هیدرولوژی عملی

حل مسائل هیدرولوژِی

بیلان آب

- در یک حوضه آبریز که با مساحت 2500 کیلومتر مربع، میانگین سالانه بارندگی 1300 میلی متر و متوسط سالانه جریان خروجی از حوضه 30 متر مکعب در ثانیه است. جز تبخیر و تعرق و نفوذ زیرزمین از حوضه را محاسبه کنید.
- مقدار رواناب سطحی را بر حسب سانیتمتر حساب کنید.
- ضریب رواناب چقدر است؟
- حل

$$P - R - G - ET = 0$$

$$ET + G = P - R$$

$$R = \frac{30\ \left(\frac{m3}{s}\right)\ 86400\ \left(\frac{s}{day}\right)\ 365\ \frac{day}{yr}}{2500\ km2\ *\ (1000\ m/km)\text{^}2} = 0.378\ m = 37.8\ cm$$

$$ET + G = 130 - 37.8 = 92.1\ cm$$

$$C = \frac{R}{P} = \frac{37.8}{130} = 0.29$$

بیلان آب

- مقدار بارندگی قابل انتظار طی دو ماه از سال در یک حوضه آبریز به مساحت 65 کیلومتر مربع که در بالادست یک سد مخزنی واقع شده است 254 میلیمتر پیش بینی شده است. اگر 85 میلی متر آن صرف تبخیر و تعرق شود و 20 میلی متر به داخل خاک نفوذ کرده و مابقی آن جاری شود. مقدار حجمی از آب که وارد مخزن میشود چقدر است؟
- اگر مصرف سرانه هر نفر برای شرب و بهداشت 160 لیتر در روز باشد نیاز آبی چند نفر در این دو ماه تامین خواهد شد.

$$R = P - ET - G$$

$$R = 254 - 85 - 20 = 149\ mm$$

- حل

$$R = 149\ mm * 0.001 * 65\ km2 * 10^6 \frac{m2}{km2} = 9.685 * 10^6 m3 = 9.685 * 10^9 lit$$

$$160 * 30 * 2 = 9600\ lit \quad \Rightarrow \quad n = 9.685 * \frac{10^9 lit}{9600\ lit} = 1000000$$

بیلان آب

- طی یک دوره 30 روزه جریانی معادل 5 متر مکعب در ثانیه وارد یک مخزن آب با سطح متوسط 3.75 کیلومتر مربع شده و در همین مدت مقدار 136 میلیون گالن در روز از آن خارج شده است. مجموع کل تبخیر از سطح مخزن طی این مدت 9.4 سانتیمتر بوده است. اگر مقدار آب موجود در ابتدای دوره 15 میلیون متر مکعب بوده باشد، در انتهای دوره حجم آب داخل مخزن چند متر مکعب خواهد بود؟

$$Qi = 5\frac{m3}{s}\,.86400\frac{s}{day}\,.30\;day = 12960000\,m3$$

- حل

$$Qout = 136000000\frac{gal}{day}.0.003785\frac{m3}{gal}\,.30\;day = 15442800\;m3$$

$$\text{E}= 9.4\;cm\;*0.01\;\frac{m}{cm}\,.3.75\;km2\;*1000000\frac{m2}{km2} = 352500\;m3$$

$$v = 15000000\;m3 + 12960000\;m3\; - 15442800\;m3\; - 352500\;m3 = 12170000$$

مقدار آب قابل بارش

- مقادیر دما، فشار هوا و فشار بخار از سطح زمین به سمت بالا به فواصل 2000 فوتی و تا ارتفاع 18000 فوت اندازه گیری و ثبت شده است.

ارتفاع از سطح زمین (حسب 1000 فوت)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
درجه حرارت (°F)	58	52	44	38	30	23	16	8	2	-6
فشارهوا(Pa, mb)فشار هوای مرطوب	1013	942	875	812	753	697	644	595	550	500
فشاربخار(e, mb)	7.0	5.0	3.8	3.2	2.0	1.6	1.1	0.8	0.6	0.4

$$m_p = 0.0102 \sum q \,.\, \Delta p$$

m_p: آب قابل بارش بر حسب میلی متر

q: رطوبت ویژه: گرم آب در کیلوگرم هوا

Δp: اختلاف فشار بالا و پایین هر لایه بر حسب میلی بار

$$q = 622\frac{e}{P}$$

e: فشار بخار آب: میلی بار

P: فشار هوای خشک: میلی بار

حل

ارتفاع از سطح زمین (1000 فوت)	رطوبت ویژه (gr/kg) $622\ (\frac{e}{P_s})$	متوسط رطوبت ویژه $\bar{q}$ بین دولایه	ΔP mb	$\bar{q}\ \Delta P$
0	4.32	$(\frac{4.32 + 3.3}{2}) = 3.81$	71	271
2	3.30	2.98	67	199
4	2.66	2.55	63	161
6	2.45	2.05	59	121
8	1.65	1.53	56	86
10	1.41	1.23	53	65
12	1.06	0.95	49	47
14	0.84	0.76	45	34
16	0.68	0.59	50	29
18	0.50			$\Sigma = 1013$

