

YÜZEY AKIŞLARIN HESAPLANMASI

DR. GÜNAY ERPUL

Maksimum yüzey akış oranları

Muhtemel en yüksek yüzey akış oranlarının hesaplanması, yer üstü ve altı kanal boyutlarının belirlenmesi veya en yüksek taşkın miktarlarının hesaplanması için gereklidir.

- Kanal dizaynı
- Taşkın tahmini

Rasyonel Eşitlik

$$Q = \frac{CIA}{360} = 0,0027 CIA$$

Q: yüzey akış oranı ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)

I: intensite (mm saat^{-1})

A: havza alanı (ha)

C: birimsiz yüzey akış katsayısı

Rasyonel Eşitlik

Eşitliğin çözülmesi için, sağ tarafındaki üç faktörün her birinin bilinmesi gerekmektedir:

- Havza alanı topoğrafik haritalardan veya hava fotoğraflarından ölçülür.
- İntensite değerini elde etmek için, ilk olarak havzanın “**yüzey akış toplanma zamanı***”nın hesaplanması gereklidir.

* **yüzey akış toplanma zamanı**: yüzey akışın havzanın herhangi bir noktasından çıkış ağzına ulaşması için geçen en uzun zamandır.

Çizelge 1. Küçük havzalarda yüzey akış toplanma zamanı (Schwab vd., 1981)

Havza ortalama eğimi (%)	0.05	0.1	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0
Yüzey akışın maksimum uzunluğu (m)	Toplanma zamanı (dakika)						
100	12	9					
200	20	16	8	6			
500	44	34	17	13	10	8	7
1000	75	58	30	23	18	13	10
2000	130	100	50	40	31	22	15
3000	175	134	67	55	42	30	22
4000	216	165	92	70	54	38	30
5000	250	195	105	82	65	45	35

Yüzey Akış Toplanma (Konsantrasyon) Zamanı

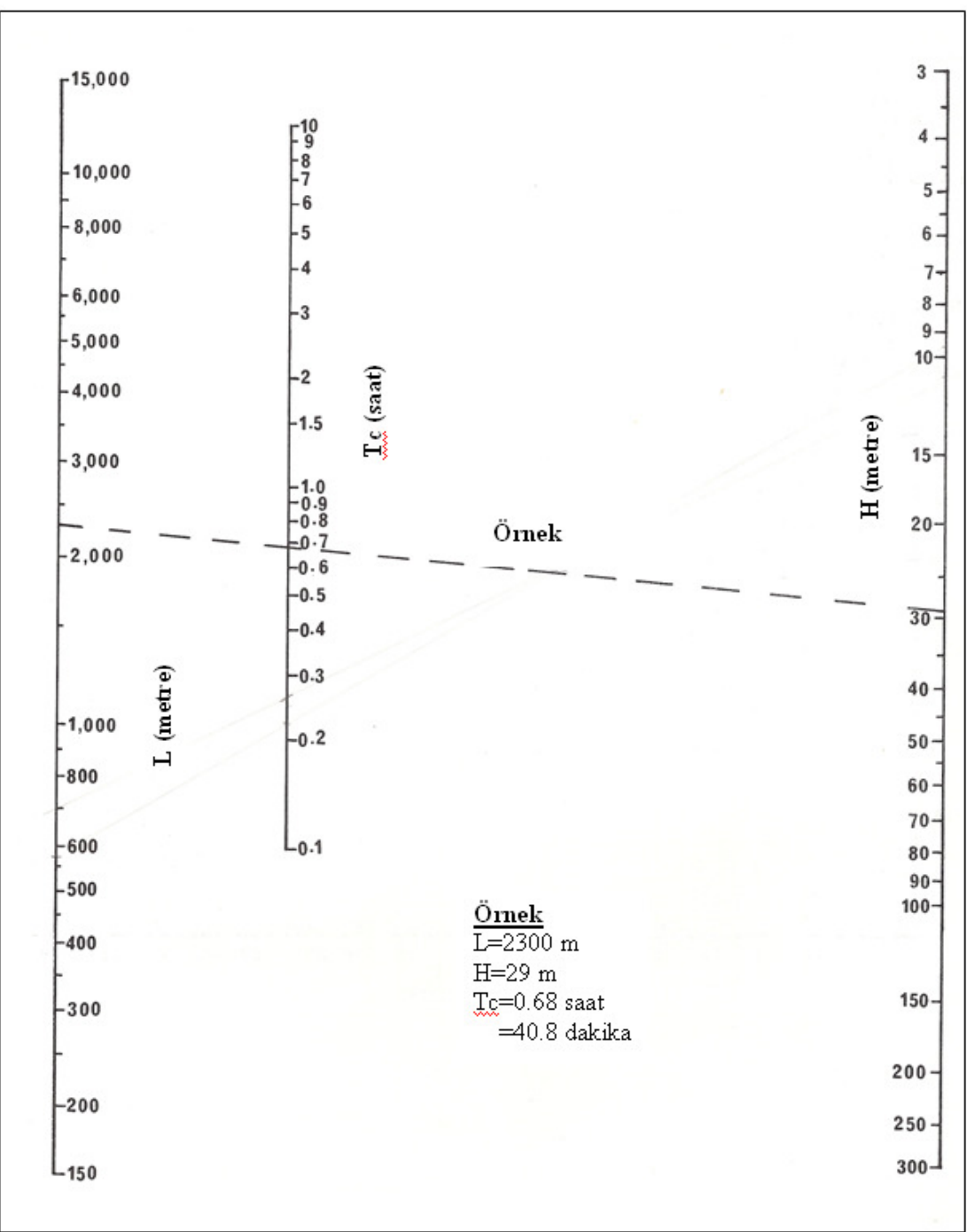
$$T_c = \frac{1}{51} x \frac{L^{1,155}}{H^{0,385}}$$

T_c: yüzey akış toplanma zamanı (dakika, dak.)

L: max. yüzey akış uzunluğu (m)

H: akış uzunluğunun (L, m) başladığı nokta ile bitim noktası arasındaki yükseklik farkı (m)

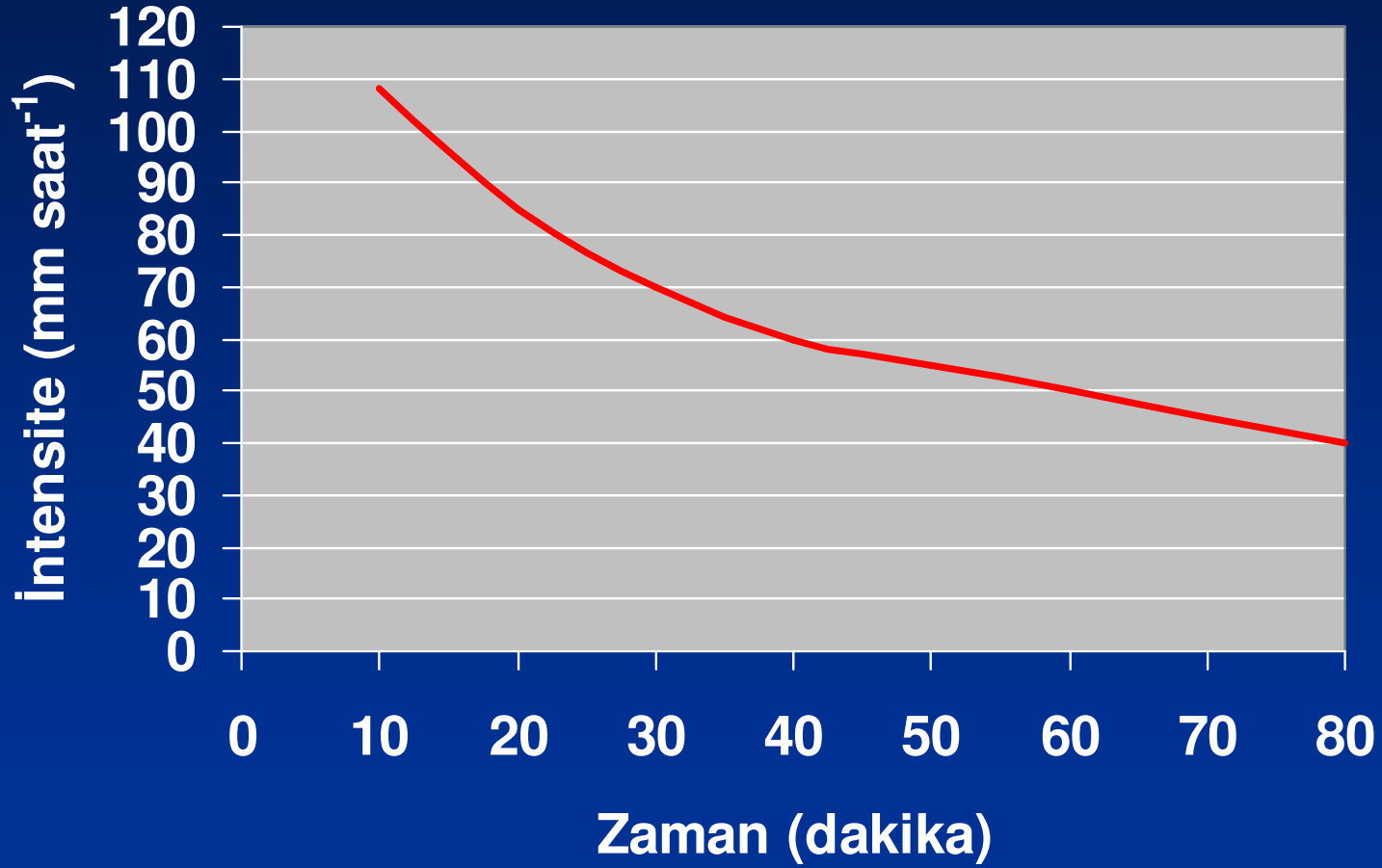
Okuma kartı 1 : Havza yüzey akış uzunluğu ve yükseklik farkının fonksiyonu olarak yüzey akış toplamama zamanı



Rasyonel Eşitlik

- Daha sonra, belirli bir yüzey akış toplanma zamanında hakim olan en yüksek yağış intensitesine (I) ihtiyaç vardır.
 - Eğer elverişli ise, en yüksek yağış intensitesi yerel yağış kayıtları kullanılarak hesaplanır (zaman – yağış eğrileri).
 - Yerel yağış kayıtları elverişli değil ise, **Şekil 1** kullanılarak bir hesaplama yapılabilir. Bu şekil, ortalama olarak her 10 yılda bir kere oluşması muhtemel maksimum intensiteyi gösterir. Daha kısa veya uzun zaman aralıkları için intensite değerlerini elde etmek için, **Çizelge 2**'deki çevirme faktörleri kullanılabilir.

