

Süzülme (İnfiltrasyon)

Suyun toprak yüzeyindeki boşluklardan veya çatlaklardan içeri sızmasına süzülme denir ve suyun toprakta dikey olarak aşağıya hareketi olan perkolasyon'dan veya derin süzülme'den ayırt edilmesi gerekir. Süzülmenin olduğu toprak derinliği 20-50 cm dolayındadır.

Yeryüzüne düşen yağış suyu, yüzeydeki çatlaklar ve gözenekler büyük ise yerçekimi kuvveti ile, küçük ise kapiler kuvvetle toprağa girmekte ve hareket etmektedir.

Süzülme hızı ve toplam süzülen su miktarı havza ve yağış karakteristiklerinin bir fonksiyonudur. Havza karakteristikleri arasında toprak tipi, toprağın nem miktarı ve geçirimsizliği, drenaj durumu, yüzey örtüsü ve yer altı su tablası derinliğidir. Yağmur karakteristikleri ise hızı ve toplam hacmidir (Usul, 2008).

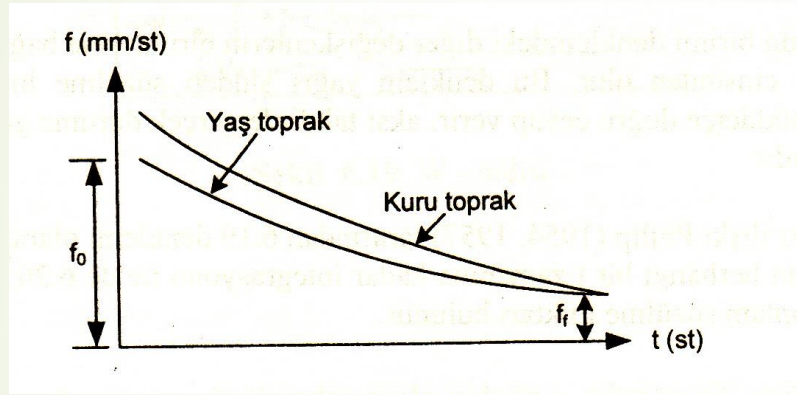
Topraklar drenaj özelliklerine göre dört hidrolojik gruba ayrılmaktadır (Tablo 6.2).

Toprağın süzülme kapasitesi, f_0 , suyun toprağa girdiği maksimum hızdır ve aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

1. Toprağın fiziksel karakteristikleri
2. Toprağın başlangıçtaki nem durumu
3. Yüzey eğimi
4. Yüzeydeki su derinliği ve doymuş tabakanın kalınlığı
5. Bitki örtüsü

Süzülme Hızı

Suyun toprağa girme hızına süzülme hızı denir. Bu hız sabit değildir, zamanla değişir (azalır) ve aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi toprağın doymun hale gelmesiyle sabit bir değere, f_f , ulaşır.



$$f = f_f + (f_0 - f_f) e^{-kt} \quad (6.17)$$

Bu denklemde:

- f : süzülme hızı (mm/st),
- f_0 : başlangıçtaki ($t = 0$) süzülme kapasitesi (mm/st),
- f_f : son sabit hız (mm/st), genellikle perkolasyon hızına eşittir,
- k : toprak cinsi ve bitkiye göre değişen bir katsayı (1/zaman),

t : başlangıçtan itibaren geçen zamandır (st, dak).

Bu denklemi kullanarak toplam süzülme miktarı (F) bulunabilir. Eğrinin altındaki alana eşit olan F, belli bir t zamanına kadar denklemin integrali alınarak bulunur.

$$F = \int_0^t f(t) dt = f_f t + \frac{(f_0 - f_f)}{k} (1 - e^{-kt}) \quad (6.18)$$

F değerinin birimi denklemdaki diğer değişkenlerin birimlerine bağlı olarak mm veya cm cinsinden olur. Bu denklem yağış şiddeti süzülme hızından fazla olduğu müddetçe doğru cevap verir, aksi takdirde gerçek duruma göre düzeltme yapılmalıdır.