$W = 0.0102(1013) = 10.33$ mm

آب قابل بارش

- مقدار آب قابل بارش را برای ستونی از هوا به ارتفاع یک کیلومتر از سطح زمین با این فرض که هوا از رطوبت اشباع باشد. فشار هوا در سطح زمین 100.7 کیلوپاسکال و دمای هوا 32 درجه سانتیگراد. مقدار افت آهنگ دما 6.5 درجه سانتیگراد در هر کیلومتر است. عدد ثابت گازها را 287 ژول بر کیلوگرم در درجه کلوین در نظر بگیرید.

$$m_p = q \,.\, m_a = q \,.\, \rho_a \,.\, A.\, h$$

$$m_p = q \,.\, \rho_a \,.\, \Delta h$$

$$q = 0.622 \frac{e}{P}$$

Pa

$$\rho_a = P/RT$$

Kg/m3 j/kg.k

kelvin

$$P2 = P1 \left(\frac{T2}{T1}\right)^{g/\alpha R}$$

C/m

$$T2 = T1 - \alpha\,(H2 - H1)$$

حل

$$T1 = 32 + 273 = 305\ K$$

$$T2 = 32\ - (0.0065 * 1000) = 25.5 = 298.5\ K$$

$$P1 = 100.7\ KPa$$

$$P2 = 100.7 \left(\frac{298}{305}\right)^{\frac{9.81}{0.0065*287}} = 89.91\ KPa$$

$$\rho_{a1} = \frac{P}{RT} = \frac{100.7\ * 1000}{287\ *\ 305} = 1.15\ Kg/m3$$

$$\rho_{a2} = \frac{89.91\ * 1000}{287\ * 298.5} = 1.05\ Kg/m3$$

$$\overline{\rho_a} = \frac{1.15 + 1.05}{2} == 1.10\ Kg/m3$$

ادامه

$$e_{s1} = 4.756\ kPa \qquad e_{s2} = 3.264\ kPa$$

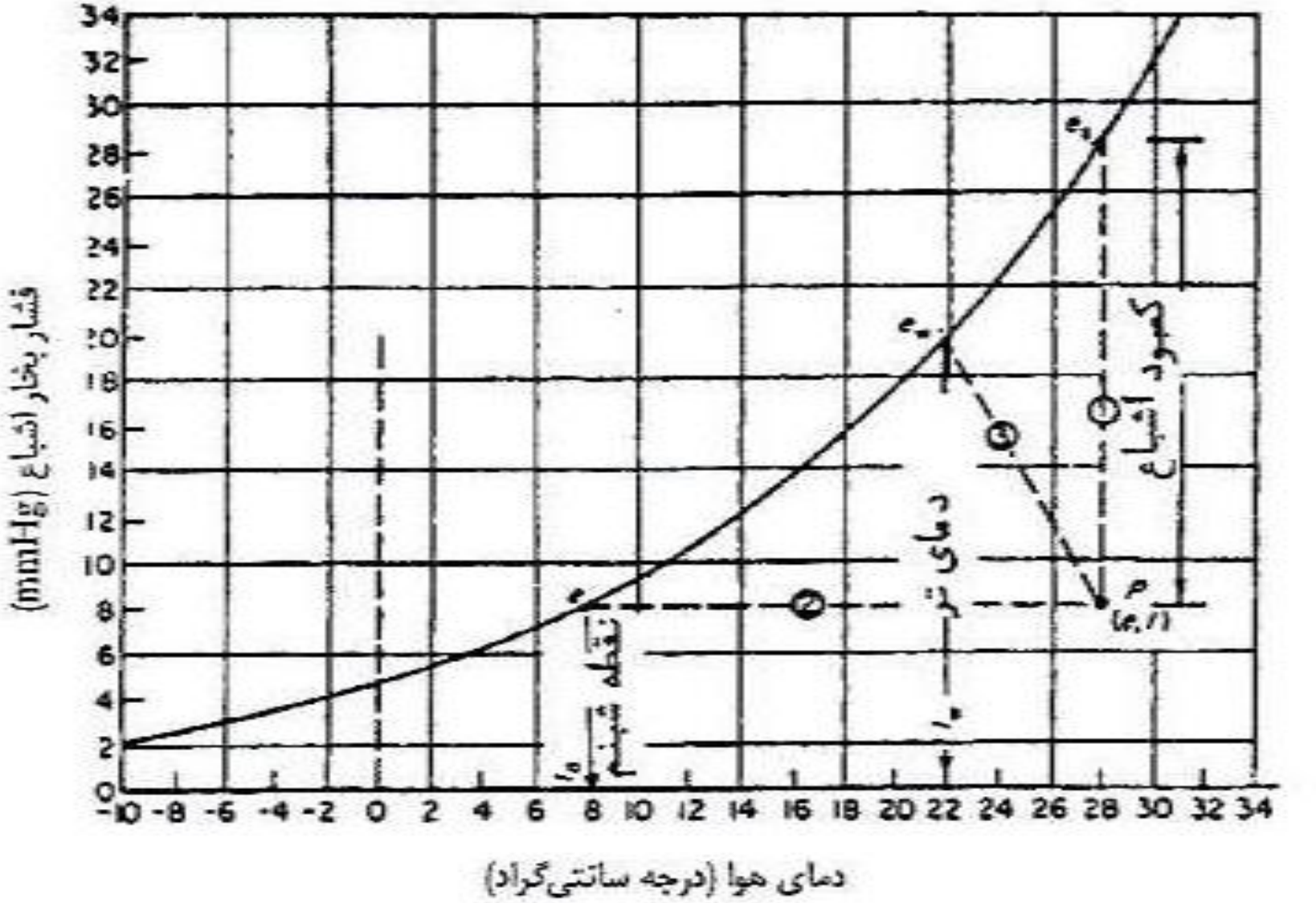
$$q_1 = 0.622\left(\frac{4.756}{100.7}\right) = 0.029\ kg/kg$$

