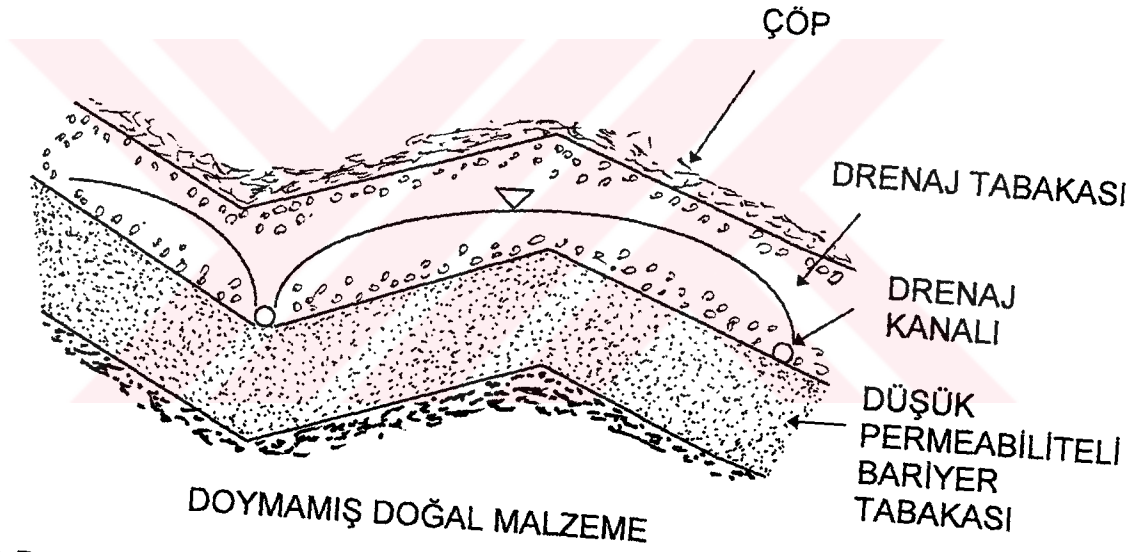
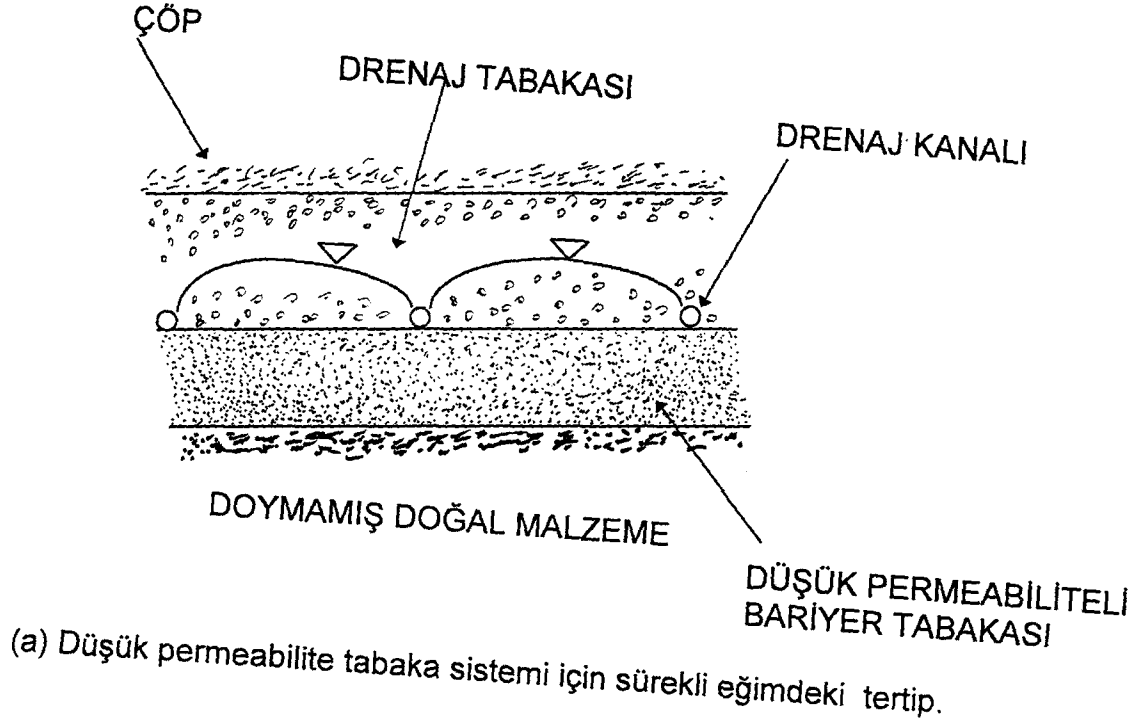
- 1) Bariyer tabakası üzerindeki sızıntı suyu değişiminin veya akım oranının sınırı aşması ,
- 2) Kanallar arasındaki mesafe ,
- 3) Tabakanın eğimi ,
- 4) Drenaj tabakasının hidrolik geçirgenliği ve kalınlığı.

Eğer kanallar çok geniş mesafelerle ayrılırsa , sızıntı suyu birikimi çöpün içine doğru yükselme gösterecektir. Birikimin yüksekliğinin genişlemesi sonucunda, hidrolik gradyent oluşumu artar. Düşük permeabilite tabakası içerisinde olan sızıntı suyu akışı artar (sızmanın tutulma verimine bağlı olarak azalır).

Sızıntı suyu miktarında önemli olan , kümelenme prosesi kontrol edilemez bir şekilde sürerse, tabakadan göç meydana gelecektir. Bu göç yeraltı suyuna doğru olacağından, yeraltı suyuna doğru kirli akışta büyük bir artış söz konusudur. Buna ilaveten eğer kümelenme derinlikleri fazla olursa dış yüzeye yada depo sahasının eğimli kenarına doğru sızıntı oluşabilir. Buda yüzey sularının kalitesini etkiler , koku artışı ve lokal ekolojiye etkilerle sonuçlanır.

Toplama noktasına doğru olan akış, yeraltı suyunun yüzey gradyentinden dolayı önem kazanmaktadır. Yüzey profili , tabaka ve drenaj kanalının şekliyle değişiklik gösterecektir.

Şekil 3.5'de iki değişik tipte ve tabaka eğimindeki şekiller için bitişik kanallar arasındaki sızıntı kümelenmesi gösterilmiştir.



ŞEKİL 3.5- Tabaka sistemlerinde sızıntı suyu kümelenmesi.

3.2- DRENAJ KANALI ARALIKLARININ TASARIMI İÇİN ANALİTİK FORMÜLLER

Aşağıdaki kısımlarda geliştirilen matematiksel modeller , yeni tasarımların hesaplanmasında önemli metodların geliştirilmesine yardımcı olacaktır. Matematiksel metodlar geliştirilirken dikkat edilecek hususlar ;

- Drenaj tabakasının eğimi , hidrolik iletkenliği ve derinliği
- Düşük permeabilite bariyer tabakasının kalınlığı ,
- Hidrolik performansın ölçümü : Bariyer üzerinde maximum doyma derinliği ve bariyer vasıtasıyla sızıntı miktarı.

3.2.1- DÜŞÜK PERMEABİLİTE TABAKASININ TERTİPİ

Düşük permeabilite tabakasında meydana gelen sızıntı suyu birikimi , tabakanın eğimine , sızıntı suyunun süzülme hızına , drenaj tabakası ve bariyer tabakasının geçirgenliğine (permeabilite) ve drenaj kanalları arasındaki mesafeye bağlıdır. Dren kanallarının yakın olarak yerleştirilmesi , sızıntı suyunun birikimini minimize eder , ancak bu durumda maliyet artar. Sızıntı suyu birikim derinliğine bağlı olarak tasarlanan matematiksel formüller, literatürde takdim edilmiştir. Bu formüllerin basit analitik modelleri olmakla birlikte, daha karmaşık sayısal modelleri de mevcuttur.

Ancak uygulamalar göstermiştir ki, sızıntı suyu miktarının değişiminden yola çıkılarak yapılan hesaplamalar , nispeten basit modellerin kullanımı ile uygulanabilmektedir.

Matematiksel formülasyonlarda kullanılan tahminler şunlardır ;

1) Drenaj tabakasındaki akış, ilk olarak yanal yönde meydana gelir. Formülasyonların çoğunda tabakanın içinden geçen sızıntı suyu miktarı önemli değildir.

2) Sabit bir doymuş akım şartı vardır. Darcy akışında doymuş kabul edilen modeller , drenaj tabakası olmaksızın oluşur. Bu tahmini açıklamaya göre , kum tanesinin kendi kendine ıslanan hacminden, tanenin çapına varıncaya kadar bütün detayların tanımlandığı varsayılır. Bu şartlar ancak , drenaj tabakası için sadece kalın çakıl veya kum kullanıldığı zaman ihlal edilebilecektir.

3) Drenaj ortamı homojen ve isotroftir.

Genellikle bu kabuller modellerin oluşumunda yeterlidir. Küme profillerinin hesaplamalarında dikkate değer belirsizlikler vardır.

Böylece tabaka içinden akan sızıntı suyunun ancak önemsiz bir miktarı , küme profilleri üzerinde minimum etkiye sahiptir (Sızıntı suyu akışının küçük olmasından dolayı).Ayrıca tabaka altında , yeraltı suyuna doğru sızıntı suyu akışı nedeniyle , su kalitesi önemli ölçüde etkilenecektir.Buna ilaveten , tabaka içinden, önemsiz miktarda meydana gelen akış , sızıntı suyu toplama sisteminin nihai tasarımında ihtiyatlı olmamızı sağlar.

Farklı analitik modeller , farklı tabaka tertipleri için kullanılabilir. Örneğin sürekli eğimli tertipler ve testere dişi tertipleri yaygın olarak kullanılan tertip şeklidir. V tipi (testere tertip) dediğimiz tertip, çok düşük permeabiliteli bir malzeme kullanılarak , bitişik V olarak şekillendirilen elemandan ibarettir. V 'nin iki kolu , yatayla küçük bir açı oluşturur.

Drenaj kanalı aralığı tertip edilirken , birbirine yakın ve depo sahasını bölümlere ayıran tipte modeller uygulanır.Çoğu denenmiş modellerde (e.g. Mc Enroe , 1989 , Donald ve Mc Beun 1994), matematiksel modellerdeki karışıklığın artışından dolayı , kullanımı da zor olmuştur.Örneğin , sızıntı suyu kesiti 3 boyutta çizilir. Ancak pratikte böyle olmaz , " MSW " depo sahası için sızıntı suyu toplama sisteminin tasarımı , 3 boyutlu özelliğe önem vermez ve şekil 3.5 (a) yada (b) 'de gösterildiği gibi basit kesitle düşünülür.

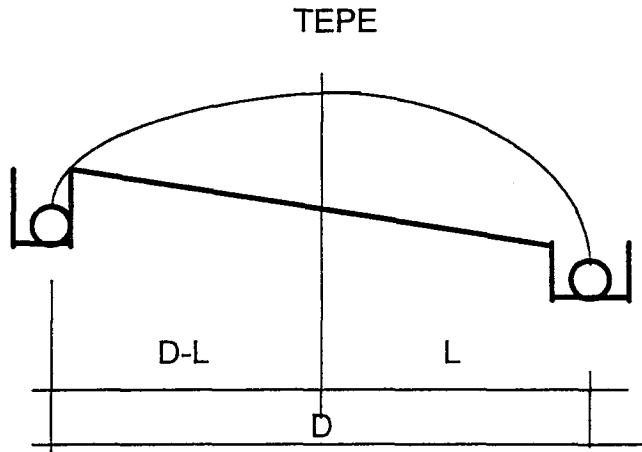
Sızıntı suyu toplama sisteminin tasarımı için kullanılan çözümler basit ve kolaydır.Tasarımcı, sızıntı suyu toplama sistemi tasarlamak için , sistemin tertipinde farklı değişkenlerin, hidrolik iletkenlik , sızma hızı , yanal drenaj ve küme derinliğinin , sistemin performansına nasıl etki edeceğini anlamaya çalışmalıdır.

Tasarımda bir diğer önemli parametre , dren uzaklığı " D " dir. Sızıntı birikiminin tepe noktası , birbirine yakın her bir drenaj kanalına toplanan akım miktarıyla, akımı böldüğü nokta olarak belirlenir. Tepe noktası ile akım yönündeki drenaj uzaklığı," L" , şekil 3.6 'da gösterildiği gibi sabit olup, yarım kanal aralığı (D/2) değerindedir. Oysa sürekli eğimli tertipte L değeri iniş-çıkışlı tertiptekinden daha büyük bir uzunluğuna sahiptir.

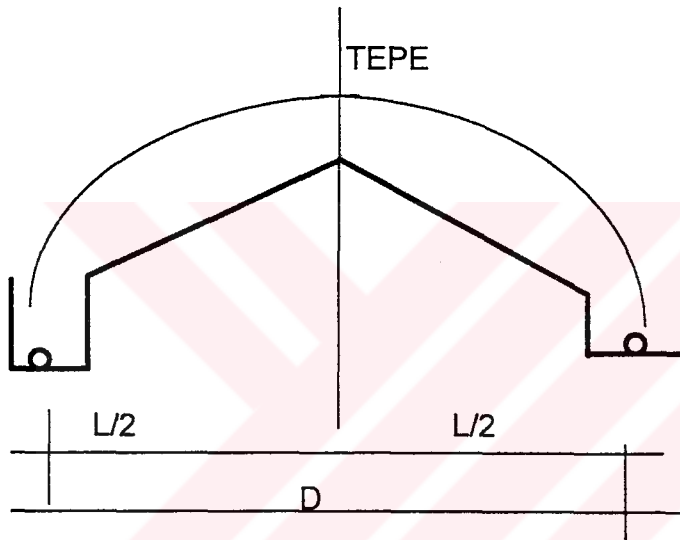
İki sistemde de, tabaka eğimi sıfıra eşit olduğu zaman , L değerleri aynı olacaktır.

3.2.2- SÜREKLİ EĞİMLİ TERTİP İÇİN OLUŞTURULAN FORMÜLLER

En üst ve en düşük kanallarla ,su geçirmez bir eğimli bariyer tabakası üzerinde bir drenaj problemi düşünün (su veya hava geçirmez). Mc Bean Et Al. (1982) 'e göre, akım sınırları elverdiğince,paralel kanallar arasında, şekil 3.5 (a) 'da görülen tertip için sızıntı suyu kümelenmesi oluşabilir.



Sürekli eğim tertibi



İniş-çıkış eğimli tertip

ŞEKİL 3.6- Sürekli ve iniş-çıkış eğimli sistemler için , drenaj uzunluğuna karşı , dren ayırımının kıyaslanması.

Düşük permeabiliteli doymamış akım bölgesinde iki paralel kanal arasındaki herhangi bir noktadaki statik yükseklik,

$$Z_x = sx + y_x \dots \dots \dots (3.1)$$

ile belirlenebilir. Burada ;

- z_x = x mesafesindeki statik nokta
- s = tabakanın eğimi.(radyan)
- x = Drenaj merkeziyle ilgili noktadan yatak uzaklık.
- y_x = x mesafesinde akımın derinliği.

Değişkenlerin şematik bir gösterimi Şekil 3.7 'de gösterilmiştir.
x uzaklığında yanal akış Darcy dekleminde , Q_x ,

$$Q_x = - K A \left(\frac{dz}{dx} \right) \dots\dots\dots(3.2)$$

şeklinde yazılabilir.

Burada :

K = Ortamın hidrolik iletkenliği.

A = Akımın kesit alanı.

dz/dx = Akım yönündeki statik yüksekliğin değişimi.

Sistemin sabit halde olduğu (zamanla değişmediği) kabul edilirse , yatay akım , filtreleme yolu ile suyun dikey yöndeki geliş miktarına eşit olacaktır.

$$Q_x = (L - X) p \dots\dots\dots(3.3)$$

Burada :

p = Birim alan başına yağışın süzülme hızı.

Akiferin bir birim genişliği olduğunu farz edip, 3.2 ile 3.3 denkelemi birleştirilirse,

$$(L - x) p = Kys + Ky \left(\frac{dy}{dx} \right) \dots\dots\dots(3.4)$$

eşitliğine dönüşür.

$\alpha = p / K$ ve

$w = L - x$ ' i ,

ayrıca w ve v değerinin integrasyonu ile,

$$y = vw$$

olarak bulunabilir.Yukarıdaki denklemler eşitlik 3.4'de yerine konulursa,

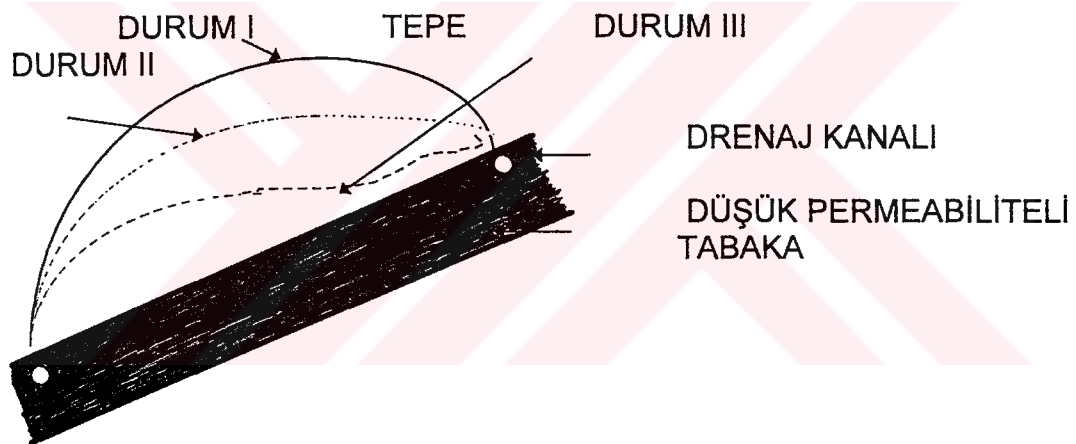
$$\left(\frac{-dw}{w} \right) = \left(\frac{vdv}{v^2 - sv + \alpha} \right) \dots\dots\dots(3.5)$$

diferansiyel denklemi ortaya çıkar.

Durum II : $4 \alpha = S^2$

$$x = L \left[1 - \left(\frac{2y_0}{s - \frac{2y}{L-x}} \right) \exp \left\{ - \frac{2s \left(\frac{y_0}{L} - \frac{y}{L-x} \right)}{\left(s - \frac{2y_0}{L} \right) \left(s - \frac{2y}{L-x} \right)} \right\} \right] \dots \dots \dots (3.7)$$

Durum II ' nin fiziksel tanımı , süzülme / hidrolik iletkenlik eğimin karesine eşit olduğunda nadiren yükseklik oluşacaktır. Bu durum , pratikte oluşması muhtemel olmayan bir durumdur. Ama , oluştuğu takdirde , denklemin oluşması sağlanır.



ŞEKİL 3.8. Sürekli eğimli tertip için fiziksel akım profilleri.

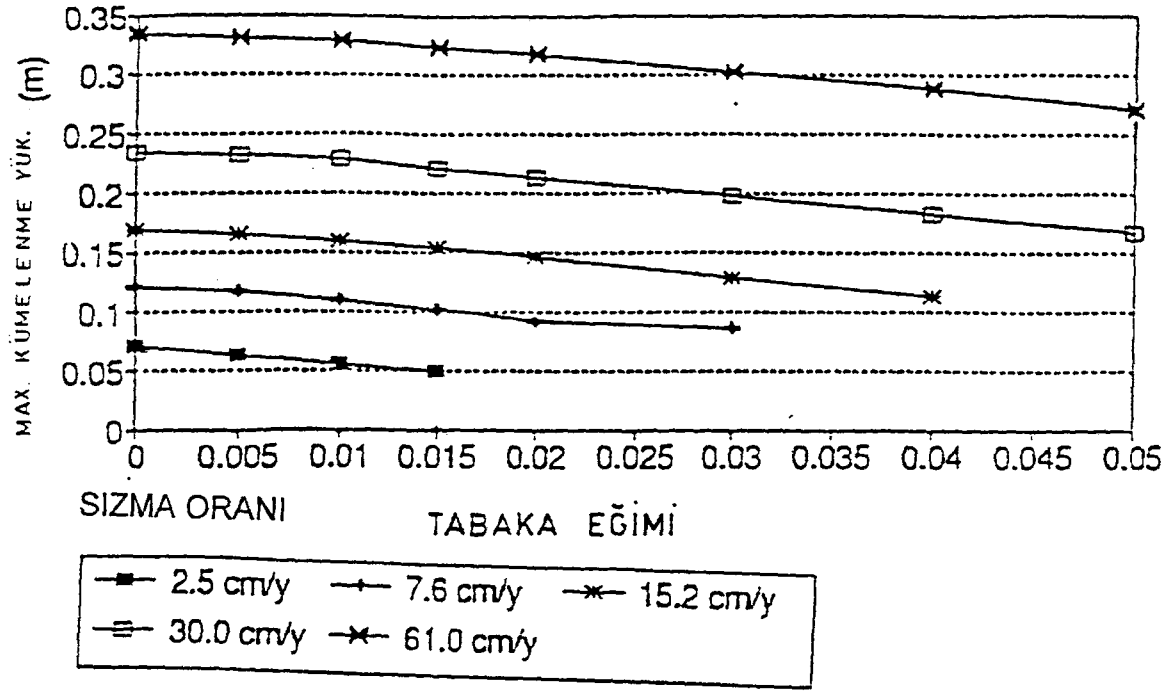
Durum III : $4\alpha < S^2$

$$x = L \left[1 - \frac{\left(\left(\frac{y_0}{L} \right)^2 - s \left(\frac{y_0}{L} \right) + \alpha \right)^{1/2}}{\left(\left(\frac{y}{L-x} \right)^2 - s \frac{y}{L-x} + \alpha \right)^{1/2}} \exp \left(- \frac{s}{(s^2 - 4\alpha)^{1/2}} \left\{ \tanh^{-1} \left(\frac{\left(\frac{2y_0}{L} - s \right)}{(s^2 - 4\alpha)^{1/2}} \right) - \tanh^{-1} \left(\frac{\left(\frac{2y}{L-x} - s \right)}{(s^2 - 4\alpha)^{1/2}} \right) \right\} \right) \right] \quad (3.8)$$

Durum III 'te eğim teriminde stabilite faktörü 4α baskındır ki , sızıntı suyunun kolaylıkla akacağını işaret eder , düşük profil ile ilgili sonuçlar , şekil 3.8' deki durum III ile tanımlanır.

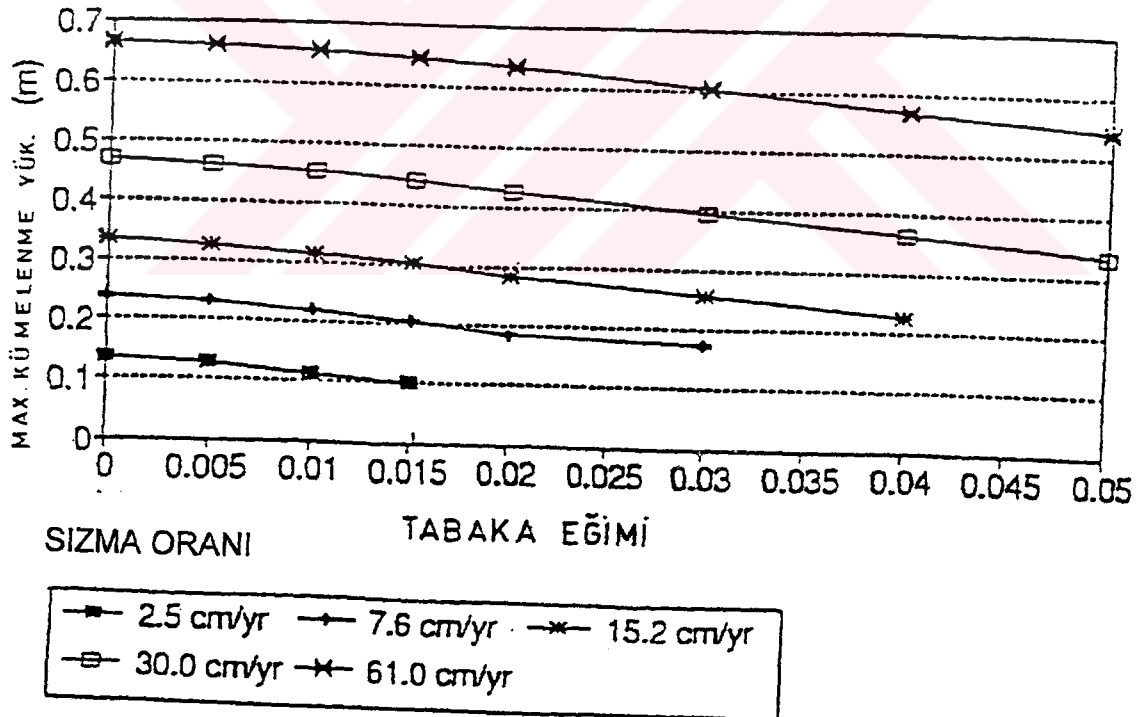
3.6 denkleminin çözümü tepe noktasındaki L'ye bağlıdır. Bitişik drenlerden hesaplanabilen ileri ve geri akış (ileri doğru ve geriye doğru akış) profilleri L ' nin ilk değerinin hesaplanmasına yardımcı olur. Genel bir tepe noktası saptayınca kadar müteakip L değerlerine ihtiyaç duyulur , pürüzsüz ve sürekli profil , bitişik kanallardaki drenlerden hesaplanarak meydana getirilir. Her ne kadar , 3.6. denkleminin çözümü , müteakip yerdeğiştirmeyi gerektirirse de , doğruların birbirlerine yaklaşımı , tipik olarak , üç yada dört iterasyonla çok çabuk oluşur. Bununla beraber, 3.6 dan 3.8'e kadar olan eşitliklerin kullanımı sıkıntı yaratabilir. Şekil 3.9'dan 3.11' e kadar büyüklüklerle ilgili örnekler verilmiştir.

Bir drenaj kanalına doğru olan akış, yeraltı suyunun yüzeyi nedeniyle olur. Tabakanın eğimi küçük bir etkiye sahiptir. Eğer drenaj kanalına doğru hiç sızıntı suyu sürüklenmesi yoksa , sıfır olmayan bir eğimde ufak havuzcukların meydana gelişi muhtemeldir.



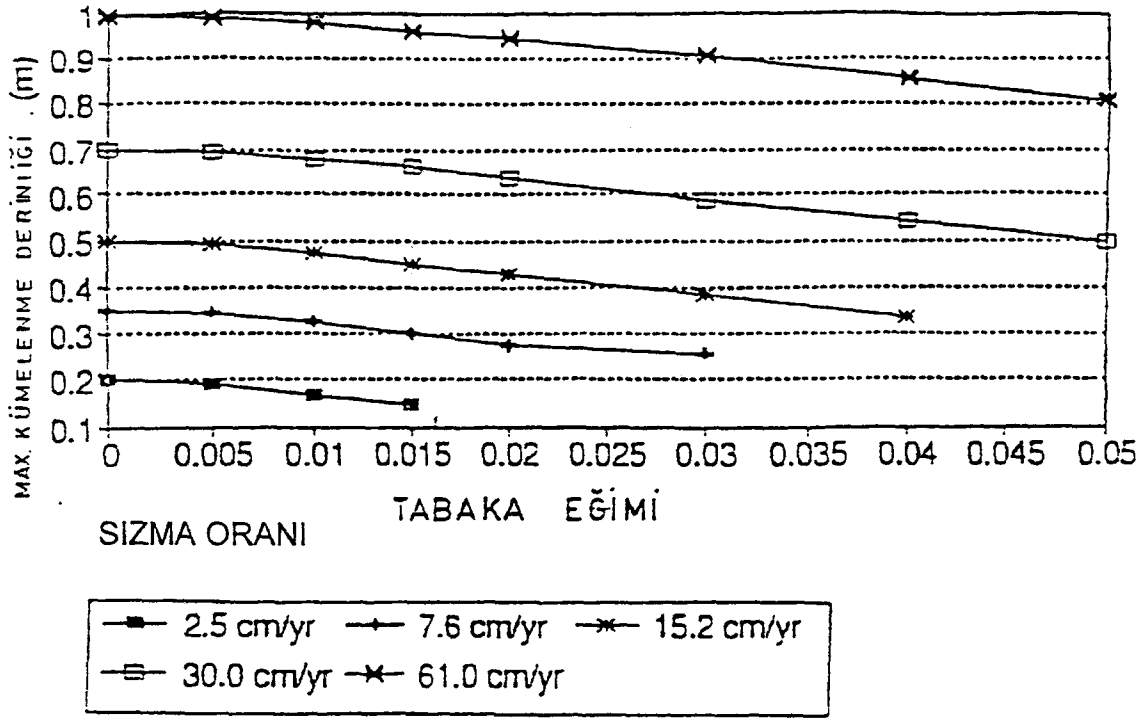
($K = 10^{-3}$ cm/sn ve kanallar arası mesafe 15 m)

ŞEKİL 3.9. Linear eğime karşı maksimum birikim derinliği.



($K = 10^{-3}$ cm/sn ve kanal arası mesafe 30 m)

Şekil 3.10- Linear tabakaya karşı gelen max. küme derinliği



($K = 10^{-3}$ cm/sn ve kanal arası mesafe 45 m)

Şekil 3.11- Lineer tabakaya karşı gelen max. küme derinliği

Örnek :

Süzülme hızı 15.2 cm / yıl (6 inç / yıl) , drenaj tabakası hidrolik iletkenliği 10^{-3} cm / sn, maksimum müsaade edilen derinlik 0.3 m ve drenaj kanalları arasındaki mesafe 30 m olan durumda , tabakaya gereken minimum eğim nedir ?

Cözüm :

Şekil 3.10. 'dan minimum makul eğim 0.015 dir.

Örnek :

7.6 cm / yıl filtrelene oranı için , 30 m mesafedeki drenaj kanalı ve hidrolik geçirgenliği 10^{-3} cm / sn olan bir drenaj tabakasının farklı tabaka eğimlerindeki maksimum küme yüksekliğinin nasıl değiştiğini saptayın.

Çözüm :

Şekil 3.10. ' dan 7.6 cm / yıl ' daki maksimum küme yüksekliğindeki değişikliklerin küçük değişiklikler olduğu görülmektedir.

Towner (1975) önceki üç durum geliştirilmiş olan Childs'in (1971) karmaşık analitik için çözümlerini biraz değiştirmiştir. Towner daha karmaşık orjin eşitliklerini basitleştirerek bir yaklaşım metodu bulmuştur. Sonuçta iki parçalı drenaj profili yaklaşımı ortaya çıkmıştır.

y_0 , sınır değerinin tayini :

Drenaj kanalının şimdiki uygulama şartları serbest haldeki drenaj şartlarıdır. Bir alt kanaldaki kuşatılmamış akım için verilen Numerov çözümünde de(Harr , 1962) gösterildiği gibi,kanalın kenarındaki hidrolik değer yaklaşık olarak eşitlik 1 ' deki gibidir. Bu çözüm yapılırken yatay bariyerli bir sistem üzerinde sıfır şarj esas alınmıştır. (McENROE ' den sonra 1990)

$$y_0 = \frac{p}{K} \frac{D}{2} = \alpha \frac{D}{2}$$

Örnek :

Drenaj kanalı mesafesi 30 m olan , 15.2 cm / yıl sızma oranında ve hidrolik geçirgenliği 10^{-3} cm / sn olan drenaj tabakasının , y_0 değerini hesaplayın.

Çözüm :

$$y_0 = \frac{(15.2 \text{ cm / yıl})(15 \text{ m})}{(10^{-3} \text{ cm / sn})(3.15 \times 10^7 \text{ sn / y})} = 0.7 \text{ cm}$$

3.2.3- DÜZ EĞİMLİ TERTİP

3.6 dan 3.8. 'e kadar olan eşitliklerin kesin oluşumları nümerik hesaplamalarla tekrar edilir. Ancak tabaka sisteminin eğimi sıfıra eşitlendiğinde 3.6 eşitliği aşağıdaki şekilde yazılır.

$$y = \left\{ y_0^2 + 2 \alpha \left(\frac{Dx}{2} - \frac{x^2}{2} \right) \right\}^{1/2} \dots\dots\dots(3.9)$$

Maksimum kümelenme yüksekliği $x = D / 2$ ' de meydana gelir. Eşitlik 3.9, Harry (1962) , Cedergren (1967) ve Matrecan (1980) tarafından hazırlanan formüllerden daha fazla geneldir. Max. sızıntı kümelenmesi, $y_{\max}$, sınır derinliği $y_0 = 0$ alındığında ,

$$y_{\max} = \frac{D}{2} \alpha^{1/2} = \frac{D}{2} \left(\frac{P}{K} \right)^{1/2} \dots\dots\dots(3.10)$$

olacaktır.

Düz eğimli tertipi dizayn etmek daha basittir ve şekil 3.9 ' dan 3.10. ' a kadar olan bölümde görüldüğü gibi eğim sıfıra yaklaştıkça kümelenme düzenli şekilde yükselme göstermektedir.

Örnek :

Eşitlik 3.10. ' u kullanarak drenaj kanalı mesafesi 30 m , tabaka hidrolik geçirgenliği 10^{-3} cm / sn olan ve sızma oranı 7.6 cm / yıl ' da " 0 " eğimli tabakanın max. yığılma yüksekliğini saptayın. 40 m bir boruda yol aldığı anda sızıntı kanalındaki akım ne olur.

Çözüm :

max yığılma derinliği :

$$y_{\max} = \frac{30 \text{ m}}{2} \left\{ \frac{7.6 \text{ cm / yr}}{(10^{-3} \text{ cm / sn}) (3600 \text{ sn / h}) (24 \text{ h / gün}) (365 \text{ gün / yıl})} \right\}^{1/2}$$

$$y_{\max} = 0.23 \text{ m}$$

Akım drenaj kanalında 40 m mesafesine vardığında :

$$Q = (7.6 \text{ cm / yıl}) (30 \text{ m}) (40 \text{ m})$$

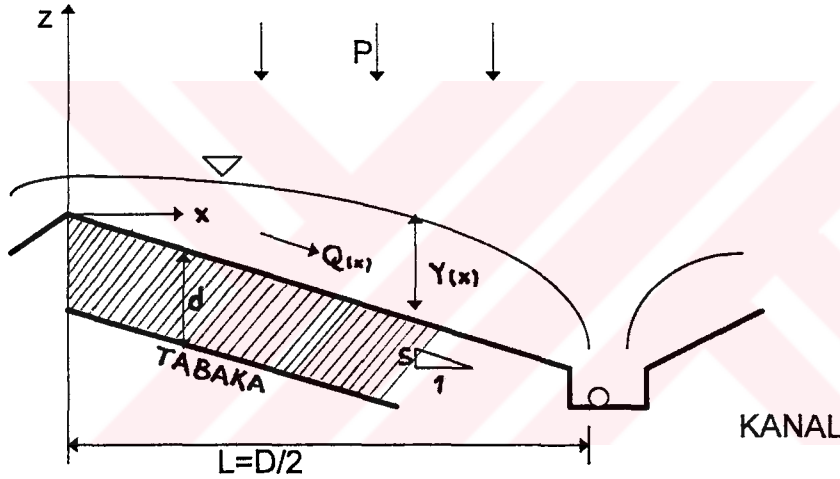
$$Q = 91.2 \text{ m}^3 / \text{yıl} = 2.9 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{sn}$$

3.2.4- İNİŞ-ÇIKIŞ EĞİMLİ TERTİP İÇİN FORMÜLLER

Katı atık depo sahasının tabaka görünüşüne bir diğer alternatif olarak iniş-çıkış eğimli görünüş Şekil 3.5. (b) ' de tanımlandı. İniş-çıkış eğimli tertipte eşitlikler oluşturulurken , farklı bir tipteki en üst akış sınırı dışında (yani drenaj mevcut değilse) , sürekli eğimli tertipteki Mc Enroe (1989) hesaplamaları esas alınmıştır. Buna ilaveten Mc Enroe dönüşümleri , Mc Bean (1982) 'den daha farklıdır ve profil hesapları en üst sınırdan başlar.