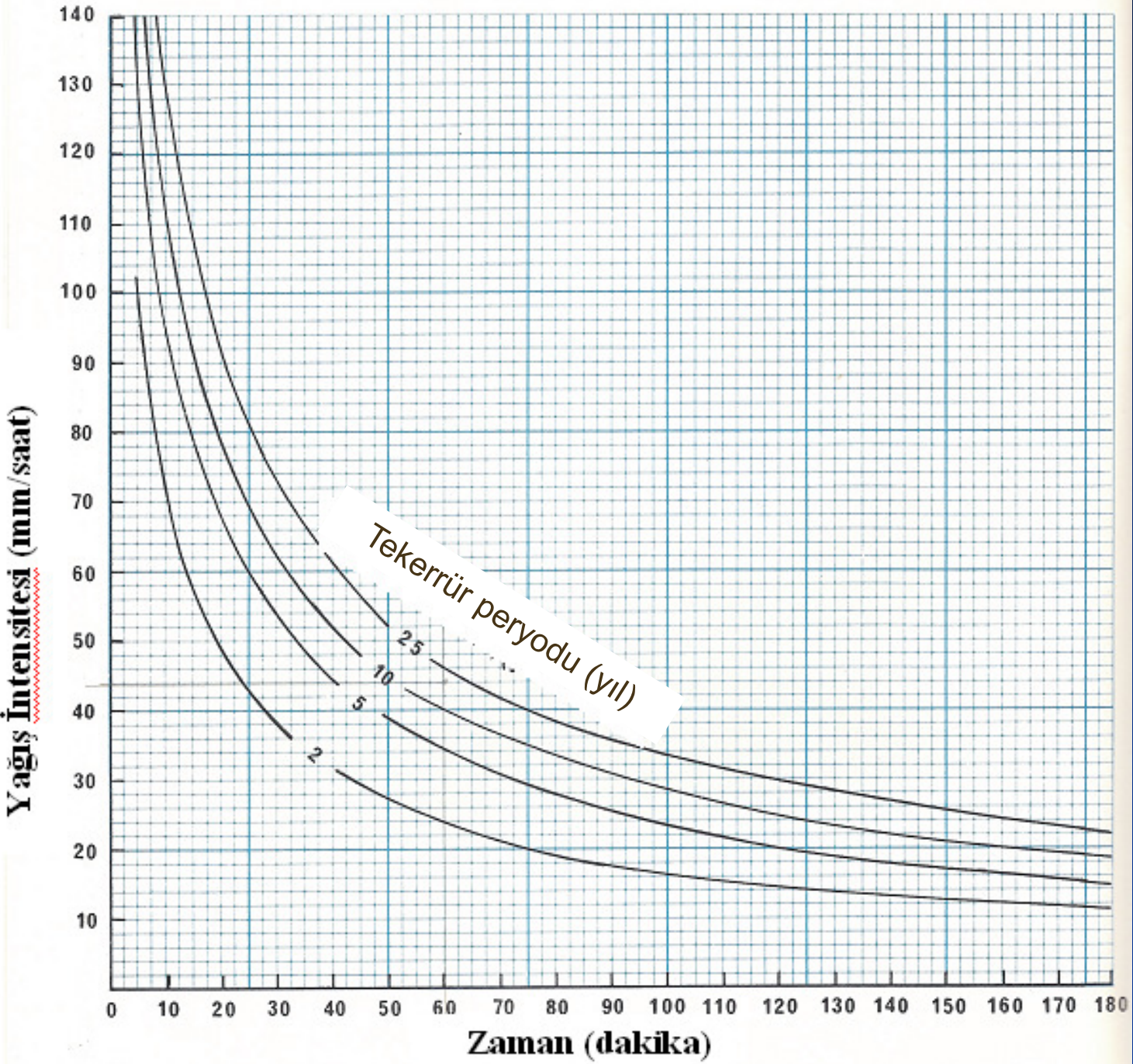
Şekil 1. Yağış intensitesi ve zaman arasındaki bağıntı