Benzer bir ilişki Philip (1954, 1957) tarafından 6.19 denklemi olarak verilmiştir. Denklemin herhangi bir t zamanına kadar integrasyonu ile de 6.20 denklemi ile verilen toplam süzülme miktarı bulunur.

$$f_p = \frac{b t^{1/2}}{2} + a \quad (6.19)$$

$$F = b t^{1/2} + at \quad (6.20)$$

Denklemlerdeki a ve b parametrelerinin deneysel olarak bulunmaları gerekir.

Süzülmenin zamanla değişimini bulmak için teklif edilen başka denklemler de vardır (Collis, 1977).

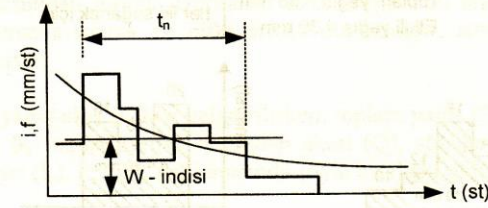
Süzülme İndisleri

Pratik olması bakımından, hidrograf analizleriyle ilgili problemlerde süzülme hızı sabit alınmaktadır. Bu nedenle bir yağış için ortalama bir süzülme değeri kabul edilmesi düşünülmüştür.

Süzülme indisi denilen ve yağıştan olan ortalama süzülme kayıplarını yaklaşık olarak veren bu indisin W-indisi ve Fi-indisi olmak üzere iki tipi vardır (Usul, 2008).

6.7.2.1 W-İndisi

W-indisi Şekil 6.19'da görüldüğü gibi yağışın süzülmeden fazla olduğu süredeki, t_n , ortalama süzülme hızıdır ve şöyle bulunur.



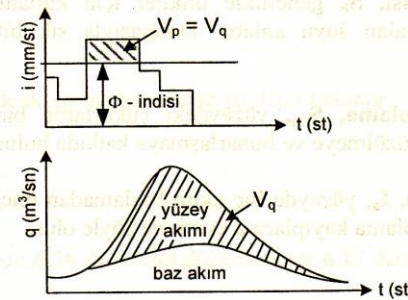
Şekil 6.19 W - indisi

$$W = \frac{P - R}{t_n} \quad (6.21)$$

Burada P ve R yağışın süzülmeden fazla olduğu t_n süresindeki mm cinsinden toplam yağış ve akımdır.

6.7.2.2 Φ -İndisi

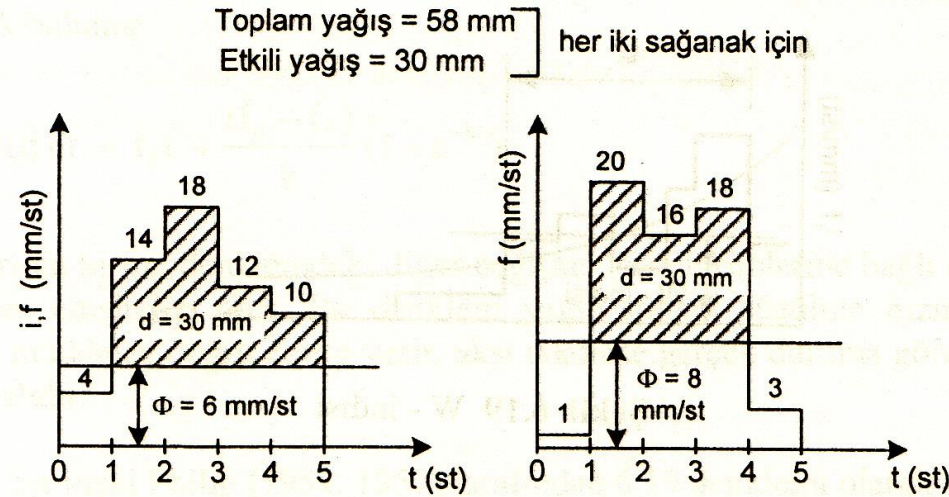
Hidrograf analizinde en çok kullanılan indistir ve yağış histogramından bulunan öyle bir sabit hızdır ki üzerinde kalan yağışın toplam hacmi, bu yağıştan meydana gelen yüzey akımının toplam hacmine eşittir (Şekil 6.20).