$$q_1 = 0.622\left(\frac{3.264}{89.91}\right) = 0.0226\ kg/kg$$

$$\bar{q} = \frac{0.029 + 0.0226}{2} = 0.0258$$

$$m_p = 1000 * 0.0258 * 1.1 = 28.36$$

بنابراین کافی است دما و فشار هوا در سطح زمین و مقدار لاپس ریت را داشته باشیم



1 mmHg = 133.32 Pa

$$e_s = 611 \exp\left(\frac{17.27T}{237.3 + T}\right)$$

kPa

رطوبت نسبی هوا

- دو ترمومتر خشک و تر دمای هوا را به ترتیب 26 و 23 درجه سانتیگراد نشان میدهند. درصد رطوبت نسبی را حساب کنید.
- حل

$$\Delta t = 26 - 23 = 3\ C$$

- با استفاده از جدولی که بر اساس اختلاف دمای تر و خشک و دمای خشک تنظیم شده، رطوبت نسبی برابر 78 درصد است.

دمای هوا (خشک) °C	تفاوت دمای تر و خشک (°C)															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
-10	91	60	31	2												
-8	93	65	39	13												
-6	94	70	46	23	0											
-4	96	74	53	32	11											
-2	98	78	58	39	21	3										
0	100	81	63	46	29	13										
2	100	84	68	52	37	22	7									
4	100	85	71	57	43	29	16									
6	100	86	73	60	48	35	24	11								
8	100	87	75	63	51	40	29	19	8							
10	100	88	77	66	55	44	34	24	15	8						
12	100	89	78	68	58	48	39	29	21	12	4					
14	100	90	79	70	60	51	42	34	26	18	10	3				
16	100	90	81	71	63	54	46	38	30	23	15	8				
18	100	91	82	73	65	57	49	41	34	27	20	14	7			
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	31	24	18	12	6		
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28	22	17	11	6	
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31	26	20	15	10	5
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34	29	24	19	14	10
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37	32	27	22	18	13
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39	35	30	25	21	17
32	100	93	86	80	74	68	62	57	51	46	41	37	32	28	24	20
34	100	93	87	81	75	69	63	58	53	48	43	39	35	30	26	23
36	100	94	87	81	75	70	64	59	54	50	45	41	37	33	29	25
38	100	94	88	82	76	71	66	61	56	51	47	43	39	35	31	27
40	100	94	88	82	77	72	67	62	57	53	48	44	40	36	33	29

رطوبت نسبی

- دمای هوا 26 و دمای نقطه شبم برای آن هوا 18 درجه سانتیگراد است.
- مقدار رطوبت نسبی را حساب کنید؟

$$RH = \left[\frac{\text{مقدار بخار آب موجود در هوا}}{\text{حداکثر گنجایش هوابرای پذیرش بخار آب در همان دما}}\right] \times 100$$

- از جدول مرتبط فشار بخار اشباع را در دمای 18 و 26 بدست آورده و از تقسیم آنها رطوبت نسبی محاسبه م شود.