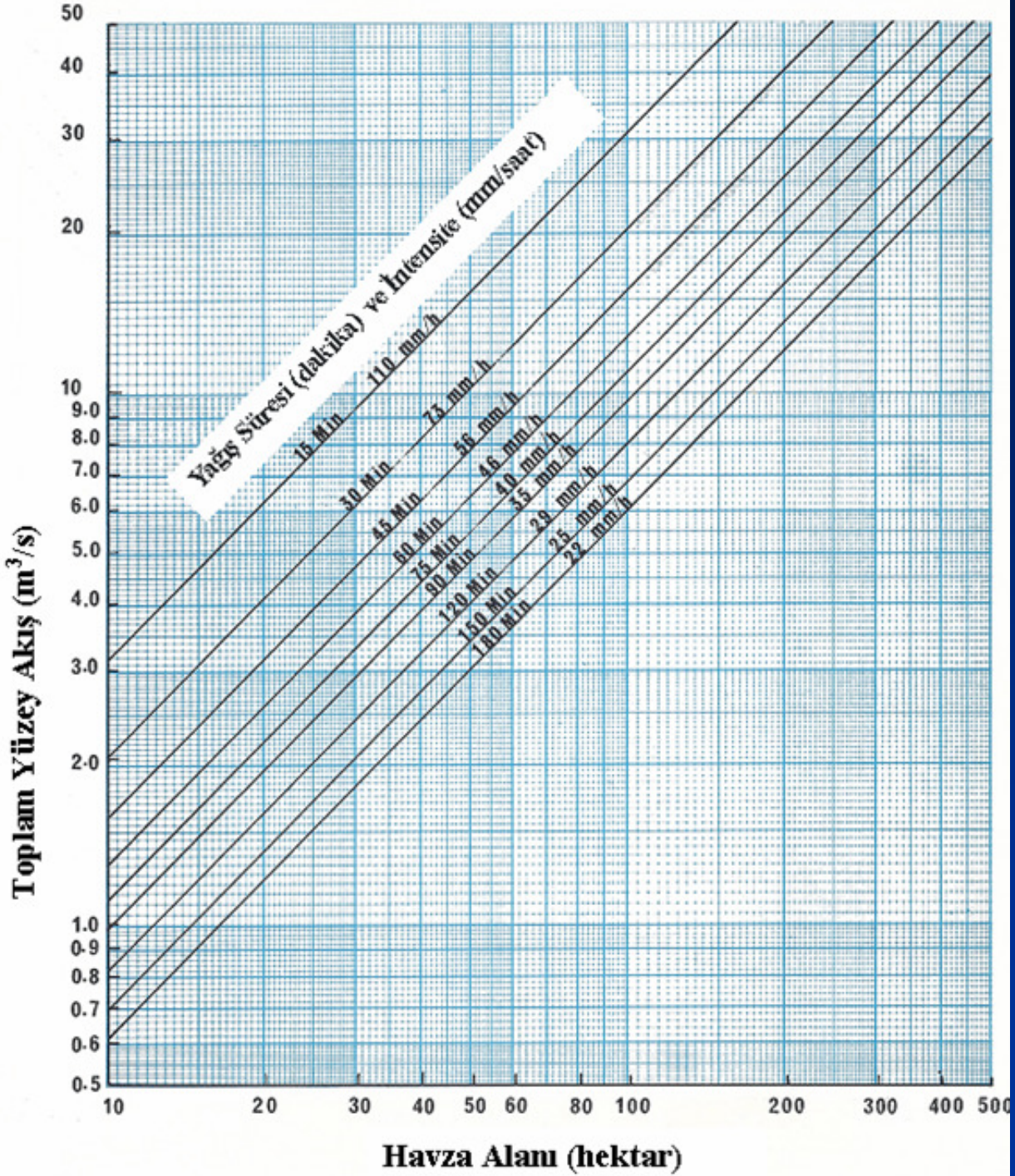
Rasyonel Eşitlik

Çizelge 2. Değişik tekerrür periyotları için yağış olasılık çevirme faktörleri

2 yıl	0.75
5 yıl	0.85
10 yıl	1.00
25 yıl	1.25
50 yıl	1.50

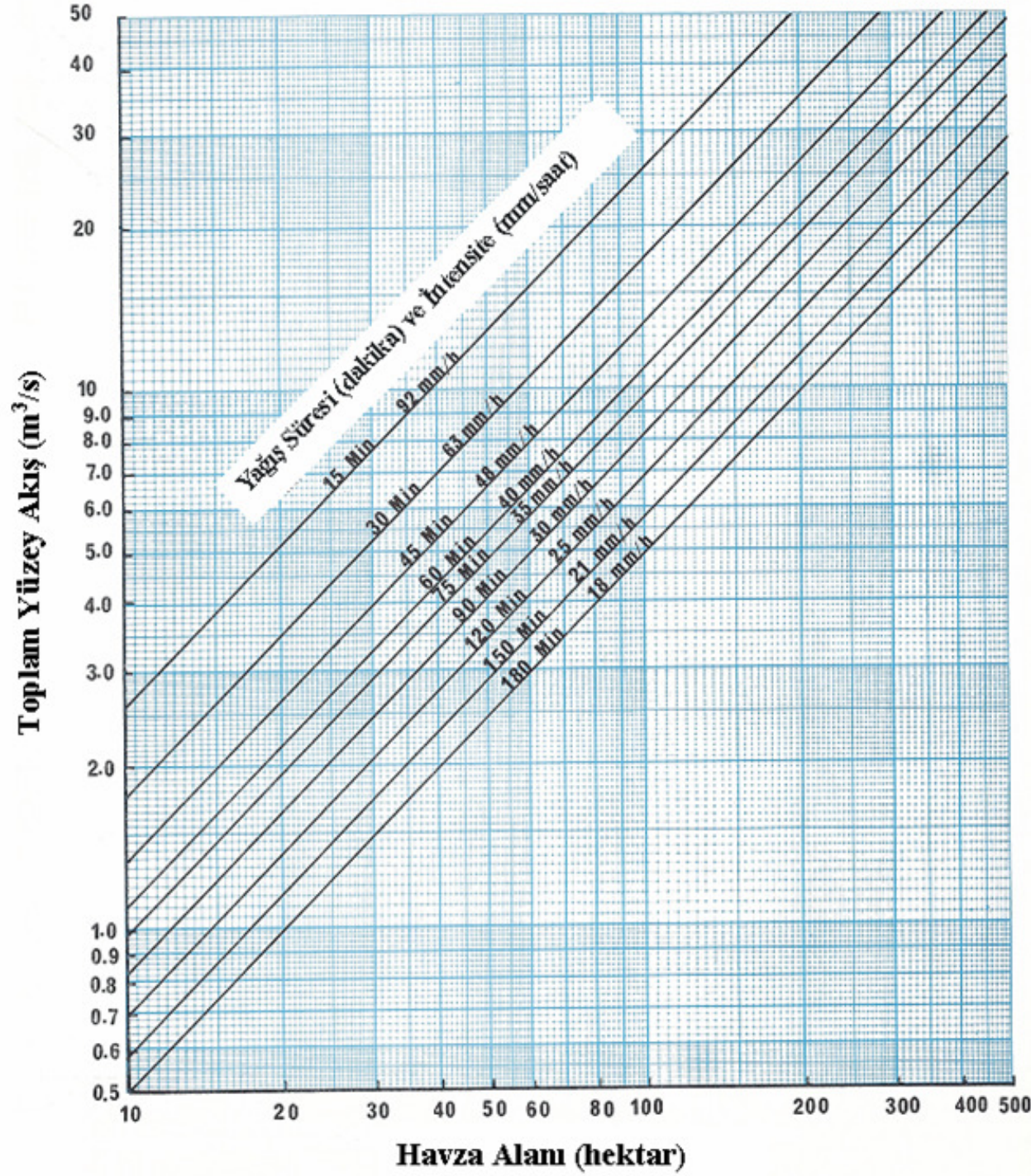


Şekil 2. Değişik tekerrür periyotları için yüzey akış toplanma zamanı ile yağış intensitesi arasındaki bağıntı



Şekil 3. Rasyonel yöntem ile 25 yılda bir gelmesi muhtemel en yüksek yağışlar sonucu oluşması beklenen en yüksek yüzey akış değerleri.

$$Q = 0,027 IA$$



Şekil 4. Rasyonel yöntem ile 10 yılda bir gelmesi muhtemel en yüksek yağışlar sonucu oluşması beklenen en yüksek yüzey akış değerleri.

$$Q = 0,027 IA$$

Rasyonel Eşitlik

- C katsayısı, bir yağışın ne kadarının yüzey akışa geçtiğini gösteren bir ölçüdür.
 - Tamamiyle geçirimsiz bir yüzeye düşen yağışın tümü yüzey akışa geçer ($C = 1$).
 - İyi drene olabilen kumlu bir toprakta, ki düşen yağışın %90'nını infiltre olabilir, C değeri 0.1'dir.
 - **Çizelge 3** farklı topoğrafya ve arazi kullanımları için C değerleri verilmiştir.
 - Farklı topoğrafya veya arazi kullanımına sahip havzalarda, değişik değerlerin alansal oranları kullanılarak ağırlıklı ortalama bulunur.

Çizelge 3. Yüzey akış katsayı değerleri (C) (Schwab vd., 1981).

Topoğrafya ve arazi kullanımı	Toprak bünyesi		
	Kumlu tın	Kil ve siltli tın	Kil
Ormanlık alanlar			
Düz %0 - 5 eğim	0.10	0.30	0.40
Dalgalı % 5 – 10 eğim	0.25	0.35	0.50
Dağlık % 10 – 30 eğim	0.30	0.50	0.60
Mera alanları			
Düz %0 - 5 eğim	0.10	0.30	0.40
Dalgalı % 5 – 10 eğim	0.16	0.36	0.55
Dağlık % 10 – 30 eğim	0.22	0.42	0.60
Tarım alanları			
Düz %0 - 5 eğim	0.30	0.50	0.60
Dalgalı % 5 – 10 eğim	0.40	0.60	0.70
Dağlık % 10 – 30 eğim	0.52	0.72	0.82
Kentsel alanlar	%30 geçirimsiz	%50 geçirimsiz	%70 geçirimsiz
Düz %0 - 5 eğim	0.40	0.55	0.65
Dalgalı % 5 – 10 eğim	0.50	0.65	0.80

Rasyonel Eşitlik

Ödev: Yeşiloba havzasında “**rasyonel eşitlik**” kullanılarak, 25 yılda bir gelmesi beklenen maksimum intensite ile oluşan en yüksek yüzey akış hesaplanacaktır. Havza topoğrafyası ve arazi kullanımı, bünye ve geçirgenlik ile birlikte aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge: Yeşiloba havzası topoğrafya ve arazi kullanımı bilgileri

Arazi kullanımı ve alansal dağılım yüzdesi	Topoğrafya ve eğim	Toprak bünyesi veya geçirimsizlik
Orman (%10)	Dağlık (%10 – 30)	Kumlu tın
Mera (%10)	Dalgalı (%5 – 10)	Kil
Tarım (%60)	Düz (%0 – 5)	Kil ve siltli tın
Kent (%20)	Düz (%0 – 5)	%70 geçirimsiz

Rasyonel Eşitlik

Ödev devam: Sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar ve CBS yöntemleri kullanılarak Yeşiloba havza alanı 25 ha, ortalama eğimi %10 ve maksimum yüzey akış uzunluğu 1000 metre olarak ölçülmüştür. Havzada herhangi bir yağış kaydına rastlanılmamıştır.

Çizelge: Yeşiloba havzası genel bilgileri

	Bilgi
Alan	25 ha
Ortalama eğim	%10
Maksimum yüzey akış uzunluğu	1000 m
Yağış	Kayıt yok
Hesaplama ön koşulu	25 yılda bir gelmesi beklenen en yüksek intensite

Cook Yöntemi

Bu yöntem, ABD Toprak Koruma Servisi (US Soil Conservation Service)' nde çalışan bir mühendis tarafından geliştirilmiştir ve yüzey akışı etkileyen temel faktörlerden bazılarının değerlendirilmesini gerektirir:

- bitkisel örtü
- toprak tipi ve geçirgenlik (drenaj) durumu
- arazi eğimi

Cook Yöntemi

Bu üç faktörün her biri için, yüzey akış tahmini yapılacak havza koşulları **Çizelge 4**'de listelenen koşullar ile karşılaştırılır:

- havzayı en iyi temsil eden tanımlamalar **Çizelge 4**'de bulunur ve karşılık gelen numara kayıt edilir,
- ara değerler (interpolasyon) kullanılabilir. Örneğin, eğer havzanın yarısı çok iyi bir çayır örtüsü altında (**Çizelge 4 değeri = 10**) ve diğer yarısı bu kadar iyi bir örtü altında değil ise, bitkisel örtü değeri olarak 12 veya 13 kullanılabilir,
- **Çizelge 4**'deki üç sütundan elde edilen sayıların aritmetik toplamı “havza karakteristiği” (**C**atchment **C**haracteristic) olarak adlandırılır (**CC**).

Çizelge 4. Cook yöntemi havza karakteristik değerleri

Bitkisel örtü	#	Toprak tipi ve geçirgenliği	#	Eğim	#
Çok iyi çayır	10	Derin, iyi geçirimli topraklar	10	Düz veya hafif	5
Çalılık veya orta halde çayır	15	Derin, orta geçirimli topraklar	20	Orta	10
Tarım alanları	20	Yeterli derecede derin ve geçirimli topraklar	25	Dalgalı	15
Çıplak veya erozyona uğramış alanlar	25	Geçirimsiz yüzlek topraklar	30	Tepelik veya dik	20
		Killi topraklar veya kayalık yüzeyler	40	Dağlık	25
		Geçirimsiz yüzeyler ve yüzey göllenmesi olan topraklar	50		

Bu üç listeden en uygun faktörü seçilir ve toplanır. **Örnek:** Orta eğimli, geçirimsiz yüzlek topraklar üzerindeki çok iyi bir çayır örtüsünün CC değeri nedir? $CC = 10 + 30 + 10 = 50$