Kuşatılmış akış için Dupuit tahminine göre Şekil 3.12 ' de belirlenen değişiklikler ile eğimli bir bariyer üzerinde diferansiyel denklemlerle yönetilen sabit drenaj esas alınmıştır.

$$K_y \left(\frac{dy}{dx} - s \right) + I x = 0 \dots\dots\dots(3.11)$$



ŞEKİL 3.12-İniş-çıkış eğimli tertipte değişken değerlerin gösterimi

Bu orjinin dönüşümleri ile eşitlik 3.4 ' eşdeğer hale gelecektir.

$$\begin{aligned} X_{\text{iniş-çıkış}} &= L - X_{\text{sürekli}} \\ x_0 &= x / L \\ y_0 &= y / L \\ y_0^* &= y_0 / L \end{aligned}$$

ifadelerinin yer değiştirmesi ile 3.11 dönüşüm denklemi ortaya çıkar.

$$\begin{aligned} u^* &= y_0 / x_0 , \\ y^* &= u^* . x^* \end{aligned}$$

değerleri denklemde yerlerine konulursa denklem aşağıdaki şekli alır

$$-\frac{dx^*}{x^*} = \frac{u^* du^*}{u^{2*} - su^* + \alpha} \dots\dots\dots(3.12)$$

Sınır şartları korunursa,

$u^* = y_0^*$, $x^* = 1$ de ,(3.12) denkleminin şartlara bağlı çözümü ;

Durum I : $4\alpha > s^2$

$$x^* = \left[\frac{\alpha - sy_0^* + y_0^{*2}}{\alpha - su^* + u^{*2}} \right]^{0.5} \exp \left\{ \frac{s}{(4\alpha - s^2)^{1/2}} \left[\tan^{-1} \left(\frac{2u^* - s}{(4\alpha - s^2)^{1/2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{2y_0^* - s}{(4\alpha - s^2)^{1/2}} \right) \right] \right\} \dots\dots\dots(3.13)$$

Durum II : $4\alpha = s^2$

$$x^* = \left[\frac{s - 2y_0^*}{s - 2u^*} \right] \exp \left\{ \frac{2s(y_0^* - u^*)}{(s - 2y_0^*)(s - 2u^*)} \right\} \dots\dots\dots(3.14)$$

Durum III: $4\alpha < s^2$

$$x^* = \left[\frac{\alpha - sy_0^* + y_0^{*2}}{\alpha - su^* + u^{*2}} \right]^{0.5} \left[\frac{(2y_0^* - s - A)(2u^* - s + A)}{(2y_0^* - s + A)((2u^* - s - A))} \right]^{s/2A} \dots\dots\dots(3.15)$$

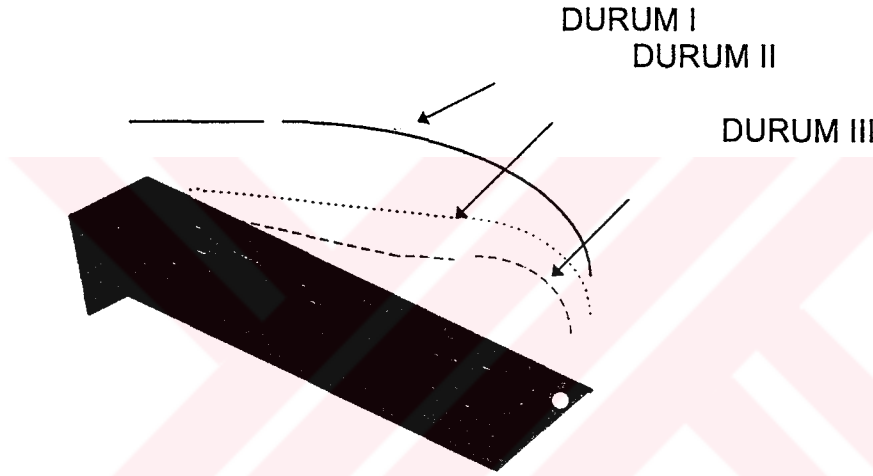
Burada :

$$\begin{aligned} A &= (s^2 - 4\alpha)^{1/2} \text{ ve} \\ x^* &= x / L \\ y^* &= y / L \\ y_0^* &= y_0 / L \\ u^* &= y^* / x^* \end{aligned}$$

(3.13.) ve (3.14) denklemleri (3.6) ve (3.7) denklemleri ile hernekadar değişkenler dönüştürülürse de özdeşirler.

I , II , III , durumları Şekil 3.13. ' de gösterilmiştir. Görülen odur ki , (3.13.) ' ten (3.15) ' e kadar olan denklemlerin (3.6) ' dan (3.8.) ' e kadar olan ve sürekli eğimli görünüşler için verilen denklemlerden daha basit olduğudur. Uzaklık L (yani , $L = D / 2$) bir yarım kanal ayırma uzaklığı olarak bilinir. Tabaka eğimi sıfıra eşitlendiğinde 3.13. denklemi 3.9'a benzeyerek daha basit hale gelir. Böylece değişken denklemler sabit hale gelir.

İniş-çıkış eğimli görünüm için kümeleşmenin,yani birikimin maksimum derinliği hesaplanmak istenirse bir kaç ilave matematiksel formül, Moore (1983),Richardson ve Koerner (1987)'in formüllerine dahil edilir. Bu alternatif denklemler Tablo 3.2. ' de listelenmiştir. İniş-çıkış eğimli tertipte kümelenme derinliğinde kullanılan 3 modelin karşılaştırması Tablo 3.3. ' te verilmiştir. Kümelerin derinliği küçük eğimlerde çok benzerdir , daha yüksek eğimlerde farklılıklar göstermektedir.



ŞEKİL 3.13- İniş-çıkış eğimli tertip için fiziksel akış profilleri.

TABLO 3.2- İniş-çıkış eğimli görünüm için maksimum kümelenme derinliğini saptamak için alternatif matematiksel denklemler.

Moore ,1983

$$y_{\max} = \frac{D}{2} [\alpha + \tan^2 s - \tan s]^{1/2}$$

Richardson ve Koerner, 1987

$$y_{\max} = \frac{D}{2} \left[\frac{\tan^2 s}{\alpha} + 1 - \frac{\tan s}{\alpha} (\tan^2 s + \alpha)^{1/2} \right] (\alpha)^{1/2}$$

TABLO 3.3- Max. kümelenme derinliklerinde kullanılan farklı formülasyonların karşılaştırılması.

Max. kümelenme derinliği (m)				
Kanal mesafesi Koerner (m)	eğim %	Mc. Enroe (1989)	Moore (1983)	Richardson ve (1987)
100	0	1.545	1.542	1.542
	1	1.225	1.121	1.179
	2	1.010	0.838	0.999
	3	0.855	0.651	0.909
	4	0.740	0.526	0.861
	5	0.650	0.437	0.833
50	0	0.772	0.771	0.771
	1	0.612	0.561	0.589
	2	0.500	0.419	0.499
	3	0.427	0.326	0.454
	4	0.370	0.263	0.430
	5	0.325	0.219	0.417

Filtrenme $p=30$ cm/yıl , $K=0.001$ cm/sn , $y_0 = 0$ kabulleri yapılmıştır.

3.2.5- EMNİYET SORULARI

Kümelenme mesafesi, tabakadaki sızma için önemli bir terimdir, alternatif tabaka tertipleri için büyüklüklerin karşılaştırılması Şekil 3.14' de gösterilmiştir.

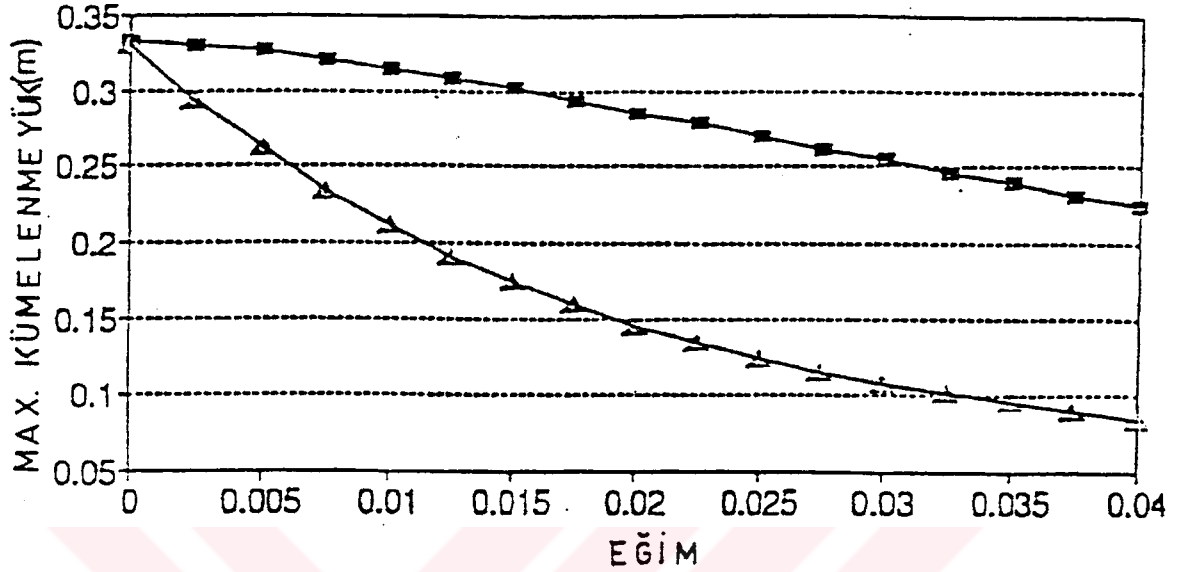
Açıkça görülmektedir ki, sürekli eğimli tertipler, iniş-çıkış eğimli tertiplerden ayrı kullanıldığı zaman daha geniş max. yığılma derinlikleri ile karşı karşıya kalır.

Durum bir drenaj kanal mesafesi eksik olduğunda dahi değişir. Bu sebeplerle bölüm 3.4'de anlatıldığı gibi , drenaj kanalı yeterli gelmeyebilir ve kümelenme profil sonuçları , şekil 3.15(a) ve (b) ' de gösterildiği gibi kabul edilir. Şekil 3.16 göstermektedir ki, iniş-çıkış eğimli tertip için daha yüksek kümelenme profilleri yeni oluşturulmuştur.

3.2.6- İLAVE TERTİPLER

Bölüm 3.2.2 'de, sıfır eğim için çok daha basit denklemler kabul edilmiştir. Harr (1962) , Şekil 3.17 'de iki paralel açık drenaj hendeğideki sabit toplanma olan p için bir denklem hazırlamıştır.

$$y = [h_1^2 + \left(\frac{h_2^2 - h_1^2}{D}\right)x + \frac{p}{K}(D-x)x]^{1/2}$$



$P = 15.2 \text{ cm/y}$ & $K = 10^{-3} \text{ cm/s}$

—■— SÜREKLİ EĞİMLİ DÜZEN

—▲— TESTERE DİŞİ DÜZEN

$P=15.2 \text{ cm/yıl}$ ve $K=10^{-3} \text{ cm/s}$

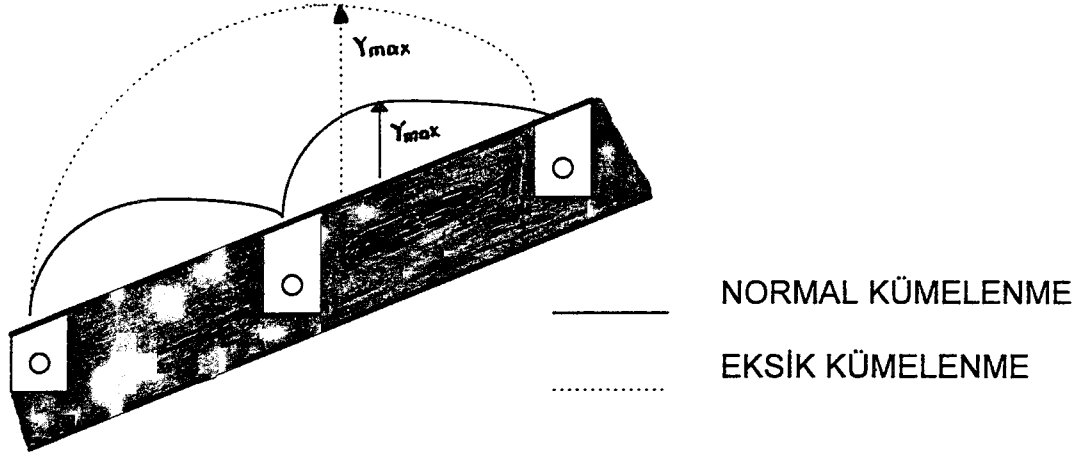
ŞEKİL 3.14- İki tabaka tertibi için Lineer eğime karşı max. kümelenme derinliği.

3.3- TABAKANIN PERFORMANSI

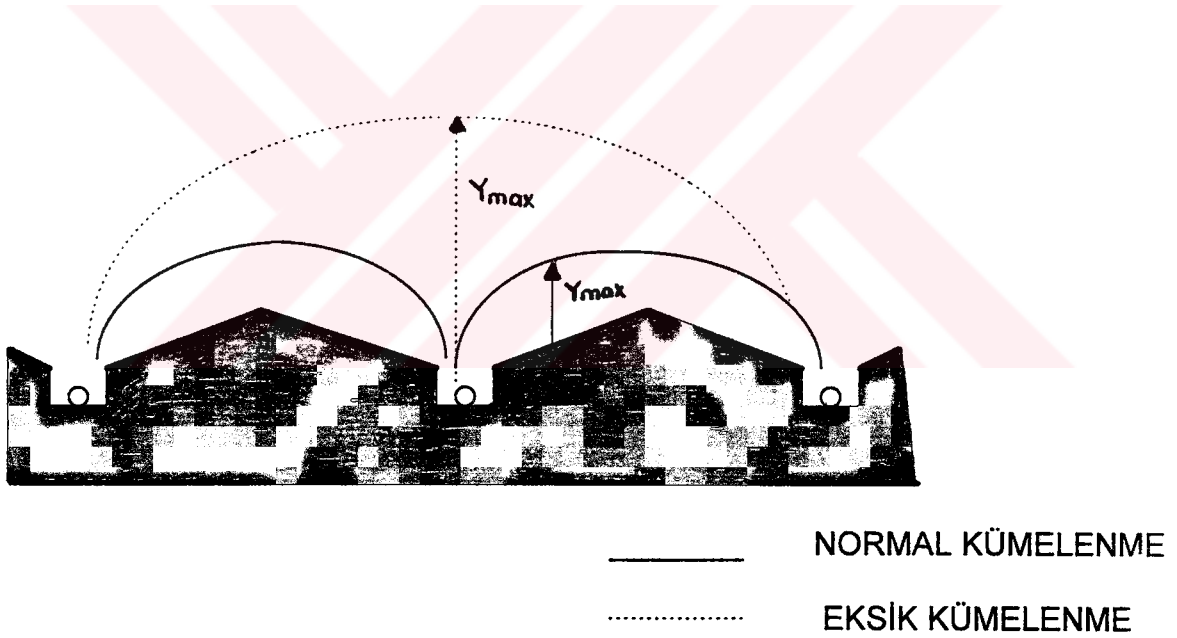
Tabakanın etkilerini değerlendirmede sık sık kullanılan değişik ölçümlerde, küme içinde kalma süresi, verim ve ilk sızma zamanı kullanılır.

3.3.1- KÜME İÇİNDE KALMA SÜRESİ

Küme içinde maksimum kalış süresi, Darcy denkleminde tahmini bir hızda ulaşacağı mesafe tahmin edilerek hesap edilebilir. (kümenin en üst noktasının sabit olduğu kabulüyle).

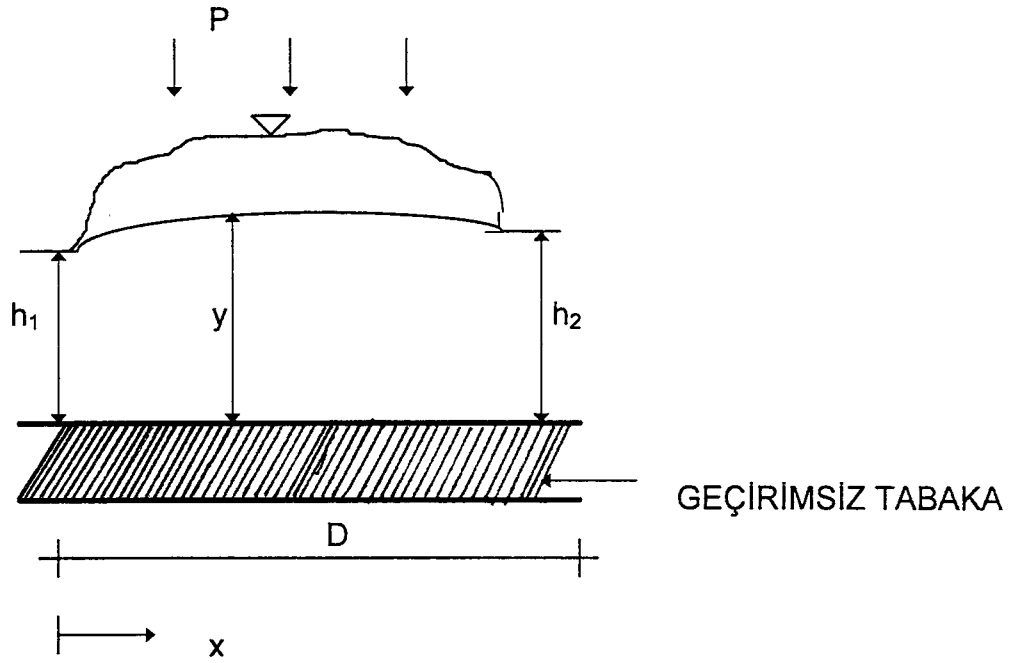


(a) Sürekli eğimli tertipte kanal yetersizliğine karşı drenin oluşumu



(b) İniş-çıkış eğimli tertipte kanal yetersizliğinde drenin oluşumu

ŞEKİL 3.15- Her iki tertipteki tabaka için kanal yetersizliğine karşı drenin oluşumu



ŞEKİL 3.17- Farklı sınır derinliklerindeki sızıntı suyu kümelenmesinin genel karakterizasyonu

Tepeden itibaren sızıntı hareketi için gerekli mesafe, L verilirse Darcy eşitliğinden ortalama sınır hızı, $\bar{v}$ hesaplanabilir.

$$\bar{v} = \frac{Ks'}{n} \dots \dots \dots (3.17)$$

Burada,

K = Drenaj tabakasının hidrolik iletkenliği

s' = Altındaki tahmini eğim

n = Porozite

ve sonra T bekleme süresinde kümelenme hesaplanabilir.

$$T = \frac{L}{\bar{v}} = \frac{Ln}{Ks'} \dots \dots \dots (3.18)$$

3.3.2-TUTMA VERİMİ

Tutma verimi, dikey yönde devam eden sızmadan ziyade dren kanallarına yatay olarak yönelmiş sızma oranı ile alakalıdır.

Bölüm 3.3 'deki analitik modellerde tabaka içerisine sızma olmasına rağmen, tahminlerin hepsi sızmanın yok olduğu üzerine yapılmıştır. Pratikte sızıntı kümelenmesinin tahmin edilmesine ait hesaplar , drenaj tabakasının üstündeki enaz iki kat daha fazla bir permeabiliteye sahip herhangi bir bariyer malzemesi için geçerlidir. Uygun dizayn şekli, hidrolik geçirgenliği 1×10^{-7} cm/sn olan kil tabakasıyla ve ondan 4 kat daha büyük hidrolik geçirgenliği 1×10^{-3} cm/sn olan kum tabakası ile sağlanabilir. Ancak , bu şekilde , sızıntı suyu şartları yeraltı suyu kalitesini korumak için elverişlidir.

Fizik kanunlarına göre , düşük permeabiliteli kil tabakası sızıntı miktarının aşağı hareketini idare etmede, kum ve çakıl drenaj tabakasındakinden daha karmaşıktır . Kil içerisinde ortaya çıkan mikroplar ile tabaka kirlenir ve su sadece yerçekimi kuvvetiyle meydana gelen hidrolik yüklerle değil, topraktaki sıvıyı sürüklemek için eğimlendirilen kılcal damarlardaki yükler ile de hareket eder .Bu nedenle kil tabakası altında meydana gelen sızıntı için gereken zamanı tahmin etmek için sadece bariyer tabakasının doymuş permeabilite katsayısını esas alan hesapları kullanmak hatalı sonuçlar doğurabilir. Bunun sebebi Darcy akım kanunlarındaki toprağın içindeki sıvının hareketiyle oluşan yerçekimi potansiyelini oluşturan kuvvettir. Kısmi olarak doyurulmuş toprak içerisindeki akım hem yerçekimi potansiyelinden , hemde kılcal damarlardaki potansiyel akım sonucunda meydana gelir. Başlangıçtaki ıslanma esnasında kılcal damarlardaki potansiyel, topraktaki yerçekimi potansiyelini aşabilir. Başlangıçtaki ıslanma esnasında oluşan akım prosesi, yerçekiminin neden olduğu ve Darcy akımıyla yönetilen, kil tabakasının doymasından sonraki işlemde daha hızlı meydana gelir. Gözenegin yarıçapı küçüldükçe , kılcal damardaki çekim kuvveti büyür.

Kılcal damarlardaki etkinin büyüklüğü kılcal damar potansiyel terimi , Ψ , için çok kolay ölçülmüştür. Ψ birimleri santimetrelerdir. Çünkü Ψ toprak içerisindeki sıvının hareket ederek kılcal damarlardaki çekim kuvvetinin yardımıyla hidrolik yüksekliğine yönlendirilmesi olarak tarif edilir.

Kılcal damar potansiyeli kurudan doymuş toprağa doğru yedi düzendeki büyüklükten geçebilir. Toprak çok kuru olduğu zaman , kılcal damar kuvvetleri öyle büyür ki ortama yerçekimi kuvveti hakim olur. Ancak nem içeriği doyuma yaklaştığında kılcal damar kuvvetlerinde azalma meydana gelerek, yerçekimi kuvvetinin hakimiyeti eski haline gelir.

Kılcal damarlardaki potansiyelin önemi kil tabakası doyuncaya dek minimum olmalıdır. Bu şartlarda ulaşım zamanı ve akım oranı genellikle Darcy eşitliği ile hesaplanır.

Δt anındaki tabakadan geçen toplam sızma hacmi V ,

$$V = -K \frac{dh}{dz} A \Delta t \dots\dots\dots(3.19)$$

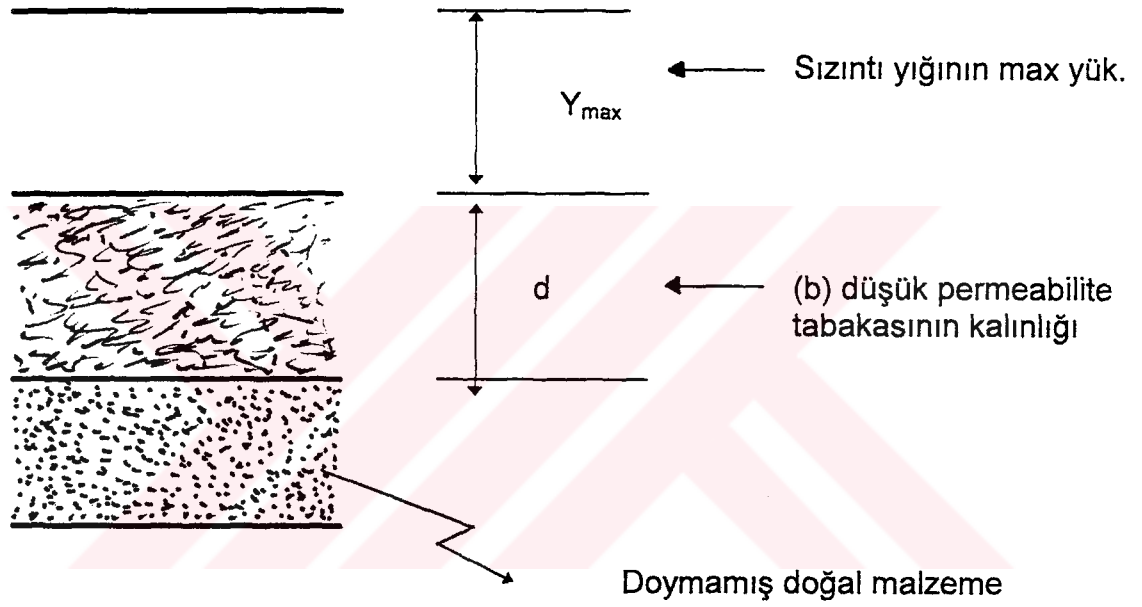
Burada,

K = düşük permeabiliteli tabakanın doymuş hidrolik geçirgenliği.

dh = toplam hidrolik yükseklikteki değişim.

dz = yüksekliğin değişmesiyle oluşan mesafe.

A = akımın meydana getirdiği kesit alanı.



ŞEKİL 3.18- Hidrolik gradyentin hesabı.

$$\text{Hidrolik gradyent} = \frac{Y_{\max} + d}{d}$$

Sızma yığınının doymuş tabaka kalınlığı olan d için,

$$\frac{dh}{dz} = \frac{d}{d} = 1.0 \text{ dir.}$$

En üstteki bir sınırdaki $y_{\max}$ derinliği, drenaj tabakası boyunca sıvının biritiği yerde, tabaka içerisindeki ve drenaj modülündeki sızma hacmi için hesaplanabilir.

$$V = \left(\frac{d + y_{\max}}{d} \right) K A \Delta t$$

Şekil 3.18 yerçekimi oluşumunu gösterir

Gordon et al (1989) zamanla kil tabakasındaki sızmanın azaldığını ortaya koymuştur. Ancak tabakayı dizayn ederken bunu uygulamak güçtür. Bunun sebebi zamanı bulmak için olan deneylerin sınırlı olmasıdır.

Teorik olarak ince ve düşük permeabilite katsayılı bir tabaka inşa edilirken birçok faktör gözönüne alınmalıdır.

- 1) Güç potansiyelindeki kayıp ve sızmanın bütünlük içerisinde saptanması.
- 2) Yapının sorunlarla bağlantısı.
- 3) Tabaka , çöple doldurulmadan önce donma / erime nedeniyle hat içindeki bozulma.

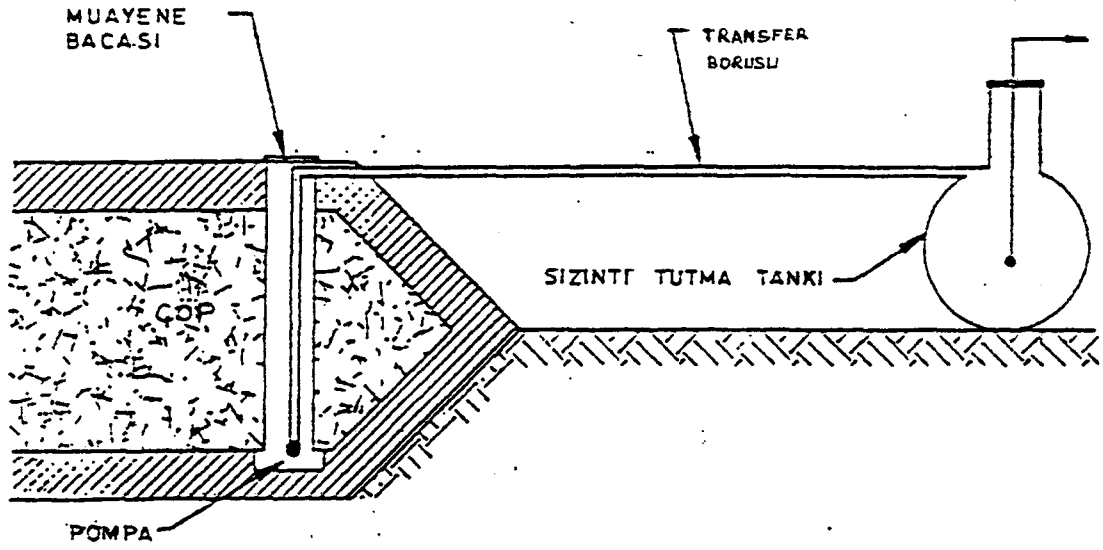
Teorik olarak çift tabaka esasındaki sızma sıfıra yaklaşmasına rağmen, toplam kontrol mümkün değildir.

3.4 SIZINTI GİDERME ALTERNATİFLERİ

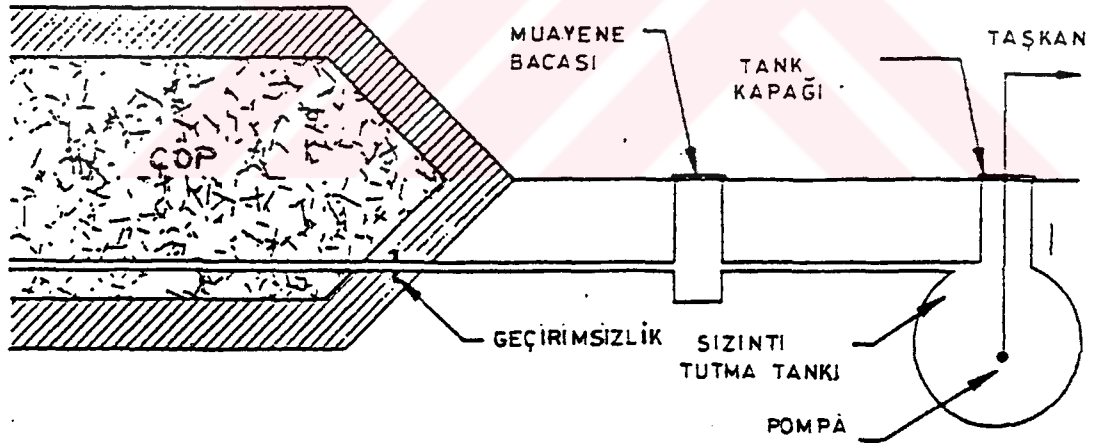
Sızıntı suyu giderme alternatiflerinin şemaları Şekil 3.19 'da verilmiştir. Lokal durumlar hangi çeşit sistemin kullanılacağını tayin eder , çakıl-üstü yaklaşım bazı şantiye işletme zorlukları yaratırken çakıl-altı yaklaşımı ise hat'ta nüfuz etmekte ve her zaman bir endişeye neden olmaktadır.

3.5- SİSTEM GÜVENİLİRLİĞİ VE BAKIM

Drenaj sistemlerinin tıkanma problemleri; tarımsal sulamada ,kollektör toplama sistemlerinde, sıhhi çöp toplama alanlarında, septik sistemlerin süzöntü alanlarında ve benzer yerlerde görülür. Ancak çöp toplama alanlarındaki sistemin güvenilirliği süzöntü toplama sistemleriyle kısmen ilgilidir. Çünkü kazı ve yer değiştirme genellikle fizibil değildir.



(a) Çakıl üzerinde sızıntı giderme/depolama alternatifi



(b) Çakıl altında sızıntı giderme/depolama alternatifi

ŞEKİL 3.19- Sızıntı suyu giderme ve depolama alternatifleri

Sızıntı suyu toplama sistemlerinin tıkanması aşağıda sıralanan nedenlerin bir veya birkaçından kaynaklanır ; çökelme,biyolojik büyüme , kimyasal çökeltme , biyokimyasal çökeltme , boru kırılması , boru ayırımı ve boruların kötüleşmesi.

Tıkanmanın şiddeti kollektör borularındaki çamur birikimine neden olan fiziksel, biyolojik ve kimyasal faktörlerden dolayı çöp toplama alanlarındaki atık metaryallerin oranına bağlıdır. Yıllık temizleme programları sıklıkla tavsiye edilir.

Koruyucu ve iyileştirici ölçümlerin yapılması problemleri belirlemek için kullanılabilir. Koruyucu ölçümler tıkanma mekanizmasına neden olan zincirleme olayları önler. İyileştirici önlemler tıkanma problemi oluştuğunda ortadan kaldırılmasına yönelik olmalıdır.

Genelde , drenaj sistemlerini temizlemek için kullanılan ekipman şehir kanalizasyonlarında kullanılanlara benzer. Çubuk ve kablo makineleri kollektör hatlarını temizlemekte kullanılabilir. Kablolar normalde küçük çaplı (15 - 30 cm) hatlarda kullanılırken 30 cm'den büyük hatlar için güçlü ekipmanlar kullanılır. Bütün durumlarda , kollektör çalışması , deliklerin veya menhollerin aralıkları 300 m'yi aşmayacak şekilde dizayn edilmelidir. Hidrolik jet temizleme 200 - 300 metre uzaklıkları için nispeten kolayca yapılabilir , ama uzaklık 300 m' yi aştıkça zorlaşır.

Giderim mekanizmaları :

- Mekanik işlemler - Yol bulucular , pikler , kanal yumakları , yol açıcılar , tulumbar vs.
- Düşük basınç jetleri - Başlangıçta 70-140 psi
- Yüksek basınç jetleri - Başlangıçta 410 - 1300 psi fakat drenaj paketine zarar verebilir.
- Kimyasal yöntemler - SO₂ gazı kullanmak gibi , bu işlem personele ve çevreye zarar verebilir.

Kapalı devre televizyon kamerası kullanılarak temizleme , dezenfekte işlemi 100 metreden uzun borular için " çekme kordonu "gerektirir. Bu temizleme yöntemi aynı zamanda borulardaki hataların rutin olarak belirlenmesi ve hidrolik jet temizlenmesine imkan tanır. Çubuk makineleri genellikle çekme kordonunu yerleştirmek için kullanılır ve 500 mt uzunluk sınırlaması vardır. Fakat , borunun iki ucundandan girmek mümkün olursa 1000 mt'ye kadar fonksiyonel olarak kullanılabilir.

Problemleri enaza indirmek için , önleyici tedbirlerin alınması daha pratiktir.

Örnekleme gerekirse :

- Sistemin kendi kendini temizlemesini kolaylaştırmak için kollektörlere uygun bir eğim verildiğinden emin olmak (ama bir çok toplama sistemlerindeki akış nispeten az olduğundan bu olanak sınırlıdır).
- Konvansiyonel bir kanal temizleme ekipmanı kullanabilmek için kollektör boru çapının yeterli olduğundan emin olmak.
- Kanal temizleme ekipmanının girip çalışabilmesi ve çamurları alabilmesi için sistem yerleşiminin uygun olduğundan emin olmak.

Temizleme sistemine ait bir örnek Şekil 3.20'de gösterilmiştir.

Bütün temizleme işlemleri sızıntı suyu toplama sistemleri içinde tıkanma oluştuğunu kabul eder. Fakat tıkanmanın aynı zamanda etrafındaki çakıl tabakasında oluştuğuna dair açık bir kanıt olarak Peterborough'un yaptığı örnek gösterilebilir (McBean et al ; 1993).

Biolojik tıkanma drenaj paketinde organizmalar büyüyüp sızıntı suyunun normal akışıyla karşılaşmasıyla ortaya çıkar. Bu tür bir büyümede uygun çevre koşulları gerekir. Mesela ; ağır metaller genellikle tehlikeli atıkların depolandığı alanlarda bulunur , toksit olabilir ve tıkanmaya neden olan materyallere zararlı olabilir. Büyümeyi etkileyen faktörler , sızıntı suyundaki karbon / azot , azot + fosfor ihtiyacı , polyoronid konsantrasyonu ve sıcaklıktır.

Drenaj medyasının biyolojik tıkanması aerobik koşullara oranla anaerobik ortamlarda büyük ölçüde azaltılabilir. Çünkü anaerobik bakteriler genellikle aerobik bakterilerin karakteristikleri olan birikimi ve tortuyu üretmezler. Literatür , biyolojik tıkanmanın alt drenaj sistemlerinin tersine "uç" drenaj sistemlerinde bulunduğunu ortaya çıkarmıştır.

Bakteri ve fungi mikroorganizma büyümesiyle geotekstilin filtrasyon kapasitesi, şebekenin drenaj kapasitesi ve bileşimlerini etkileyeceği kesindir. Başlangıçta , yığılma ve/ veya tıkanmadan bir tanesinin azalmasından ziyade, mikroorganizma tıkanmasına çare bulmak çok zordur.