Şekil 6.20 Φ - indisi

Φ -indisinin bulunması için bir örnek Şekil 6.21'de gösterilmiştir. Bu örnekte 30 mm'lik bir yüzey akım için, toplam yağış derinlikleri eşit ve 58 mm, yağış

süreleri eşit ve 5 saat, ancak yağış şiddetleri farklı şekilde değişen iki sağanak için Φ -indisleri bulunmuştur. Şekilde görüldüğü gibi bu iki hiyetograf için 6 mm/st ve 8 mm/st olmak üzere farklı Φ -indisleri elde edilmiştir.



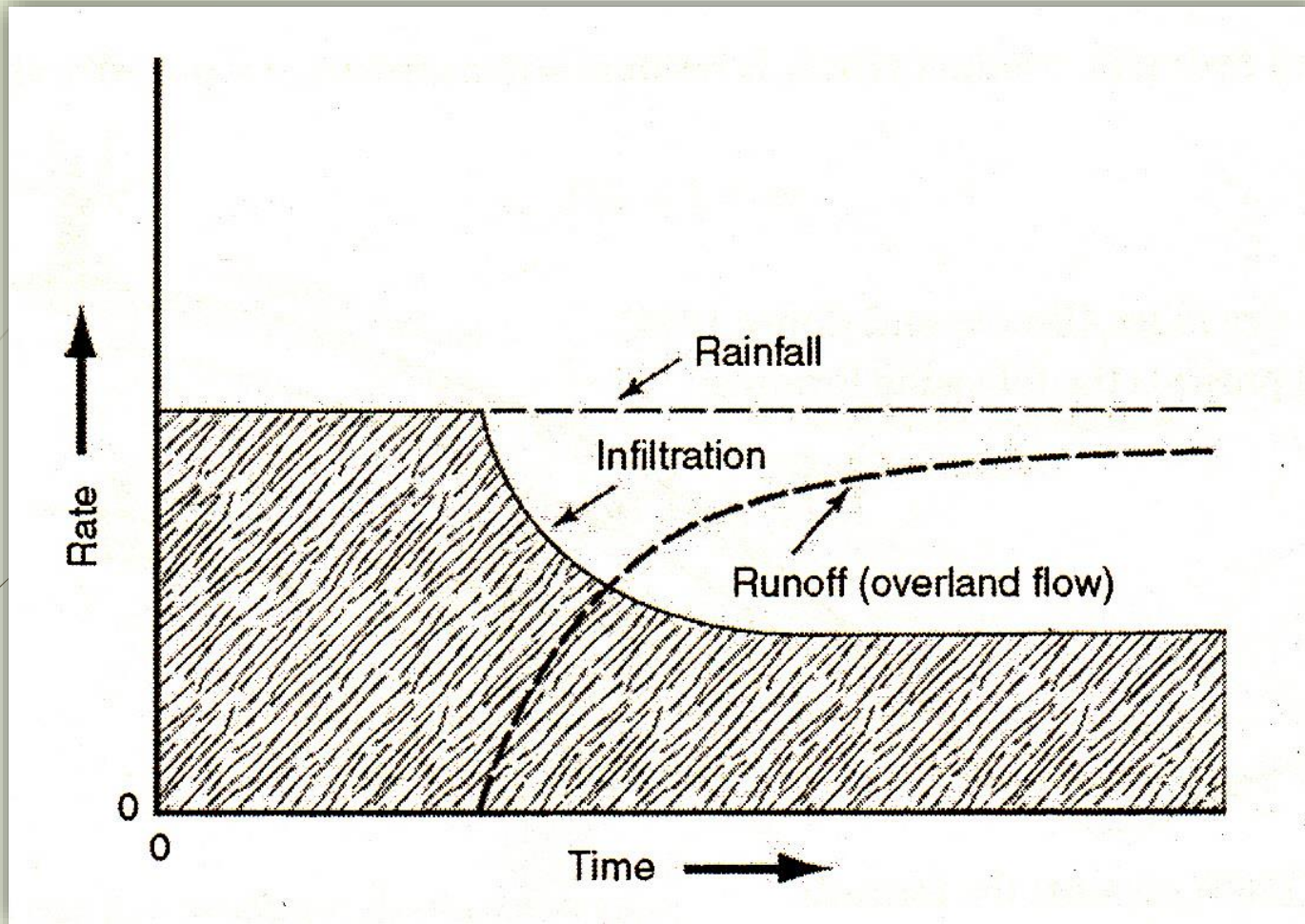
Şekil 6.21 İki sağanak için Φ - indisi bulma örnekleri