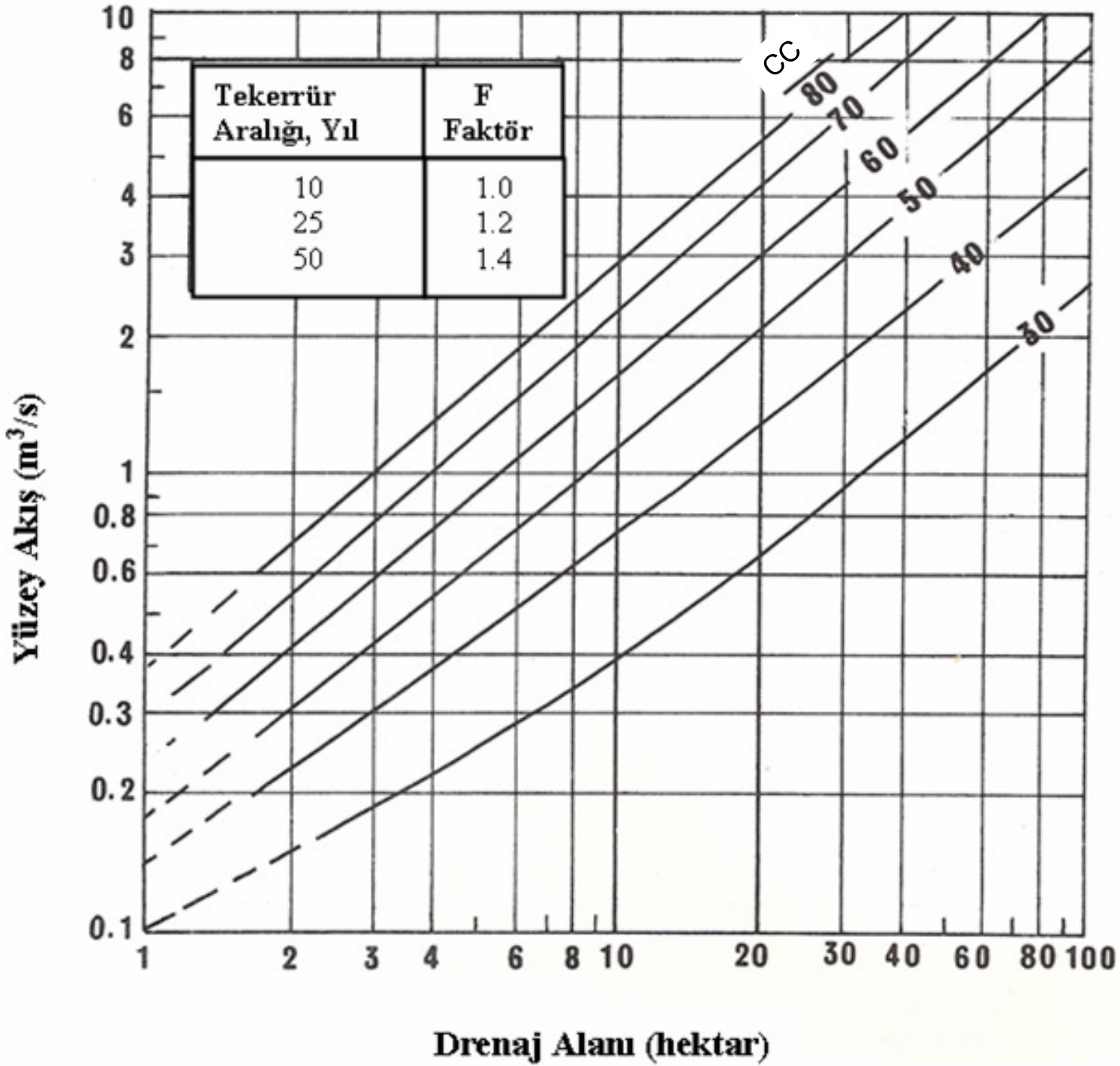
Cook Yöntemi

- daha sonra, havza alanı ölçülür,
- havza alanı (A) ve havza karakteristiği (CC) kullanılarak, maksimum yüzey akış **Çizelge 5**'den okunur,
- bu değer, on yılda bir gelmesi beklenen yüzey akış değerini verir ve **Çizelge 2** 'de verilen çevirme faktörleri, diğer tekerrür zamanlarında gelmesi olası en yüksek yüzey akış değerlerini elde etmek için kullanılabilir,
- havzanın şekli de ek bir faktör olarak göz önünde bulundurulabilir. **Çizelge 5**'teki değerler, aşağı-yukarı kare veya daire şekilli havzalardan oluşacak yüzey akışları vermektedir. Eğer havza bunların dışında bir şekle sahip ise, aşağıdaki çevirme faktörleri uygulanabilir:

Kare veya daire şekilli havza	Uzun ve dar havza	Geniş ve kısa havza
1.0	0.8	1.25

Çizelge 5. Cook yöntemi ile yüzey akış hesaplanması: CC (Çizelge 4), A (ha), yüzey akış ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)

CC A	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
5	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1
10	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.0	2.4	2.8	3.2	3.7
15	0.5	0.8	1.1	1.4	1.7	2.0	2.4	2.9	3.4	4.0	4.6	5.2
20	0.6	1.0	1.4	1.8	2.2	2.7	3.2	3.8	4.4	5.1	5.8	6.5
30	0.8	1.3	1.8	2.3	2.9	3.6	4.4	5.3	6.3	7.3	8.4	9.5
40	1.1	1.5	2.1	2.8	3.5	4.5	5.5	6.6	7.8	9.1	10.5	12.3
50	1.2	1.8	2.5	3.5	4.6	5.8	7.1	8.5	10.0	11.6	13.3	15.1
75	1.6	2.4	3.6	4.9	6.3	8.0	9.9	11.9	14.0	16.4	18.9	21.7
100	1.8	3.2	4.7	6.4	8.3	10.4	12.7	15.4	18.2	21.2	24.5	28.0
150	2.1	4.1	6.3	8.8	11.6	14.7	18.2	21.8	25.6	29.9	35.0	40.6
200	2.8	5.5	8.4	11.7	15.3	19.1	23.3	28.0	33.1	38.5	45.0	52.5
250	3.5	6.5	9.7	13.2	17.2	21.7	27.0	32.9	39.6	46.9	55.0	63.7
300	4.2	7.0	10.5	14.7	19.6	25.2	31.5	38.5	46.2	54.6	63.7	73.5
350	4.9	8.4	12.6	17.2	23.2	30.2	37.8	46.3	53.8	62.5	71.5	81.0
400	5.6	10.0	14.4	19.4	25.6	33.6	42.2	51.0	60.0	69.3	79.5	90.0
450	6.3	10.5	15.5	21.5	28.5	36.5	45.5	55.5	65.5	76.0	86.5	97.5
500	7.0	11.0	17.0	23.5	31.0	40.5	51.0	62.0	73.0	84.0	95.0	106.5



Şekil 4. Cook yöntemi 10 yılda bir gelmesi beklenen yağışlar için belirli bir drenaj alanından gelmesi beklenen yüzey akış değerleri.

Cook Yöntemi

Ödev: Halilova havzasında “Cook yöntemi” kullanılarak, 50 yılda bir gelmesi beklenen maksimum intensite ile oluşan en yüksek yüzey akış hesaplanacaktır. Havza bitkisel örtü, toprak tipi ve geçirimsizliği ve eğimi aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge: Yeşiloba havzası bitki örtüsü, toprak ve eğim bilgileri

Bitkisel örtü ve alansal dağılım yüzdesi	Toprak tipi ve geçirimsizliği	Eğim
Çok iyi çayır (%15)	Yeterli	Orta
Çalılık (%5)	Yüzlek, geçirimsiz	Dalgalı
Tarım (%70)	Derin, iyi geçirimli	Düz
Kayalık (%10)	Kayalık	Dağlık

Cook Yöntemi

Ödev devam: Sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar ve CBS yöntemleri kullanılarak Halilova havza alanı 100 ha olarak ölçülmüştür.

Çizelge: Halilova havzası genel bilgileri

	Bilgi
Alan	100 ha
Havza şekli	Geniş ve kısa havza
Hesaplama ön koşulu	50 yılda bir gelmesi beklenen en yüksek intensite

$$1 \text{ km}^2 = 100 \text{ ha}$$

Yüzey Akış Eğri Numarası Yöntemleri

NRCS Runoff Curve Number Methods

Aşağıda verilen yüzey akış belirleme yöntemleri, daha önce ABD Toprak Koruma Servisi (US Soil Conservation Service) olarak bilinen ABD Tarım Bölümü ve Doğal Kaynaklar Koruma Servisi (US Department of Agriculture and Natural Resources Conservation Service (NRCS)) tarafından geliştirilmiştir.

- grafiksel en yüksek yüzek akış yöntemi (TR 55) (graphical peak discharge procedure)
- birim hidrograf yöntemi (NRCS dimensionless unit hydrograph)

Yüzey Akış Eğri Numarası Yöntemleri

Burada verilen yöntemler, ABD Tarım Bölümü ve Doğal Kaynaklar Koruma Servisi Ulusal Mühendislik Elkitabı, Bölüm 4 ve Küçük Havza Hidrolojisi kısmından alınmıştır (NRCS National Engineering Handbook, Section 4 and Hydrology for Small Urban Watersheds, TR 55).

Yüzey Akış Eğri Numarası Yöntemleri

Yüzey Akış Eğri Yaklaşımları

Bu yöntem, Rasyonel Yöntem'de kullanılan verilere benzer temel verilere gereksinim duyar. Fakat, eğri yaklaşımı, yağış ve yüzey akış parametrelerinde, daha detaylı bir tanımlamayı gerektirir:

- yağışın zamansal dağılımı
- yağışın toprak yüzeyine ulaşmadan önce kayıplara uğraması (**interception**) ve toprak yüzeyindeki çukurluklarda birikmesi (**depression storage**)
- bir yağış süresince toprak geçirgenliğindeki değişimler

Yüzey Akış Eğri Numarası Yöntemleri

Yüzey akış eğrisi için gerekli temel değişkenler

- drenaj alanının büyüklüğü (km^2)
- konsantrasyon zamanı (T_c , saat)
- ağırlıklı yüzey akış eğri numarası ($\text{RCN} = \text{Runoff Curve Number}$)
- yağış dağılımı
- toplam dizayn yağışı (mm)

Yüzey Akış Eğri Numarası Yöntemleri

Yağış - Yüzey Akış Eşitliği

Eşitlik çok sayıda toprak ve bitkisel örtü koşulları için, deneme parselleri verilerinden elde edilmiştir. Eş yükselti eğrilerine paralel sürüm ve teraslama gibi koruma önlemleri etkilerini de temsil edecek şekilde düzenlenmiştir.

Yüzey Akış Eğri Numarası Yöntemleri

Yağış - Yüzey Akış Eşitliği

$$R = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S}$$

R = akümüle olmuş doğrudan yüzey akış (mm) [accumulated direct runoff]

P = akümüle yağış (potansiyel maksimum yüzey akış) (mm) [accumulated rainfall (potential maximum runoff)]

I_a = yüzey akış öncesi yüzey depolaması, alıkoyma ve geçirgenlik (infiltrasyon) sonucu başlangıç eksilmeleri (mm) [initial abstraction including surface storage, interception, and infiltration prior to runoff]

S = potansiyel (muhtemel) maksimum su tutulması (mm) [potential maximum retention]

Yüzey Akış Eğri Numarası Yöntemleri

Yağış - Yüzey Akış Eşitliği

$$S = 254 \left(\frac{100}{RCN} - 1 \right)$$

RCN = yüzey akış eğri numarası [runoff curve number]

Eğer $S < (P - R)$, yukarıdaki eşitlik geçerli olmaktadır ve 24 saat veya 1 günlük yağışlardan doğrudan yüzey akışların hesaplanması için uygundur.