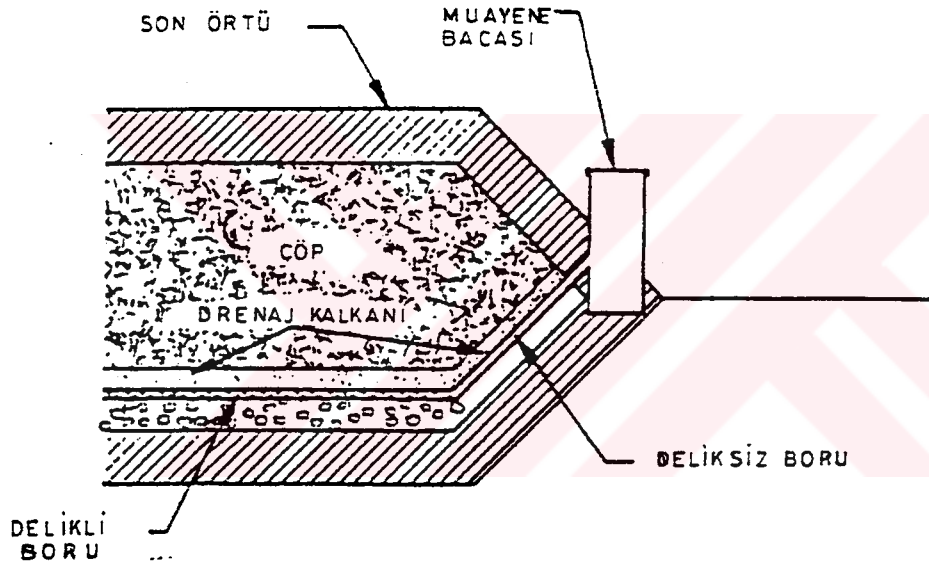
Biyolojik tıkanmaya ilave olarak fiziksel/kimyasal reaksiyonlarda tıkanma kaynağı olabilir. Örneğin drenaj tabakasına havanın girmesiyle başlı başına demirin çözünürlüğü etkilenecektir. Sızıntı içerisinde demir mevcutsa, sızıntıda daha fazla oksitlenmenin olması nedeniyle Fe^{+2} çözünerek Fe^{+3} 'e dönüşecek ve demir çökmesine sebep olacaktır.

İlave olarak havanın girmesi ve kısmi karbondioksit basıncındaki düşüş nedeniyle, $CaCO_3$ çökeltisi oluşabilir. 0.4 atm.'deki kısmi CO_2 basıncında

kalsiyum, normal atmosferik şartlar altında yaklaşık olarak 10 kat fazla çözünebilir.

Sıcaklığın etkisi; değişik tuzların erimesi için elverişlidir. Genellikle tuzun çözünürlüğü düşük sıcaklıklarda azalır. Depo ve drenaj tabakası arasındaki sıcaklık farklılıkları sızıntı bileşenlerinin çökmesine sebep olur.

Tablo 3.4'de sızıntı toplama borularında tıkanmaya neden olan malzemelerin kompozisyonları karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



ŞEKİL 3.20- Şematik bir temizleme sistemi

TABLO 3.4- Güvenli drenaj tabakası ve drenaj borusunda tıkanmaya neden olan malzemelerin kompozisyonu :

TIKANMA MALZEMESİ

	Bass et al (1984)	Essig et al. (1981)		Ramke (1987)			
Mg	29.2	4.5	21	2.8	4.9	8.2	18.0
Ca	241	117	240	137	153	307	223
Fe	156	208	8.5	157	125	9.0	48
Mn	5.7	0.6	3.7	3.3	4.7	5.5	3.0
CO ₃ ²⁻	NA	360	560	207	294	282	396
GR	NA	700	900	844	870	986	853
Dren /Filtre	F	D	D	D	D	D	D

Tıkanma meydana gelirse sızıntı yükselir. En alt tabaka üzerindeki hidrostatik basıncın artmasıyla , sızıntı kaybında artış meydana gelir. Ramke (1987) tarafından belirlendiği gibi depo stabilitesinin azalmasıyla , eğimde uygunsuzluk meydana gelebilir.

Çökeltiler ve çamurlar , sızıntı suyu pompa istasyonunda , kanallarda ve rezerv depolarında problemlere neden olabilir. Sonuç olarak ekstra bir depo kapasitesi sağlamak için , eğim ve depo tabanındaki çökelti ve çamurları pompa ile atarken , temizleme yapmak ve güvenlik için özen gösterilmelidir.

Mesafesi belirlenmiş kollektör için dizayn şartları :

- Kollektörün tipi ve ebadı; mekanik temizleme ekipmanının girişini kolaylaştırmak için çap 150 mm'dir. Bu çap akım kapasitesini taşımak için yeterlidir. Ancak kumlanma etkilerini azaltmak , temizlemek ve kontrol etmek için min. boru çapının 225 mm , tercihen 300 mm olması uygundur. Sınıflandırmalar 80 PVC boru veya HDPE için yapılır.

- Kollektör eğimi ; % 0.5'den daha küçük olmamalı, ideal değer % 2'dir.

- Kollektör delikleri ; saat yönünde 2 ve 10'dur. Drenaj yarıkları , tıkanmayı önleyecek kadar geniş olmalı. Geniş yarıklar içerisinden , akımın hızla geçmesi , küçük bir kanal içerisinden geçmesinden daha iyidir. Deliklerin yada yarıkların genişliğinin çapla ilişkisinin min. 1/1 - 1.5/1 olarak uygun olduğu Ramke (1987) tarafından belirlenmiştir.

Deliklerin yada yarıkların ebadı , drenaj tabaka malzemesinin eğrisel olarak sınıflandırılmasına bağlıdır. Drenaj tabakasının en küçük tanesi drenaj yarıklarından geçmemelidir. Genellikle dren yarıklarının çapı 10 mm'den az olmamalıdır.

- Fransız kanalının yaklaşık Kollektör borusu 38-50 mm yıkanmış taşlardan oluşmuştur.

- Pratik olarak alan inşaa edilirken itina gösterilmeli, boru birleşiminin kötü bir şekilde yerleştirilmesinden dolayı alan içerisinde hidrolik karmaşının oluşmasıyla burada tortu birikimlerine sebep verebilir.

3.6- SIZINTI ALMA SİSTEMLERİ

3.6.1- ÇOK BÖLÜMLÜ TABAKA/DRENAJ MODÜLÜ

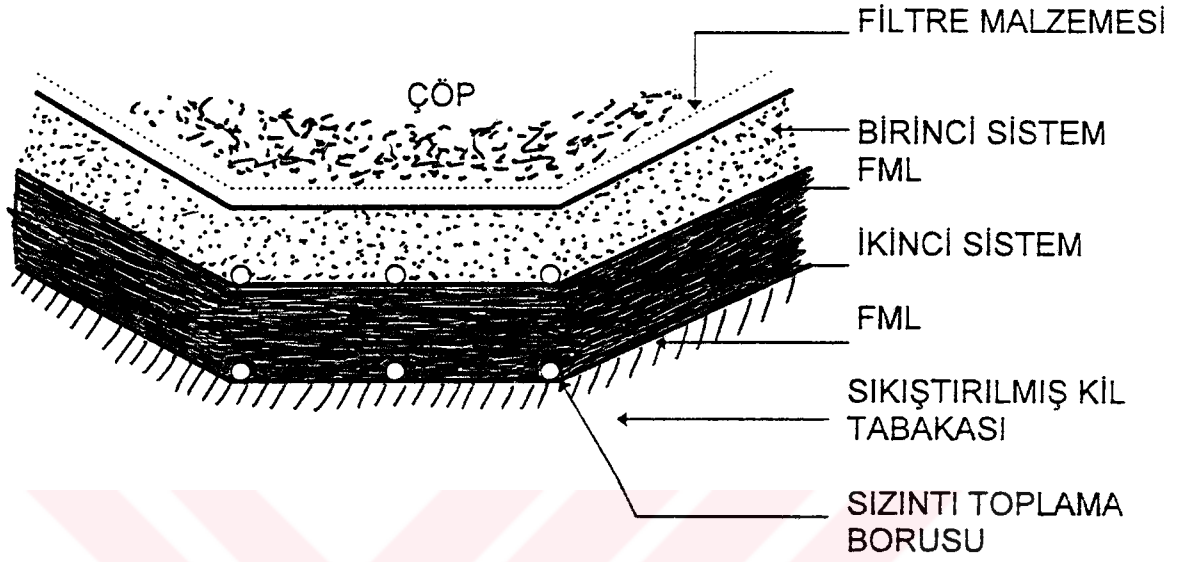
Kasım 1984'de, kaynak iyileştirme ve geri kazanma yasaları "Tehlikeli ve Katı Atık Islahı " ile yenilenmiştir. Bu yasa, tehlikeli atık depolarında,tabakalar arasında ve üzerinde iki yada daha fazla sızıntı suyu toplama sistemine sahip mevcut ünitelerde yanal genişlemeleri ve yeni ünitelerin oluşturulmasını öngörmektedir.Sızıntı suyu toplama sisteminin veriminin değişimini gösteren tabaka/drenaj modülü Şekil 3.21'de görülmektedir.

İkinci tabaka sisteminin amaçları şöyle sıralanabilir.

1- Mümkün olduğunca depodan sızan suyu almak; birinci sistemden alınamayan sızıntı suyu ,ikinci sistemden alınabilir.

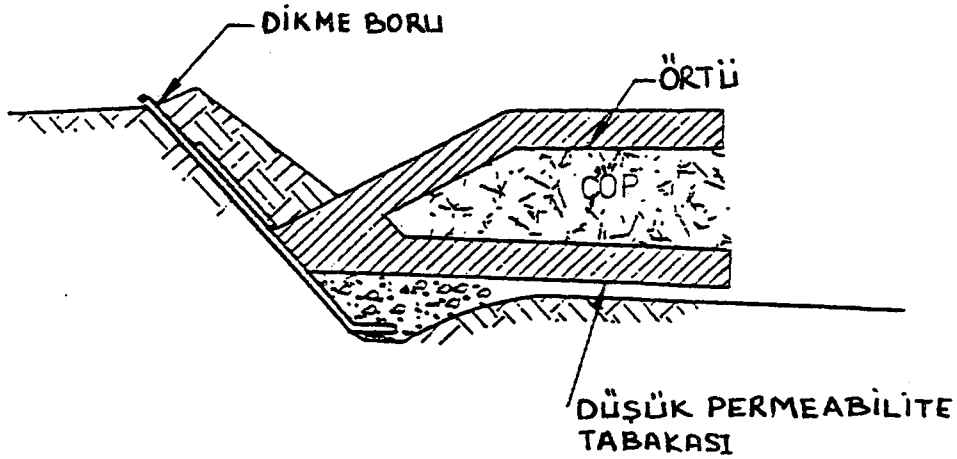
2- İlk sistemin eksiklikleri ikinci sistemin oluşturulmasıyla giderilmiş olacaktır.

İkinci tabaka sisteminde yüksek verimle tutma sağlanamayacağı için birinci sistemdeki sızma minumum düzeyde tutulmalıdır.

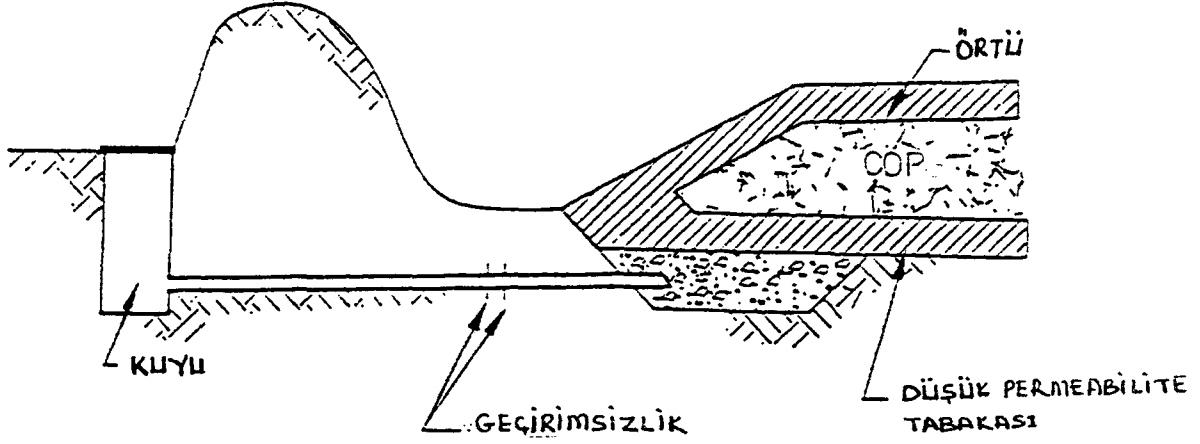


ŞEKİL 3.21- Daha düşük karma tabakadan oluşturulmuş çift tabaka görünüşü

Şekil 3.22 sızıntı alma gözleme noktalarına ait kolaylıklar gösterilmiştir.



(a) Alt çakıl hücre için



(b) üst çakıl hücresi için

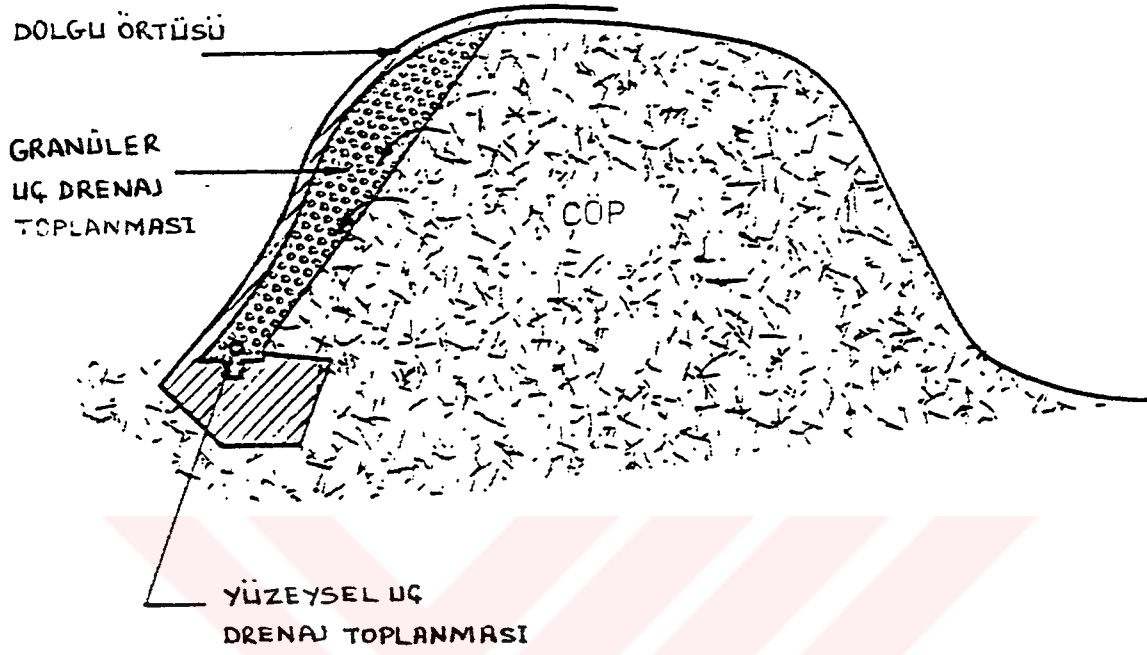
ŞEKİL 3.22- Sızıntı alma gözlem sistemi örnekleri.

Genellikle 8 ile 10 inç HDPE boruları kullanılır. 4 inç 'den daha küçük çapa sahip dalgıç pompalar kullanılmamalıdır. Genellikle borular tabaka içerisine girinceye kadar düşey olarak yerleştirilmemelidir.

Eğer çöp içerisinde boru kullanılacaksa aşağı sürüklenme potansiyeli göz önünde tutulmalıdır. Aşağı sürüklenme kuvveti sıkıştırılabilir atık ve jijid borular arasında bölgesel çökelmelere neden olabilir.

3.7- UÇ SIZMASININ ÖNLENMESİ

Uç sızması ve bunun kaynakları birikme yada drenej kanallarında biyolojik balçıkların oluşması sonucu meydana gelir. Çözüm 3.23'de görüldüğü gibi kenara yerleştirilen drenaj kanalı ile sağlanır. Çöp içerisinde seri halde düşey kuyular açılır ve sızıntı suyu pompalar ile dışarı atılarak birikim derinliği azaltılabilir. Fakat ince tanecikli evsel atıklar çok geçirimsizdir (hava ve su geçirmez). Pompalama suyun geri kazanımı için yapılmaktadır. Çöp yerleşimi yapıldıktan sonra limitler ile ne kadar akış olacağı hesaplanmalı ve problem bu hesaplarla çözülmelidir.



ŞEKİL 3.23- Uç sızmasının önlenmesi

BÖLÜM 4

DEPO SAHASINDA SIZDIRMAZ DİZAYNI İÇİN ALTERNATİF MODELLER

4.1- GİRİŞ

Katı atık depo sahalarında sızıntı suyu toplama sisteminin sağlıklı bir şekilde dizayn edilmesi için mühendisliğe çok önemli görevler yüklenmiştir. Mühendisler ilk iş olarak katı atık düzenli depo sahalarında minimum sızma için dizayn formülleri geliştirmişlerdir. Bu şekilde yeraltı suyuna sızan kirlilik kontrol edilmiş olmaktadır.

Bir toplama sisteminin eğimlendirilmiş tabaka hidroliği oldukça karmaşıktır. Dizayn yapılırken birkaç basit tahmin kullanılarak formüller oluşturulur. Yaygın olarak kullanılan basit iki tahminden ilki toplama sisteminin üstündeki sızıntı miktarının sabit olduğu, ikincisi ise son tabakadan sızıntının sızmadığıdır.

Bir kaç araştırmacı bu tahminleri kullanarak ,kil tabakası üzerindeki maximum yüksekliği hesaplamak için analitik çözümler hazırlamışlardır.

Bölüm 3'de tipik bir dolgu toprak sızıntı suyu toplama sistemi bileşenleri tanıtmış, dizayn kriterleri incelenmiş ve aynı zamanda sızıntı suyu toplama sistemi dizaynına ait McBean tarafından geliştirilmiş olan formüller ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

Bu bölümde ise McBean dışındaki araştırmacıların formülleri incelenmiş ve bunlarla ilgili nümerik sonuçlar incelenecektir.

4.2- WONG METODU İLE YAPILAN MODELLER

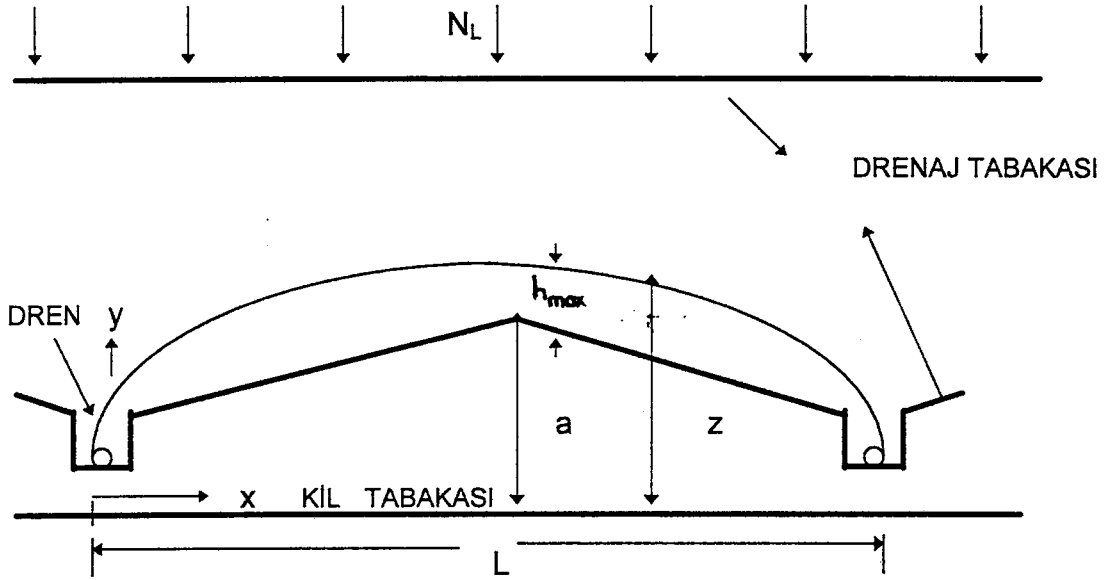
4.2.1- YAKLAŞIM MODELİ

Akımı eşitlemek ve farklılıkları gidermek için geliştirilen bu modelde geri devir ve nemin tekrar dağıtımı için ilave formüller geliştirilmiştir.

Bu model depo sahasında ve üzerinde ısıdan dolayı meydana gelecek dönüşümler hakkında güvenilir bir şekilde önceden bilgi vermektedir. Ayrıca bu model drenaj tabakası ve hattı için optimum geometrik ve malzeme seçiminde pratik uygulamalara sahiptir.

Kütle denkleminin basit bir versiyonu olarak geliştirilen formüller , hattın içine sızarak, tabaka üzerinde toplanan sızıntı suyu miktarına uyarlanarak kullanılmıştır.

Bu formüller kısmi differansiyel denklemindeki zaman ve yere göre değişkenlik göstermektedir. Müteakiben, basitleştirilmiş su dengesi sabit şartlara uyarlanarak



ŞEKİL 4.2- Eğimlendirilmiş kil tabakasındaki sızıntı suyu toplama sistemi.

$$h_{max} = \frac{L \sqrt{c}}{2} \left(\frac{\tan^2 \phi}{c} + 1 - \frac{\tan^2 \phi}{c} \sqrt{\tan^2 \phi + c} \right) \dots \dots \dots (4.2)$$

$$c = N_L / K_d,$$

ϕ = tabakaya düşme açısı.

Kil tabakası üzerinde biriken yükseklik hakkında tahminen bir fikir vermesi bakımından Eşitlik 4.1 ve 4.2 kullanılabilir.

Wong tarafından daha ayrıntılı bir şekilde tabaka üzerine düşen akım için bir deney yapılmıştır. Onun deneyi, tabaka yüzeyine paralel serbest yüzey ile kalın bir dilim halinde tabaka üzerinde hareket eden sıvının hipotenüsü üzerine kurulmuştur. Wong kil tabakasının tamamen doymuş olduğunu ve dolgu topraktan oluşan drenajdan hemen sonra tabaka üzerinde doymuş hacmin oluştuğunu kabul etmiştir.

Diger tahminler, doymuş tabakadaki Wong'un tahminlerine ilave edilmiştir. Geçirgen tabaka daha fazlasını kabul etmeyerek eşitlenir ve üstte meydana gelen drenajdan hemen sonra hat üstünde doymuş bir hacim oluşur.

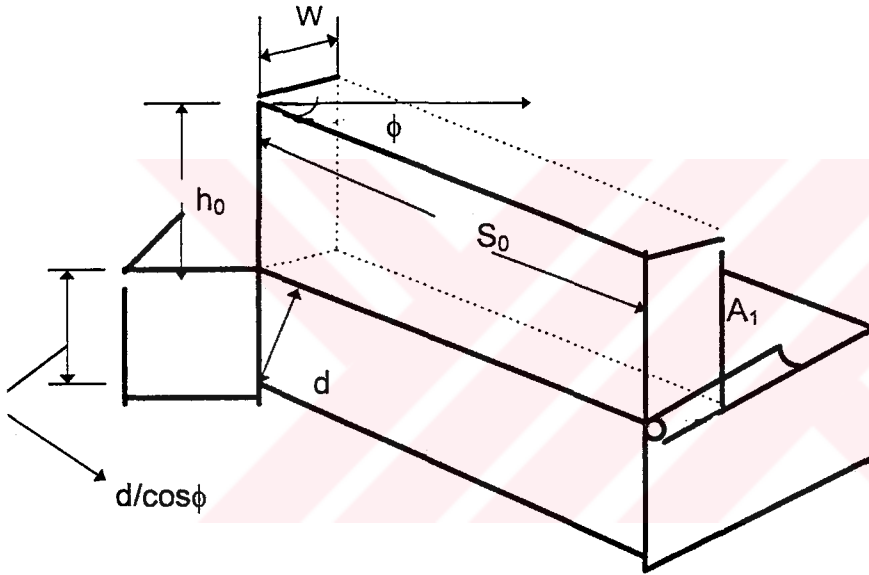
Wong aşağıdaki eşitlikleri çıkarmıştır.

$$\frac{S}{S_0} = 1 - \frac{t}{t_1} \dots \dots \dots (4.3)$$

$$\frac{h}{h_0} = \left(1 + \frac{d}{h_0 \cos \phi} \right) \exp \left(- \frac{kt}{t_1} \right) - \frac{d}{h_0 \cos \phi} \quad \text{için } 0 < t < t_1 \dots \dots \dots (4.4)$$

$$t_1 = \frac{S_0 n_e}{(K_1 \sin \phi)}$$

$$k = \left(\frac{S_0}{d} \right) \left(\frac{K_2}{K_1} \right) \cos \phi$$



ŞEKİL 4.3- Wong Modeli'nin geometrisi (5).

S_0 = tabaka uzunluğu.

S = t zamanındaki doymuş hacmin uzunluğu.

h = t zamanındaki doymuş hacmin yüksekliği.

S_0, h_0 = doymuş hacmin başlangıçtaki boyutları.

n_e = drenaj tabakasındaki efektif porozite.

K_2 = kil tabakasının hidrolik geçirgenliği.

ϕ = tabakanın yatayla olan açısı.

d = tabakanın kalınlığı.

t zamanındaki drenaj borusunda drene edilmiş hacim;

$$V_d = V_0 \left\{ \frac{1}{k} \left[\exp \left(-\frac{kt}{t_1} \right) - 1 \right] \left(1 + \frac{d}{h_0} \right) + \frac{d}{h_0} \frac{t}{t_1} \right\} \dots \dots \dots (4.5)$$

ve t zamanında tabakadan sızan hacim,

$$V_L = V_0 \left\{ \frac{1}{k} \left[\exp \left(-\frac{kt}{t_1} \right) - 1 + k \right] \left(1 + \frac{d}{h_0} \right) \right\} \dots \dots \dots (4.6)$$

V_d = t zamanda drenaj borusuna drene edilmiş hacim.

V_L = t zamanında kil tabakasına sızdırılmış hacim.

$V_0 = h_0 S_0$,başlangıçtaki doymuş hacim.

Tabakanın permeabilitesi sıfıra yaklaştığı zaman Eşitlik 4.5 ve 4.6'ın sonuçlarına dikkat edilmelidir. Bu durum sıfır permeabiliteli sentetik bir membran tabaka ile dizayn yapıldığında gerçekleşebilir.

Hopital'in dizayn yöntemi 4.5 ve 4.6 eşitliğinde verilirse ;

$$\lim_{k \rightarrow 0} \frac{V_d}{V_0} = -\frac{t}{t_1} \dots \dots \dots (4.7)$$

$$\lim_{k \rightarrow 0} \frac{V_L}{V_0} = 0 \dots \dots \dots (4.8)$$

Eşitlik 4.7 ve 4.8 ,Eşitlik 4.5 ve 4.6'nın davranışının limit içerisinde doğru olduğunu göstermiştir.Ayrıca 4.7 ve 4.8 eşitlikleri benzer sızıntı suyu hacmi için, tabaka permeabilitesinin çok düşük olduğu değerlerde kullanılmalıdır.

4.5 ve 4.6 eşitliği herhangi bir t anı için çözülebilir. Zaman artışının sonunda tabaka üzerindeki mevcut sızıntı ilave edilerek tabaka üzerine yeniden dağıtılır. Eşitlik 4.4 ile tanımlanan yeni yükseklik ,Eşitlik 4.5 ve 4.6'da yeniden çözülür.

Eşitlik 4.5 ve 4.6 , t_2 anındaki h yüksekliğinin sıfır'a yaklaştığı yerde t_1 ve t_2 'nin minimum değerinden daha az olan herhangi bir t anında uygulanırsa eşitlik aşağıdaki şekle dönüşür.

$$t_2 = \frac{t_1}{k} \ln \left(1 + \frac{h_0}{d} \right) \dots \dots \dots (4.9)$$

İlave olarak, ϕ çok küçük olduğundan dolayı eşitlik 4.5 ve 4.6'da $\cos \phi = 1$ kabulüyle tanımlanmıştır. t zamanı esnasında hattın üzerinde ortaya çıkan olaylar çok yönlü olduğu taktirde Wong, drenaj tabakasına doğru her bir hacim kaybolana kadar ayrı ayrı gönderilen bir ilave yöntem önermektedir. Bu metod hattaki sızıntı üzerine yüksek tahminlerin yapılmasıyla sonuçlanır.

Kmet Wong'un modelini incelemiş ve bazı eşitlikler üzerinde tadilatlar yapmıştır..

Son integrasyonda Wong tarafından kısaltılan V_L ifadesi için çok önemli yeni tadilatlar yapmıştır. Bu formül eşitlik 4.10'de verilmiştir.

$$V_L = V_0 \left[\left(1 + \frac{d}{h_0} \right) \frac{1}{k} \right] \left[\exp \left(- \frac{kt}{t_1} \right) \left(-k + k \frac{t}{t_1} + 1 \right) + (k - 1) \right] \dots \dots \dots (4.10)$$

Kmet Wong'un tahminlerinden yola çıkarak projelerde daha gerçekçi ve mantıklı sonuçlar sağlayan modeli ortaya çıkarmıştır.

Tabakada aniden meydana gelen sızıntı yüksekliği için Wong tarafından çok ihtiyatlı tahminler yapılmıştır.Bu tahminlere göre drenlenen ortamın hidrolik iletkenliği, ortam daha fazlasını kabul etmediği için eşitlenir. Eğer sızıntı suyu hesapları ve drenaj hacmi 1 -2 yıl süresi için hesaplanırsa, bu tahmine göre maximum yüksekliğin 3 - 6 ayda ulaşabileceği göz önüne alınırsa hatalı sonuçlar verebilir. Bu durumda tabakaya doğru olan sızıntı ne olacağı tahmin edilemez ve bu peryod esnasında taba içerisine sızma meydana gelmez.. Bu peryod esnasında birçok diğer sızma halleri meydana gelir ve bu durumda da başka problemlerle karşılaşılır.

Muhtelif sızıntı durumlarını içeren Wong'un metodu, her bir sızma halinin eşit miktarda ve her bir doymuş hacmin kalınlığının zamanla çok miktarda azalmayacağı tahmini üzerine kurulmuştur.

Doğal olarak filtrelenmiş sızıntı suyu ilave projesi ve drenajını anlatmak için, sızıntının zamanla hareketi, drenaj hacmindeki azalma kesin olarak hesaplanmış olmalıdır.

Wong'un yaklaşımına benzer bir yaklaşım Lentz tarafından depo yüzeyinden süzülme için yapılmıştır.

Moore depodaki sızmayı elde etmek için Richards eşitliğinin analitik çözümlerini kullanmıştır. Moore, hattın doymuş hale gelmesi için geçen zamanı bulmak için Philip tarafından hazırlanmış dogrusal çözümleri kullanmıştır. Doyduktan sonra tabaka içindeki kararlı haldeki sızma oranını hesaplamak için ise Darcy kanununu kullanmıştır. Moore, ilk yerleşme anında en alt tabakanın doyması ile ilgili tahminlerden sakınmak için, çok kolay hatalı sonuçlar verebilen bir metod geliştirmiştir. Tabaka malzemesinin diüffüzivite katsayısı ve hidrolik iletkenlik ile nem oranı arasında varolan kuvvetli non-lineerlik bilininceye kadar, bu büyük hatalar parametrelerin lineer değerlerinin seçiminde gerekebilir.

İletkenlik ve diüffüzivite için lineerize edilmiş bir değerin seçiminde yapılan küçük bir hata , sızmanın başlama zamanının fazla veya eksik tahminiyle sonuçlanabilir.

Dogrusal doymamış akım eşitliğinin çözülmesiyle başlayan şüphe yerine yapılabilen tabakadaki doymuş nem içeriğindeki bu tahmin ilk yerleşme anında yada kısa bir süre sonra lineer hele gelir.

4.2.2- WONG MODELİ İÇİN SIZINTI TOPLAMA SİSTEMİ ANALİZLERİ

Eğilendirilmiş kil tabakası içerisindeki ve üzerindeki sızıntı suyu akımı aşağıdaki kısmi diferansiyel denklem ile ifade edilebilir. Kütle korunumu prensiplerine göre, sistemin bir elementi içerisindeki bütün akım elemanlarının net toplamı 0 elementteki hacim değişikliği oranına eşitlenmelidir. Aşağıdaki eşitlikte bu verilmiştir.

$$\frac{\partial q_d}{\partial S} + N_L - q_L = n_e \frac{\partial h}{\partial S} \dots \dots \dots (4.11)$$

Burada;

q_d = drenaj akım miktarı,

S = tabaka yüzeyine paralel akım yönünde sonda ölçülmüş akım,

N_L = element üzerine düşen sızıntı miktarı,

q_L = tabaka içerisine sızan miktar,

n_e = drenaj tabakasının efektif porozite,

h = tabaka üzerindeki sızıntı derinliği,

t = zaman.

Darcy kanunu kullanılarak;

$$q_d = - K_d h(S) \frac{\partial z}{\partial S} \dots\dots\dots(4.12)$$

Burada ;

$$z = h(S) + (a - S \sin \phi);$$

ϕ = kil tabakasının yatayla yaptığı açı,

K_d = akım yönünde drenaj tabakasının doymuş hidrolik geçirgenliği.

Sızma miktarı q_e , Darcy kanunundaki gibi yazılabilir;

$$q_L = K_L \left(\frac{h + d}{d} \right) \dots\dots\dots(4.13)$$

Burada;

K_L = kil tabakasının doymuş dikey hidrolik geçirgenliği,

d = tabaka kalınlığı.

Eşitlik 4.13, atmosferik basınç şartları altında ϕ açısının küçük olması halleri için geçerlidir.

Eşitlik 4.12 ve 4.13, eşitlik 4.11'de yerlerine konulup düzenlenirse;

$$K_d \frac{\partial}{\partial S} \left(h \frac{\partial h}{\partial S} - h \sin \phi \right) + N_L - K_L \left(\frac{h}{d} + 1 \right) = n_e \frac{\partial h}{\partial t} \dots\dots\dots(4.14)$$

Eşitlik 4.14'deki su dengesi eşitliği alt toplama sistemi için genelleştirebilir. Problemin matematik açıklamasının tamamlanması için başlangıç ve sınır şartlara ihtiyaç duyulur. Başlangıç şartları aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$h(S,0) = h_0(S) \dots\dots\dots(4.15a)$$

h_0 = tabaka üzerinde 0 anındaki derinlik.

Akım yönünde ve akımın ters yönündeki şartlar sırasıyla, sınırda akımın olmadığı ve toplama sistemine serbest drenajın olduğu varsayılarak çıkartılabilir. Bu şartların sonuçları;

$$\frac{\partial h}{\partial S} = \sin \phi, \quad S = 0 \text{ (akıntıya ters yönde)} \dots\dots\dots(4.15b)$$

$$\frac{\partial h}{\partial S} = f_{ds}, \quad S = S_0 \text{ (akıntı yönünde)} \dots\dots\dots(4.15c)$$

S_0 = hücre tabakasının uzunluğu.

f_{ds} = akım yönündeki yükseklik değişimi.