Φ -indisi, süzülme hadisesi için oldukça basitleştirilmiş bir yaklaşımdır, bununla beraber yeterince verisi bulunmayan büyük havzalarda bir sağanakdan meydana gelecek akımın bulunmasında kabul edilebilir sonuçlar verir.

- Yağış hızı dengedeki süzülme kapasitesinden düşük ise yeryüzüne ulaşan tüm yağış süzülür (Şekil A).
- Yağış hızı dengedeki süzülmeden daha fazla, fakat başlangıçtaki süzülme kapasitesinden daha düşüğe başlangıçta tüm yağış süzülür, fakat süzülme hızı yağış hızının altına düştüğü zaman bir miktar yağış yeryüzünde kalır (Şekil B).
- Yağış hızı başlangıçtaki süzülme hızından büyük olursa, yeryüzünde anlık bir miktar su birikimi olacaktır (Şekil C).

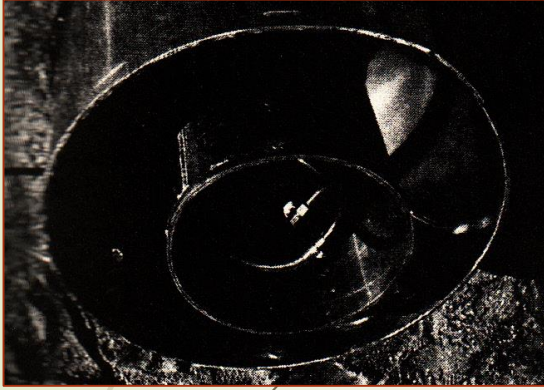
Süzülmeyi etkileyen faktörler:

- 1- Yağış yoğunluğu
- 2- Yağış süresi
- 3- Zemin karakteristikleri
- 4- Bitki örtüsü
- Şehir alanları
- 5- Doygun tabakanın kalınlığı ve yüzey gecikme(engelleme) derinliği
- 6- Zemin boşluklarında hapsolan hava
- 7- Suyun bulanıklılığı
- 8- Zeminin kompaksiyonu
- 9- Diğer faktörler (zeminin çatlak- kuru, toprak erozyonu, ağaçlandırma)