Yüzey Akış Eğri Numarası Yöntemleri

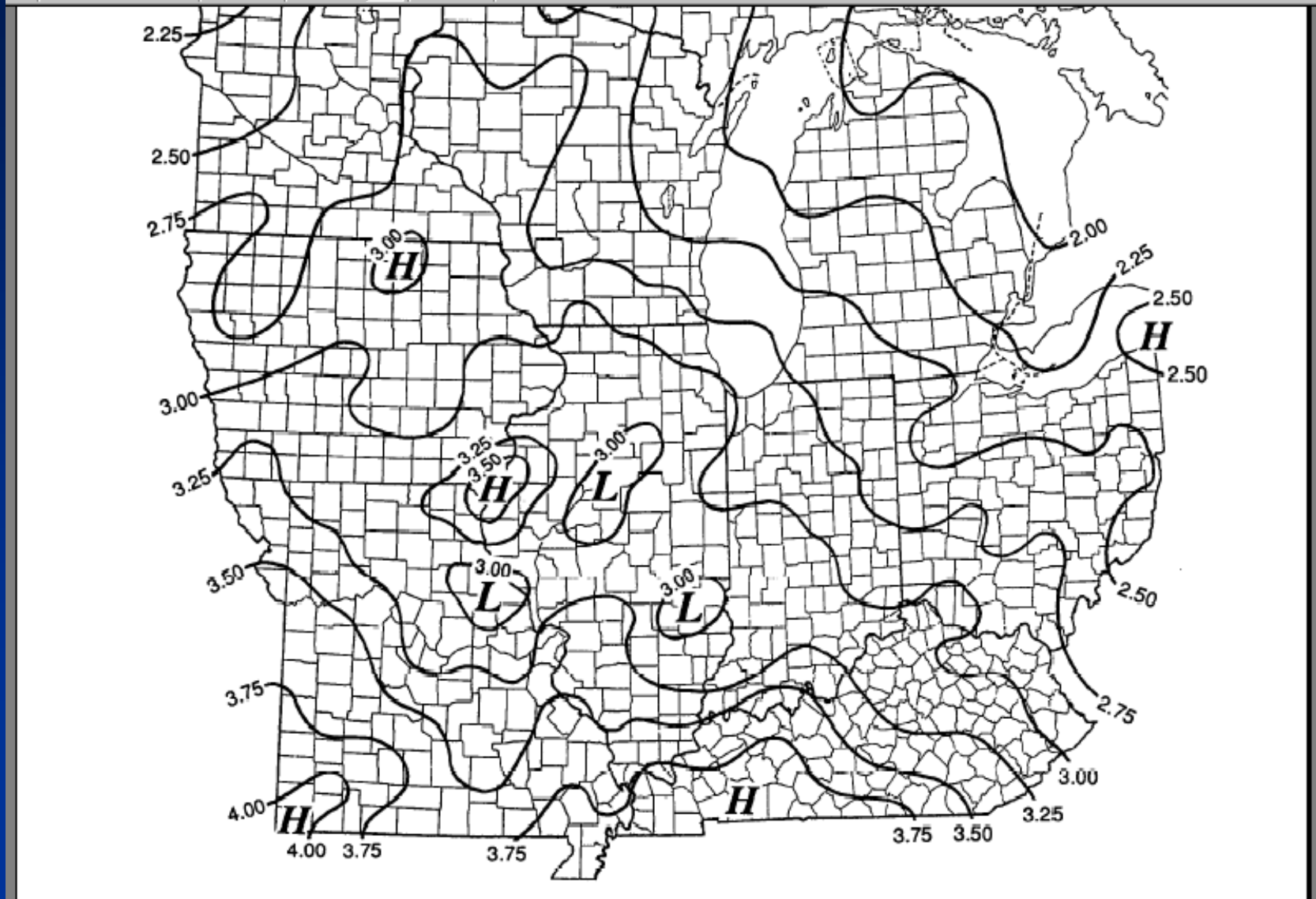
Yağış - Yüzey Akış Eşitliği

$$I_a = 0.2S$$

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

Yağış Şiddet – Süre – Tekerrür Haritaları

Akümüle olmuş yağışın (P) elde edilmesi



Toprak Grupları

Toprak özelliklerinin infiltrasyon oranı (geçirgenlik) üzerindeki etkisinden dolayı, yağış ve yüzey akış arasındaki ilişkiyi de büyük oranda belirlemektedir. İnfiltrasyon oranlarına göre topraklar, “4 hidrolojik toprak grubu” na ayrılır (Grup A – D).

Toprak Grupları

Grup - A

- doygun olduklarında bile yüksek su geçirgenliği oranlarından dolayı düşük yüzey akış potansiyeli
- 7.6 – 11.4 mm saat⁻¹
- derin kumlar, derin lösler ve agregatlaşmış siltler

Toprak Grupları

Grup - B

- doygun olduklarında orta düzeyde su geçirgenliği oranlarından dolayı orta derecede düşük yüzey akış potansiyeli
- 3.8 - 7.6 mm saat⁻¹
- orta derecede derin – derin, orta derecede iyi – iyi geçirgen ve orta derecede ince – orta derecede kaba bünyeli topraklar (yüzlek lösler, kumlu tın)

Toprak Grupları

Grup - C

- yavaş su geçirgenliği oranlarından dolayı orta derecede yüksek yüzey akış potansiyeli
- doygun olduklarında 1.3 - 3.8 mm saat⁻¹
- yüzeye yakın geçirimsiz bir katmandan dolayı suyun aşağı doğru hareketi engellenmiştir,
- orta derecede ince – ince bünyeli topraklar (killi tınlr, yüzlek kumlu tınlr),
- düşük organik madde kapsamı olan topraklar,
- kilce zengin topraklar

Toprak Grupları

Grup - D

- çok yavaş su geçirgenliği oranlarından dolayı yüksek derecede yüzey akış potansiyeli
- doygun olduklarında $< 1.3 \text{ mm saat}^{-1}$
- yüksek şişme potansiyeli olan killi,
- devamlı olarak yüksek yeraltı su tablosunun olduğu topraklar,
- yüzeye yakın kısımlarında geçirimsiz kil tabakasının olduğu topraklar,
- geçirimsiz ana materyal üzerinde bulunan yüzlek topraklar,
- ıslak olduklarında önemli ölçülerde şişen, ağır killi veya tuzlu topraklar

Temel toprak bünye sınıflarının toprak – geçirgenlik verileri

Bünye	Geçirgenlik kodu	Doygun hidrolik geçirgenlik (cm saat ⁻¹)	Hidrolojik toprak grubu
SiC, C	6	< 0,1016	D
SiCL, SC	5	0,1016 – 0,2032	C – D
SCL, CL	4	0,2032 – 0,5080	C
L, SiL	3	0,5080 – 2,0320	B
LS, SL	2	2,0320 – 6,0960	A
S	1	> 6,0960	A+

Yüzey Akış Eğri Numarası Yöntemleri

Şehirleşmenin Etkileri = Effects of Urbanization

Doğal hidrolojik toprak grupları üzerine şehirleşmenin etkileri göz önünde bulundurulmalıdır.

- inşaat işlevleri sırasında, ağır araçların toprağı sıkıştırabileceğı beklenilebilir,
- eğer tesviye çalışmaları üst ve alt toprağın birbiriyle karışmasına neden oluyorsa, seçilen toprak grubunda, uygun değişikliklerin yapılması gerekmektedir.

Yüzey Akış Eğri Numarası

RCN = Runoff Curve Number

Yağışların infiltre olması birincil olarak toprak karakteristiklerine ve arazi kullanımına (yüzey örtüsü) bağlıdır. RCN yöntemi, toprak koşulları ve arazi kullanım kombinasyonlarını, yüzey akış eğri numarası olarak bilinen yüzey akış faktörlerini belirlemek için kullanır.

- eğri numarası yöntemi
 - toprakta don olmadığı zamanlarda, oluşabilecek yüzey akış potansiyelini temsil eder,
 - RCN yükseldikçe, runoff potansiyeli de artar,
 - RCN değerleri yüzey akış oluşacak toprakta ortalama **'önceki nem koşullarını'** (antecedent moisture conditions) kabul eder (**RCN II**).

Yüzey Akış Eğri Numarası

RCN = Runoff Curve Number

Önceki Nem Koşulları

Gerektiğinde **kuru** (RCN I) veya **ıslak** (RCN III) önceki nem koşulları için, RCN'de düzeltmeler yapılır.

$$RCN(I) = \frac{4.2 * RCN(II)}{10 - 0.058 * RCN(II)} \quad \text{kuru}$$

$$RCN(III) = \frac{23 * RCN(II)}{10 + 0.13 * RCN(II)} \quad \text{ıslak}$$

Şehirleşme Alanları için Yüzey Akış Eğri Numaraları

Yüzey Örtüsü Tipi ve Hidrolojik Koşul	Ortalama Geçirimsiz Alan %'si	A	B	C	D
Açık alanlar (çimenlik, park, golf alanları, mezarlıklar, vb)	-	-	-	-	-
• kötü koşullar (çim örtüsü < %50)	-	68	79	86	89
• ortalama koşullar (çim örtüsü %50 - %75)	-	49	69	79	84
• iyi koşullar (çim örtüsü > %75)	-	39	61	74	80
Çevrilmiş park yerleri, çatı ile kaplı alanlar, ara yollarla bölünmüş alanlar	-	-	-	-	-
Sokaklar ve caddeler	-	-	-	-	-
• kaplanmış su yolları ve taşkın drenleri	-	98	98	98	98
• kaplanmış açık kanallar	-	83	89	92	93
• çakıllar	-	76	85	89	91
• toprak	-	72	82	87	89
Çölsele yerleşme alanları	-	-	-	-	-
• doğal çöl alanları (sadece geçirimli alanlar)	-	63	77	85	88
• çöl alanları yapay yapıları (geçirimsiz ot engeller, 2.5 – 5 cm kum + çöl çalıkları, çakıl mulçlar ve havza çitleri)	-	96	96	96	96

Şehirleşme Alanları için Yüzey Akış Eğri Numaraları (devam)

Yüzey Örtüsü Tipi ve Hidrolojik Koşul	Ortalama Geçirimsiz Alan %'si	A	B	C	D
Şehirleşme bölgeleri	-	-	-	-	-
• ticari ve iş merkezleri	85	89	92	94	95
• endüstriyel	72	81	88	91	93
Yerleşim bölgeleri (ortalama alan)	-	-	-	-	-
• 0.05 ha veya daha az (şehir evleri)	65	77	85	90	92
• 0.10 ha	38	61	75	83	87
• 0.13 ha	30	57	72	81	86
• 0.20 ha	25	54	70	80	85
• 0.40 ha	20	51	68	79	84
• 0.80 ha	12	46	65	77	82
Gelişmekte olan şehirleşme alanları	-	-	-	-	-
• yeni tesviye edilmiş alanlar (geçirgen bitki örtüsü olmayan alanlar)	-	77	86	91	94

Notlar: Değerler ortalama yüzey akış koşulları içindir ve $I_a = 0.2S$.