Mükemmel şartlar için ve tabaka içerisinde hiç sızma olmadığında eşitlik 4.14 tekrar geri gelir.

$$K_d \frac{\partial}{\partial S} \left(h \frac{\partial h}{\partial S} - h \sin \phi \right) + N_L = 0 \dots\dots\dots(4.16)$$

sınır şartlar için ;

$$\frac{\partial h}{\partial S} = \sin \phi, \quad S = 0 \dots\dots\dots(4.17a)$$

$$h = h_0, \quad S = S_0 \dots\dots\dots(4.17b)$$

eşitlik çözüldüğünde;

$$S = S_0 \exp \left[- \frac{1}{2} \ln \frac{R}{R_0} - \frac{\sin \phi}{2} (Q - Q_0) \right] \dots\dots\dots(4.18a)$$

Burada;

$$R = v^2 - v \sin \phi + \alpha \dots \dots \dots (4.19b)$$

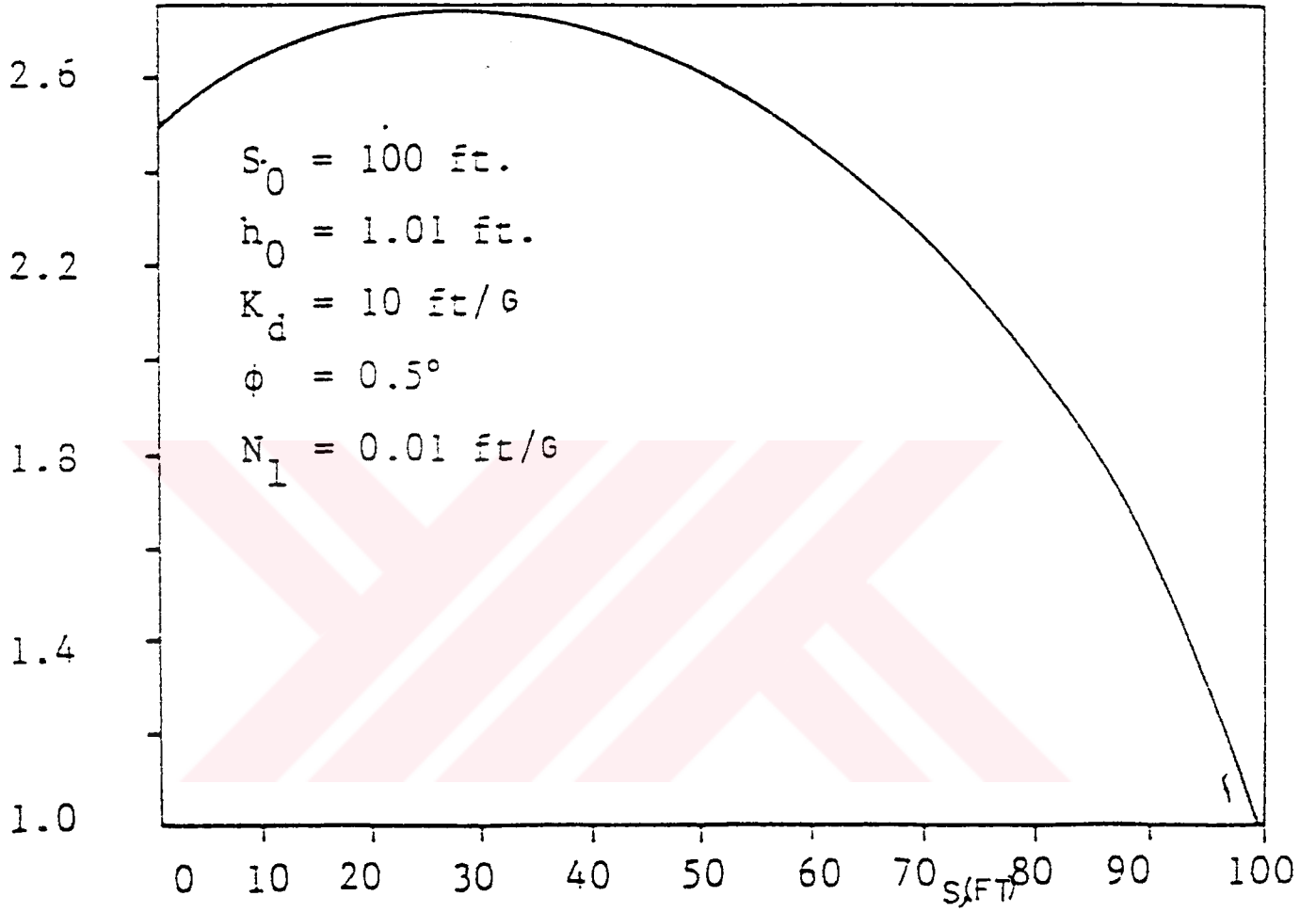
$$v = \frac{h}{S}, \alpha = \frac{N_L}{k_d}, \Delta = 4\alpha - \sin^2 \phi \dots \dots \dots (4.19c)$$

ve,

$$Q = \begin{cases} \frac{-2}{\sqrt{\sin^2 \phi - 4\alpha}} \operatorname{arctanh} \frac{-\sin \phi + 2v}{\sqrt{\sin^2 \phi - 4\alpha}}, & \text{,için, } \Delta < 0 \\ \frac{2}{\sqrt{-\sin \phi + 2v}}, & \text{,için, } \Delta = 0 \dots \dots \dots (4.19d) \\ \frac{2}{\sqrt{4\alpha - \sin^2 \phi}} \operatorname{arctan} \frac{-\sin \phi + 2v}{\sqrt{4\alpha - \sin^2 \phi}}, & \text{,için, } \Delta < 0 \end{cases}$$

$v = \frac{h}{S}$ yerine $v_0 = \frac{h_0}{S_0}$ ile R_0 ve Q_0 değerleri eşitlik 4.19b ve 4.19d'den sırasıyla bulunabilir.

Eşitlik 4.19 a' nın çözümü tabaka üzerindeki sızıntı suyunun yüksekliğini, uzunluk koordinatlarının bir fonksiyonu olarak (s) sağlar. Hesap makinasında tekrarlanabilecek bir yaklaşım ile çözülmüş üstün bir eşitliktir. Tabaka üstündeki sızıntı suyu yüksekliğinin şekli eşitlik 4.16'da meydana çıkan parametrelerin birbiriyle olan ilişkisini ve akıntı yönündeki parametreleri tayin etmek için Şekil 4.4'de bir yığın oluşumu gösterilmiştir.



Şekil 4.4- Kümelenme oluşumu ile tabaka üzerindeki sızıntı yüksekliğinin profili.

Tabaka üstündeki sızıntı suyu yüksekliği geçici şartları eşitlik 4.14'de kesin sonlu bir diferansiyel çözüm ile bulunmuştur. Çözümü genelleştirmek için, eşitlikteki boyutsuz değerler aşağıdaki şekilde normalize edilmiştir.

$$h^* = \frac{h}{d}, \quad s^* = \frac{s}{d}, \quad N_L^* = \frac{N_L}{K_d}, \quad K^* = \frac{K_i}{K_d}, \quad t^* = t \frac{K_d}{d}$$

Bu değerlerle eşitlik 4.14 yeniden yazılır.

$$\frac{\partial}{\partial S^*} \left(h^* \frac{\partial h^*}{\partial S^*} - h^* \sin \phi \right) + N_L^* - K^* (h^* + 1) = n_e \frac{\partial h^*}{\partial t^*} \quad (4.20)$$

$$\frac{\partial h^*}{\partial S^*} = \sin \phi, \quad S^* = 0 \quad (4.21a)$$

$$\frac{\partial h^*}{\partial S^*} = f_{ds}, \quad S^* = S_0^* \quad (4.21b)$$

Eşitlik 4.20'nin çözümü kesin sonlu diferansiyel tahminlerde temel farklılıklar yapılarak incelenmiştir. Akım yönündeki sınırdaki serbest drenaj şartı kabul edilir ve bölgenin son noktası ile bir sonraki nokta arasındaki akıma ters yöndeki değişiklikler ile değişim tahmin edilir.

Eşitlik 4.20 lineer olmayan kısmi diferansiyel bir denklemdir ve bu eşitliğin kesin sonlu diferansiyelinin kararlı şartlarda genel bir kritik değeri yoktur. Ancak analiz uygun bir yerde lineerleştirme ile yapılabilir. Böylece hem parabolik hem de hiperbolik tipte bir eşitlik oluşturulabilir. Parabolik kısmi diferansiyel eşitliğinin kesin şartlandırılmasında düzenli kritik bir oluşum (4.26) verilmiştir.

$$\frac{\Delta t}{(\Delta s)^2} < \alpha_c \quad (4.22)$$

α_c = eşitliğin çıkarılması için verilen bir tahmin katsayısı.

Hiperbolik eşitliğin kesin sonlu diferansiyel çözümünün basit oluşumu tartışılmasında; $\Delta t/\Delta s$ oranının optimum değerinde doğru çözüm için en iyi tahmin değerleri incelenmiştir.

Ayrıca drenaj ve sızma oranları tanımlandığında, sırasıyla

$$q_d = -K_d h \frac{\partial z}{\partial s} \quad (4.23)$$

$$q_L = K_L \left(1 + \frac{h}{d} \right) \quad (4.24)$$

Burada;

z = keyfi bir başlangıç noktasından serbest yüzeyde yükselen sızıntı suyu

$$q_d^* = q_d / (dK_d) \dots\dots\dots (4.25)$$

$$q_L^* = q_L / K_d \dots\dots\dots (4.26)$$

tamamlayıcılarla normalize edilir.

Burada q_d^* = toplama borularında boyutsuz dren değeri ve q_L^* = tabaka boyunca boyutsuz sızma değeridir.

Matematiksel modelin işleyişini kolaylaştırmak için , boyutsuz hale getirilmiş su dengesi denklemi bilgisayar çalışmaları ile araştırılmıştır. Toplama sisteminin fiziksel özelliklerinin model verimine etkilerinin belirlenmesi için sistem geometrisi sabitleştirilmiştir. Dren tabakasının porozitesi, model verimine çok küçük bir etkisi olduğundan sabit alınmıştır.

Tabaka dizaynındaki hidrolik parametrelerin önemi Şekil 4.5 ve 4.6'de gösterilmiştir. Sonuçlar iki farklı eğim açısında denge oranlarını simgelemektedir ve sonuçlar geçici modelde $s^* = 100$ ve kumlu ve çakıllı malzemeler için porozite $n_e = 0,4$ alınarak bulunmuştur. Normalize edilmiş hidrolik iletkenlik K^* değeri 1×10^{-5} - 1×10^{-2} aralığında incelenmiştir. Sızma oranı tabaka geçirgenliği ile doğrusal olarak azaldığı değerlerin düzenlemesiyle ortaya çıkmıştır. Tabaka eğimi % 1 iken q_L^* 'ye önemli bir etki yaptığı N_L^* 'nin 10 kat arttığı görülmektedir. Ancak tabaka eğimi % 2 iken N_L^* 'nin aynı şekilde artmakta, q_L^* 'in etkilenmediği görülmektedir. Bu da eğim açısının ilave edilen oran üzerinde hakim olduğu şartını ortaya çıkarmıştır. Benzer incelemeler q_L^* ve K^* arasındaki ilişki için yapılabilir, K^* 'in düzenlenmesi ve aralarındaki ilişki için değerler incelenmiş olmasına rağmen, drenaja etkileri minumdur. Aynı sonuçlar diğer sistem parametreleri içinde bulunmuştur.

Şekil 4.5'te görüldüğü gibi , normalize edilmiş iletkenliğin sızıntı hızı üzerindeki etkisi daha belirgindir. K^* 'in büyüklüğünde meydana gelen bir mertebe artış q_d^* üzerinde de yaklaşık olarak bir mertebelik artışı meydana getirmektedir. q_d^* üzerinde daha düşük bir eğimin etkisi de önemli görülmektedir.

Şekil 4.6'te kararlı durumda normalize edilmiş drenaj hızları , normalize edilmiş hidrolik iletkenliğe karşı değişik N_L giriş hızlarında incelenmiştir. Şekildende görülebileceği gibi çok düşük K^* değerleri için drenaj aynı kalmaktadır. K^* 'ın q_d^* üzerindeki etkisi N_L^* 'in K^* 'a yaklaştığı durumlarda hissedilir olmaktadır. N_L^* değerinin K^* 'a eşit olduğu durumda drenaj hızının sıfıra yaklaşacağı umulmaktadır.

Şekil 4.5 ve 4.6 göstermektedir ki geniş bir ölçekte giriş hızı ve hidrolik iletkenlik, drenajı kontrol eden parametredir.

Şekil 4.7 çeşitli K^* değerleri için üniform boyutsuz giriş değeri 0.00025 alınarak boyutsuz zamana karşı boyutsuz dren ve sızma oranların değişimini göstermektedir.

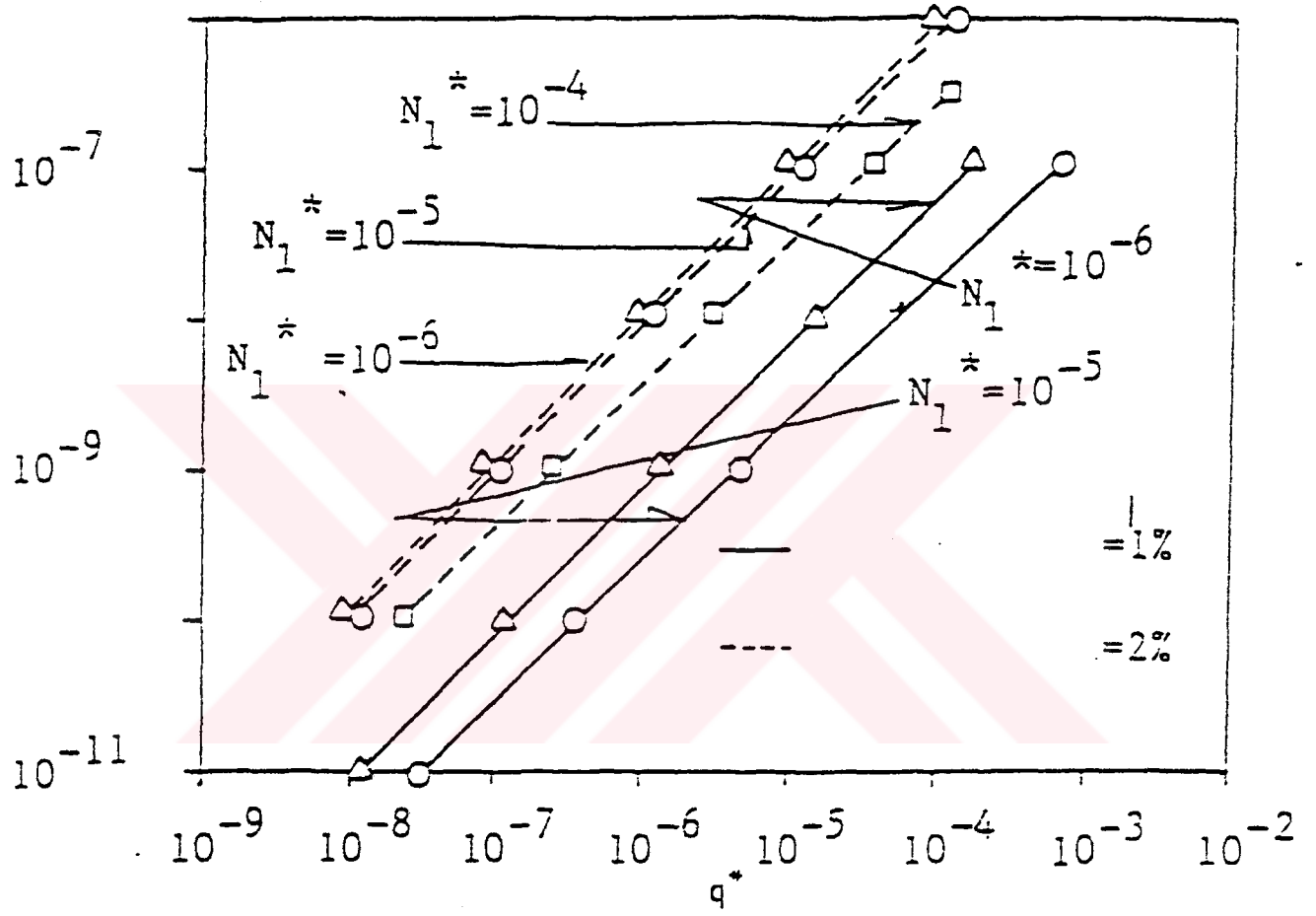
Burada K^* azalırken drenaj oranının artabileceği görülmektedir. Bu artış oranı ancak K^* azaldığı kadar artar. İlave adımlarda (1×10^{-6} 'dan daha küçük K^* için) q_d^* da hemen hemen hiç bir değişme olmaz. Burada spesifik giriş oranında ve sistem geometrisinde, hidrolik iletkenlikten etkilenmeyen dren değerinin bir üst sınıra kadar artacağı görülmektedir.

Sonuçların extrapolasyonu , q_d^* 'nin sıfır alt limitine yaklaştığını göstermektedir. Bu limite K^* 'ın N_L^* 'a eşit olduğu durumda ulaşabileceği umulmaktadır. Bu da göstermektedir ki sızıntı suyu drenaj hızı , sızıntı suyu giriş hızına karşı çok duyarlı olduğu gibi drenaj tabakasının ve kil tabakasının hidrolik iletkenliği sızıntı suyu giriş hızı ile aynı değere sahip olursa, tabaka üzerinde hiçbir zaman önemli bir hidrolik yük böylece drenaj oluşmayacaktır. Bu nedenle , bu durumda tabaka üzerine deşarj olan bütün sızıntı suyu tabaka içine süzulebilecektir. Şekil 4.7'den de görülebileceği gibi, normalize edilmiş hidrolik iletkenlik arttıkça üniform bir giriş hızında drenajdaki kararlı duruma daha hızlı ulaşılır.

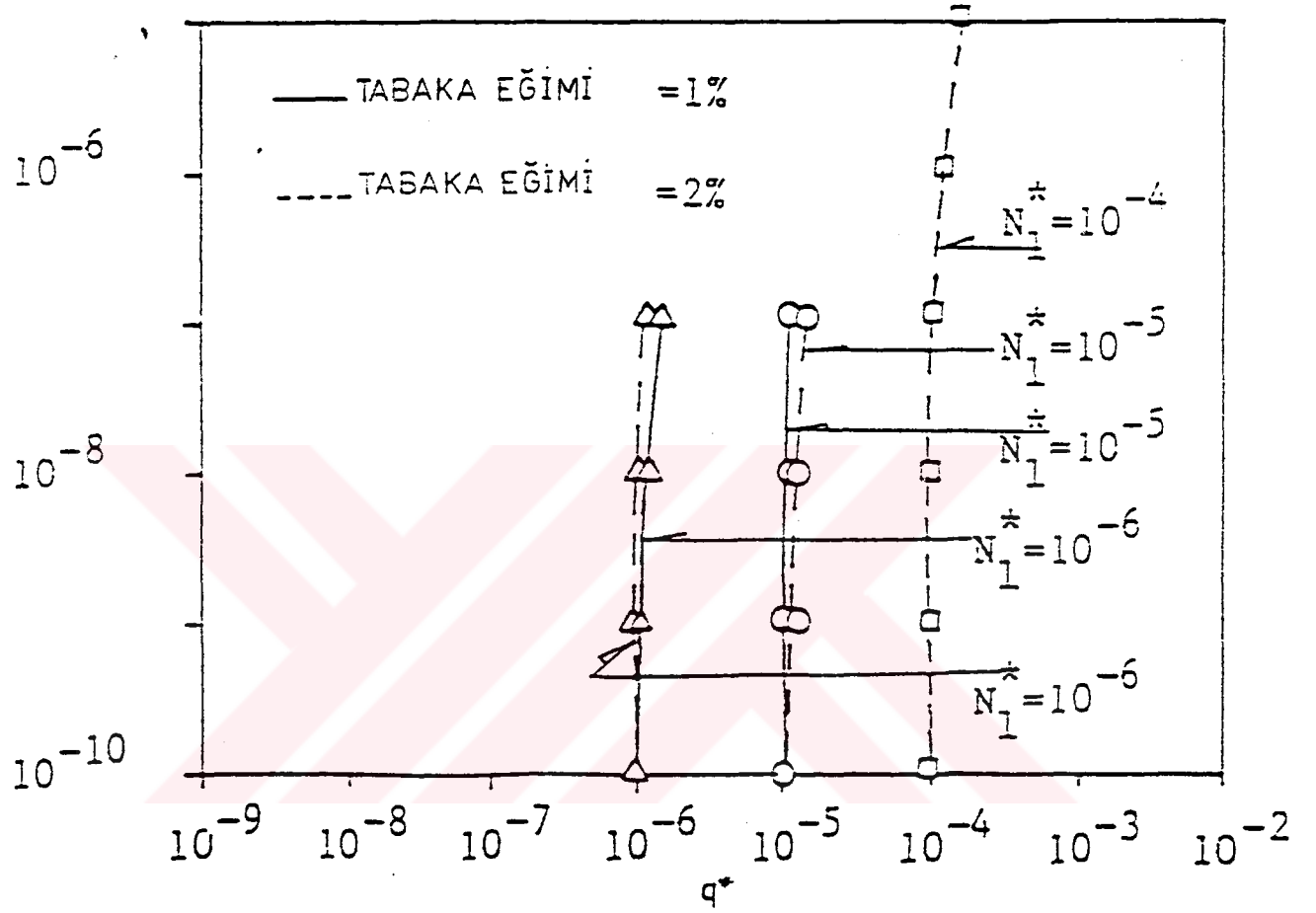
Normalize edilmiş sızıntı hızları, K^* 'ın 1×10^{-6} 'dan küçük olduğu değerlerde sıfıra yaklaşır. Buda göstermektedir ki , gelen bütün sızıntı suyu drenlenecektir. Alt tabakanın doymuş olması kabulüyle sızıntı çok hızlı başlayacaktır. İlk oluşan küçük hidrolik yükler sızıntı oluşturma kapasitesine sahiptir , ancak drenaj için gerekli gradyanın oluşturulması için önemli bir su kotunun oluşması gerekir. Bu sızıntı giriş hızının relatif büyüklüğünün model çıkışı üzerindeki önemini bir kere daha vurgulamaktadır.

Tabaka hücresinin drenaj sonundaki normalize edilmiş h^* yüksekliği, kararlı giriş şartlarında ve boyutsuz zaman fonksiyonu olarak, $N_L^* = 0.00025$ değeri ve normalize edilmiş hidrolik iletkenlik aralığındaki araştırma sonuçları Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Şekilden gözlenebileceği gibi K^* düştükçe yüksekliğin üst limite yaklaştığı görülmektedir. Bu üst limit N_L^* giriş hızına bağlıdır.

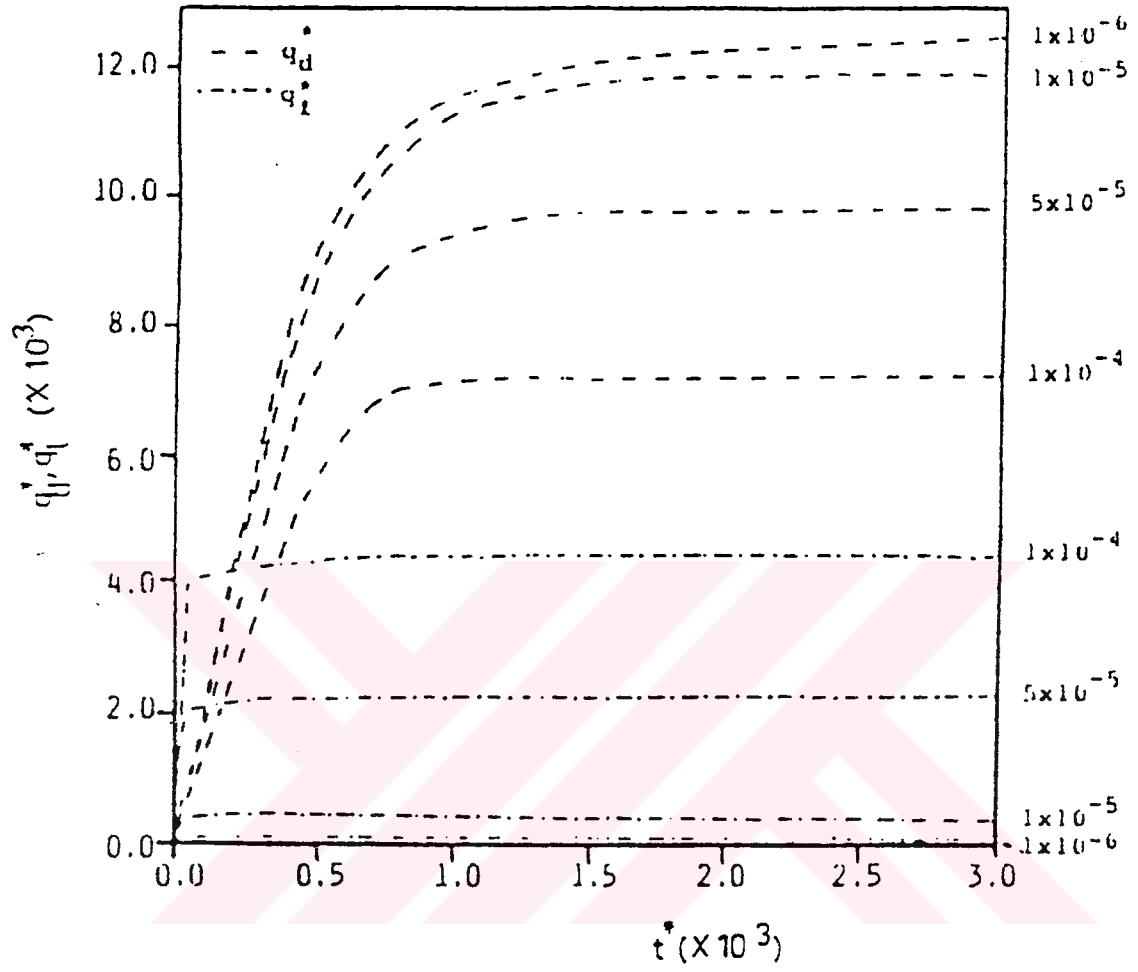
Tüm bu boyutsuz modeller göstermiştir ki , normalize edilmiş sızıntı suyu giriş hızı normalize edilmiş hidrolik iletkenliklere karşı oldukça hassastır.



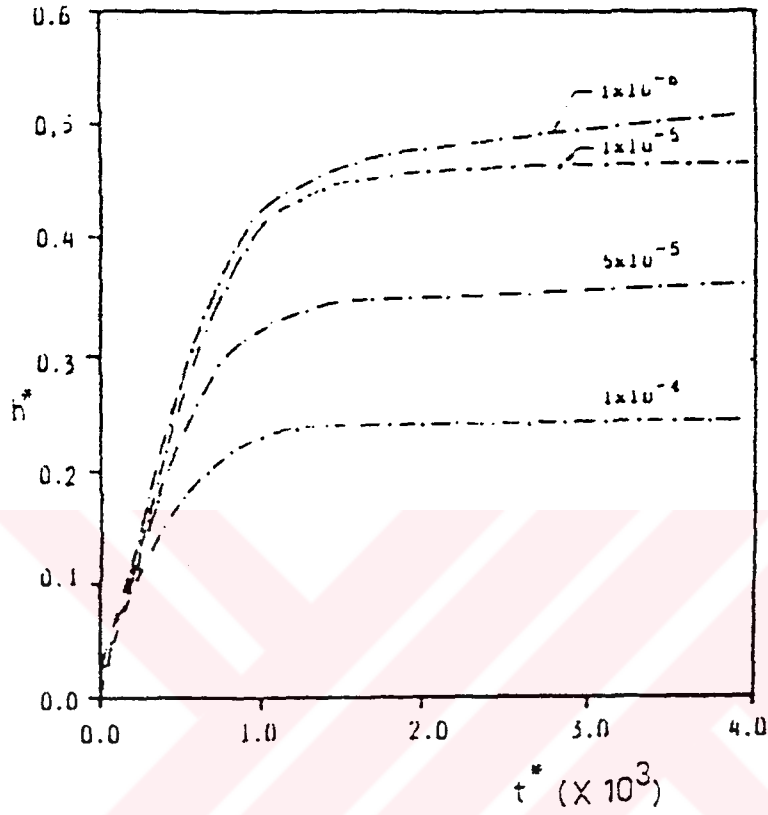
Şekil 4.5- Normalize edilmiş tabaka geçirgenliği ile normalize edilmiş sızıntı oranının değişimi.



Şekil 4.6- Normalize edilmiş tabaka geçirgenliği ile normalize edilmiş drenajın değişimi.



Şekil 4.7- $N_L = 0.00025$ değerinde normalize edilmiş iletkenliğin değişik değerlerinde normalize edilmiş zamana karşı sızma oranı ve normalize edilmiş drenajı.



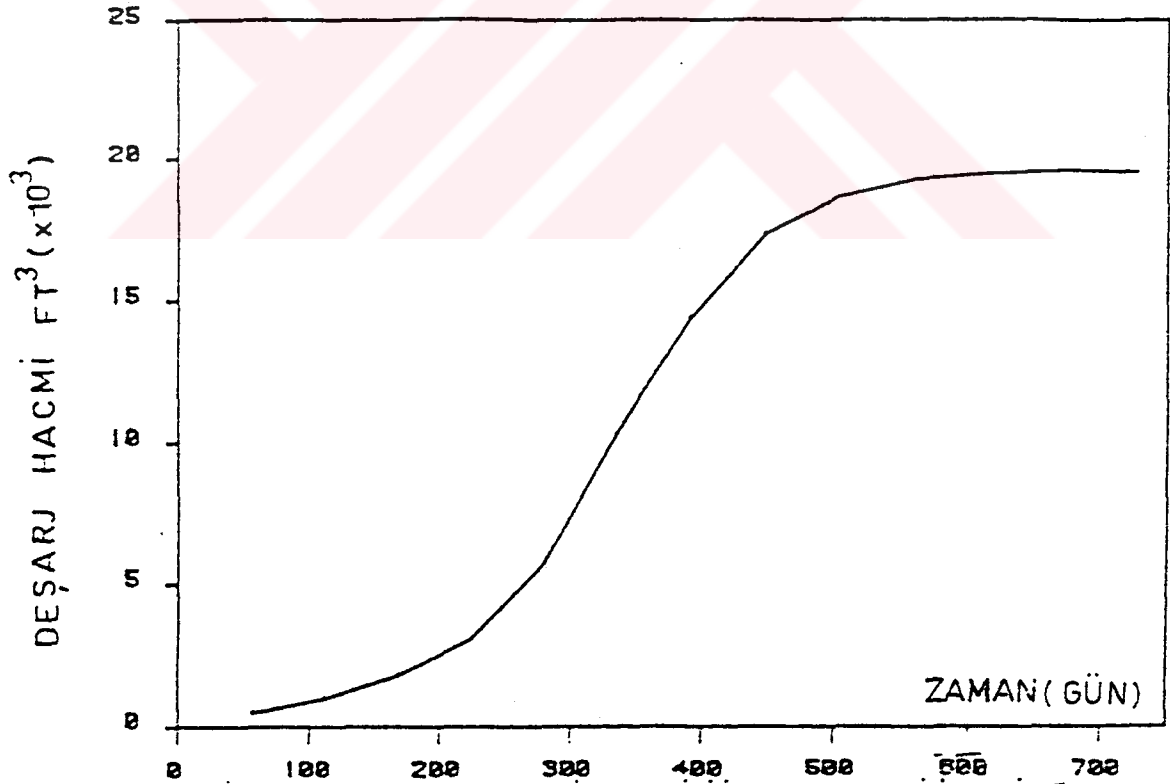
Şekil 4.8- $N_L = 0.00025$ değerinde normalize edilmiş iletkenliğin normalize edilmiş zamana karşı oluşturduğu sızıntı suyu yüksekliği.

4.2.3- MODELİN UYGULAMA SONUÇLARI

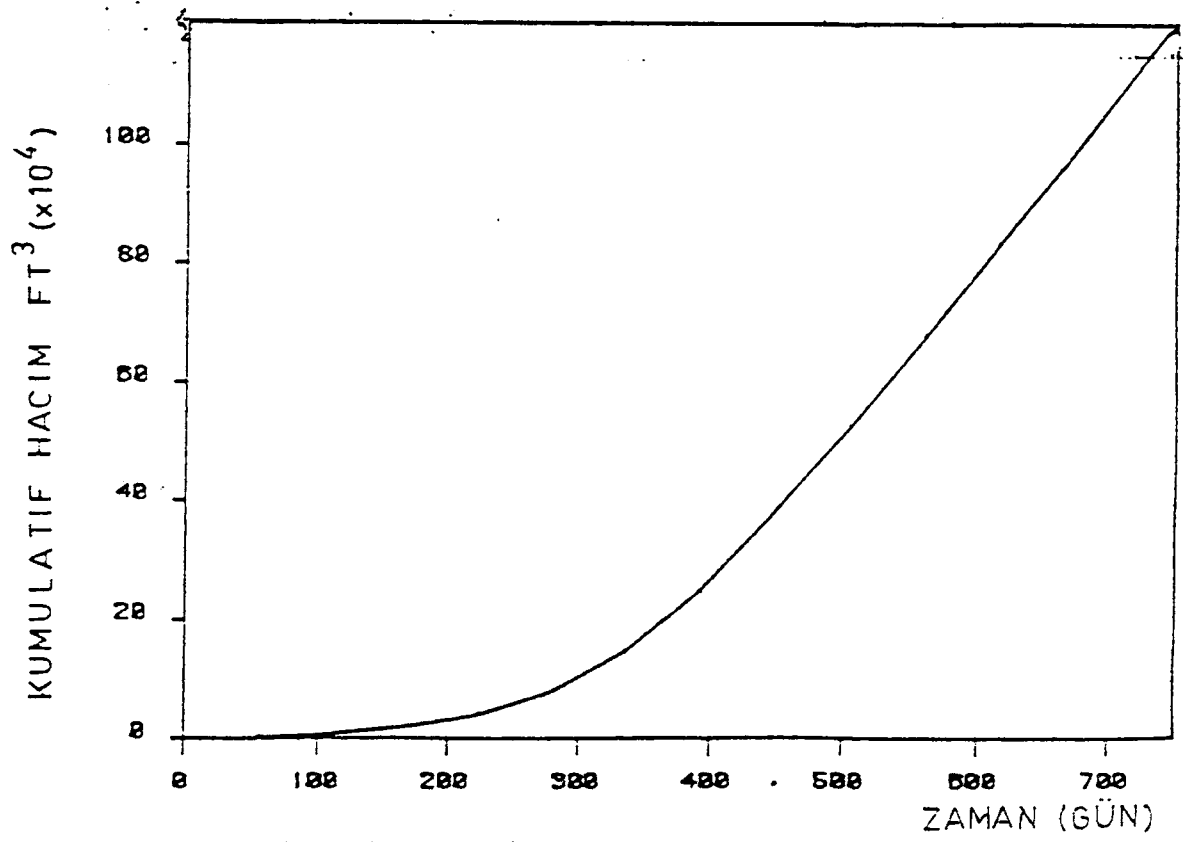
Tabaka altındaki toplama sisteminin hassas analizi önemli parametrelerin miktarını tayin etmek için kullanılan matematik formüllere önderlik etmiştir. Toplama sisteminin geometrisi ve metodu bir önceki parça halihazırda mevcut bulunan suyun dengesini hesaplamak için kullanılır.

Hassas analiz içerisinde incelenen benzer parametrelerde, kil tabakasının kalınlığı; d , tabakadaki hücrenin uzunluğu, S_0 , tabakanın yatayla açısı; ϕ , kil tabakasının doymuş hidrolik geçirgenliği; K_2 , drenaj tabakasının doymuş hidrolik geçirgenliği, K_1 'dir. Toplama sistemi ile ilgili veriler ;20 ft (7 m) yüksekliğinde ve 40.000ft² (4.000 m²) alandaki farazi bir dolgu topraktan çıkan sızıntının incelenmesi ile sağlanmıştır. Topraktaki net filtrelene 2 yıllık bir periyotta sabit olarak 0,007 ft/gün (0,0023 m/gün) olarak kabul edilmiştir. Depodan deşarj edilen sızıntı suyu hacmine gösterim Şekil 4.9'e gösterilmiştir. İlave olan kumulatif hacim, V_t 'nin zamana karşı grafiği Şekil 4.10'de çizilmiştir. Dolgu topraktaki deşarj, sabit bir durum alıncaya kadar yaklaşık 550 gün geçer. Buna mukabil toplama sistemine deşarj olan hacim zamanla değişir. Deney sonuçları incelendiği zaman bu akılda tutulmalıdır. Her bir grafik için spesifik değerler kullanılmıştır. Tüm hassas çalışmalar için kullanılan benzer parametreler $d = 2$ ft (0,66 m), $S_0 = 50$ ft (16,4 m), $\phi = 5^\circ$, $K_2 = 0,0001$ ft/gün (0,000033 m/G) ve $K_1 = 20$ ft/gün (6,56 m/gün) dür. Herbiri 800 ft (262,5 m) genişliğinde 10 hücre tabakası oluşturulmuştur. S_0 hassas olduğu taktirde, hücre sayısı, dolgu alanındaki toplam projedeki toplama sisteminde olduğu gibi aynı kalır. Bu verilerle ilk olarak ,toplama sisteminin geometrik parametrelerinin mmodel verimine olan etkileri incelenebilecektir.