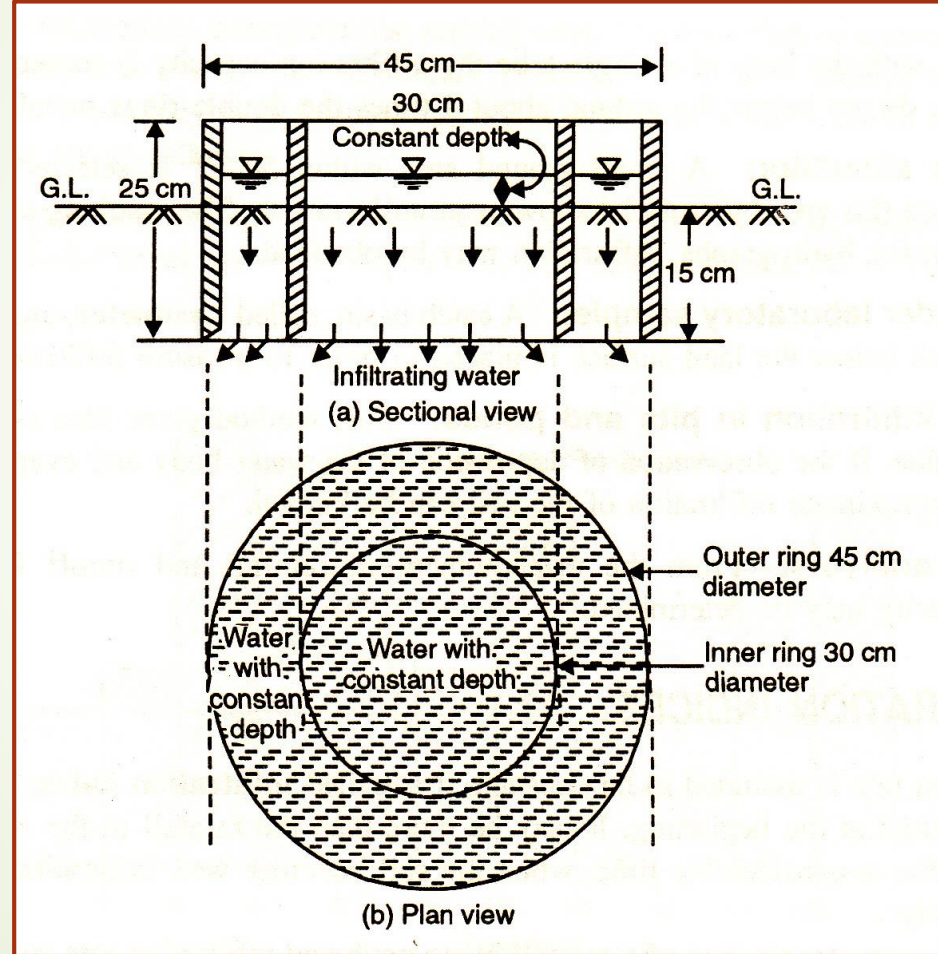


Yağış-süzülme-yüzeysel akış

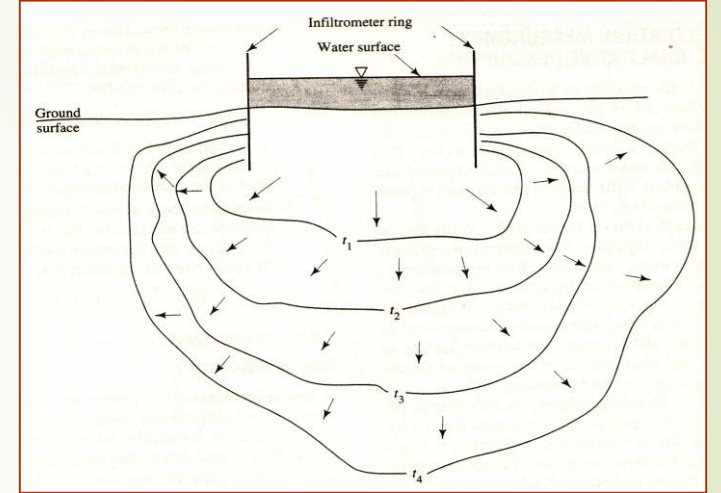
Süzülme Deneyi



Çift halkalı infiltrometre



Çift halkalı infiltrometre



SCS Metodu

Süzülmeyi bulmanın bir diğer metodu, eğri numarası metodu da denilen SCS metodudur. Bu metodu anlatmadan önce bazı terimlerin tarif edilmeleri gerekir.

Tutulma depolaması, S_i , genellikle bitkiler için kullanılırsa da her türlü yüzeyin üzerinde kalan suyu anlatır. Dolayısıyla sık bitki örtüsüne sahip yüzeylerde fazladır.

Çukurlardaki depolama, S_{dp} , yüzeydeki çukurlarda biriken suyu anlatır. Yüzey akıma değil süzülmeye ve buharlaşmaya katkıda bulunur.

Başlangıç kayıpları, I_a , yüzeyde hiç akım başlamadan önceki toplam tutulma ve çukurlardaki depolama kayıplarına eşittir ve şöyle olur:

$$I_a = S_i + S_{dp} \quad (6.22)$$

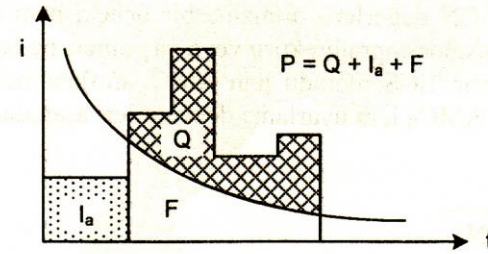
Çalışmalar başlangıç kayıplarının, yağış P, ve akım Q, arasındaki mümkün en büyük farkın S, % 20'si kadar olduğunu göstermiştir.

$$I_a = 0.20 S = 0.20 (P - Q) \quad (6.23)$$

Yüzey depolaması, S_{dt} , yüzeyde kalan ve çıkış noktasından boşalana kadar ince tabaka akımı olarak devam eden suyu anlatır.