Gösterilen ortalama geçirimsiz alan yüzdeleri karışık (composite) RCN'leri geliştirmek için kullanılmıştır.

Diğer kabuller şunlardır: geçirimsiz alanlar doğrudan drenaj sistemine bağlıdır, geçirimsiz alanlar RCN numarası 98'dir ve geçirimli alanlar iyi hidrolojik koşullara sahip açık alanlar olarak düşünülmüştür.

İşlenen Tarım Alanları için Yüzey Akış Eğri Numaraları¹

Yüzey Örtüsü Tipi	Uygulama ²	Hidrolojik koşullar ³	A	B	C	D
Nadas	Çıplak toprak	-	77	86	91	94
-	Anız	Kötü	76	85	90	93
-	Örtü (Ö)	İyi	74	83	88	90
Sıra Bitkileri	Düz sıralar (DS)	Kötü	72	81	88	91
-	-	İyi	67	78	85	89
-	DS + Ö	Kötü	71	80	87	90
-	-	İyi	64	75	82	85
-	Kontur sürüm (KS)	Kötü	70	79	84	88
-	-	İyi	65	75	82	86
-	KS + Ö	Kötü	69	78	83	87
-	-	İyi	64	74	81	85
-	Kontur sürüm & teraslama (KS & T)	Kötü	66	74	80	82
-	-	İyi	62	71	78	81
-	KS & T + Ö	Kötü	65	73	79	81
-	-	İyi	61	70	77	80

Notlar: ¹ Değerler ortalama yüzey akış koşulları içindir ve $I_a = 0.2S$. ² yıl boyunca toprak yüzeyinde en az %5 artış olduğunda, artık (örtü) göz önünde bulundurulur. ³ hidrolojik koşullar infiltrasyon ve yüzey akışı etkileyen faktörlerin ortak etkisi üzerine kurulmuştur. **Kötü:** etkili faktörler infiltrasyonu düşürür ve yüzey akışları artırır; **İyi:** etkili faktörler ortalama ve daha iyi infiltrasyonu teşvik eder ve yüzey akışları azaltır.

İşlenen Tarım Alanları için Yüzey Akış Eğri Numaraları¹ (Devam)

Yüzey Örtüsü Tipi	Uygulama ²	Hidrolojik koşullar ³	A	B	C	D
Tahıllar	DS	Kötü	65	76	84	88
-	-	İyi	63	75	83	87
-	DS + Ö	Kötü	64	75	83	86
-	-	İyi	60	72	80	84
-	KS	Kötü	63	74	82	85
-	-	İyi	61	73	81	84
-	KS + Ö	Kötü	62	73	81	84
-	-	İyi	60	72	80	83
-	KS & T	Kötü	61	72	79	82
-	-	İyi	59	70	78	81
-	KS & T + Ö	Kötü	60	71	78	81
-	-	İyi	58	69	77	80
Serpme ekim	DS	Kötü	66	77	85	89
-	-	İyi	58	72	81	85
Baklagiller veya Rotasyon (KS)	-	Kötü	64	75	83	85
-	-	İyi	55	69	78	83
Otlak	KS & T	Kötü	63	73	80	83
-	-	İyi	51	67	76	80

Diğer Tarım Arazileri için Yüzey Akış Eğri Numaraları

Yüzey Örtüsü Tipi	Hidrolojik Koşul	A	B	C	D
Mer'a, çayır veya hayvan otlatması için devamlı yem sağlayan doğal otluklar	kötü	68	79	86	89
	ortalama (yeterince iyi = fair)	49	69	79	84
	iyi	39	61	74	80
Otlak – devamlı çimen altında bulunan ama otlatılmayan alanlar: genellikle ot biçimi yapılan alanlar	-	30	58	71	78
Çalılık – çalı-çırpının hakim olduğu çalı-yabani ot-çimen karışımı alanlar	kötü	48	67	77	83
	ortalama (yeterince iyi = fair)	35	56	70	77
	iyi	30	48	65	73
Ağaçlık – çimenlik alanlar (meyve bahçeleri veya kerestelik ağaçlıklar)	kötü	57	73	82	86
	ortalama (yeterince iyi = fair)	43	65	76	82
	iyi	32	58	72	79
Ağaçlık alanlar	kötü	45	66	77	83
	ortalama (yeterince iyi = fair)	36	60	73	79
	iyi	30	55	70	77
Çiftlik yapıları – binalar, yollar ve makine parkları	-	59	74	82	86

Diğer Tarım Arazileri için Yüzey Akış Eğri Numaraları, Notlar

Değerler ortalama yüzey akış koşulları içindir ve $I_a = 0.2S$.

Çayır Mer'a:

- **kötü:** %50'den küçük yüzey örtüsü veya mulçsuz ağır bir şekilde otlatılmış çayır mer'a
- **yeterince iyi:** %50 – 75 yüzey örtüsü ve ağır otlatma zararı görmemiş çayır mer'a
- **iyi:** %75'den daha fazla yüzey örtüsü ve hafif veya ara-sıra otlatılan çayır mer'a

Doğal otlak:

- **kötü:** %50'den küçük yüzey örtüsü
- **yeterince iyi:** %50 – 75 yüzey örtüsü
- **iyi:** %75'den daha fazla yüzey örtüsü

Ağaçlık/çimenlik: RCN'ler %50 çimen örtüsü için hesaplanmıştır.

Ağaçlık

- **kötü:** orman döküntüleri, küçük ağaçlar, ağır otlatma ile zarar görmüş çalılar veya devamlı orman yakmaları
- **yeterince iyi:** otlatılan fakat yakılmayan ağaçlıklar, toprak yüzeyi orman döküntüleri ile ara-sıra kaplı ağaçlıklar
- **iyi:** otlatılmadan korunan ve toprak yüzeyi döküntüler ve çalılar ile yeteri ölçüde kaplı ağaçlıklar

Kurak ve Yarı-kurak Doğal Otluklar için Yüzey Akış Eğri Numaraları

Yüzey Örtüsü Tipi	Hidrolojik Koşul	A	B	C	D
Otsu bitkiler – çim karışımları, yabani otlar, çok az kısa boylu çalılar	kötü	-	80	87	93
	ortalama (yeterince iyi = fair)	-	71	81	89
	iyi	-	62	74	85
Meşelik – Kavaklık – Dağ Çalıları – meşe çalısı, kavak, dağlık maun ağacı, arsız çalı, akça ağaç ve diğer çalılarının karışımı	kötü	-	66	74	79
	ortalama (yeterince iyi = fair)	-	48	57	63
	iyi	-	30	41	48
Aıtları çim ile kaplı Çamsı ağaçlar – ardıç alanları	kötü	-	75	85	89
	ortalama (yeterince iyi = fair)	-	58	73	80
	iyi	-	41	61	71
Aıtları çim ile kaplı çorak çalılıkları (sagebrush)	kötü	-	67	80	85
	ortalama (yeterince iyi = fair)	-	51	63	70
	iyi	-	35	47	55
Tuzçalısı (saltbush), çorağa dayanıklı ağaçlar (greasewood = chicowood), katran çalısı, karaçalı, kaktüs	kötü	63	77	85	88
	ortalama (yeterince iyi = fair)	55	72	81	86
	iyi	49	68	79	84

Kurak ve Yarı-kurak Doğal Otluklar için Yüzey Akış Eğri Numaraları, Notlar

Değerler ortalama yüzey akış koşulları içindir ve $I_a = 0.2S$.

Hidrolojik koşul:

- **kötü:** %30'dan daha az yüzey örtüsü (yüzeyde çer-çöp, ot, çalı)
- **yeterince iyi:** %30 – 70 yüzey örtüsü ve ağır otlatma zararı görmemiş çayır mer'a
- **iyi:** %70'den daha fazla yüzey örtüsü

Grup A için RCN'ler sadece çöl çalıları için geliştirilmiştir.

Grafiksel En Yüksek Debi Yöntemi (TR 55)

Graphical Peak Discharge Procedure

Yöntemin kullanılması için belirlenen ön koşullar:

- oldulça homojen havzalarda kullanılır,
- yüzey akış konsantrasyon zamanı maksimum 10 saat (600 dk) olabilir,
- toprak ve arazi kullanımları değişiklik gösteriyor ise, havza alt havzalara bölünür,
- bu yöntem yüzey akış miktarlarının 38 mm'den ve yüzey akış eğri numarasının 60'dan küçük olduğu koşullar için kullanılmamalıdır.

Grafiksel En Yüksek Debi Yöntemi (TR 55)

Graphical Peak Discharge Procedure

Grafiksel olarak en yüksek debinin belirlenmesinde aşağıdaki işlem sırası izlenir:

1. drenaj alanını belirleyiniz,
2. toprak gruplarında tanımlandığı gibi, yüzey akış oluşturma potansiyellerine göre havza topraklarını sınıflandırınız,
 - Tip A, B, C, veya D
3. Önceki toprak nem koşullarını belirleyiniz,
 - **AMC** = antecedent soil moisture conditions = önceki toprak nem koşulları

Bitki Gelişiminin Olduğu ve Olmadığı (Durağan) Mevsimlerde Önceki Toprak Nem Koşulları için Yağış Grupları

Önceki Toprak Nem Koşulu	Tanımlama	Gelişme Mevsimi 5 Gün Önceki Yağış	Durağan Mevsim 5 Gün Önceki Yağış
Kuru AMC I	Havza topraklarının optimum nem içeriğine sahip olduğu durumdur: topraklar kuru ama solma noktasındaki kadar kuru değildir ve bu nem kapsamında tatmin edici sürüm ve toprak işleme yapılabilir.	< 35 mm	< 12 mm
Ortalama AMC II	Yıllık taşkınların ortalama durumunu ifade eder.	35 – 53 mm	12 – 28 mm
Islak AMC III	Şiddetli yağışların olduğu veya düşük hava sıcaklıklarında hafif yağışların olduğu durumları tanımlar.	> 53 mm	> 28 mm

4. toprak yüzeyinin hidrolojik durumunu sınıflandırınız.