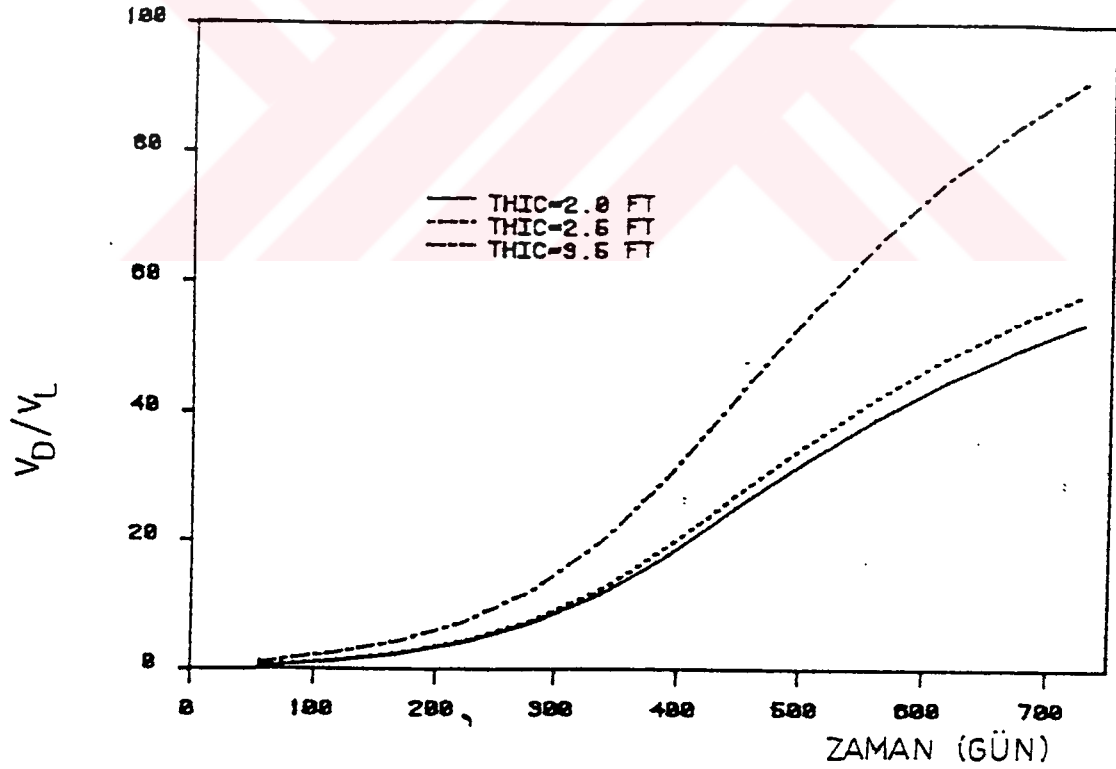
Şekil 4.11'de drenajda tabaka altındaki kalınlık d 'nin ,artarak toplanan hacim V_d ve artarak tabaka içine sızan hacim V_L oranına bağlı olarak değişimi verilmiştir. Şekil.4.11' de verimin kil tabakasının kalınlığıyla bir artış gösterdiği görülebilir.



Şekil 4.9- Alt tabaka sistemine deşarj edilmiş sızıntı hacminin zamanla değişimi



Şekil 4.10- Alt tabakadaki kümülatif sızıntı hacminin zamanla değişimi.



Şekil 4.11- Tabaka kalınlığı d'nin V_D/V_L verimine etkisi.

Ancak, herhangi anda verimdeki artış, sızan hacimdeki liner olmayan yük kaybına rağmen kalınlıktaki artışla orantılı değildir. Buna örnek bir dolgu toprakta 2 yıl sonunda tabaka altında 5 m'de sızıntı suyunun olmadığını göstermiştir.

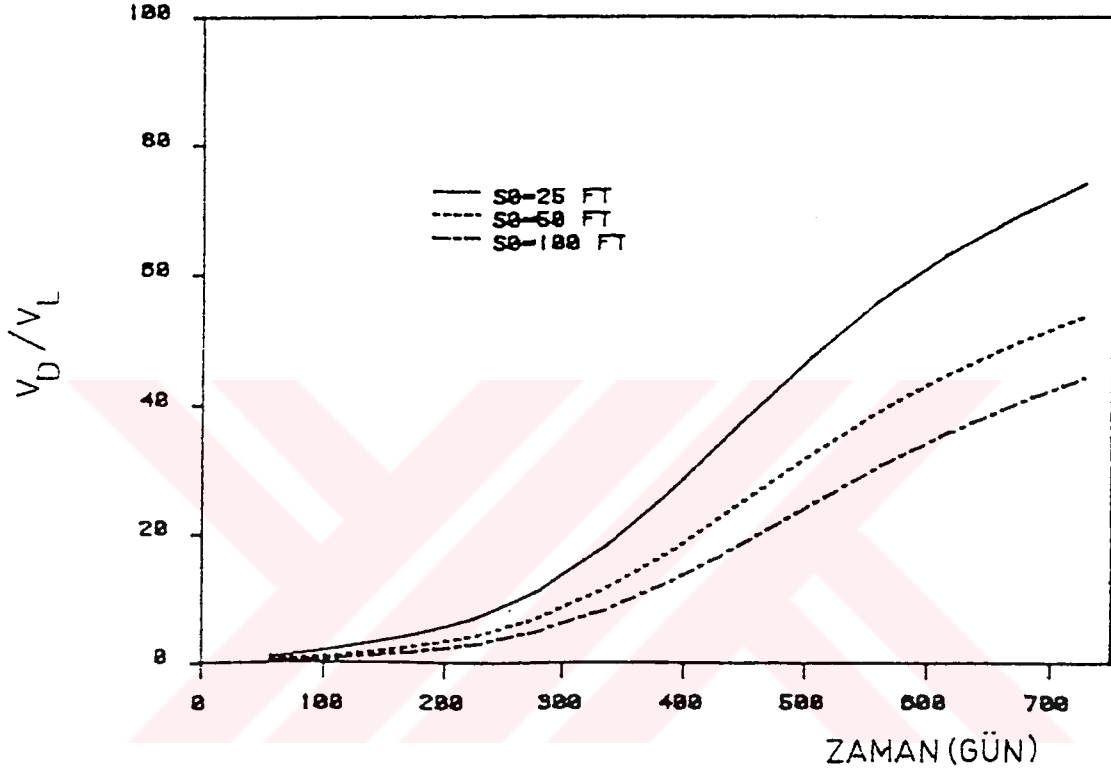
Hücre tabakası uzunluğu S_0 'daki değişime bağlı olarak model verimindeki değişim Şekil 4.12 ve 4.13'de gösterilmiştir. Şekil 4.12'de toplama sistemindeki verim oranının S_0 'la değişimi gösterilmiştir. Şekilde ;iki yıl sonunda hücre tabakasının uzunluğunun iki katına çıkması ile verim oranında % 10 civarında bir azalma olduğu gözlenmektedir. Bu azalma, tabaka içine sabit miktarda deşarj olursa yaklaşık 550 gün sonra sabit bir değere ulaşacaktır (Şekil 4.9). Şekil 4.13 ise kumulatif drenaj hacim yüzdesinin (V_d/V_t) S_0 'a etkisini göstermektedir. Sistemin toplama verimi, hücre tabakasının uzunluğu 25 ft (8,2 m)'den 100 ft (37,8 m)'e çıktığında iki yıl sonunda %97'den %67'ye düşecektir.

Hücre tabakası eğim açısı ϕ 'nin, sistemin toplama verimi üzerine olan etkisi araştırılmıştır. Toplama sisteminin verimi V_d/V_t ile farklı ϕ açısı değerleri arasındaki değişim grafiği Şekil 4.14'de verilmiştir. Sistemin drenaj veriminin tabaka açısı artışıyla düzleştiği görülmektedir. Aynı periyot sonunda açıda 1-3° arasındaki değişikliklerde toplama veriminde %28'lik artış gözlenmektedir. Ancak, açı 3-10° derece arasında artış gösterdiği zaman verime olan etkisi azalmaya başlar, görüldüğü gibi verimdeki düzleşme eğim açısındaki artış ile orantılı değildir, fakat drenaj diğer parametreler ile kontrol edildiğinden dolayı, yüksek açılarda azalma yerine artış meydana gelmektedir.

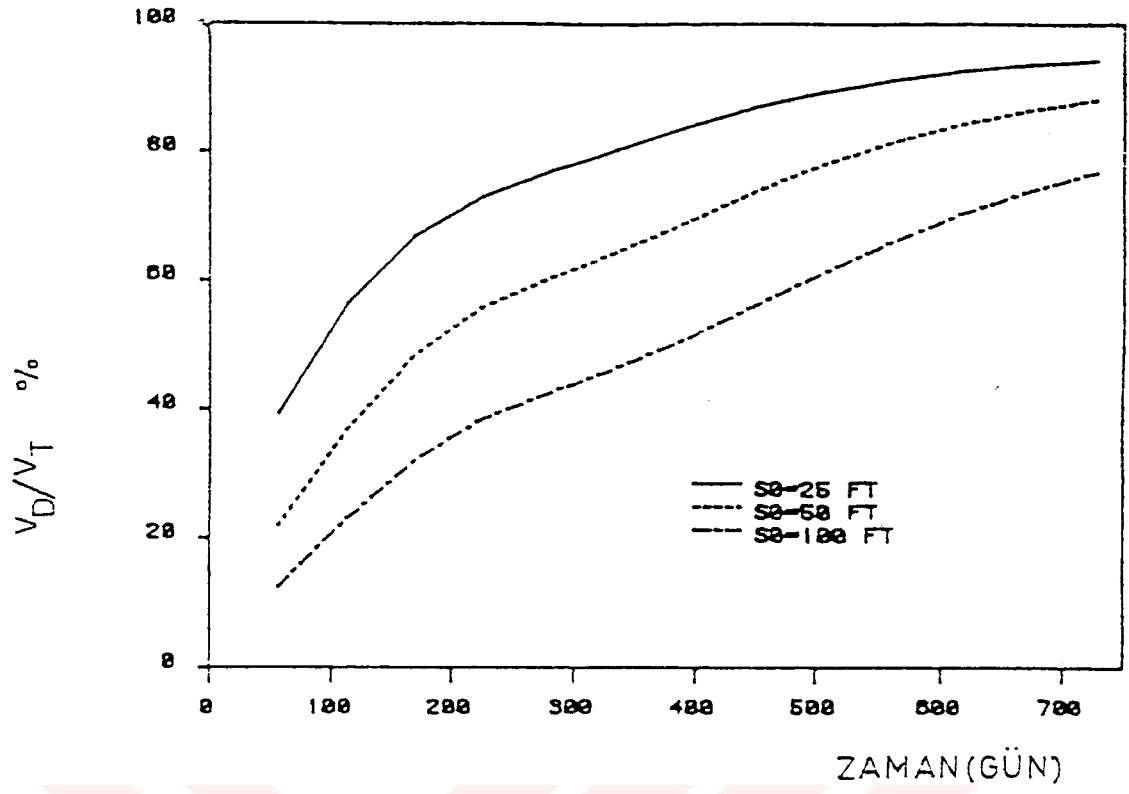
Tabakanın doyurulmuş hidrolik geçirgenliği ve drenaj malzemesinin hidrolik geçirgenliği toplama sistemi içindeki su dengesini hesaplamak için kullanılır. Hidrolik geçirgenlik oranı, drenaj ile toplanan hacmi yararlı yapan k değerini (Eşitlik 4.5) ve tabaka içerisine sızan hacmi (Eşitlik 4.10) hesaplamak için kullanılır.

Drenaj tabakası hidrolik geçirgenliği K_1 'in model verimine etkisi Şekil 4.15 ve 4.16'da gösterilmiştir. Şekil 4.15'de K_1 'in sistemin verimine etkisi çizilmiştir. K_1 artarsa sistemin verimide artar. K_1 5 ft/gün (1,62 m/gün) ve 100 ft/gün (32,8 m/gün) arasında artış gösterdiğinde iki yıl sonunda V_d/V_L 'in artışı 32'nin bir çarpanı ile sonuçlanır. Aynı sonuçlar toplama sistemi veriminin zamana karşı çizildiği Şekil 4.16'dan çıkarılabilir. Drenaj tabakasının hidrolik geçirgenliğinin model için önemli bir parametre olduğu sonucu çıkarılabilir. Doğru sonuçlar alabilmek ve doğru değerlerde çalışabilmek için bu değerlerin bilinmesi gerekmektedir. Uygun şekilde yapılmış drenaj tabakasının üzeri örtüldükten sonra hidrolik geçirgenliği yüksek olacaktır. Kil tabakası üzerindeki yük kaybı drenaj tabakasının kalınlığını geçerse, iki farklı permeabilitedeki geçirgen malzeme içerisindeki drenaj akımını hesaplamak için bu model uygulanmadığından dolayı su dengesi hesapları hatalı sonuçlar verebilir.

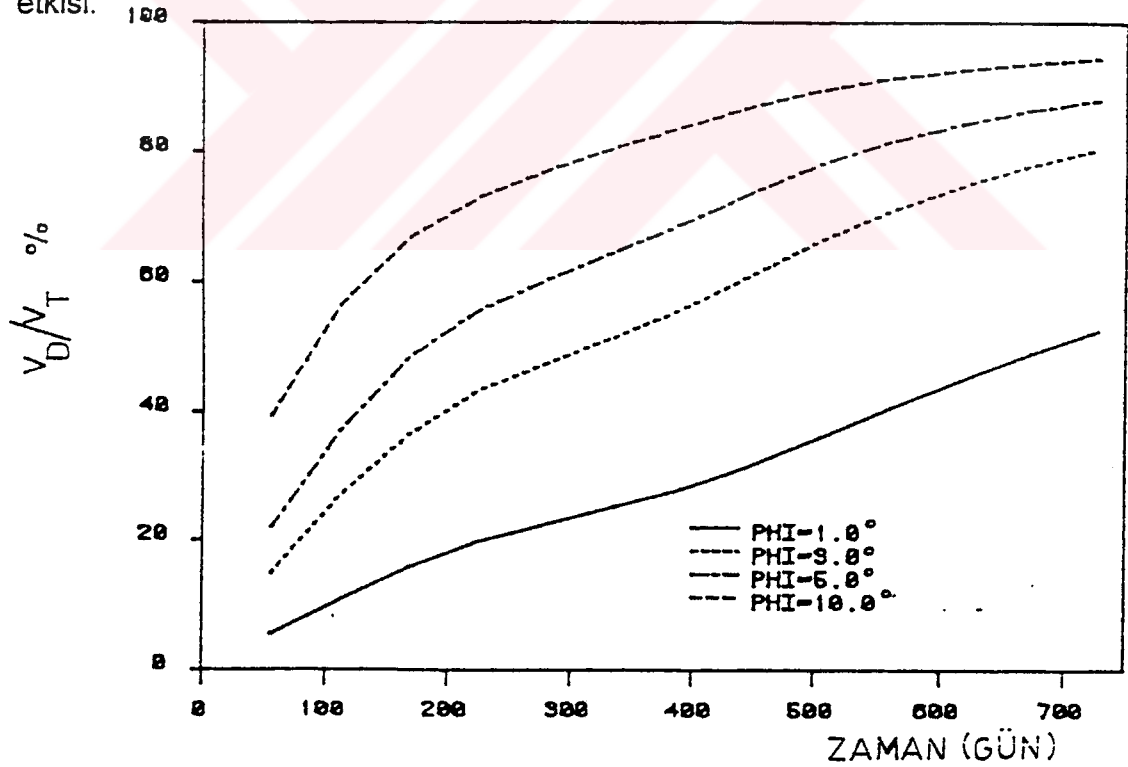
Ancak modelde yük kaybı değişiklikleri yok edilir ve drenaj tabaka kalınlığı azaltılırsa, o zaman farklılıklar meydana gelir. Toplama sistemi içerisindeki yük kaybı drenaj tabakasının limitleri içerisinde tutulmalı, ne daha geçirgen bir malzeme ne de daha kalın bir tabaka kullanılmalı, bir başka deyişle toplama verimi düzleştirilmelidir.



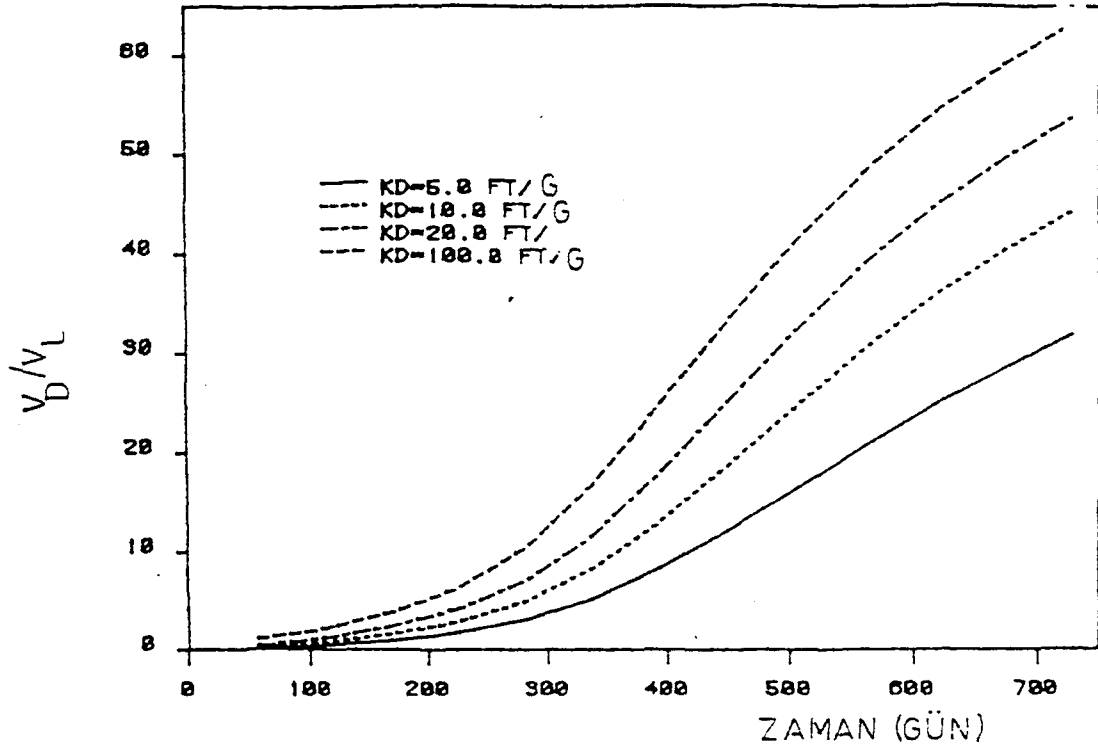
Şekil 4.12- S_0 , Tabaka hücre uzunluğunun V_D/V_L verimine etkisi.



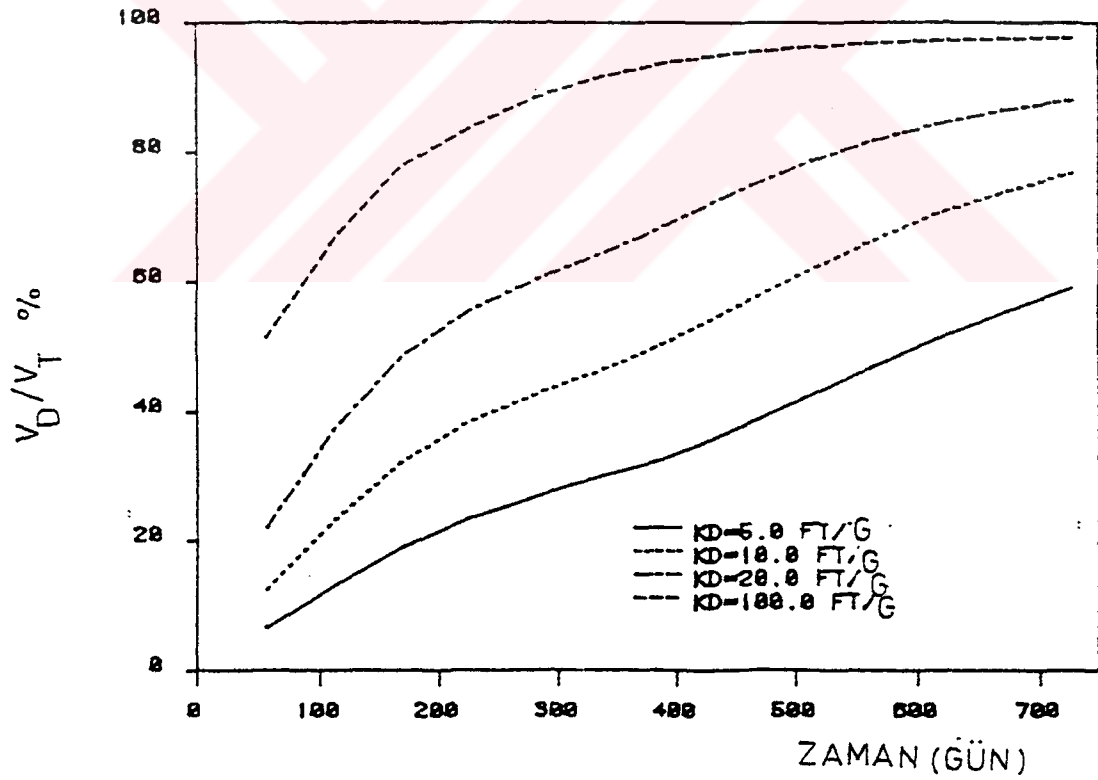
Şekil 4.13- S_0 , Tabaka hücre uzunluğunun V_d/V_T kümülatif hacim yüzdesine etkisi.



Şekil 4.14- ϕ Hücre tabakası açısının, V_d/V_T drenlenmiş kümülatif hacim yüzdesine etkisi.



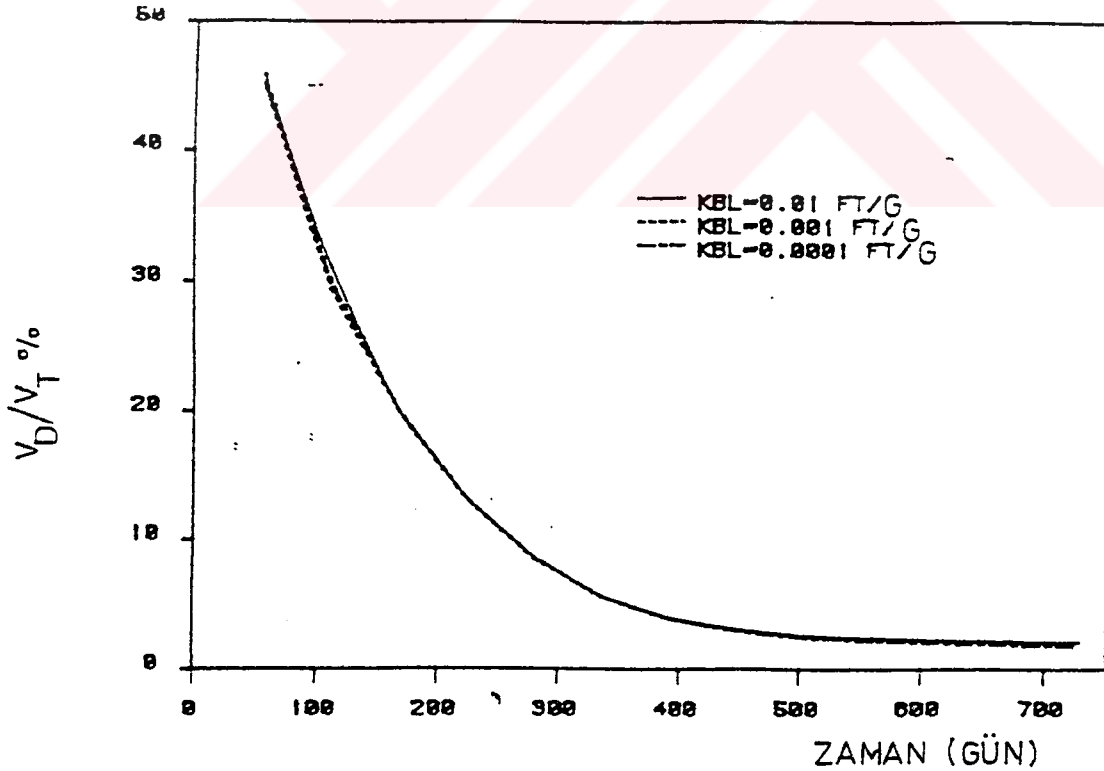
Şekil 4.15- K_1 , Drenaj tabakası hidrolik iletkenliğinin V_D/V_L verimine etkisi.



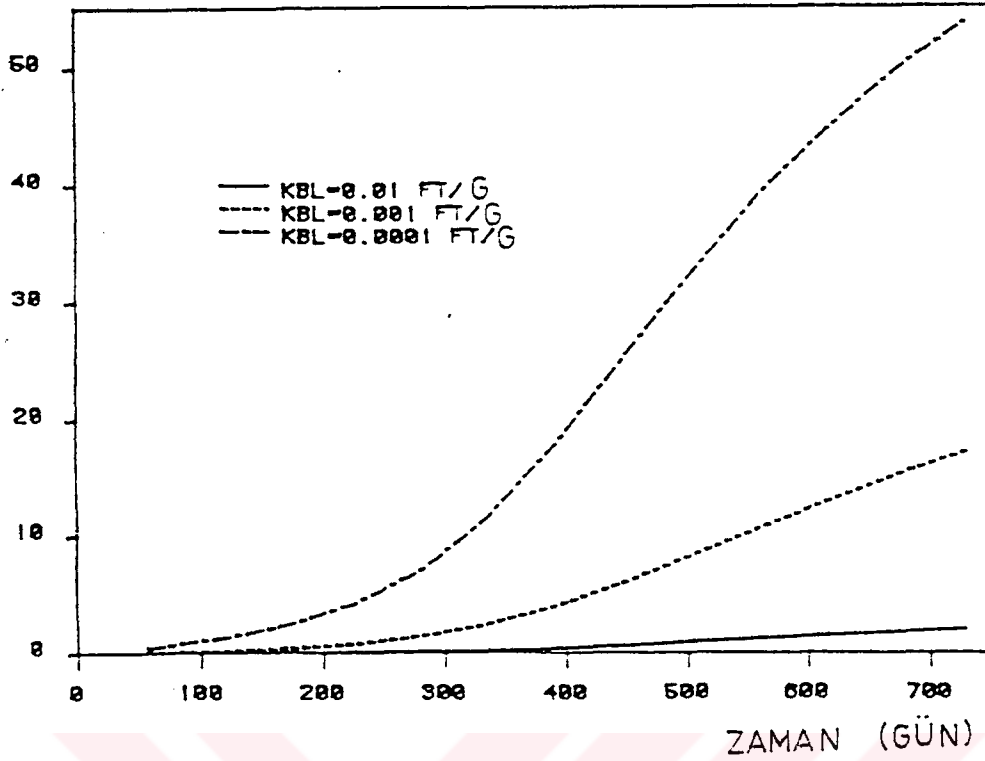
Şekil 4.16- K_1 , Drenaj tabakası hidrolik iletkenliğinin V_D/V_T drenlenmiş kumülatif hacim yüzdesine etkisi

Tabaka altındaki hidrolik geçirgenlik K_2 'nin model sonuçlarına etkisi Şekil 4.17 ve 4.18'de verilmiştir. Tabaka içerisindeki kümülatif sızmış hacmin yüzdesi V_d/V_t 'nin zamana karşı ve 0,01 - 0,001 - 0,0001 ft/gün (0,0033 - 0,00033 - 0,000033 m/gün) K_2 değerlerindeki grafiği Şekil 4.17 göstermiştir ki; ilk zamanlarda toplama sistemine deşarj edilen sızıntı suyu geçmiş zamana göre daha çoktur. Bu da ilk zamanlarda deşarj edilen hacmin drenaj tabakasına doğru hareket etmesiyle oluşturduğu yük kaybının çok cüzzî miktarda olmasından ileri gelmektedir (Şekil 4.9 ve 4.10). Ancak Şekil 4.10'da ; örneğin 0 noktasından 250 güne kadar olan kümülatif sızma hacmi %95'den %10'a düşmüştür. Ancak Şekil 4.10 gösteriyor ki gerçek değerlerdeki sızıntı suyu miktarındaki kümülatif deşarj hacmi iki yıl sonundaki periyotlarda %5'den daha azdır. Bu nedenle, ilk anda tabaka içerisine sızan hacmin yüzdesi daima çok yüksektir, gerçek sızıntı suyu miktarı çok düşüktür. Diğer önemli bir gözlem Şekil 4.17 ile alakalıdır ki, üstteki hattın hidrolik geçirgenliğinin üstünlüğü nedeniyle K_2 'deki değişiklikler sızıntı hacminin yüzdesinde önemli bir değişiklik meydana getirmez.

K_1 / K_2 oranı bu yaklaşımla 2.000-200.000 arasında bir değer alır. Oranın küçülmesiyle tabaka üzerindeki yük daha büyük olacaktır ve böylece tabaka içerisine daha fazla sızıntı olması beklenir. Permeabilite oranının geniş aralıklarda olması sızıntı hacmini etkilemez, verim oranını derinden etkiler. V_d/V_L 'nin zamana karşı davranışı Şekil 4.18'de görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi K_2 0,01-0,001 ft/gün (0,0022- 0,00033 m/gün) değerleri arasında azalması ile V_d/V_L 'nin 50 faktöre kadar arttığı görülmektedir. Benzer şekilde $K_2 = 0,00001$ ft/gün (0,0000032 m/gün) de sızmayanların ancak iki yıl sonunda tabakanın altına deşarj olduğu görülmektedir.



Şekil 4.17- K_2 , Kil tabakası hidrolik geçirgenliğinin V_d/V_t verimine etkisi.



Şekil 4.18- K_2 , Kil tabakası hidrolik geçirgenliğinin V_d/V_L verimine etkisi.

4.2.4- ALAN UYGULAMASI

Bu model Güney New Jersey'deki Pinelands Parkı dolgu toprağına uygulanmıştır. Modelin uygulandığı dolgu toprak yaklaşık; 43.300 ft² (4.023 m²)'nin üzerinde bir alanda, 12 ft (3,66 m) yüksekliğinde belediye çöpünü içermektedir. Kil tabakası 3 ft (0,91 m) kalınlığında dolgunun altına yerleştirilmiş ve herbiri 104 ft (31,7 m) uzunluğunda ve 208 ft (63,4 m) kalınlığında iki hücreden ibarettir. Hücrelerin yatayla olan açısı 1,85°'dir ve drenaj toplama borusuna bağlanmıştır. Kil tabakası 2 ft (0,61 m) kalınlığındaki drenaj tabakası ile örtülmektedir.

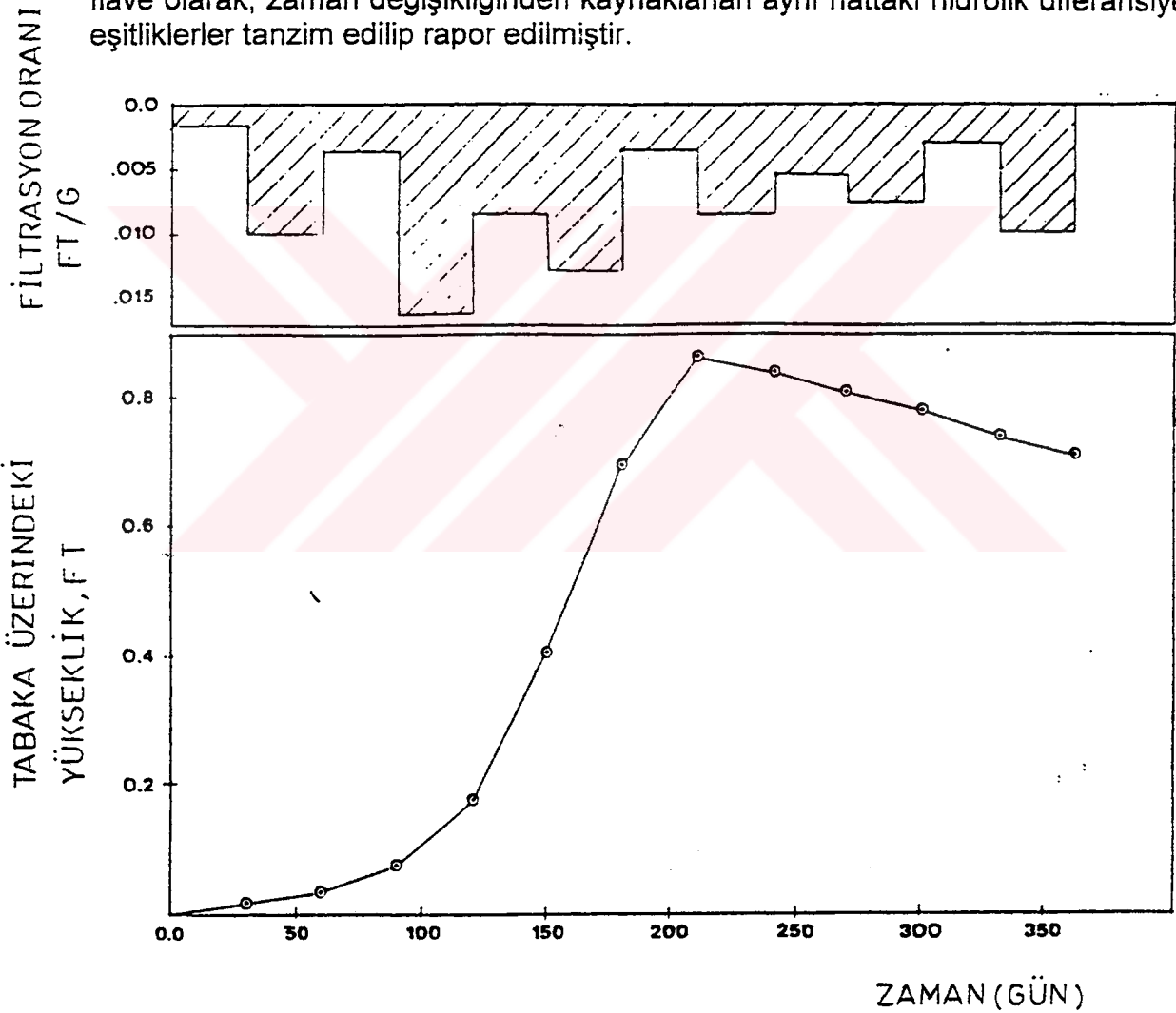
Çöp dolgusunun içindeki filtrelene Atlantic City'deki NOAA hava raporu istasyonundan elde edilmektedir. Yağış bilgilerine göre sıvı iletim modelindeki (4.2.4.6) farklılıklar esas alınarak sonuçlar hakkında önceden tahminler yapılmıştır. Bu model daha sonra geliştirilerek 1982 Ocak'tan 1983 Ocağına kadar olan 1 yıl içinde drenaj tabakasındaki yük değişikliklerini hesaplamak için kullanılmıştır. Tabakanın doygun hidrolik geçirgenliği sırasıyla $2,8 \times 10^{-4}$ ft/gün ($8,5 \times 10^{-5}$ m/gün) ve 28 ft/gün (8,5 m/gün) olarak tahmin edilmiştir.

Bu model ile ilgili sonuçlar Şekil 4.19'da gösterilmiştir. Hattın üzerindeki yük değişiklikleri dolgu topraktan alınan net filtrelenmeden geri kalan önemsiz bir

kısımdır, fakat hesaplar yapılırken aynı genel yöntem izlenir. Model sonuçları, analizin başlamasından sonra yaklaşık 200 gün sonra kil tabakası üzerindeki max. yükün 0,86 ft (0,262 m)'ye ulaştığını göstermiştir. Maalesef yük değişiklikleri uygun şekilde dolgu toprak içerisinde kontrol edilememiştir. Bu nedenle model ile direkt karşılaştırma yapılamaz. Ancak New Jersey Çevre Koruma Bölümü personeli tarafından 1982'nin sonlarında aralıklı yük ölçümleri yapılmış ve New Jersey özel çevre uzmanı M. Winka'ya nispeten max. yükün 0,6-0,8 ft (0,183-0,244 m) aralığında olduğu gözlenmiştir. Bu gözlemler model sonuçlarıyla da uygunluk sağlamıştır.