Yağmur sırasında önce başlangıç kayıpları tatmin olur (S_i ve S_{dp}), sonra yüzey depolaması ve ardından toprak üzerindeki akım başlar, bu arada süzülme de devam eder. Zamanla toprak ve bitki örtüsü doygunlaşır, süzülme azalır ve yüzey akımı da artar.

SCS metoduyla yağış-akış ilişkisi geliştirilirken, toplam yağış (P) Şekil 6.22’de gösterildiği gibi üç kısma ayrılır: doğrudan akım (Q), süzülen miktar (F) ve başlangıç kayıpları (I_a). P , Q , I_a ve F arasında şöyle bir ilişki olduğu kabul edilir.



Şekil 6.22 Yağışın bileşenleri

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - I_a} \quad (6.24)$$

Burada S potansiyel maksimum tutulmadır. Süzülen miktar ise şöyle verilir.

$$F = (P - I_a) - Q \quad (6.25)$$

6.25 denklemini 6.24 denklemine konulursa şu ilişki bulunur.

$$\frac{(P - I_a) - Q}{S} = \frac{Q}{P - I_a} \quad (6.26)$$

Q değerini bulmak için 6.26 denklemini düzenlenince 6.27 denklemini elde edilir.

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (6.27)$$

Yukarıda anlatıldığı gibi, çalışmalar I_a 'nın, S 'nin % 20'sine eşit olduğunu göstermiştir. O halde sonuç olarak doğrudan akım şöyle yazılabilir.

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (6.28)$$

6.28 denklemini kullanarak belli bir P yağışından meydana gelecek akımı bulmak için bilinmeyen S 'nin tahmin edilmesi gerekir. Bu sebeple, daha önce 6.6.1. bölümünde anlatıldığı gibi SCS eğri numarası geliştirilmiştir. Ampirik analizler, CN değerinin, toprak grubu, yüzey örtüsü ve önceki nem durumunun bir fonksiyonu olduğunu göstermiştir.

Tablo 6.2'de verilen CN değerleri, ortalama bir önceki nem durumu (AMC_{II}) içindir ve yağmur sırasında toprağın kuru veya yaş olmasına bağlı olarak (farklı AMC değerleri) değişir. SCS metodu için AMC sınıflandırması Tablo 6.3'de verilmiştir. AMC_I ve AMC_{II} için uyarlama denklemleri aşağıdadır.

$$CN_I = \frac{CN_{II}}{2.3 - 0.013 CN_{II}} \quad (6.29)$$

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057 CN_{II}} \quad (6.30)$$

Son yıllarda havzaları temsil eden CN değerlerinin bulunmasında coğrafi bilgi teknolojileri de kullanılmaya başlanmıştır. Bu tip çalışmalara örnekler Ankara yakınındaki Güvenç Havzası için Usul and Küpçü (1997) ve Güneybatı Anadolu Akdeniz kıyısındaki Çayboğazı Havzası için de Baga (1999)'da bulunabilir. Çayboğazı Havzasında CN değerlerini gösteren bir harita Şekil 6.23'de verilmiştir.

Tablo 6.3 SCS methodu için geçmiş nem durumu sınıflandırması (AMC)
(McCuen, 1998)

AMC Grup	5-gün önceki toplam yağış (in)	
	Durgun mevsim	Büyüme mevsimi
I	0.5'den küçük	1.4' den küçük
II	0.5 – 1.1	1.4 – 2.1
III	1.1'den büyük	2.1'den büyük

Durum I : topraklar kuru, fakat solma noktasına kadar değil (yeterli işleme yapılmış)
Durum III: doymuş toprak (şiddetli yağmur veya son 5 günde düşük sıcaklık ve hafif yağmur)