- kötü, yeterince iyi veya iyi olarak sınıflandırınız,

5. AMC II toprak sınıflaması için RCN II'yi belirleyiniz,

- belirli bir toprak sınıflaması ve AMC II için, yüzey akış eğri numarasını tanımlayınız,
- uygunsa, AMC I veya AMC III için RCN II'yi düzeltiniz,
- gerektiğinde, RCN'ler için alt homojen havzaların ağırlıklı ortalaması alınır,

$$RCN(I) = \frac{4.2 * RCN(II)}{10 - 0.058 * RCN(II)} \quad \text{kuru}$$

$$RCN(III) = \frac{23 * RCN(II)}{10 + 0.13 * RCN(II)} \quad \text{ıslak}$$

6. havzanın yüzey akış konsantrasyon zamanını hesaplayınız (saat),

7. muhtemel en yüksek su tutulması (S) hesaplayınız,

$$S = 254 \left(\frac{100}{RCN} - 1 \right)$$

8. yüzey akış öncesi yüzey depolamasını belirleyiniz (I_a),

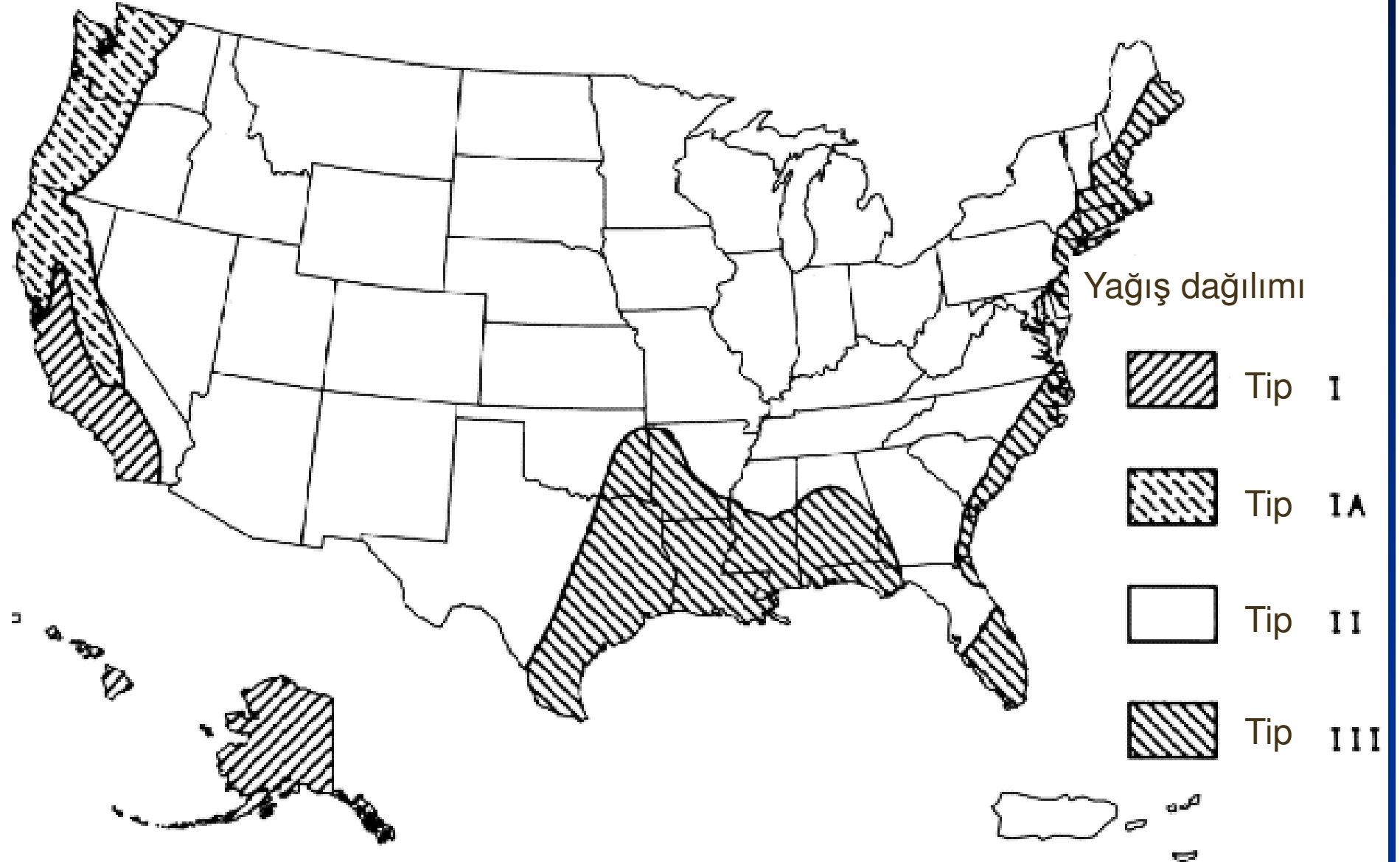
- yağışın, akışlar oluşmadan önce, yüzey pürüzlülüğü, çeşitli engelle veya infiltrasyon aracılığı ile yüzeyde alıkonulması,

$$I_a = 0.2S$$

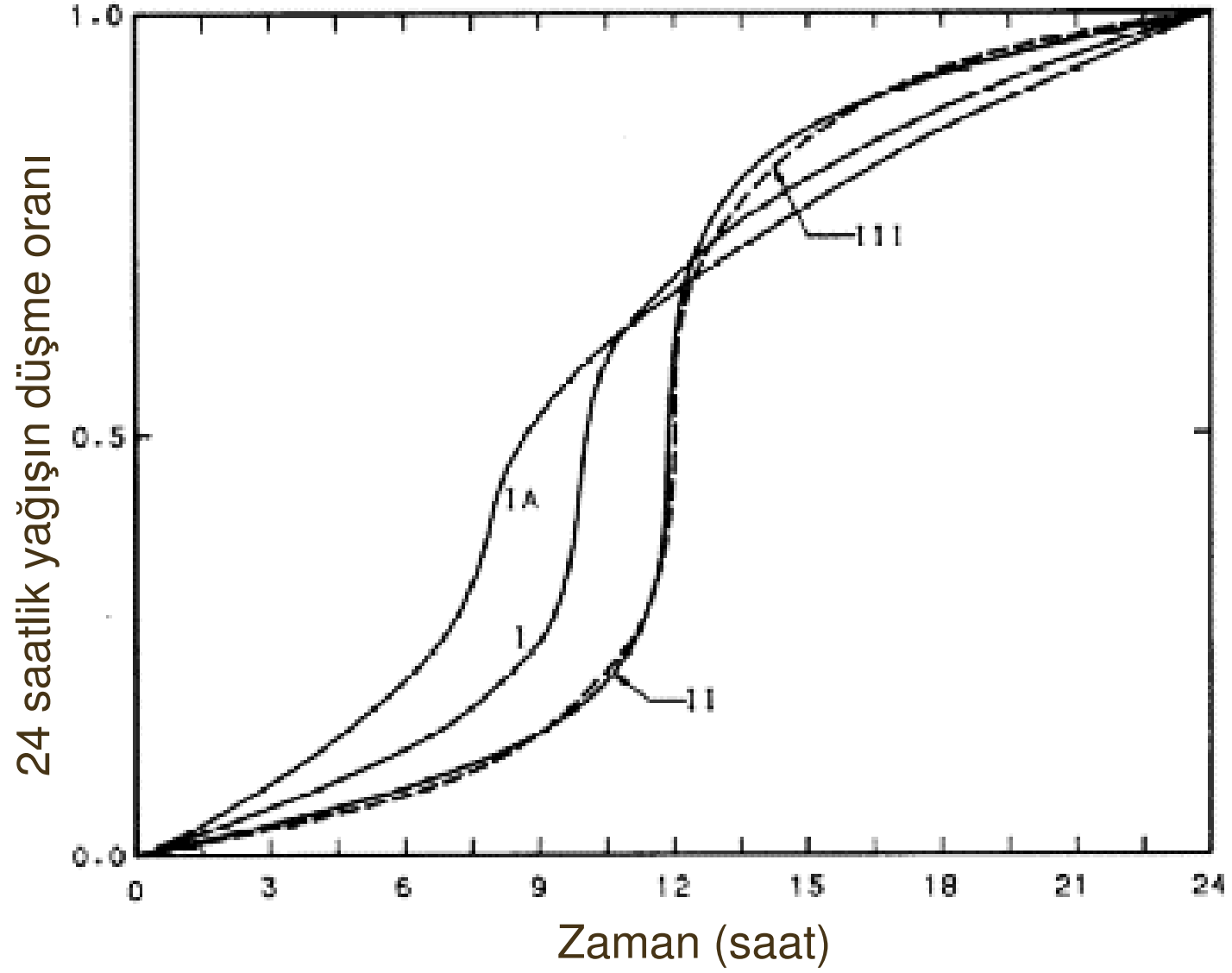
9. havzanın bulunduğu coğrafik konumdan yararlanarak yağış dağılım tipini belirleyiniz (Tip I, II, III),
10. havzaya düşecek toplam yağışı (P) belirleyiniz,
11. akümüle olmuş doğrudan yüzey akışı (R) hesaplayınız,
 - bu değer, havza alanı ile çarpıldığında, yüzey akış olarak görünen yağışın toplam hacmini gösterecektir,

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

Şekil: Yaklaşık olarak yağış dağılımlarının coğrafik sınırları



Şekil: 24 saatlik yağış dağılımı



12. en yüksek birim debiyi belirleyiniz (q_u),

- aşağıda verilen eşitlik ve çizelge kullanılarak q_u hesaplanır,
- eşitliğin çözülebilmesi için konsantrasyon zamanı (T_c) ve I_a/P orantısına ihtiyaç vardır,

$$q_u = \left(10^{C_0 - 3.36609} \right) \left(T_c^{C_1 + C_2 \log T_c} \right)$$

q_u : en yüksek birim debi ($m^3/s/km^2/mm$)

T_c : konsantrasyon zamanı (saat)