Bütün analizler Wong'un formüllerindeki model esaslarına göre yerine getirilmiştir. Bu model sabit bir hesap tarzı içerisinde kararsız giriş şartları için uygunluk sağlamaktadır.

İlave olarak, zaman değişikliğinden kaynaklanan aynı hattaki hidrolik diferansiyel eşitliklerler tanzim edilip rapor edilmiştir.



4.19- Pinelands Park düzenli deposunun kil tabakası üzerindeki hesaplanmış yükseklik değerleri ve düzenli depo tarafından emilen net filtrelenme

4.2.5- MODELİN BASİTLEŞTİRİLMİŞ ÇÖZÜMLERLE KARŞILAŞTIRMASI

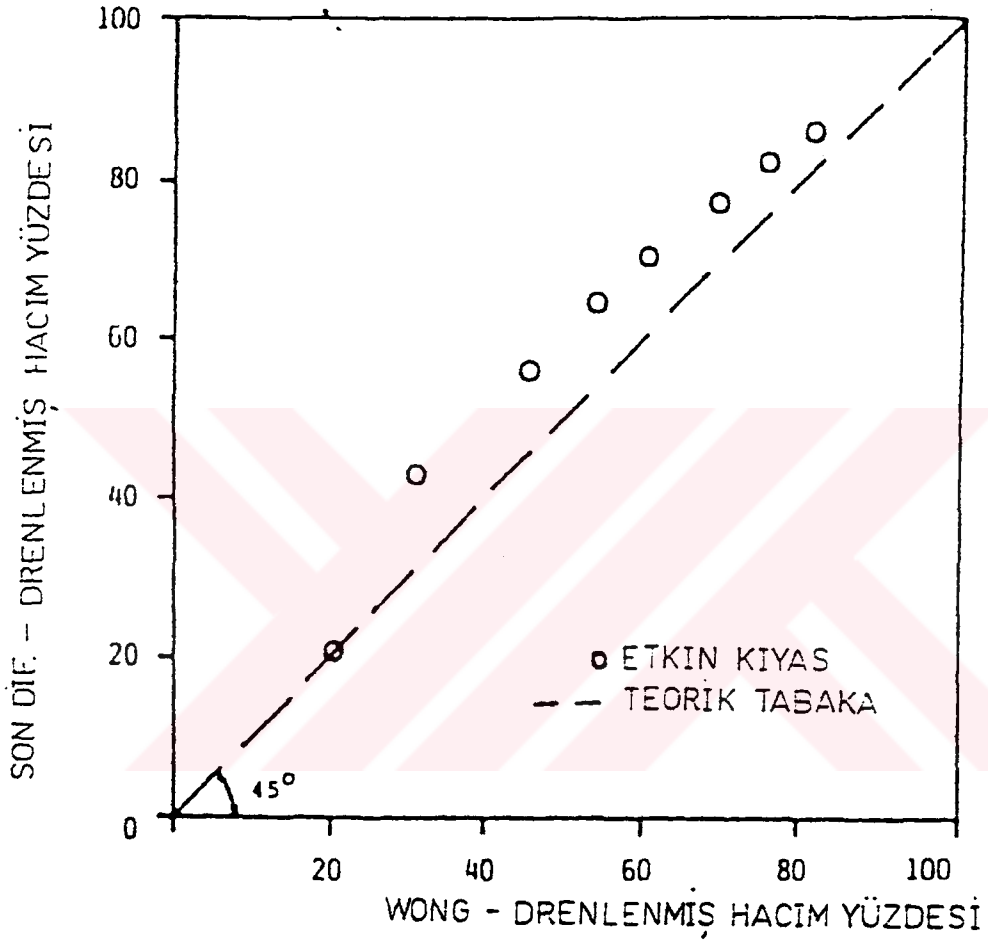
Nümerik modelin sonuçları, Demotrocopulas ve Korfiatis tarafından kurulan Eşitlik 4.14'ün analitik çözüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Wong tarafından kurulan yarı kararlı model formülasyonunda sızıntı suyu kil tabakası üzerinde drenaj borularına doğru üniform bir kütle şeklinde hareket ettiği kabul edilmektedir. Bu sebeple yükün sadece zamanla değişimi bu formülasyonda ele alınmaktadır. Karşılaştırmalar için modelin boyutlu oluşumu kullanılmıştır.

Yarı kararlı model ile karşılaştırma ; 100 ft uzunluğunda yatayla 2° eğimli , teorik bir toplama sistemi üzerinde uygulanmıştır. Kil tabakasının kalınlığı 2 ft ve hidrolik iletkenlik kil tabakası ve drenaj tabakası için sırasıyla 0.00028 ft/gün olarak kabul edilmiştir. İki çeşit giriş modeli ele alınmıştır. Bunlardan biri üniform , diğeri türbülanslı (slug tipi) giriştir.

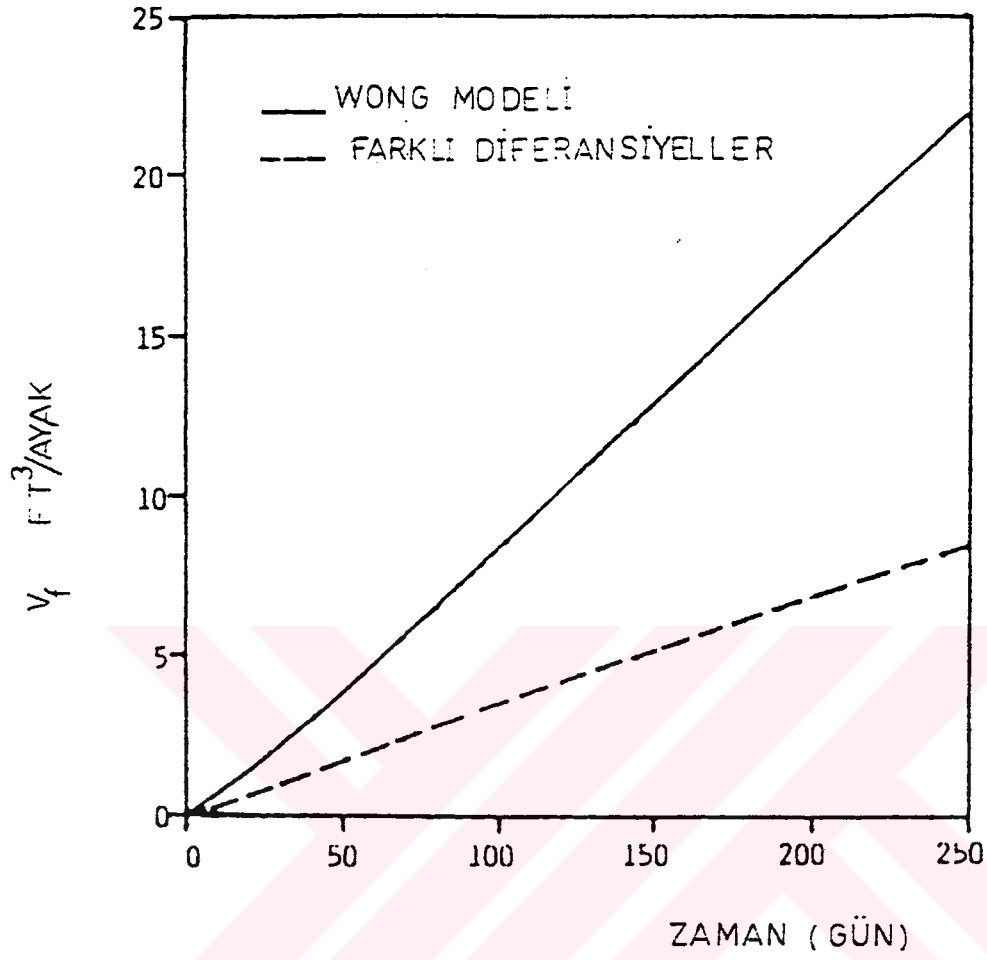
Sonlu diferansiyel denklemler ve yarı kararlı metodlarla hesaplanan toplama sisteminin drenaj verimi Şekil 4.20'de 0.007 ft/gün üniform giriş hızı için gösterilmektedir. Buradaki drenaj verimi drenlenen hacmin tabaka tarafından alınan toplam hacme oranının yüzde olarak ifadesidir. Bu şekilden de görüldüğü gibi, yarı kararlı model drenaj veriminin altında bir tahmin yapmaktadır. Bunun sebebi ise düzgün bir yük dağılımı kabulüdür. Şekil 4.21 , tabaka içinden sızan kümülatif hacmin zamanla değişimini aynı giriş şartları için göstermektedir. Sonuçlar göstermektedir ki , yarı kararlı model ile sızmada önemli miktarda normalin üzerinde tahmin yapılmaktadır. Bu da Şekil 4.20'deki sonuçlarla uyumludur. Üç boyutlu yük dağılımı , her iki modelde de , üç farklı zaman için araştırılmış ve sonuçları Şekil 4.22'de gösterilmiştir. Dengeye ulaşılmadan önce , sonlu diferansiyel denklem ile hesaplanan yük tabaka boyunca eğrisel lineer şekilde değişmektedir. Kararlı durum şartları oluşukça , bu ilişki lineer olmaktadır. Kararlı durumdaki yük eğrilerinin altlarında kalan alanların karşılaştırılması göstermektedir ki , tabaka üzerinde oluşan sızıntı hacmi , yarı kararlı model ile hesaplandığında bulunan değerden iki kat daha büyüktür.

Her iki modelin sonuçları sızıntı suyunun türbülanslı (slug) girişine maruz kalması şartı için karşılaştırılmıştır. Bu durumda , sistemin geometrik ve fiziksel özellikleri önceki akışlarda olduğu gibi tutulmuş , fakat ilk 20 gün için 0.0007 ft/gün (0.21 cm/gün)'lük sabit bir akışla ve daha sonra tabakadaki bütün sızıntı suyu giderilinceye kadar sıfır giriş verilerek test edilmiştir. İki model ile yapılan hesaplamalar sonucu sistemin drenaj veriminin karşılaştırılması göstermektedir ki , üniform giriş hızı olduğunda yarı kararlı model, drenajı daha küçük değerde tahmin etmiştir (Şekil 4.23). Bununla beraber her iki model Şekil 4.24 'de görülebileceği gibi uygun sonuçlar vermektedir. Bu durum yarı kararlı modelin üniform giriş hızı için sızıntıyı daha yüksek tahmin ettiği durumda elde edilen sonuçlarla tutarlılık göstermemektedir. Bu farklılık, su kotunda meydana gelen çok küçük azalmaların sebep olduğu, sızıntının hesaplanması esnasında sonlu diferansiyel denklem ile sayısal olarak hesaba katılan suni bir sızıntı sebebiyle

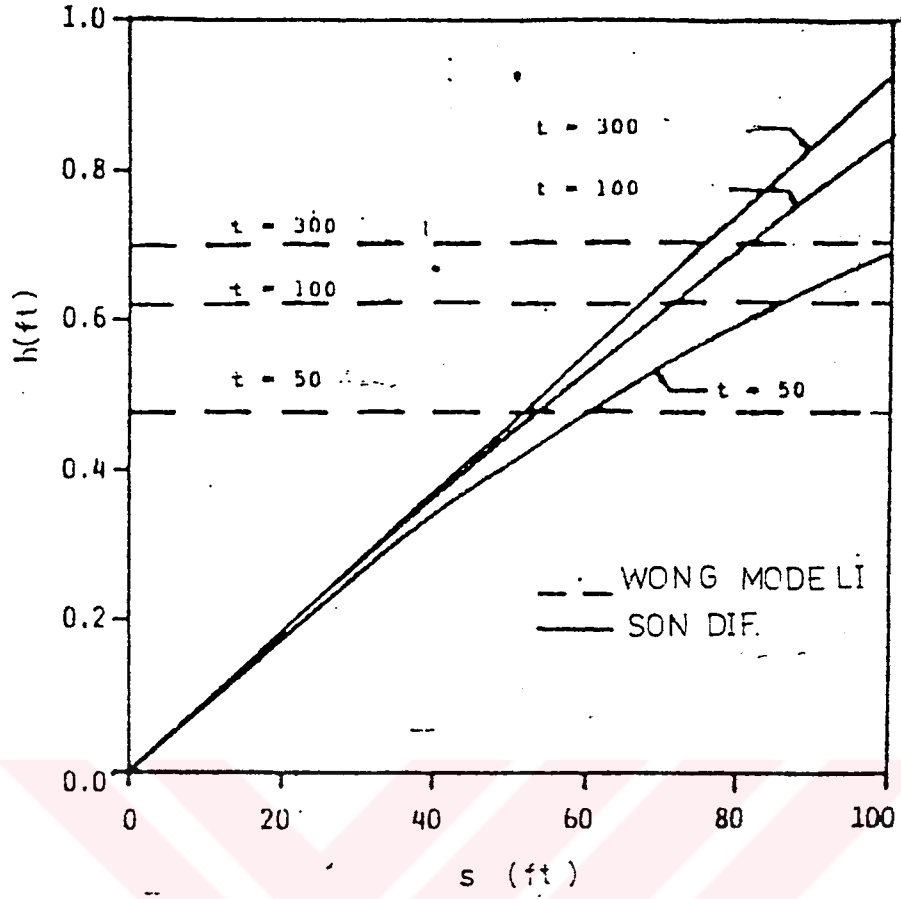
oluşmaktadır. Sayısal metotta, Δt gibi bir zaman aralığında su kotu sabit kabul edilmektedir. Ancak gerçekte bu zaman aralığında geri çekilen (azalan) su kotu sıfır olabilir.



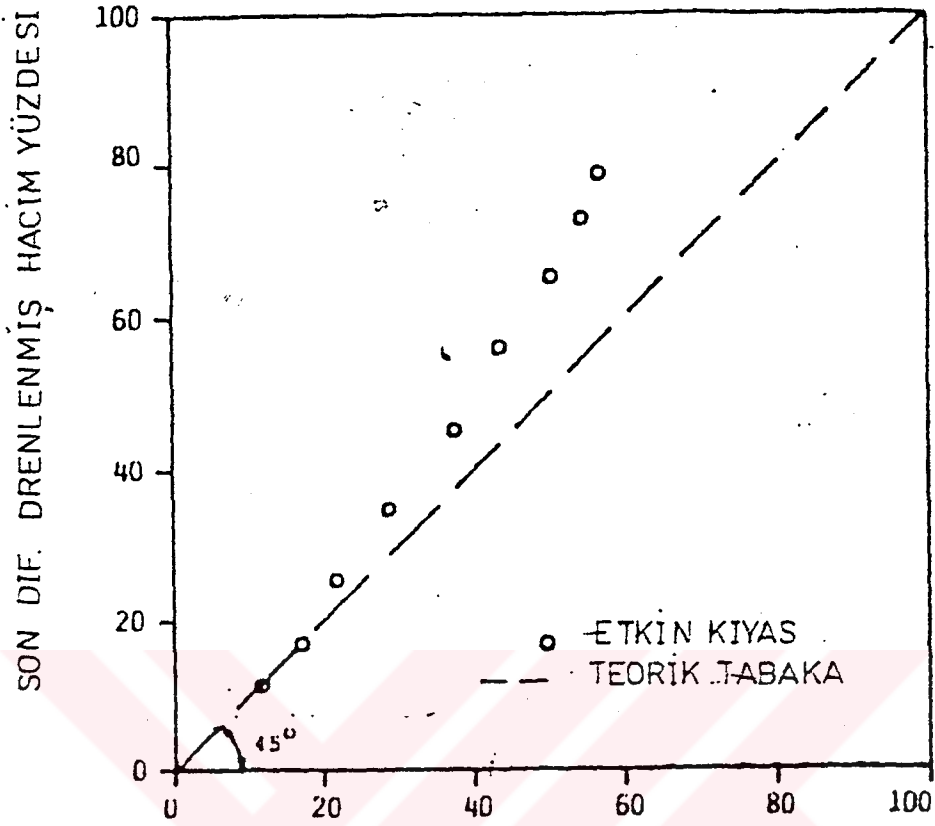
Şekil 4.20- Wong modeli ile son diferansiyel çalışmalar arasında hesaplanmış drenaj hacim yüzdesinin karşılaştırılması.



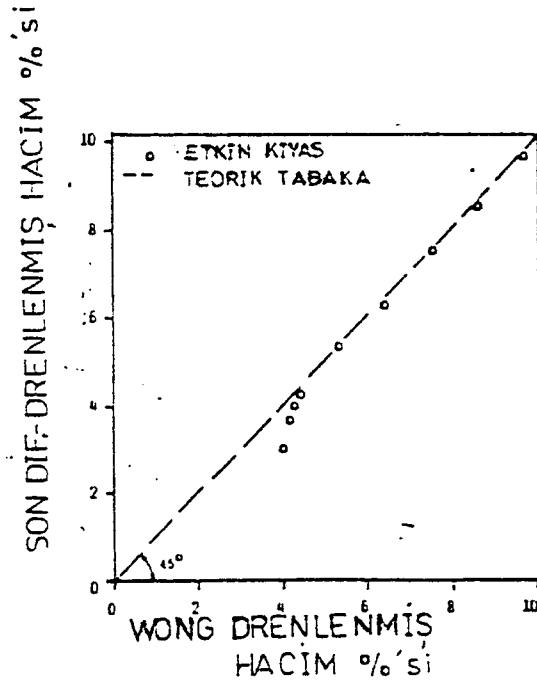
Şekil 4.21- Wong modeli ile son diferansiyel çalışmalar arasında sızma hacminin zaman içerisindeki gelişiminin karşılaştırılması.



Şekil 4.22- Üç değişik zamanda Wong modeli ile son diferansiyel çalışmalar arasında tahmin edilen sızıntı suyu profillerinin karşılaştırılması.



Şekil 4.23- Wong modeli ile son diferansiyel çalışmalar arasında hesaplanan türbülanslı (slug tipi) dağıtım ile drenlenmiş hacim yüzdesinin karşılaştırılması.



Şekil 4.24- Wong modeli ile son diferansiyel çalışmalar arasında hesaplanan türbülanslı (slug tipi) dağıtım ile sızan hacim yüzdesinin karşılaştırılması.

Bu şekilde ise sayısal bir hata yapılmış olur. Bu sayısal hata, sızıntının çok küçük zaman aralıklarında alınması durumunda azaltılabilir.

Sonlu diferansiyel model , geçirimsiz tabaka kabulüyle 4.14 denkleminin kararlı durum şartları için analitik bir çözümü ile karşılaştırılmıştır. Daha önceki karşılaştırmada kabul edilen aynı geometrik ve fiziksel özellikler burada da kullanılmıştır. Yalnız , tabakayı gerçekten geçirimsiz yapmak için kabul edilen çok küçük tabaka hidrolik iletkenliği istisna tutulmuştur. Mevcut modelle tahmin edilen tabaka üzerindeki yük dağılımı , kapalı model çözümü ile tahmin edilen dağılım ile mükemmel uyum göstermiştir. Sonuçlar tablo 4.1'de da gösterilmiştir.

TABLO 4.1- Analitik ve Sayısal Çözümlerle Tahmin edilen Yükler

Tabaka Uzunluğu , ft	Yük (analitik) , ft	Yük (nümerik) , ft
0.0	0.00000	0.00000
10.0	0.10079	0.10070
20.0	0.20162	0.20140
30.0	0.30249	0.30200
40.0	0.40341	0.40270
50.0	0.50437	0.50340
60.0	0.60538	0.60410
70.0	0.70646	0.70470
80.0	0.80758	0.80540
90.0	0.90851	0.90610
100.0	1.01000	1.00680

4.2.6- MODELİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Eğimli bir tabaka sistemi için tamamen süreksiz hidrolik bir model sunulmuştur. Model, sistemin kütle bilançosunu temsil eden bir nonlineer kısmi diferansiyel denklem üzerine kurulmuştur. Denklem uygun başlangıç ve sınır şartları verilerek sonlu bir diferansiyel metod ile çözülmüştür.

Modelin boyutsuz analizinden şu sonuca varılmıştır; Böyle bir sistemin hidroliği, geniş aralıktaki drenaj tabakasının ve tabakanın hidrolik iletkenliğiyle ve sızıntı suyunun giriş hızı ile kontrol edilmektedir. Tabakanın hidrolik iletkenliği mühendislik çalışmalarında önde gelen tasarım parametrisidir. Bu modelde gösterilmiştir ki , drenaj tabakasının hidrolik iletkenliği ve giriş hızı eşit derecede önemli parametrelerdir. Tabakanın hidrolik iletkenliği ile aynı değerdeki giriş hızlarının , tabaka üzerinde önemli bir yük oluşturmadığı ve böylece drenajın kesildiği bulunmuştur. Laboratuar kolon çalışmaları göstermiştir ki (literatürden) , katı atık depolama sahalarının altındaki sızıntı suyu oluşma hızı uzun, yağışsız periyotlarda akımın doymamış tabiiatı sebebiyle aşırı derecede küçük olmaktadır. Bu sebeple toplama sistemleri tasarımında sızıntı suyunun giriş hızının göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Boyutsuz formüller model sonuçlarının genelleştirilmesini sağlamakta, bununla beraber tasarımda kılavuz olabilecek kolay kullanılabilir grafiksel ilişkilerin geliştirilmesi için de kullanılabilir.

Sayısal model sonuçlarıyla da yarı kararlı modelde yapılan üniform uzaysal yük dağılımı kabulü sızıntıyı daha yüksek , drenajı da daha düşük tahmin etmiştir.

Modelin hassasiyeti sıfır sızıntı şartları için kararlı hal çözümü ile kontrol edilmiştir ve çok iyi bir uyumluluk sağlanmıştır.

4.3- DUPUIT METODU İLE HAZIRLANAN MODELLER

Bir dolgu toprak tabakası üzerindeki maximum doymuş derinliğin sabit durumlardaki kesin formülleri, serbest sızmanın ana prensiplerinden analitik olarak çıkarılmıştır. Tabaka üzerindeki yanal drenaj Dupuit deşarj formülünün genişletilmesiyle çıkarılmıştır. Tabaka meyillendirilmiş, geçirimsiz bir yüzey olarak modellendirilmiştir. Tabaka üzerindeki doymuş max. derinliği tayin eden faktörler daha önceki bölümde de anlatıldığı gibi drenaj tabakasına olan dikey akış oranı, drenaj tabakasının hidrolik geçirgenliği, tabaka eğimi, akımın max. aldığı yol ve drenaj tabakası sonunda aşağı doğru olan hidrolik durumdur. Bu tahminlerden yola çıkılarak düzenli depo sahalarındaki formüllerin oluşturulması ve basit uygulamaları dolgu toprak örtüleri ve alttaki tabakalar için drenaj sistemlerinin genel dizaynını ve analizlerini oluşturacaktır. Tehlikeli atık depoları için drenaj örtüsü dizaynında bu formüller kullanılmıştır. U.S. Çevre Koruma Servisi araştırılmaları sonucunda dolgu toprak üzerindeki max. doymuş derinliğin fazla tahmin edildiği ortaya çıkmıştır.

Dolgu topraklardaki sızmanın önlenmesi amacıyla esnek membran tabakalar için çeşitli geosentetik malzemeler yaygın olarak kullanılmaktadır. Depoların ve tehlikeli atık yerlerindeki son örtülerde atık içerisinden sızan suyu tutmak için esnek membran engelleri oluşturulmalıdır. Engeller, normal olarak dolgu toprak hattı üzerinde eğimli bir şekilde kaba granül malzemeleriyle oluşturulmuş bir drenaj tabakasıyla oluşturulur. Sıvı direkt olarak, esnek membran engel üzerindeki doymuş bölgenin içine doğru sızar ve delinmiş borudan oluşan toplama sistemine yanal olarak akar. Drenaj sistemi atık içerisindeki ya da toprak örtüsündeki fazla miktardaki doymayı önlemek amacıyla dizayn edilir.

Dolgu toprak tabakası üzerindeki sabit max. doymuş derinliği tahmin etmek için McEnroe (1989) tarafından önce yazılan ve tabakadan uzakta herhangi bir noktadaki doymuş derinlik için analitik bir çözüm verilmiştir. Ancak genel çözümünden maximum doymuş derinliğin çıkarılması yorucu olabilir. Çünkü serbest sızma için bu çözüm Dupuit standart tahminlerini esas almıştır, % 10'dan daha büyük eğimler için (6°) yapılan doymuş derinlik tahminlerinin altındadır.

Eğimli bir tabaka üzerindeki doymuş max. derinlik için Amerikan öncü dökümanlarından biri olan EPA'da kesin bir formül verilmiştir. (USEPA) (Moore 1983; "ihtiyaçlar" 1989). Bu formül ;

$$y_{\max} = L \left(\frac{r}{K} \right)^{1/2} \left[\frac{KS^2}{r} + 1 - \frac{KS}{r} \left(S^2 + \frac{r}{K} \right)^{1/2} \right] \dots \dots \dots (4.27)$$

y_{max} = Tabaka üzerindeki max. doygun derinlik.

L = Akımın max. uzunluğu.

r = Her üniteye yatay alanda drenaj tabakasına dikey olan akış oranı.

K = drenaj tabakasının hidrolik iletkenliği.

S = Boyutsuz tabaka eğimi.

Bu formül Moore tarafından (1983) türevsiz olarak yapılmıştır.

Diğer araştırmalarda farklı sınır şartları ile yakından alakalı problemler için çözümler yapılmıştır. Yates (1985) standart Dupuit tahminlerini esas alıp, yeniden düzenleyerek eğimli bir geçirgen engeli üzerindeki sabit drenaj için analitik bir çözüm oluşturmuştur. Werner (1957) aynı problem için tahmini bir çözüm meydana getirmiştir. McEnroe ve Schroeder (1988) az geçirgen eğik bir engel tabaka üzerindeki sabit drenajı araştırmak için sayısal metodlar kullanmışlardır. Childs (1971), Townner (1975) ve McBean (1980) en üst ile en alt kanallar arasında eğimli bir bariyer tabakası üzerindeki sabit drenaj için bütün analitik çözümleri sunmuşlardır. Son kanalın şekli dolgu toprak drenaj sistemlerinde hep aynı değildir.

Bu bölümdeki tez geçirimsiz Dupuit yaklaşım modeli ile eğimli bir bariyer tabakası üzerindeki sabit max. doygun derinlik için bir takım kesin şartlar formülleri meydana getirir. Bu formüller sürekli eşitliklerden ve serbest sızma için Dupuit deşarj formüllerinin geniş bir oluşumuyla analitik olarak çıkarılmıştır.

4.3.2- YAKLAŞIM METODU

Şekil 4.25 tipik bir dolgu toprak drenaj sistemi elemanlarını, koordinat sisteminin tanımlarını ve analiz içinde kullanılan bazı değişkenleri göstermektedir, hem drenaj bölümü, hem de geçirimsiz bir kenar, sınırının ötesindedir, bu sınır akımsız olarak geçilebilir. Sabit şartlarda, herhangi bir yere ters yönde düşen dikey akım eşitliklerinin sürekliliği gerekir.

$$Q = rx \dots \dots \dots (4.28)$$

Burada;

x = Sınırdan itibaren ters yöndeki yatay uzaklık.

Q = Doygun bölge içerisindeki birim genişlikteki yanal deşarj.

r = Her yatay alanda doygun bölgeye dikey deşarj.

Dupuit yaklaşımları sınırsız yeraltısu akımı için hidrolik gradyente eşit yeraltısu yüzey eğiminin yatay ve aynı güçlerde dikey bileşeninin olduğunu ve bunun derinlikle değişmediğini saptamıştır. Bu yaklaşımlar deşarj formülüne yol göstermektedir.

$$Q = - K_y \frac{dh}{dx} \dots\dots\dots(4.29)$$

Burada;

y = dikey olarak ölçülen doymuş derinlik.

h = yeraltı suyu yüzeyi yüksekliği.

Yeraltı suyu yüzeyi yüksekliği doymuş derinlik ve tabaka eğimi terimleri içinde ifade edilebilir.

$$h = y + x \tan \alpha \dots\dots\dots(4.30)$$

Standart Dupuit yaklaşımları genellikle eğimlerin % 10'a kadar (6°) olması halinde güvenlidir. Eğimlerin daha yüksek olması halinde genişletilmiş Dupuit yaklaşımları daha gerçekçi olur. Bu yaklaşımlar akım çizgisinin gerçekte tabakaya paralel olduğu ve aynı güçlerde tabakaya dikey olduğudur.

Genişletilmiş Dupuit yaklaşımı deşarj formülünün ifadesi :

$$Q = - K_y' \frac{dh}{dx'} \dots\dots\dots(4.31)$$

Burada;

x' = sınırdan tabakaya paralel ölçülmüş mesafe.

y' = tabakaya dikey ölçülmüş doymuş derinlik.

Genişletilmiş Dupuit deşarj formülü yatay ve dikey koordinatlar olarak yazılabilir. (Childs 1971)

$$Q = \frac{- K_y \frac{dh}{dx}}{1 - \frac{dh}{dx} \sin \alpha \cos \alpha} \dots\dots\dots(4.32)$$

Chapman (1980) Eşitlik 4.32 ifadesini kullanarak aşağıdaki eşitliği oluşturmuştur.

$$Q = \frac{-Ky \frac{dh}{dx} \cos^2 \alpha}{1 - \frac{dy}{dx} \sin \alpha \cos \alpha} \dots\dots\dots(4.33)$$

Bu yaklaşımlar da $dy/dx \ll 1$ olması halinde, Eşitlik 4.33'ün türevi kullanılır, bu eşitlik deşarj eşitliğinin basitleştirilmesiyle

$$Q = -Ky \frac{dh}{dx} \cos^2 \alpha \dots\dots\dots(4.34)$$

şekline dönüşür.

Chapman standart Dupuit deşarj formülünde büyük bir ilerleme kaydederek eğimin artması halinde sınırsız sızma için doğru bir yaklaşımla Dupuit deşarj formülünü Eşitlik 4.34'e dönüştürmüştür.

Eşitlik (4.28), (4.30) ve (4.34) doygun derinlik terimleri içerisindeki eşitliklerde kullanılmak üzere toparlanabilir.

$$Ky \left(\frac{dy}{dx} - \tan \alpha \right) \cos^2 \alpha + rx = 0 \dots\dots\dots(4.35)$$

Sınır tabakasında aşağı doğru akan doygun derinlik, y_L ile problem tanımlanır. Doygun derinlik profili K , r , α ve y_L değerleri ile ifade edilebilir.

Analiz genel denklemde sınır şartları için $X = x/L$; $R = r/(K \sin^2 \alpha)$; $y/(L \tan \alpha)$ ve $Y_L = y_L/(L \tan \alpha)$ boyutsuz değerlerinin konulması ile basitleştirilecektir.

Genel denklemin boyutsuz ifadesi;

$$Y \left(\frac{dY}{dX} - 1 \right) + RX = 0 \dots\dots\dots(4.36)$$

Sınır şartları denklem (4.36)'da $X = 1$ 'de $Y = Y_L$ 'dir.

4.3.3- DOYGUN DERİNLİK PROFİLİ :

Eşitlik 4.36 homojen tipte lineer olmayan farklı bir eşitliktir. Bu eşitlik üzerinde

$U = Y/X$ değeri değiştirilip direkt olarak integrale edilebilir. Bu yeni değişikliğe göre eşitlik düzenlenirse;

$$-\frac{dX}{X} = \frac{u du}{R - u + u^2} \dots\dots\dots(4.37)$$

Denklem 4.37 integrale edilirse;

$$-\ln X = \frac{1}{2} \ln (R - u + u^2) + \frac{1}{2A} \ln \frac{2u - 1 - A}{2u - 1 + A} + C, \quad R < 1/4 \text{ için} \dots\dots\dots(4.38)$$

$$-\ln X = \ln \left(\frac{1}{2} - u \right) + \frac{1}{1 - 2u} + C, \quad R = 1/4 \text{ için} \dots\dots\dots(4.39)$$

ve

$$-\ln x = \frac{1}{2} \ln (R - u + u^2) + \frac{1}{B} \tan^{-1} \left(\frac{2u-1}{B} \right) + C, \quad R > 1/4 \text{ için} \dots\dots\dots(4.40)$$

$$A = (1 - 4R)^{1/2} \dots\dots\dots(4.41)$$

$$B = (4R - 1)^{1/2} \dots\dots\dots(4.42)$$

ve $C = a$ integrasyon sabitidir. Sınır şartların uygulaması halinde $x = L$ de $u = Y_L$ olarak formüle yerleştirilirse;

$$X = \left(\frac{R - Y_L + Y_L^2}{R - u + u^2} \right)^{1/2} \left[\frac{(1 - A - 2u)(1 + A - 2Y_L)}{(1 + A - 2u)(1 - A - 2Y_L)} \right]^{1/2A}, \quad R < 1/4 \text{ için} \dots\dots\dots(4.43)$$

$$X = \frac{1 - 2Y_L}{1 - 2u} \exp \left[\frac{2(Y_L - u)}{(1 - 2Y_L)(1 - 2u)} \right], \quad R = 1/4 \text{ için} \dots\dots\dots(4.44)$$

ve

$$X = \left(\frac{R - Y_L + Y_L^2}{R - u + u^2} \right)^{1/2} \exp \left[\frac{1}{B} \tan^{-1} \left(\frac{2Y_L - 1}{B} \right) - \frac{1}{B} \tan^{-1} \left(\frac{2R - 1}{B} \right) \right], R$$

$R > 1/4$ için.....(4.45)

4.3.4- USEPA FORMÜLÜYLE KARŞILAŞTIRMA

U.S. Çevre Koruma Servisi'nin yayınlarındaki $\sin \alpha = \tan \alpha$ yaklaşımıyla küçük değerlerde tabaka eğimini sağlayan Eşitlik 4.27

$$Y_{\max} = R^{1/2} \left[1 - \frac{(1 + R)^{1/2} - 1}{R} \right] \dots \dots \dots (4.46)$$

boyutsuz olarak yazılabilir. Şekil 4.26 (4.43)-(4.45) ile 4.46 eşitliklerini karşılaştırır.

Bu karşılaştırma eşitlik 20'un pratikte daha çok uygulanan $R < 1$ olması halinde max. doymuş derinliğin tahminlenenden daha fazla olduğunu gösterir. % 3 eğimde hidrolik geçirgenliği 10^{-2} cm/sn olan bir drenaj tabakası için, R sadece dikey akış için 280 cm/yıl'dan daha büyük bir değeri aşılabilecektir.

4.3.5- PRATİK UYGULAMALAR

Eşitlik (4.43)-(4.45) dolgu toprak örtüsünü ve sızıntı suyu toplama sistemini analiz ve dizayn etmekte faydalanılır. Bu eşitlikler sabit bir akımda tabaka üzerindeki max. doymuş derinliği tahmin etmekte kullanılır. Bu max. doymuş derinlik sabit şartlarda için max. bir mesafedir. Ortalama akım oranını uzun vadede tahmin eedilirse, max. doymuş derinlikte uzun vadede ortalama bir değerde düşünülebilecektir. Kısa vadedeki hem sızıntı oranı hem de doymuş derinlik uzun vadedeki ortalama sonuçlardan oldukça farklı olabilir.

U.S. Çevre Koruma Servisi'nin tavsiyelerine göre zararlı atık dolgusu üzerindeki son örtü granül drenaj tabakası min. kalınlığı 30 cm, min. hidrolik geçirgenlik 0,01 cm/sn ve min. tabaka üzerindeki eğim % 3 olmalıdır. (Teknik 1988) Doymuş şartlar, kaplama toprak örtüsünü kapsamadığı için tabaka üzerindeki max. doymuş derinlik drenaj tabakası kalınlığını aşmamalıdır. aşağıdaki örnek tehlikeli atık dolgu toprağı için (4.43-4.45) eşitliklerinin uygulanmasına bir örnek oluşturmaktadır.