En Yüksek Birim Debi Eşitliğinde Kullanılan Katsayılar

Yağış Tipi	I_a/P	C_0	C_1	C_2
I	0.10	2.5532	-0.6151	-0.1640
	0.30	2.4653	-0.6226	-0.1166
	0.35	2.4190	-0.6159	-0.0882
	0.40	2.3641	-0.5986	-0.0562
	0.45	2.2924	-0.5701	-0.0228
	0.50	2.2028	-0.5160	-0.0126
	II	0.10	2.4732	-0.5185
0.30		2.3963	-0.5120	-0.1325
0.35		2.3548	-0.4974	-0.1199
0.40		2.3073	-0.4654	-0.1109
0.45		2.2488	-0.4131	-0.1159
0.50		2.1777	-0.3680	-0.0953

13. havza içerisindeki göllenmeler için düzeltme faktörünü belirleyiniz (**F**),

- aşağıda verilen çizelge kullanılarak **F** hesaplanır,
- bu düzeltme, havza içerisindeki akış yollarında konsantrasyon zamanını etkileyebilecek (geciktirebilecek) gölcük veya bataklıkları hesaba katmak amacıyla yapılır,

Göllenme Düzeltme Faktörü	
Gölcük veya Bataklık Alan %'si	Faktör (F)
0.0	1.00
0.2	0.97
1	0.87
3	0.75
5	0.72

14. en yüksek debiyi hesaplayınız (Q),

- aşağıda verilen eşitlik kullanılarak Q hesaplanır,

$$Q = q_u ARF$$

Q : en yüksek debi (m^3/s)

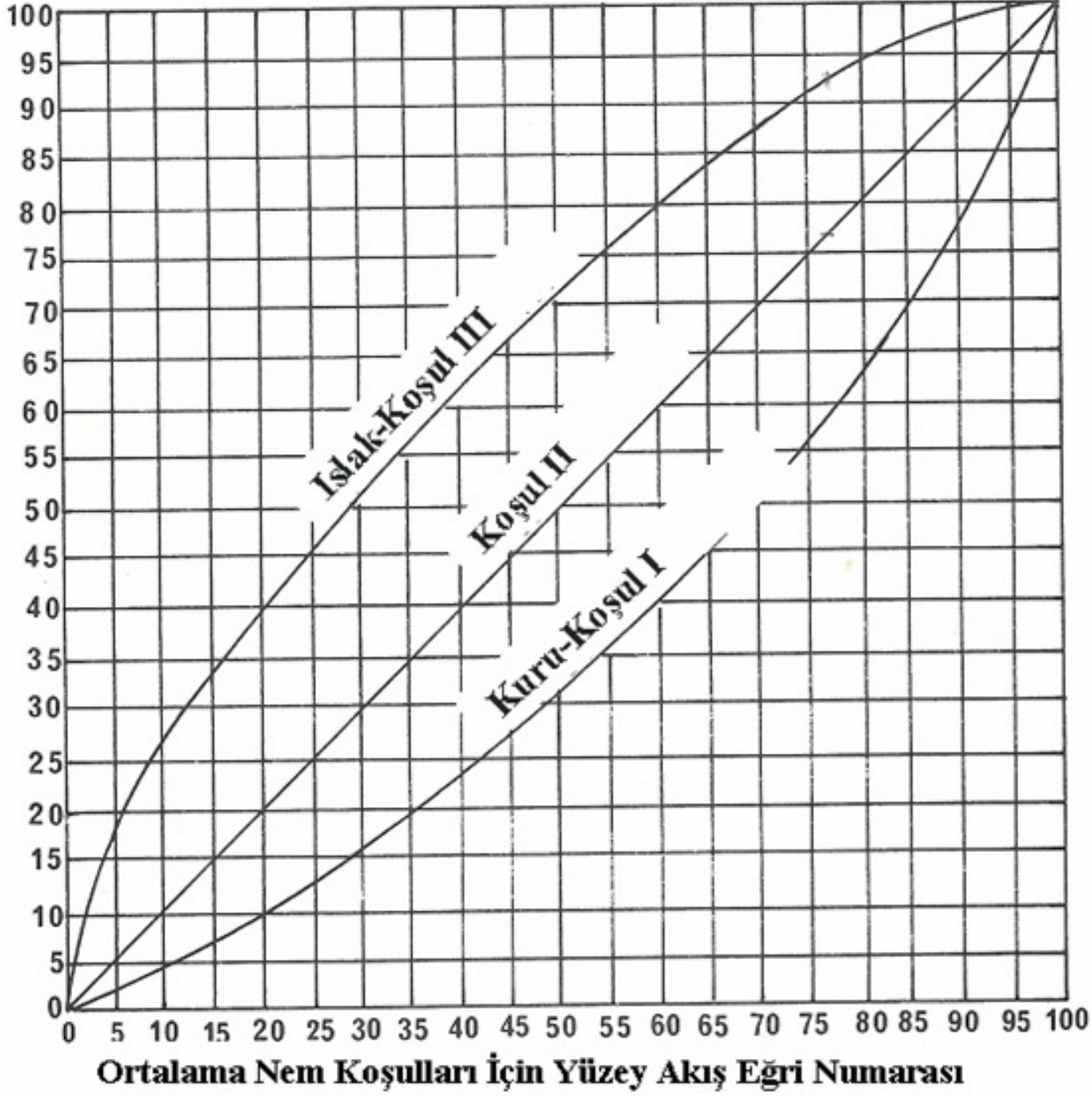
q_u : en yüksek birim debi ($m^3/s/km^2/mm$)

A : drenaj (havza) alanı (km^2)

R : yüzey akış hacmi (mm) (aşama 11)

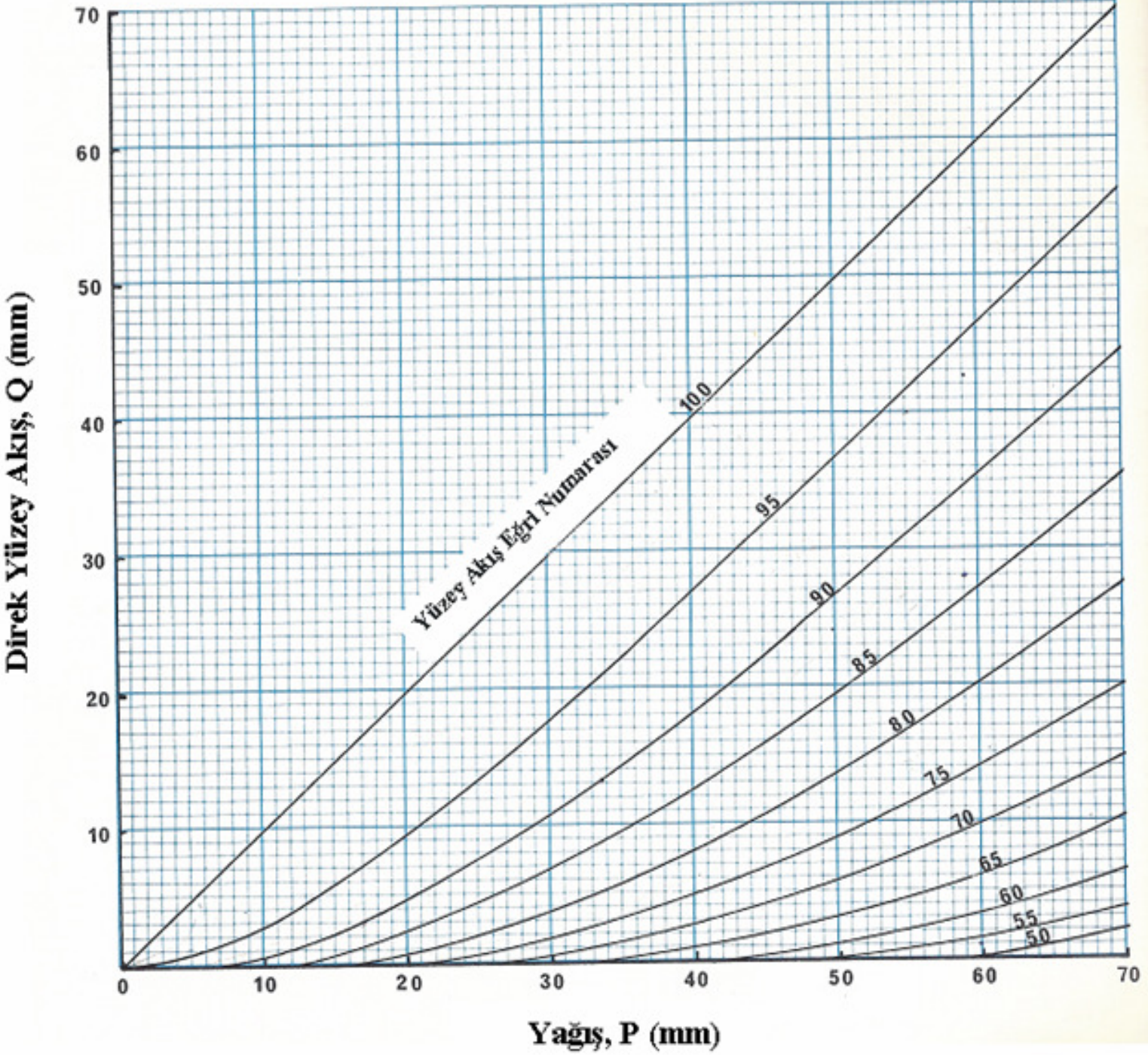
F : göllenme faktörü (aşama 13)

Değiştirilmiş Nem Koşulları İçin Yüzey Akış Eğri Numarası



Şekil 5. Önceki Toprak Nem Koşulları için yüzey akış eğri numarasının birleşmesi

Şekil 6. Yüzey akış eğri numarası yönteminde yağış miktarı (P, mm) ile yüzey akış miktarı (Q, mm) arasındaki bağıntı



Yüzey akış eğri numarası yönteminde yüzey akış miktarlarından (Q , mm) en yüksek yüzey akış oranlarının (q , $m^3 s^{-1}$) hesaplanması arasındaki bağıntı

$$q = \frac{0,00208 A Q}{\frac{D}{2} + 0,6 T_c}$$

q : en yüksek yüzey akış oranı ($m^3 s^{-1}$)

Q : yüzey akış miktarı (mm/havza)

A : havza alanı (ha)

D : Yağış süresi (saat)

T_c : Yağış toplanma (konsantrasyon) zamanı (saat)