PROBLEM

Zararlı atık dolgu toprak için kaplama örtü % 3 eğimle, 200 m mesafede max. bir drenajla inşaa edilmektedir. Granül drenaj tabakası kalınlığı 30 cm'dir. Örtü içine geçen yağış miktarı ortalama 30 cm/yıl olacaktır. Bu drenaj malzemesi için min. kabul edilebilir hidrolik geçirgenliği tahmin edin.

ÇÖZÜM :

Örtü tabakası üzerindeki max. doymuş derinlik 30 cm olan drenaj tabakası kalınlığını aşmayacaktır. Deneme ile belirlenen 30 cm/yıl sabit akım değeri için hidrolik geçirgenliği bu sınırlarda toplamak gerekir. Hidrolik geçirgenlik 0.01 cm/sn için (eşitlik 17) boyutsuz akım oranı $R = 0.11$, $Y_{max} = 0.088$ ve max. doymuş derinlik $y_{max} = 53$ cm'dir. Hidrolik geçirgenlik 0.02 cm/sn değerinde, max. doymuş derinlik 28 cm'dir, gerçekten akım oranı 30 cm/yıl sabit değerinde ise hidrolik geçirgenlik kabul edilebilecek drenaj tabakası derinliğinden daha azdır. Çünkü drenaj tabakasına geçen akım miktarı zamanla değişebilmekte, yağışların sürmesi esnasında toprak örtüsünün doymuşluğunu önlemek için daha büyük hidrolik geçirgenlik belirlenmelidir. Hidrolik geçirgenlik 0,1 cm/sn'de kafi gelmelidir. Hidrolik geçirgenlikle 30 cm/yıl sabit akım değerinde max. doymuş derinlik 6 cm olarak kabul edilebilir.

USEPA yaklaşım formülleri örnekteki şartlar için y_{max} değerini çok büyük tahmin eder. Eşitlik 4.27'den $K = 0.01$ cm/sn için $y_{max} = 100$ cm, $K = 0.02$ cm/sn için $y_{max} = 31$ cm olarak bulunabilir. Bu y_{max} değerleri % 90; % 150 oranında Eşitlik (4.43)-(4.45) 'deki değerleri aşmaktadır.

4.3.6- MODELİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Eşitlik (4.36)-(4.38) geçirimsiz bir tabaka üzerindeki sabit durumdaki max. doymuş derinlik için genel bir çözümü kapsamaktadır. Max. doymuş derinlik beş faktöre bağlıdır. Drenaj tabakasına dikey akış oranı, drenaj tabakasının hidrolik geçirgenliği, max. akım mesafesi, tabaka eğimi ve sınırdaki akım yönündeki doymuş derinlik.

Katı atık Depo sistemlerinde, sınır akımındaki normal şartlarda, sızıntılar toplama sistemine serbest şekilde dökülürler. Bu şartla max. doymuş derinlik eşitlik (4.43)-(4.45) ile bulunabilir. Bu formüller alt tabakalar ve depo örtüleri dizayn edilirken drenaj sisteminin analiz ve dizaynı için tavsiye edilir.

U.S. Çevre Koruma Servisi'nin tavsiye ettiği Eşitlik 4.27 max. doymuş derinliği çoğunlukla gereğinde fazla tahmin etmektedir.

Bu çalışma Kansas Üniversitesi tarafından genel dökümanında 3139 nolu genel araştırma ile desteklenmiştir.

AÇIKLAMA NOTASYONLAR I

Bu çalışmadaki semboller aşağıdadır; -

h = yeraltı suyu yüzeyindeki yükselme (L),

K = drenaj tabakasının hidrolik geçirgenliği (L/T),

L = ölçülmüş yatay drenaj mesafesi (L),

Q = birim genişlik başına yanal deşarj,

R = $r/(K \sin^2 \alpha)$,

r = birim yatay alana düşen dikey akım,

S = tabakaya eğimi (= $\tan \alpha$),

u = Y/X

x = x/L , ölçülen yatay koordinat mesafesi (L),

x_1 = engellere paralel ölçülmüş koordinat mesafesi,

Y = $y/(L \tan \alpha)$,

Y_L = $y_L/(L \tan \alpha)$

$Y_{\max} = y_{\max}/(L \tan \alpha)$,

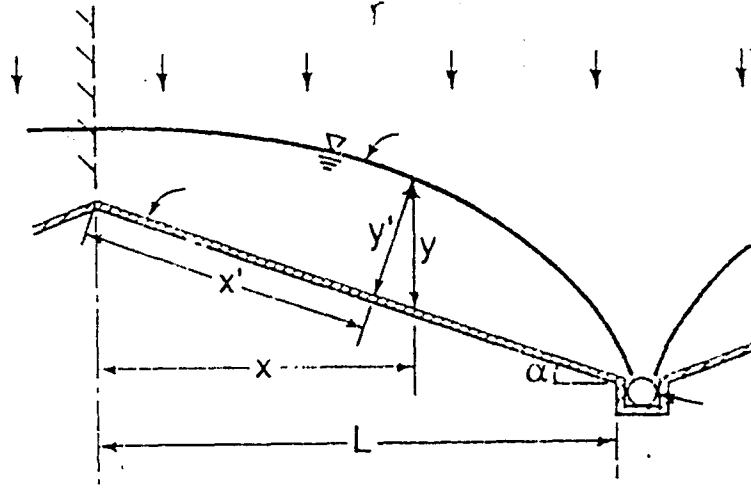
y = dikey olarak ölçülmüş doymun derinlik (L),

y_1 = engele dikey olarak ölçülmüş doymun derinlik (L)

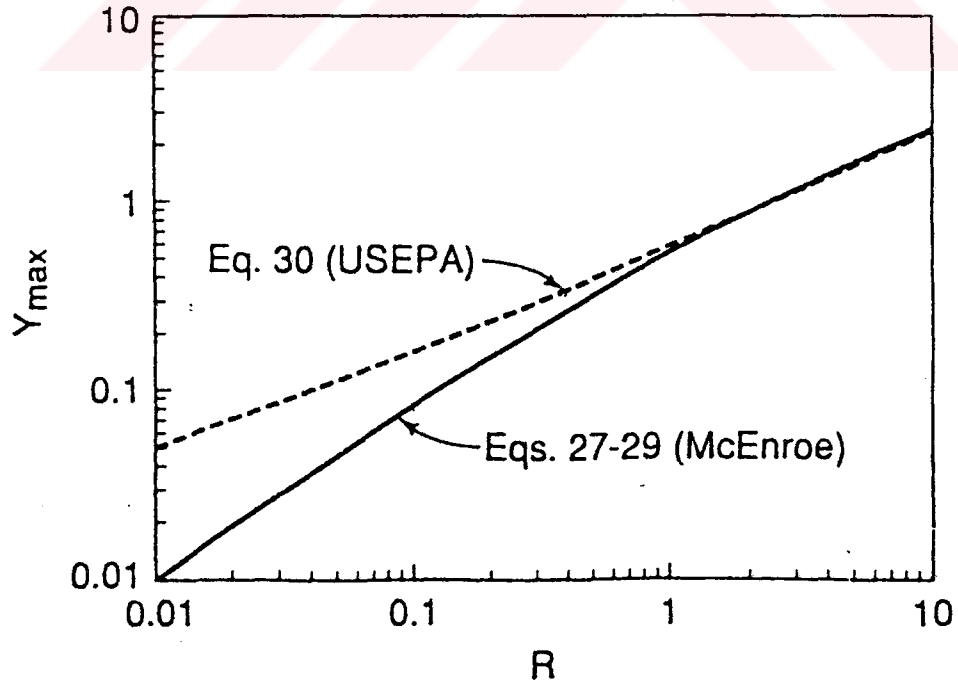
y_L = drenajın içindeki kenarda dikey ölçülmüş doymun derinlik (L),

$y_{\max}$ = max. doymun derinlik (L),

α = tabakanın yatayla yaptığı açı (ölçülmüş).



Şekil 4.25- Dolgu toprak drenaj sistemi elemanları



4.26- Dolgu toprak üzerindeki max. doymuş derinlik için Eş.4.43,4.44-4.46 karşılaştırılması

BÖLÜM 5

DOĞAL SİNDİRMELİ TOPRAK DEPOLARIN DİZAYNI :

5.1- GENEL BİLGİLER

Doğal sindirmeli tip sıhhi toprak dolguların dizaynı sızıntılardaki bir takım anahtar parametreler tarafından kontrol edilir. Sızıntıdaki anahtar parametrelerin sindirme mekanizması da buna dahildir. Bunun için bir yeraltı suyunda, seyreltme sonucu, bir kirleticinin ortalama konsantrasyonunun hesaplanması yöntemi geliştirilmiştir. Yöntem olarak, belediye (şehir) toprak dolgularının "yarı-miktar" dizayn metodu önerilmektedir. Bir şehir toprak dolgu arazisinden sızan sızıntı suyunun içindeki ağır metaller seyreltilse bile, BOI, klorür, KOI, sertlik ve demir miktarları artacaktır.

Birleşmiş Milletler Kongresi tarafından yayınlanan kaynak muhafazası ve iyileştirme yazısından beri, atık uzaklaştırma örnekleri oldukça değişmiştir. Bugüne kadar gösterilen çalışmalar, uzaklaştırma metodlarını geliştirmiştir. Bu bölümde, alıcı şehir (belediye) çöplüklerinde sıhhi tip doğal sindirmeli toprak dolgu metodunda yarı-miktar bir dizayn metodu anlatılacaktır.

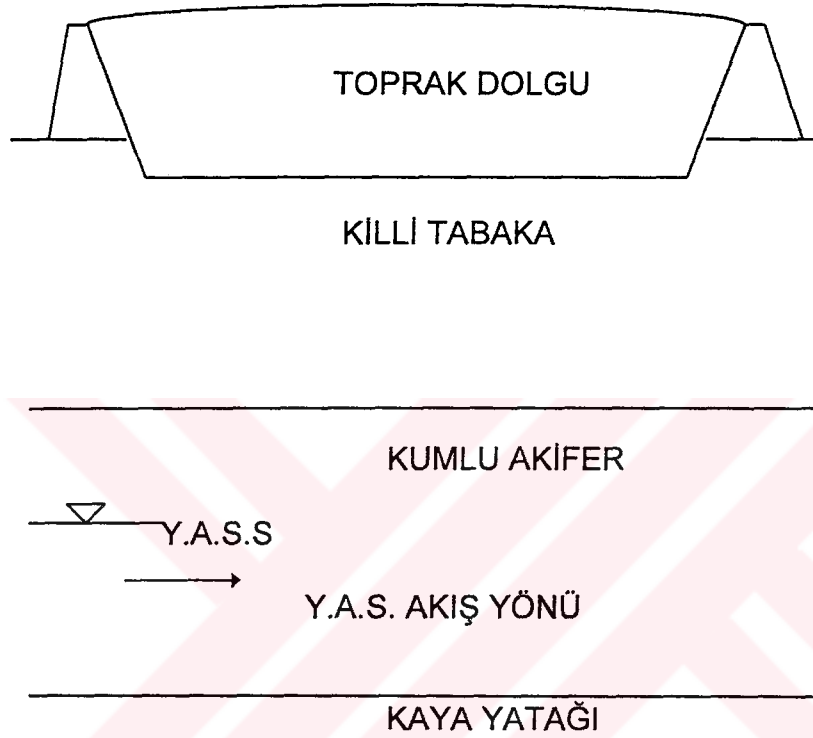
5.2- DİZAYN YAKLAŞIMI :

Varolan literatür çalışmaları, toprak dolgu yapılmadan önce, toprak ile sızıntı suyunun arasındaki kimyasal reaksiyonunun kesin olarak analizinin mümkün olmadığını göstermektedir. Sızıntının tam kompozisyonu ve varyasyonu, ancak toprak dolgu işletmeye alındıktan bir süre sonra belirlenebilir. Fakat alternatif olarak, geliştirilen yarı-hesap dizayn metodundan yararlanılabilir.

Şekil 5.1 tipik bir toprak dolgu sahasını göstermektedir. Tipik sahanın genelleştirilmiş toprak yapısı, aşağıdak şekilde dizayn amaçlı olarak kullanılmaktadır. Toprak dolgu, direkt olarak killi bir tabaka üstüne yerleştirilmiştir. Bu tabaka, birleşik toprak klasifikasyon sistemi başına ya ML; CL veya ML-CL toprağı içermektedir. Killi tabaka kumlu bir akifer üzerinde bulunmaktadır. Kumlu akifer tabaka, USCS (birleşik toprak klasifikasyon sistemi) başına ya SW, SP veya SW-SP içermektedir. Kaya yatağı, sızıntı ile girişim yapmayacak derinlikte, kum tabakasının altında yer almaktadır.

Basit olarak, sızıntı 2 kısımda oluşur. İlk bölümde, öncelikle doymamış bölgedeki toprak, sızıntı ile reaksiyona girer. 2. bölüm, yeraltı suyu akiferinde oluşur. Bu nedenle dizayn metodu, bu iki sindirme bölümü ile bağlantılı bir takım parametrelere bağlıdır. Bunlar;

- 1) İlgili esas sızıntı parametrelerinin genel bir listesi ve toprak dolgunun dizayn ömrü sırasında bu parametrelerin bazıları için tahmin edilen toplam kütle.
- 2) Sızıntı parametrelerinin sindirme mekanizmaları ve sızıntının yeraltı suyu üzerindeki tüm etkisi.
- 3) Sindirme reaksiyonuna dahil olan, ilk doymamış bölgedeki toprak hacmi.
- 4) Yeraltı su sisteminde sızıntının seyreltilmesi.



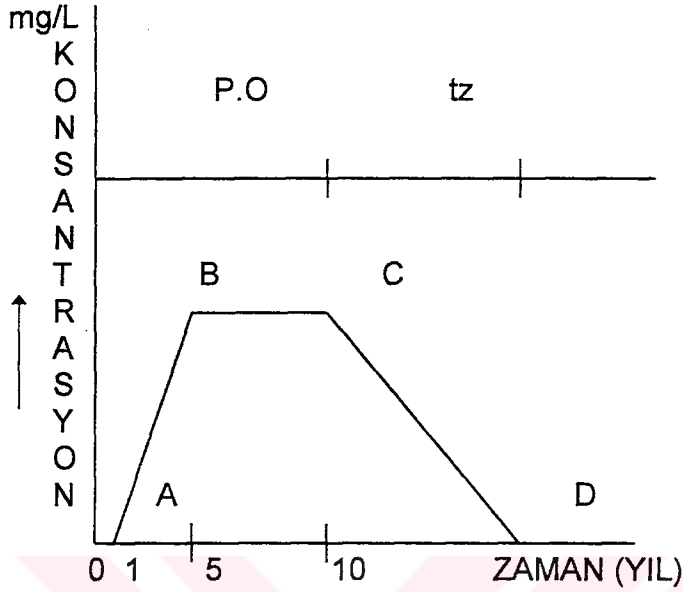
Şekil 5.1- Tipik dolgu toprak Sahası kesiti

5.3- ANA SIZINTI PARAMETRELERİ :

Sızıntı ile ilgili kirleticiler, bakır, kurşun, çinko, demir, amonyum, potasyum, sodyum, magnezyum, BOI, KOI, nitrat, klorür ve sülfatdır. (2,9,13,15,18,20,24). Sızıntıdaki kimyasal bileşikler ve konsantrasyonları, oldukça geniş bir aralıkta bulunmaktadır. Bu çeşitliliğe sebep olan ana etkenler atık kompozisyonunu, toprak dolgu yaşı ve iklim olarak sayılabilir (28). Saha gözlemleri ve laboratuvar çalışmalarına dayandırılan, genel konsantrasyon değişim eğrisi Şekil 5.2'de gösterilmektedir (18,25). Bu eğri, amonyum, potasyum, sodyum ve magnezyumun herbiri için toplam kütle sızıntısının hesaplanmasında kullanılacaktır.

Şekil 5.2 P.O. ise toprak dolgunun başlangıcından kapanışına kadar olan periyodu sunmaktadır. P.O.'nun 5 yıldan küçük olması durumunda c noktası b

noktası ile kesişecektir. Bu, sızıntı probleminin çevreye herhangi bir zarar vermeyecek kadar düşük konsantrasyonda bulunduğu süredir. Sondaki örnekte gösterildiği gibi, her kirleticinin toplam kütlesinin hesaplanmasında bu eğri kullanılır.



Şekil 5.2- Zamanla sızıntı konsantrasyonunun önerilen eğimi

5.4- KİRLETİCİLERİN SİNDİRME MEKANİZMALARI VE SIZINTININ ESAS ETKİSİ :

Sızıntının toprakta sindirilmesi, normal olarak, tamamen veya kısmen bileşiklerin toprak tarafından adsorbe edilmesi anlamındadır. Bununla beraber, tüm doğal sindirme prosesinden yararlanabilmek için, sızıntının çeşitli parametrelerinin konsantrasyonlarının kabul edilebilir limit değerlerine indirilmesi gereklidir. Bunu sağlayan 6 mekanizma bulunmaktadır;

1. Adsorpsiyon,
2. Biyolojik baca,
3. Katyon değişirme reaksiyonu,
4. Seyreltme,
5. Filtrasyon,
6. Çöktürme reaksiyonları.

Adsorpsiyon, biyolojik baca, katyon değişirme reaksiyonu, filtrasyon ve çöktürme reaksiyonunun mekanizmaları killi tabakada (ilk bölüm) etkili olacaktır. Tüm bu 6 sindirme mekanizması akiferde etkili olabildiği halde (2. bölüm) sadece seyreltme mekanizması yeraltı suyu sisteminde etkindir.

İlk doymamış bölgede yer alan sindirmenin ilk bölümü, sızıntı toprak sisteminin pH'ının yaklaşık nötral değerde olmasına neden olur. Bakır, kurşun, çinko, demir, magnezyum, potasyum ve sodyumun sindirimi yaklaşık nötral pH şartlarında, ilk bölümde meydana gelecektir. Aşağıdakiler, daha önce belirtilmiş olan kirleticilerin herbiri için sindirme mekanizmasını tarif etmektedir.

1) Bakır, Kurşun ve Çinko : Bu kirleticiler için ana sindirme mekanizmaları çöktürme, adsorpsiyon, katyon değiştirme ve seyreltmedir. Genelde, sızıntıda bu ağır metallerin konsantrasyonları düşüktür. Bunlar, killi çevrede oldukça iyi sindirileceklerdir.

2) Demir : Demirin ana sindirme mekanizmaları, çöktürme, katyon değiştirme, adsorpsiyon, biyolojik baca ve seyreltmedir. Belediye toprak dolgularında, demir genellikle indirgenmiş durumda bulunur, 2 değerlikli demirin etkinliği 3 değerlikli demirden daha fazladır. Demirin sindirilmesi, killi çevrede yumuşatılarak yapılmalıdır.

3) Amonyum, Magnezyum, Potasyum ve Sodyum : Bu iyonların sindirilmesi genel olarak katyon değiştirme ile yapılır ve yeraltı suyunun sertliğini artırır. Griftin ve diğerleri, sızıntı suyunda sindirilen amonyum, magnezyum, potasyum ve sodyumun toplam miktarının % 3'ü kadar kalsiyum açığa çıkardığını bunun da sertliği arttırdığını belirtmektedir.

4) BOI; KOI: Diğer kirleticilerin aksine bunlar iyonik kirleticiler değildir. Bunlar, gerçekte, biyolojik veya kimyasal olarak yükseltgenebilen bir grup bileşiği içermektedirler. Bu parametreler için ana sindirme mekanizmaları, biyolojik baca, seyreltme ve filtrasyondur. Seyreltme, uzun süreli bir mekanizma iken, biyolojik baca ve filtrasyon kısa süreli mekanizmalardır.

5) Nitrat ve Klorür : Bu iki kirletici anyonlardır ve killi toprakta bile oldukça çok bulunurlar. Seyreltme, bu iki kirletici için tek uzun süreli sindirme mekanizmasıdır.

6) Sülfat : Sülfat için ana sindirme mekanizmaları, anyon değiştirme, gaz değiştirme, adsorpsiyon, ööktürme ve seyreltmedir. Bununla birlikte, sülfat, anyon olarak toprakta gezgin halde bulunur. Sülfatın sindirilmesi için tek mekanizma, seyreltmedir.

5.5- SİNDİRMEYE İÇİN GEREKLİ OLAN TOPRAK HACMİNİN HESABI

İnce bir sediment tabakasıyla kaplanmış kanal tabanı, şehir toprak dolgu durumuna oldukça uygundur. Sindirim reaksiyonuna dahil olan toprak hacmi, yaklaşık olarak aşağıdaki şekilde belirlenebilir.

$$V_s = R \times A_p \times H \dots \dots \dots (5.1)$$

$V_s = m^3$ cinsinden sindirme reaksiyonu için mevcut olan toprak hacmi.

R = Toprak yapısının etkisini gözönünde bulundurmak için azaltma faktörü (1/1.2 ile 1/1.3 arasında değişir).

$A_b = m^2$ cinsinden toprak dolgunun yapılabileceği alan.

H = Metre insinden şehir toprak dolgusunun altındaki doymamış bölgenin ortalama derinliği.

5.6- KIRLETİCİNİN SEYRELTİLMESİ

Seyreltme, kirleticinin toplam miktarını azaltmaz, fakat akışla birlikte tüm noktalarda kirletici konsantrasyonunu azaltır. Sindirmenin ilk bölümünden filtre edilen su, yeraltı suyuna ulaştığında, yoğunluk farkı, difüzyon ve dispersiyon veya herikisinin kombinasyonu sonucunda her kirleticinin konsantrasyonu düşer. Şekil 5.3'te gösterilen akış geometrisi, laboratuvar ve arazi çalışmalarında geliştirilmiştir. Akış geometrisi, yalnızca reaktif olmayan akiferde uygulanabilir. Şekil 5.3(a)'da işaretlenmiş çizgi, daha olası bir akış konfigürasyonunu göstermektedir. Akış geometrisi aşağıdaki varsayımlara dayandırılmıştır.

1. Akifer, kumlu, homojen, izotropik ve sonsuz derinliktedir.
2. Yeraltı su akışı yataydır.
3. Sızıntı, yeraltı suyundan daha yoğundur.
4. Seyreltme, karıştırma, difüzyon ve dispersiyon ile yoğunluk sonucu yer alır.

Önerilen akışın belirli yatay bir uzaklık boyunca katettiği alan Şekil 5.3(a) ve 5.3(b) tarafında verilmektedir.

$$A_i = [(L_1 + X_1) \tan \theta_1 + X_2 \tan \theta_2] [L_2 + 2(X_1 + L_1) \tan \theta_3 + 2X_2 \tan \theta_4] \dots (5.2)$$

A_i = Kirleticinin seyrelmesi için yeraltı suyunun katettiği alan, (m^2).

x_1 ve x_2 = Şekil 3(a) ve (b)'de yatay mesafeler, (mt).

L_1 = Yeraltı suyuna paralel toprak dolgunun boyutu, (mt).

L_2 = Toprak dolgunun yeraltı suyuna dik uzaklığı, (mt).

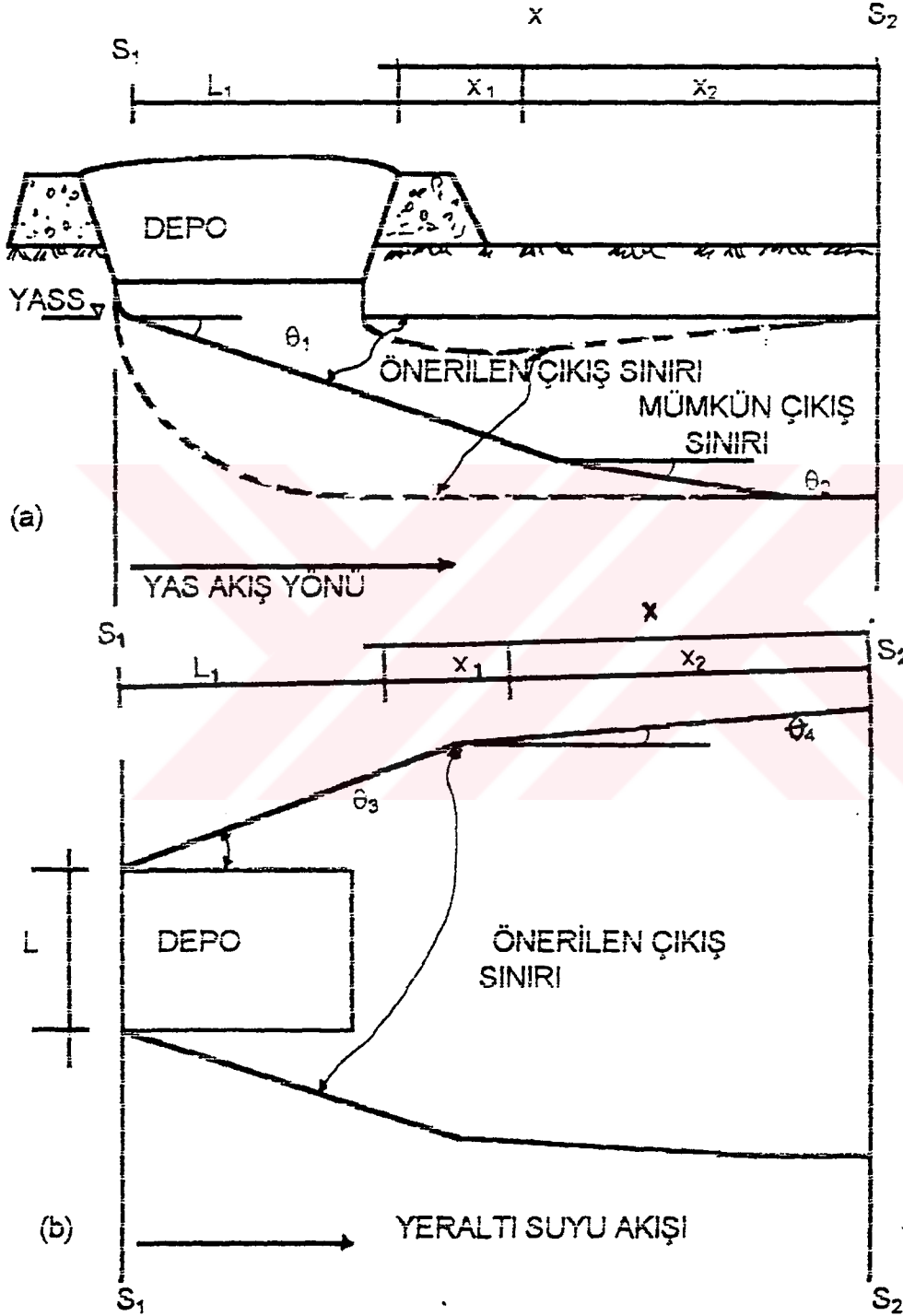
$\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ = sapma açıları, derece cinsinden.

5.3 eşitliği, A_i alanı boyunca geçen parametrenin birim süresi başına düşen kütle, aynı alanı geçen suyun içindeki parametrenin birim süresi başına düşen

kütle toplamı ve toprak dolgunun dibine doğru önerilen, akış konfigürasyonunda geçen sızıntı filtratı eşitlenerek elde edilmiştir.

$$C_B = A_i U + C_L \cdot V_e = C_{DX}(A_i U + V_e) \dots \dots \dots (5.3)$$

C_B = Arka yeraltı suyundaki parametrenin ortalama konsantrasyonu, mg/m^3 .



Şekil 5.3- Akış geometrisi (a) Kesit (b) Plan

C_L = Sızıntıdaki parametrenin pik konsantrasyonu, mg/m^3 .

U = Ortalama yerelti suyu hızı, $m/gün$.

V_e = Birim zaman başına sızıntı filtrasyonunun ortalama konsantrasyonu.

$C_{DX} = X(X_1 + X_2)$ uzaklığındaki derinlikte bir sudaki parametrenin ortalama konsantrasyonu, mg/m^3 .

Bu formül düzenlendiği takdirde;

$$\frac{\frac{C_B}{V_e}}{1 + \frac{V_e}{A_i U}} + \frac{\frac{C_L}{A_i U}}{1 + \frac{A_i U}{V_e}} = C_{DX} \dots \dots \dots (5.4)$$

Akış geometrisi, anlamı $X_1 < 300$ ve $X_1 + X_2 < 1000$ olan toprak dolguya yakın olarak uygulanabilir. θ_1 'in önerilen değeri $4^\circ-7^\circ$, θ_2 'nin $2^\circ-5^\circ$, θ_3 'ün $2^\circ-3^\circ$, ve θ_4 'ün $1^\circ-2^\circ$ 'dir.

5.7- DİZAYN KRİTERLERİ :

Dizayn kriterleri, daha önce tarif edilen tipik bir saha esas alınarak aşağıda detaylandırılmıştır(Şekil 5.1).

- 1) Bakır, Kurşun ve Çinko: Sızıntıda, bu ağır metallerin konsantrasyonu düşüktür ve bunlar killi ortamda çöktürülecektir. Yani bu parametreler iyi sindirilmiş olacaktır.
- 2) Demir . Demirin sindirimi, killi toprakta iyi değildir. Dolayısıyla beklenen pik konsantrasyonun % 50'si kumlu tapraktaki seyreltme için kontrol edilmelidir.
- 3) Amonyum, Magnezyum, Potasyum ve Sodyum: Bunlar killi toprakta, kation değiştirme ile sindirilecek ve ilk bölümde oluşacak filtratın sertliğini arttıracaktır. Öncelikle, bu + kirleticinin değiştirme reaksiyonu için yeterli CEC'in bulunup bulunmadığını anlamak için toprak hacmi kontrol edilmelidir. Eğer yeterli ise, filtratın sertliği, kumlu akiferdeki seyreltme için kontrol edilmelidir.
- 4) BOI, KOI, Nitrat, Klorür ve Sülfat : Seyreltme, tek uzun süreli sindirme mekanizmasıdır. Dolayısıyla bu parametrelerin pik konsantrasyonlar, kumlu akiferdeki seyreltme için kontrol edilmelidir.

Tüm sızıntı parametreleri için kabul edilebilir konsantrasyona 300 mt içinde ulaşana kadar eğer gerekliyse toprak dolgu plan boyutları artırılmalıdır. Yukarıda verilen dizayn kriterleri sahanın miktar olarak değerlendirilmesinde yardımcı olacaktır.

Bununla birlikte, lokasyon, hidrojeoloji, su temin kuyularına uzaklığı, toprak yapısı vs.'de gözönünde bulundurulmalıdır.

Paschke, bir kum tankında belirli bir uzaklığa yaptığı seyreltme sonucunda sodyum nitrat solüsyonunun ortalama konsantrasyonu hakkında bir laboratuvar çalışması yapmıştır. Deneyde, yatay yeraltı suyu akışıyla birlikte kumlu bir akifer gözönünde bulundurulmuştur.

Aşağıdaki örnek, dizayn basamaklarını göstermektedir.

ÖRNEK :

Teklif edilen uzaklaştırma sahasının, yeraltı suyuna paralel uzaklığı (L_1) 100 metre, dik uzaklığı (L_2) 150 metredir. Doymamış bölge 6 metre kalınlığında ve killi bir toprağa sahiptir ($CEC = 30$ meg/100 gr. toprak). Teklif edilen atık hacmi, 10 yıllık bir saha ömründe 60.000 m^3 'tür. Sızıntı suyundaki ve yeraltı suyundaki parametrelerin tahmin edilen pik konsantrasyonları Tablo.5.1'de verilmiştir. Kumlu akiferdeki yeraltı suyu hızı 10^{-1} m/gün'dür. Verilen $R = 1/1.2$, $t_z = 15$ yıl, toprağın birim ağırlığı $1,9 \text{ gr/cm}^3$, $\theta_1 = 5^\circ$, $\theta_2 = 3^\circ$, $\theta_3 = 2,5^\circ$, $\theta_4 = 1^\circ$, $X_1 = 600 \text{ mt}$, $X_2 = 100 \text{ mt}$, yağmur miktarı yılda 75 cm 'dir.

Değiştirme Reaksiyonunun Hesaplanması :

Toprağın mevcut katyon değiştirme kapasitesi (CEC) : Eşitlik 5.1'de yerine konulduğunda,

$$V = 1/1.2 \times 100 \times 150 \times 6 = 7.5 \times 10^4 \text{ m}^3$$

$$\text{Toprağın ağırlığı} = 7.5 \times 10^4 \times 1.9 \times 10^6 = 1.425 \times 10^{11} \text{ gram};$$

$$\text{Toprakta mevcut } CEC = 1.425 \times 10^{11} \times 30/100 = 42.75 \times 10^9 \text{ mg.}$$

10 yıllık periyot boyunca üniform bir daldırma olduğu varsayılarak, çöplerden sızan amonyum, potasyum, magnezyum ve sodyumun toplam kütlesi için Şekil 5.2'den aşağıdaki formül çıkarılabilir.

$$\text{Toplam sızan kütle} = \frac{V_f C_L}{4} = (1 \times 2 + 2 \times 3 + 3 \times 4 + 4 \times 5) + V_f C_L (6 + 7 + \dots + 10) + \frac{10 V_f C_L}{15}$$

$$(1 + 2 + 3 + \dots + 14) \dots \dots \dots (5.5)$$

Tablo 5.1- Yeraltı Suyu ve Sızıntıda Seçilmiş Parametrelerin Pik konsantrasyonları (mg/Lt)

Numune Numarası (1)	İçerik (2)	Sızıntı (3)	Arka Plandaki Su (4)
1	Amonyum	200.00	0.00
2	BOD (5 gün)	5,000.00	0.00
3	Klorür	500.00	100.00
4	COD	12,000.00	0.00
5	Bakır	0.5	0.01
6	Sertlik(CaCO ₃)	4,000.00	50.00
7	Demir	200.00	0.03
8	Kurşun	0.2	0.005
9	Magnezyum	150.00	0.00
10	Potasyum	200.00	0.00
11	Sodyum	300.00	0.00
12	Sülfat	300.00	50.00

Tablo 5.2- Kirleticilerin Sızmasının Neden Olduğu Sertliğin Miliekivalant Cinsinden Toplam ve pik Değerleri :

Numune Numarası (1)	Kirleticiler (2)	Pik Konsantrasyon mg/L (3)	Pik Sızıntı meg/L (4)	Toplam Sızıntı meg (5)
1	Amonyum	200	11.11	8x10
2	Magnezyum	150	12.34	8.9x10
3	Potasyum	200	5.11	3.7x10
4	Sodyum	300	13.04	9.4x10
TOPLAM			41.6	30x10

5.8- NUMUNE HESAPLAMASI

1) İlk periyot (3. yıl) : 3. yılda sızan kütle = $C_3 \times 3V_f \times 1$ Şekil 2 den $C_3/2 = C_1/4$. Bu nedenle, 3. yılda sızan kütle = $(V_f.C_L \times 2 \times 3 \times 1)/4$

2) İkinci periyot (7.yıl) : 7. yılda sızan kütle = $7V_f.C_L \times 1 = V_f.C_L \times 7$

3) Üçüncü periyot (23.yıl) : 23.yılda sızan kütle = $10V_f \times C_{14} \times 1$ Şekil 2 den $C_{23}/2 = C_L/15$. Bu nedenle, 23. senede sızan kütle = $(10V_f.C_L \times 2 \times 1)/15$

V_f = Üniform doldurulduğu varsayılarak, yıllık çöp miktarı $m^3/\text{yıl} = 6000 \text{ m}^3/\text{yıl}$.

5.5 eşitliğinin ilk ve son kısımları $P.O > 5$ olduğu sürece aynı kalacaktır. Orta kısım işletme periyoduna bağlı olarak değişecektir. ($P.O. > 5$ için) Tablo.5.2'de görüldüğü

gibi toprakta mevcut olan meq değeri, toplam sızıntıdan daha fazladır. Sızıntıdaki kirleticilerin neden olduğu sertlik, killi toprakta tamamen değiştirilecektir.

Yeraltı suyundaki sertliğin artışını hesaplamak için bu kirleticilerin herbirinin pik konsantrasyonları kullanılacaktır.

Not : $\text{meq/Lt} = \text{konsantrasyon (mg/Lt)} \times \text{atomik ağırlık valansı}$.

Değiştirme reaksiyonu sonucu sertlikte meydana gelen pik artış = $41,6 \times 40,08/2$

(Değiştirmenin sadece Ca^{+2} ile olduğu varsayılmaktadır). = 833 mg/Lt .

Filtratın toplam sertliği = 4.833 mg/Lt .

Seyreltme hesabı : Eşitlik 5.2'de ki değerler yerine konulduğunda; $A_i = 3.222 \text{ m}^2$

Çökeltme filtrasyonunun % 20 olduğu varsayılarak, sızıntının yeraltı su sistemine

ortalama filtrasyonu $V_e = 0,75 \times 0,2 \times 100 \times 150/365 = 6,16 \text{ m}^3/\text{gün}$.

Eşitlik 5.4'de teklif edilen toprak dolgu sahasının sonucunda yeraltı su kalitesinde meydana gelen max. değişikliğin tayininde kullanılır ve Tablo 5.3'te gösterilir.

Tablo 5.3- Toprak Dolgu Sahasında 160 mt. Derinde Yeraltı Suyunun Kalitesindeki Değişiklik

Numune Numarası (1)	Parametre (2)	Arka Plan Konsantrasyonu (3)	Ortalama Konsantrasyon (4)
1	Amonyum	0.00	0.00
2	BOD (5 gün)	0.00	93.8
3	Klorür	100.00	107.5
4	COD	0.00	225.1
5	Bakır	0.01	0.01
6	Sertlik	50.00	139.7
7	Demir	0.03	1.9
8	Kurşun	0.005	0.005
9	Magnezyum	0.00	0.00
10	Potasyum	0.00	0.00
11	Sodyum	0.00	0.00
12	Sülfat	50.00	54.7

$$C_{DX} = \frac{100.00}{1 + \frac{6.16}{3,222 \times 10^{-1}}} + \frac{500.00}{1 + \frac{3,222 \times 10^{-1}}{6.16}} = 107.5 \text{ mg/L}$$

5.9- MODELİN DEĞERLENDİRİLMESİ

- 1) Bu bölümde tarif edilen toprak yapısına benzer yapıdaki topraklarda herhangi bir doğal sindirme tipi toprak dolgu dizayn metodu uygulanabilir.
- 2) Doğal sindirmeli bir toprak dolgunun yanındaki akiferin seyreltme kapasitesi, ilk doymamış killi tabakanın kalınlığından daha önemlidir. Bununla birlikte katyon değiştirme reaksiyonunu tamamlamak için minimum bir kil depoziti gereklidir.
- 3) Seyreltme akiferde oldukça duyarlıdır. Toprak dolgu altında daha yüksek seyreltme sağlamak için arazinin uzunluğu ve genişliği artırılmalıdır.

4) Killi bir ortam üzerine konumlandırılmış bir toprak dolgu sahası, derinlere inildikçe yeraltı suyunun sertliğini daima arttıracaktır.

5) Yeraltı suyu degradasyonu, artan BOI, klorür, KOI, sertlik ve demir konsantrasyonları sonucu meydana gelmeye meyillidir.

6) Daha iyi bir araştırma aşağıdakiler için gereklidir;

a) Toprak dolgudan sızan kirleticilerin toplam kütlesinin tayini,

b) Farklı akifer malzemeleri için sapma açılarının belirlenmesi.



BÖLÜM 6

KONTROL ALTINDAKİ KATI ATIK DEPO SAHASINDAKİ HİDROLİK HESAPLARIN BİLGİSAYAR PROGRAMI İLE ARAŞTIRILMASI

6.1- TEMEL DENKLEMLERİN TÜRETİLMESİ

Analitik modeller çıkartılırken daha önce de anlatıldığı gibi (bkz bölüm3) bazı hususlara dikkat edilmelidir. Bunlar ;

1-Bariyer tabakası üzerindeki akım oranı yada sızıntı suyu değişimi sınırı aşmamalıdır.

2-Kanallar arasındaki mesafe uygun şekilde seçilmelidir. Bunun için dizayn yapılmadan önce formuller değişik mesafeler için tetkik edilmelidir.

3- Tabaka eğimi limitler arasında kalmalıdır.

4- Drenaj tabakası ve hidrolik geçirgenliği de limitler arasında seçilmelidir.

Model dizaynında ;

drenaj tabakası üzerindeki akışın yanal meydana geldiği ve sabit doymuş akım şartlarının olduğu kabul edilmiştir.

Bu model hem sürekli eğimli tertip ve iniş-çıkış eğimli tertip için kurulmuştur.McBean esaslı yaklaşımlardan yola çıkılarak hazırlanan formullerden oluşmaktadır.Bilgisayar programı hazırlanmadan önce Bölüm 3'de de anlatılan modelin çıkarımına bu bölümde tekrar göz atılacaktır.

Yeraltı suyu kümelenmesi , sızıntı suyu için toplama mekanizmasını oluşturduğu paralel drenler arasında oluşacaktır. Düşük geçirgenliği olan bölgenin üzerindeki doymuş akış bölümündeki iki paralel drenin herhangi bir noktasındaki statik yükseklik ;

$$Z_x = s_x + y_x \dots \dots \dots (6.1)$$

x uzaklığında yanal akış Darcy dekleminde , Q_x ,

$$Q_x = - K A \left(\frac{dz}{dx} \right) \dots \dots \dots (6.2)$$

Burada ;

z_x = x mesafesindeki statik nokta
 s = tabakanın eğimi.(radyan)
 x = Drenaj merkeziyle ilgili noktadan yatak uzaklık.
 y_x = x mesafesinde akımın derinliği.
 K = Ortamın hidrolik iletkenliği.
 A = Akımın kesit alanı.
 dz/dx = Akım yönündeki statik yüksekliğin değişimi

Sistemin karalı olduğu (zamanla değişmediği) kabul edilerek ,dikey su filtrasyonu yanal akıma eşitlenir.

$$Q_x = (L - X) p \dots \dots \dots (6.3)$$

p = Birim alan başına yağışın süzülme hızı.

Akiferin bir birim genişliği olduğunu farz edip, 6.2 ile 6.3 denkelemi birleştirilirse,

$$(L - x) p = Kys + Ky \left(\frac{dy}{dx} \right) \dots \dots \dots (6.4)$$

eşitliğine dönüşür.

$$\alpha = p / K \text{ ve}$$
$$w = L - x' i ,$$

ayrıca w ve v değerinin integrasyonu ile,

$$y = vw$$

olarak bulunabilir.Yukarıdaki denklemler eşitlik 6.4'de yerine konulursa,

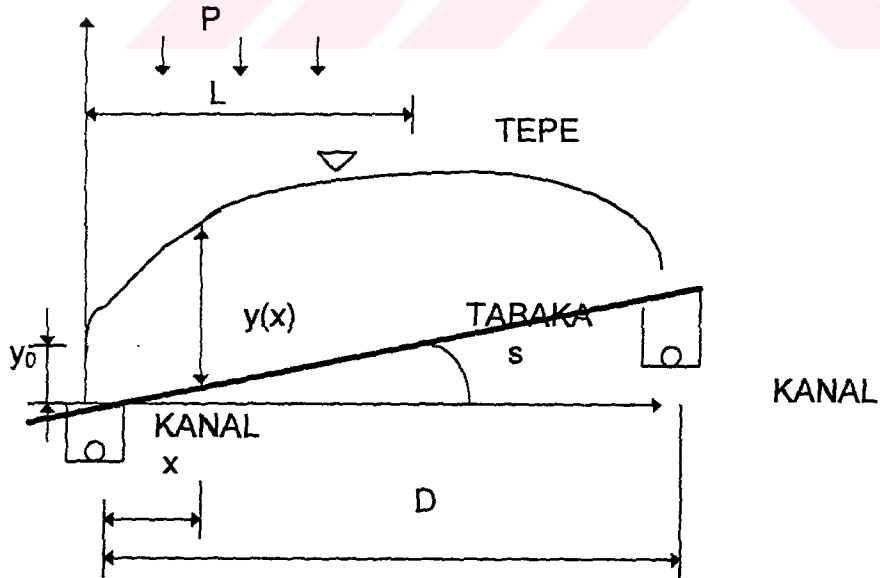
$$\left(\frac{-dw}{w} \right) = \left(\frac{vdv}{v^2 - sv + \alpha} \right) \dots \dots \dots (6.5)$$

diferansiyel denklemi ortaya çıkar.

İntegrason alınıp ,denklemdede $x=0$, $y = y_0$ şartları yerine konursa, üç değişik durum için aşağıdaki formuller bulunur.

Durum 1 : $4 \alpha > S^2$

$$x = L \left[1 - \frac{\left(\left(\frac{y_0}{L} \right)^2 - s \left(\frac{y_0}{L} \right) + \alpha \right)^{1/2}}{\left(\left(\frac{y}{L-x} \right)^2 - s \frac{y}{L-x} + \alpha \right)^{1/2}} \exp \left(- \frac{s}{(4\alpha - s^2)^{1/2}} \left\{ \tan^{-1} \left(\frac{\frac{2y_0}{L} - s}{(4\alpha - s^2)^{1/2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{\frac{2y}{L-x} - s}{(4\alpha - s^2)^{1/2}} \right) \right\} \right) \right] \dots (6.6)$$



ŞEKİL 6.1- Sürekli eğimli tertip için değişkenlerin gösterilmesi

Durum II : $4 \alpha = S^2$

$$x = L \left[1 - \left(\frac{2y_0}{(s - \frac{2y_0}{L})} \right) \exp \left\{ - \frac{2s(\frac{y_0}{L} - \frac{y}{(L-x)})}{(s - \frac{2y_0}{L})(s - \frac{2y}{(L-x)})} \right\} \right] \dots \dots \dots (6.7)$$

Durum III : $4 \alpha < S^2$

$$x = L \left[1 - \frac{\left(\left(\frac{y_0}{L} \right)^2 - s \left(\frac{y_0}{L} \right) + \alpha \right)^{1/2}}{\left(\left(\frac{y}{L-x} \right)^2 - s \left(\frac{y}{L-x} \right) + \alpha \right)^{1/2}} \exp \left(\frac{-s}{(s^2 - 4\alpha)^{1/2}} \left\{ \tanh^{-1} \left(\frac{2y_0}{(\frac{2y_0}{L} - s)} \right) - \tanh^{-1} \left(\frac{2y}{(\frac{2y}{L-x} - s)} \right) \right\} \right) \right] \dots \dots \dots (6.8)$$

Durum I'de filtelenme eğime bağlı olarak gerçekleşecektir. Sızıntı daha çok dikey yönde birikim gösterecek ve sızıntı suyu profili yüksek çıkacaktır. Durum II'de hidrolik iletkenlik eğim doğruya eşit olduğunda sızıntı profili yüksek olacaktır. Durum III'te 4α baskındır ki , sızıntı suyunun kolaylıkla akacağını işaret eder. Bunlarla ilgili karşılaştırmalar daha önceki bölümlerde tanımlanmıştır. (bkz Bölüm3)

y_0 , sınır değerinin tayini :

Drenaj kanalının şimdiki uygulama şartları serbest haldeki drenaj şartlarıdır. Bir alt kanaldaki kuşatılmamış akım için verilen Numerov çözümünde de (Harr , 1962) gösterildiği gibi, kanalın kenarındaki hidrolik değer yaklaşık olarak Eşitlik 6.1 ' deki gibidir. Bu çözüm yapılırken yatay bariyerli bir sistem üzerinde sıfır şarj esas alınmıştır. (McENROE ' den sonra 1990)

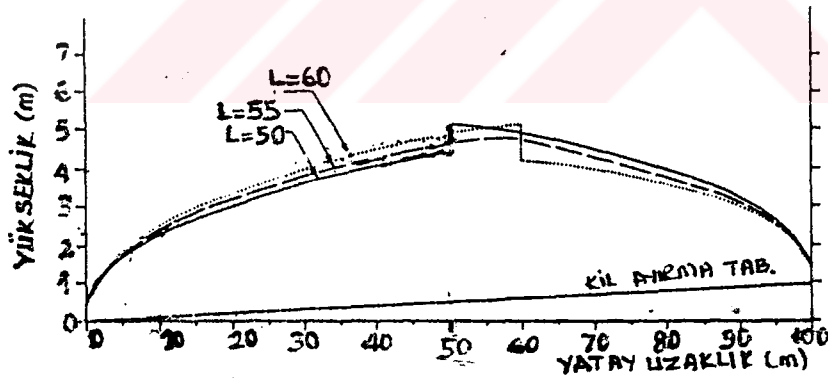
$$y_0 = \frac{p}{K} \frac{D}{2} = \alpha \frac{D}{2} \dots\dots\dots(6.9)$$

Denklem 6.6 'nın kullanımı için yatay uzaklık L, tepe noktası ,y₀, akış derinliğindeki sınır değerleri gibi birçok parametrenin tanımlanması gerekir. L uzaklığı , drenlerin ayırma uzaklığı D'den daha küçük olarak bilinir. Ama denklemin

$$\frac{dy}{dx} = -s \dots\dots\dots(6.10)$$

tanımlanmasında ve uygun parametrelerle L ile ilgili denklemin çıkarımı kendi kesin ve doğrusal olamayan karakterinden dolayı önemlidir.

Alternatif olarak L'yi hesaplamak imkansızsa, su yüzeyi profili ve sonra D-L uzaklığında ayarlanan drendeki su yüzey profili hesaplanır. (Eşitlik 6.6 - 6.8). Gerçek L değeri , sürekli düzeltilmiş profildeki iki yönlü su yüzey profillerinin hesap edilen değeridir. Şekil 6.2'de alternatif L değerleri için su yüzeyi profiline ait grafik görülmektedir.



Şekil 6.2- Alternatif L değerleri için su yüzeyi profili.

Sınır değeri y_0 , değerinin tanımlanması Eşitlik 6.6-6.8 'in sağ tarafındaki ikinci terimde elementlerin nispi fonksiyonu olmasındandı,yani

$$\frac{y_0^2}{L^3} - \frac{sy_0}{L}, \alpha \text{ değerine karşı} \dots\dots\dots(6.11)$$

α geniş iken, hesap edilen zemin su profili y_0 'ın seçimi için hassas değildir ancak y_0 'ı veren değerlerle ve sınır eğimi ile genel büyüklüğü aynı iken hesaplanan zemin su profili seçilen y_0 değeri için oldukça hassas sonuçlar vermektedir.

Tablo 6.1- Değişken geri dönüşümlü su birikiminde ortalama derinliğin değişimi.

Filtreleme oranı p (cm/yıl)	Zemin su birikiminde ortalama derinlik (m)
7.6	0.6
15.2	0.8
30.5	1.3
182.9	3.0

Bu değer $y_0 = 0.5$ m sınır değerinin direkt fonksiyonudur.

Tablo 6.2- Farklı hidrolik iletkenlikler için değişken geri dönüşümlü zemin su birikiminde ortalama derinliğin değişimi

Hidrolik iletkenlik K (cm/sn)	Zemin su birikiminde ortalama derinlik (m)
10^{-2}	0.6
10^{-3}	0.8
10^{-4}	3.0

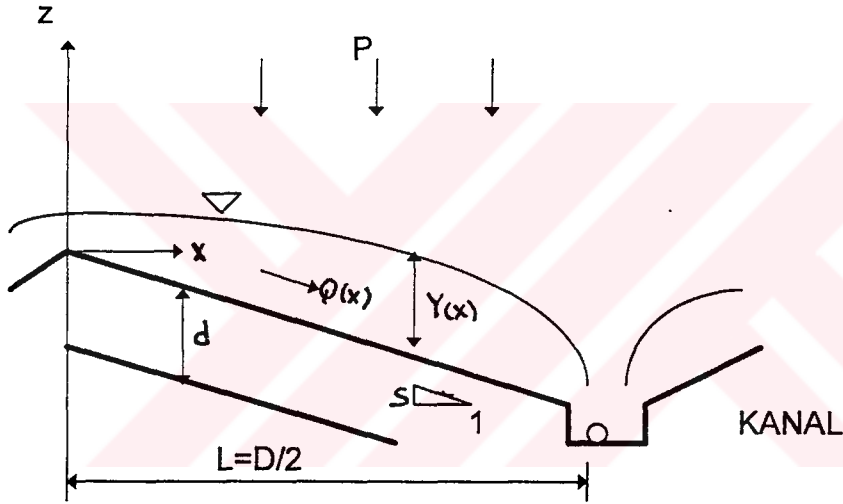
$L = 55$ m, $p = 15.2$ cm/yıl, $s = 0.01$, $y_0 = 0.5$ m kabulleri yapılmıştır.

$$y_{\max} = \frac{D}{2} \alpha^{1/2} = \frac{D}{2} \left(\frac{P}{K} \right)^{1/2} \dots\dots\dots(6.12)$$

Katı atık depo sahasıda yukarıda anlatılan denklemler sürekli eğimli tertipler için hazırlanmış denklemlerdir. Ancak depo sahalarında her zaman bu tip tertip yapılamayacağı için alternatif olarak iniş-çıkış eğimli tertip için modeller de geliştirilmiştir. Sistem bileşenleri Şekil 6.2' de tanımlanmıştır. İniş-çıkış eğimli tertipte eşitlikler oluşturulurken , farklı bir tipteki en üst akış sınırı dışında (yani drenaj mevcut değilse) , sürekli eğimli tertipteki Mc Enroe (1989) hesaplamaları esas alınmış ve buna ilaveten Mc Bean (1982) 'den daha farklıdır ve profil hesapları en üst sınırdan başlar.

Kuşatılmış akış için Dupuit tahminine göre Şekil 3.12 ' de belirlenen değişiklikler ile eğimli bir bariyer üzerinde diferansiyel denklemlerle yönetilen sabit drenaj esas alınmıştır.

$$K_y \left(\frac{dy}{dx} - s \right) + I x = 0 \dots\dots\dots(6.13)$$



ŞEKİL 6.3-İniş-çıkış eğimli tertipte değişken değerlerin gösterimi

Bu orjinin dönüşümleri ile Eşitlik 6.4 ' eşdeğer hale gelecektir.

$$\begin{aligned} x_{\text{iniş-çıkışlı}} &= L - x_{\text{sürekli}} \\ x_0 &= x / L \\ y_0 &= y / L \\ y_0^* &= y_0 / L \end{aligned}$$

ifadelerinin yer değiştirmesi ile 6.13 dönüşüm denklemi ortaya çıkar.

$$\begin{aligned} u^* &= y_0 / x_0 , \\ y^* &= u^* . x^* \end{aligned}$$

değerleri denklemde yerlerine konulursa denklem aşağıdaki şekli alır

$$-\frac{dx^*}{x^*} = \frac{u^* du^*}{u^{2*} - su^* + \alpha} \dots\dots\dots(6.14)$$

Sınır şartları korunursa,

$u^* = y_0^*$, $x^* = 1$ de ,(6.14) denkleminin şartlara bağlı çözümü ;

Durum I : $4\alpha > s^2$

$$x^* = \left[\frac{\alpha - sy_0^* + y_0^{*2}}{\alpha - su^* + u^{*2}} \right]^{0.5} \exp \left\{ \frac{s}{(4\alpha - s^2)^{1/2}} \left[\tan^{-1} \left(\frac{2u^* - s}{(4\alpha - s^2)^{1/2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{2y_0^* - s}{(4\alpha - s^2)^{1/2}} \right) \right] \right\} \dots\dots\dots(6.15)$$

Durum II : $4\alpha = s^2$

$$x^* = \left[\frac{s - 2y_0^*}{s - 2u^*} \right] \exp \left\{ \frac{2s(y_0^* - u^*)}{(s - 2y_0^*)(s - 2u^*)} \right\} \dots\dots\dots(6.16)$$

Durum III: $4\alpha < s^2$

$$x^* = \left[\frac{\alpha - sy_0^* + y_0^{*2}}{\alpha - su^* + u^{*2}} \right]^{0.5} \left[\frac{(2y_0^* - s - A)(2u^* - s + A)}{(2y_0^* - s + A)((2u^* - s - A))} \right]^{s/2A} \dots\dots\dots(6.17)$$

Burada :

$$\begin{aligned} A &= (s^2 - 4 \alpha)^{1/2} \text{ ve} \\ x^* &= x / L \\ y^* &= y / L \\ y_o^* &= y_o / L \\ u^* &= y^* / x^* \end{aligned}$$

Uzaklık L (yani , $L = D / 2$) bir yarım kanal ayırma uzaklığı olarak bilinir. Tabaka eğimi sıfıra eşitlendiğinde 6.15 denklemi 6.9'a benzeyerek daha basit hale gelir. Böylece değişken denklemler sabit hale gelir.

İniş-çıkış eğimli görünüm için kümeleşmenin,yani birikimin maksimum derinliği hesaplanmak istenirse değişik çalışmalardaki formuller kullanılabilecektir. (bkz bölüm 3)

Tabakanın ölçüm performansını hesaplamak için Darcy kanunundan max oturma zamanı hesap edilebilir.

$$v = \frac{Ks}{n} \dots\dots\dots(6.18)$$

K= Drenaj tabakasının hidrolik iletkenliği
s = alt tabakadaki tahmini eğim
n= porozite

ve sonra T anı hesaplanabilir.

$$T = \frac{L}{v} = \frac{Ln}{Ks} \dots\dots\dots(6.19)$$

Tutma verimini hesaplamak için Δt anındaki sızma hacmi hesaplanmalıdır. y_{max} değerindeki drenaj tabakası boyunca kümelenen sıvı miktarı

$$V = \left(\frac{d+y_{max}}{d} \right) KA \Delta t \text{ 'dir.}$$

6.2- BİLGİSAYAR PROGRAMI İLE DİZAYN TASARIMI

Yukarıda verilen tüm formuller bu bilgisayar programında kullanılmıştır. Program olarak Basic dili seçilmiştir.

Ekte sunulan programda alınan değişkenler ;

p = birim alan başına nemin süzülme miktarı,

K= ortamın hidrolik iletkenliği,

s= radyan eğim,

L= akıntı yönünde drenaj uzunluğu,

D= Dren ayırma mesafesi,

x= Drenaj noktasına ait noktadan yatay uzaklık,

d= doymuş tabaka kalınlığı

n= porozite,

t= herhangi bir sızma anı,

Programda değişkenler girildikten sonra ,

y_0 = başlangıç sınır değeri

y_{max} = max doymun derinlik

y = dikey olarak ölçülmüş doymun derinlik

Q_x = x uzaklığındaki yanal akış miktarı

V = Δt anındaki sızma hacmi

T = oturma zamanı

A = $(1s^2 - 4 \alpha l)^{1/2}$, Akımın kesit alanı

hesaplanacaktır.

CLS

```
LOCATE 2,15:INPUT "BİRİM ALAN BAŞINA NEMİN SÜZÜLME HIZI          P=";P
LOCATE 3,15:INPUT "ORTAMIN HİDROLİK İLETKENLİĞİ                K=";K
LOCATE 4,15:INPUT "RADYAN (TABAKANIN) EĞİMİ                    S=";S
LOCATE 5,15:INPUT "DREN AKINTI YÖNÜNE YARDIM EDEN DRENAJ UZUNLUĞU L=";L
LOCATE 6,15:INPUT "DREN AYIRMA UZUNLUĞU                        D=";D
LOCATE 7,15:INPUT "DRENAJ MERKEZİNE AİT NOKTADAN YATAY UZAKLIK   X=";XY
LOCATE 8,15:INPUT "DOYMUŞ TABAKA KALINLIĞI                     d=";DY
LOCATE 9,15:INPUT "POROZİTE                                     n=";NY
LOCATE 10,15:INPUT "HERHANGİ BİR SIZMA ANI                       t=";TY
ALFA=P/(K*3.15E+07)
Y0=ALFA*D/2
YMAX=(D/2)*SQR(ALFA)
Y=SQR(Y0^2+2*ALFA*((D*X-X^2)/2))
IF 4*ALFA>S^2 THEN GOTO 180
IF 4*ALFA=S^2 THEN GOTO 260
IF 4*ALFA<S^2 THEN GOTO 340
FOR I=.1 TO 500 STEP .1
Y=I
N=(S/SQR(4*ALFA-S^2))*(ATN((((2*Y0/L)-S)/SQR(4*ALFA-S^2)))-ATN(((2*Y/(L-X))-SQR(4*ALFA-S^2))))
X=L*(1-((SQR((Y0/L)^2-S*(Y0/L)+ALFA)/SQR((Y/(L-X))^2-S*(Y/(L-X))+ALFA))*EXP(
)
Z=CINT(X)
IF XY=Z THEN GOTO 410
NEXT I
GOTO 410
FOR I=.1 TO 100 STEP .1
Y=I
N=(2*S*((Y0/L)-(Y/(L-X)))/((S-(2*Y0/L))*(S-(2*Y/(L-X)))))
X=L*(1-((S-(2*Y0/L))/(S-(2*Y/(L-X)))*EXP(N)))
Z=CINT(X)
IF XY=Z THEN GOTO 410
NEXT I
GOTO 410
FOR I=.1 TO 100 STEP .1
Y=I
N=(-S/SQR(S^2-4*ALFA))*(.5*EXP((1+(((2*Y0/L)-S)/SQR(S^2-4*ALFA)))/(1-(2*((L)-S)/SQR(S^2-4*ALFA)))-.5*EXP((1+(((2*Y/(L-X))-S)/SQR(S^2-4*ALFA)))/(1-((L)-S)/SQR(S^2-4*ALFA)))))
X=L*(1-((SQR(ABS((Y0/L)^2-S*(Y0/L)+ALFA))/SQR(ABS((Y/(L-X))^2-S*(Y/(L-X))+ALFA))*EXP(N)))
Z=CINT(X)
IF XY=Z THEN GOTO 410
NEXT I
QX=(L-X)*P
X0=XY/L
Y0X=Y/L
Y0Z=Y0/L
UZ=Y0/X0
A=SQR(ABS(S^2-4*ALFA))
IF 4*ALFA>S^2 THEN GOTO 500
IF 4*ALFA=S^2 THEN GOTO 520
IF 4*ALFA<S^2 THEN GOTO 540
KZ=SQR((ALFA-S*Y0Z+Y0Z^2)/(ALFA-S*UZ+UZ^2))*EXP((S/SQR(4*ALFA-S^2))*(ATN(((2-S)/SQR(4*ALFA-S^2))-ATN((2*Y0Z-S)/SQR(4*ALFA-S^2)))))
GOTO 560
KZ=((S-2*Y0Z)/(S-2*UZ))*EXP((2*S*(Y0Z-UZ))/((S-2*Y0Z)*(S-2*UZ)))
GOTO 560
A=SQR(S^2-4*ALFA)
KZ=SQR((ALFA-S*Y0Z+Y0Z^2)/(ALFA-S*UZ+UZ^2))*(((2*Y0Z-S-A)*(2*UZ-S+A))/((2*Y0
```

```

+A)*(2*UZ-S-A)))^(S/(2*A))
T=(L*NY)/(K*S)
TY=TY*86400!
V=((DY+YMAX)/DY)*K*A*TY
LOCATE 14,15:PRINT "Ymax=";:PRINT USING "####.##";YMAX
LOCATE 16,15:PRINT "Y=";:PRINT USING "####.##";Y
LOCATE 17,15:PRINT "QX=";:PRINT USING "####.##";QX
LOCATE 18,15:PRINT "X=";:PRINT USING "####.##";XZ
LOCATE 19,15:PRINT "X*=";:PRINT USING "####.##";X0
LOCATE 20,15:PRINT "Yo=";:PRINT USING "####.##";Y0
LOCATE 21,15:PRINT "T=";:PRINT USING "#####.##";T
LOCATE 22,15:PRINT "V=";:PRINT USING "####.##";V
LPRINT "Yo=";:LPRINT USING "####.##";Y0
LPRINT "Ymax=";:LPRINT USING "####.##";YMAX
LPRINT "Y=";:LPRINT USING "####.##";Y
LPRINT "QX=";:LPRINT USING "####.##";QX
LPRINT "X=";:LPRINT USING "####.##";XZ
LPRINT "X*=";:LPRINT USING "####.##";X0
LPRINT "Y*=";:LPRINT USING "####.##";Y0X
LPRINT "T=";:LPRINT USING "#####.##";T
LPRINT "V=";:LPRINT USING "####.##";V

```

6.3- PROGRAMIN ÇALIŞTIRILMASI

Aşağıda seçilen değerler kullanılarak model çalıştırılmıştır. Program ekte sunulmuştur.

$$p = 15.2 \text{ cm/yıl} = 4.82 \times 10^{-7} \text{ cm/sn}$$

$$K = 10^{-3} \text{ cm/sn}$$

$$\alpha = p/K = 4.82 \times 10^{-4}$$

$$s = 0.01$$

$$L = 55 \text{ m}$$

$$D = 100 \text{ m}$$

$$x = 15 \text{ m}$$

$$d = 30 \text{ cm} = 0.30 \text{ m}$$

$$n = 0.4$$

$$t_0 = 0$$

$$t_1 = 200 \text{ gün} = 1.72 \times 10^7 \text{ sn}$$

Programda aşağıdaki değerler hesaplanmıştır.

$$y_0 = ?$$

$$y_{\max} = ?$$

$$y = ?$$

$$Q_x = ?$$

$$V = ?$$

$$T = ?$$

$$A = ?$$

Yo= 0.02
Ymax= 1.10
Y= 0.80
QX= 608.83
X= 0.35
X*= 0.27
Y*= 0.01
T=2200000.00
V=3445.72



6.4- PROGRAMIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu programla dolgu toprak altındaki sızdırmaz dizaynı için gerekli bütün kriterler hesaplandıktan sonra dizayn için uygulama basit olarak hesaplanıp, araştırmalar ve literatürdeki formullerin doğruluğu kontrol edilebilecektir.

Aynı zamanda programın uygulamaya konulması ile dizayn için gerekli kriter hesapları daha kısa sürede yapılacağı için yeni depo sahası sızdırmaz dizaynlarına ait literatür çalışmaları hızlı bir şekilde sonuca ulaşabilecektir.



SONUÇ

Katı atık depolanması son 20 yıl içinde mühendislik sistemi olarak önemli gelişmeler kaydetmiştir. Kontrolsüz ve projesiz oluşturulan kent çöplükleri, gelişmiş ülkelerde yerini yukarıdaki tasarım metodlarından oluşan mühendislik analiz sonuçlarına bırakmıştır. Modern depolama tesislerinin temel felsefesi kirlетici maddelerin belirlenmesi ve çevreye yayılmasının önlenmesidir. Bu felsefeye göre, atıklar gömülürken kirlетici maddelerin süzülen yağmur sularında çözülmesinin azaltılması ve oluşan kirlетici madde çözeltisinin çevreye kaçış yollarının engellenmesidir.

Atık maddeler endüstriyel üretim sırasında veya kent yaşamında üretilmektedir. Her iki tür atık maddesi de çeşitli kirlетici ve zehirli maddeleri ihtiva eder. Bu atıklar gömme veya havuzlama yoluyla çevrenin kirlenmesini önleyecek şekilde depolanmalıdır. Aşırı derecede kirlетici madde içermeyen atıklar, tehlikeli atıklardan ayrı olarak depolama işlemine tabi tutulmalıdır.

Atık depolarında oluşacak sızıntı miktarı doğrudan gömülü atıklara girecek olan su miktarıyla orantılıdır. Böylece, atık deposuna su sızmasını önleyecek örtü sistemleri gerekmektedir. Bütün bu tedbirlere rağmen kirli sızıntı suyunun çevreye ve özellikle yeraltı suyu kaynaklarına ulaşmasını engellemek için bir taban koruma tabakası gerekmektedir. Böylece, üstten ve alttan koruma edilen katı atık deposu nisbeten kuru depolamayı gerektirmektedir.

Bu çalışmada daha çok düzenli depo sahalarında yağışla birlikte meydana gelen sızıntının depo yüzeyine gelmesinden yeraltı su seviyesine ulaşmaya kadar nasıl bir davranış gösterdiği incelenmiştir. Bilindiği gibi katı atık sızıntı suyu değişik konsantrasyonlardaki parametreleri ihtiva etmektedir. Bu parametrelerin konsantrasyonları yapılan analizler sonucunda oldukça yüksek değerlerde bulunmuştur. Sızıntı suyundaki bu parametrelerin yeraltı suyuna karışmasını engellemek çevre sağlığı açısından çok önem taşımaktadır. Sızıntı suyunun yeraltı su seviyesine gelmeden tutulması için mevcut sıvı kütle dengeleri kullanılarak çeşitli formüller bulunmuştur. Bu formüller katı atık depo sahasında sızıntı toplama sistemine ait bütün kriterlerin hesaplanmasına ait formüllerdir.

Değişik model yaklaşımları kullanılarak hazırlanmış bu formüllerin günümüzde kullanımı henüz tam yaygınlaşmamıştır. Bunun nedeni ise formüllerin karmaşık olması bu nedenle hesapların uzun sürede sonuçlanmasıdır.

İşte bu çalışmada yapılan bir bilgisayar programı ile dizayn kriterlerine ait parametrelerin kolayca hesaplanmasını sağlayacaktır. Böylece daha çok uygulama yapılabilir, daha çok örnek oluşturulabilecektir. Böylece su ve hava gibi diğer çevre teknolojilerinde olduğu katı atık konusundada daha çok çalışma alanı ortaya çıkacaktır.

KAYNAKLAR

- 1- Masood Ghassami , "Leachate Collection Systems" , " Journal of Environmental Engineering" , ASCE, Vol .112,No.3 ,june ,1986.
- 2- Edward A.. McBean, Ronald Poland, Frank A.. Rovers and Anthony J. Crutcher , "Leachate Collection Design for containment landfills" , " Journal of the Environmental Engineering Division, ASCE, Vol.17 ,No.4 ,1981,pp. 1231 - 1234.
- 3- Alexander C. Demetracopoulos , Associate Member George P. Korfiatis, Associate Member, " Landfill Liner Hydraulics for Microcomputers"
- 4- George P. Korfiatis, A.M. ASCE and Alexander C. Demetracopoulos, A.M. ASCE , " Flow Characteristics of Lanfill Leachate Collection Systems and Liners" , " Journal of Environmental Engineering" , ASCE, Vol .112,No.3 ,june , 1986.
- 5- Bruce M. McEnroe, Member, ASCE," Max. Saturated Depth over Landfill Liner" "Journal of Environmental Engineering" , Vol .119,No.2 , March/April,1993 , ASCE.
- 6- Alexander C. Demetracopoulos , Associate Member ,George P. Korfiatis, ASCE , Efsthios L. Bourodimos, and Edward G. Nawy , Member, ASCE, "Journal of Environmental Engineering", Vol .110,No.6 ,Dec.,1984 , pp. 1084-1096, ASCE.
- 7- Amelandu Bagchi, " Design of Natural Attenuation Landfills", "Journal of Environmental Engineering", Vol..109,No.4 , August,1983 ,ASCE.
- 8- Edward A.. McBean, Grahame J. Farquar , Frank A.. Rovers , " Solid Waste Landfill Engineering and Design",1995.
- 9- Türkiye İnşaat Mühendisliği XIII. Teknik Kongre ve Sergisi Bildiriler Kitabı, Aralık,1995, Ankara.
- 10- Katı Atık Kirlenmesi Araştırma ve Denetimi Türk Milli Komitesi Kurs Notları, Bogaziçi Üniv. ,İstanbul,1990.

ÖZGEÇMİŞİM

1969 Eylül ayında Sinop'un Boyabat ilçesinde doğdum. İlkokula 1975 yılında Boyabat'ta başlayıp üçüncü Bursa'ya yerleşim nedeniyle burada devam ettim. 1980'den itibaren orta ve lise eğitimimi Bursa Kız Lisesi'nde tamamladıktan sonra 1985 yılında bu okuldan mezun oldum.

1985 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünü kazanarak Lisans eğitimime bu okulda devam ettim. 1990 Şubat ayında okuldan mezun oldum.

1989 yılında okul döner sermayesinde 8 ay ,1990'dan itibaren ARITES LTD ŞTİ'de 1.5 yıl ,1992'den itibaren HİDROTEK LTD. ŞTİ.'de 1.5 yıl olmak üzere proje ve şantiye işleri olmak üzere çevre teknolojileri konusunda çalıştım.1993 yılından itibaren ÇEVTAŞ Çevre Teknolojisi San. ve Tic. A.Ş. şirketinde proses sorumlusu olarak çalışmaktayım.