$$\text{رطوبت نسبی} = \left[\frac{\text{فشار بخار اشباع در دمای نقطه شبنم}}{\text{فشار بخار اشباع در دمای هوای معمولی}}\right] \times ۱۰۰$$

$$RH = \frac{e}{e_s} \times 100$$

$$RH = \frac{20.63}{33.61} * 100 = 61.4$$

سرعت باد

- سرعت باد در ارتفاع 10 متری از سطح زمین 4 متر بر ثانیه اندازه گیری شده است. سرعت باد در ارتفاعات 2 و 15 متر از سطح زمین را بر حسب گره (نات) حساب کنید.
- سرعت باد در هر ارتفاع در کدام دسته از طبقه بندی های نات باد قرار میگیرد.
- $V1 = V2 \left(\frac{H1}{H2}\right)^{0.14}$

1 Knot = 1.15 miles/hours

1 Knot = 0.514 m/s

$$V\ 2m = 4\left(\frac{2}{10}\right)^{0.14} = 3.19\frac{m}{s} = 6.2 Knots$$

$$V\ 15m = 4\left(\frac{15}{10}\right)^{0.14} = 4.23\frac{m}{s} = 8.22\ Knots$$

سرعت باد - نات	نوع
کمتر از 1	آرام
3-1	نسیم
6-4	ملایم
10-7	آهسته
16-11	متوسط
21-17	تندباد

تمرین

- بارندگی قابل انتظار طی دوماه برای حوزه آبریز به مساحت ۶۵ کیلومتر مربع برابر با ۲۵۴ میلیمتر پیش بینی شده است. اگر فرض کنیم مقدار تبخیر ۸۵ میلیمتر و نفوذ ۲۰ میلی متر باشد. چه حجم آبی را میتوان در مخزن ذخیره کرد؟ اگر بتوان ۵۰ درصد حجم مخزن را مصرف کنیم و سرانه مصرف ۱۸۰ لیتر در روز باشد چه جمعیتی را در طول دو ماه تامین آب میتوان نمود؟

تمرین

- درجه حرارت هوا 24 درجه سانتیگراد است. اگر دماسنج تر درجه حرارت را 20 درجه نشان دهد، دمای نقطه شبنم را حساب کنید؟

مسائل تبخیر و تعرق

مسئله 1 تبخیر از سطح آزاد آب

مثال۵-۲: شدت تبخیر از سطح آزاد آب را برای شرایطی که دمای هوا ۲۵ درجه سانتیگراد، رطوبت نسبی ۴۰ درصد، فشار هوا ۱۰۱/۳ کیلو پاسکال، سرعت باد ۳ متر در ثانیه در ارتفاع ۲ متری ارتفاع زبری Z0 را معادل ۰/۰۳، جرم مخصوص هوا در ۲۵ درجه سانتیگراد برابر ۱/۱۹ کیلوگرم در متر مکعب و جرم مخصوص آب ۹۹۷ کیلوگرم در مترمکعب است

$$E = B\,(es - ea)$$

حل مسئله به روش دالتون :

$$B = \frac{0.622K^2\rho_a V_2}{P.\rho_w[\ln(\frac{Z_2}{Z_0})]^2} \Rightarrow B = \frac{0.622_2(0.4)^2 \times (1.19 \times 3)}{101.3\times10^3 \times 997[\ln(\frac{2}{0.03})]^2} = 4.54\times10^{-11} \Rightarrow m/P_aS$$

$$e_s = 611\exp\frac{17.27T}{237+T} = 611\exp\frac{17.22\times25}{237+25} = 3169\,pa = 3.169\,Kpa$$

$$e_a = R_h \times e_s = 0.4\times(3169) = 1267.5P_a$$

$$E_a = B(e_s - e_a) = 4.54\times10^{-11}(3169 - 1267.5)$$

$$E_a = 8.63\times10^{-8}\,m/s$$

$$E_a = 8.63\times10^{-8} \times (\frac{1000mm}{1m} \times \frac{86400S}{day}) = 7.46mm/day$$

مسئله 2- تبخیر و تعرق واقعی

- بارندگی متوسط سالانه در حوضه ای با مساحت 30 هزار هکتار برابر با 500میلی لیتر است. اگر میانگین دمای سالانه آن 14 درجه سانتیگراد باشد. حجم آب سالانه خروجی از حوضه را با استفاده از روش موازنه آبی و معادله تورک بدست آوردید. فرض کنید نفوذ عمقی برابر صفر است.

$$D = \frac{P}{\sqrt{0.9 + (\frac{P^2}{L^2})}} \qquad D = \frac{500}{\sqrt{0.9 + (\frac{500^2}{787^2})}} = 438\ mm$$

$$L = 300 + 25\ T + 0.05\ T^3 \qquad L = 300 + 25 * \ 14\ + 0.05\ 14^3 = 787$$

Surface runoff = $500\ - 438 = 62\ mm$

حجم$= 62\ mm\ * 0.001\ * 30000\ ha\ * 10000 \frac{m2}{ha} = 1.8\ * 10^6\ m^3$

مسئله 3- توان تبخیر و تعرق

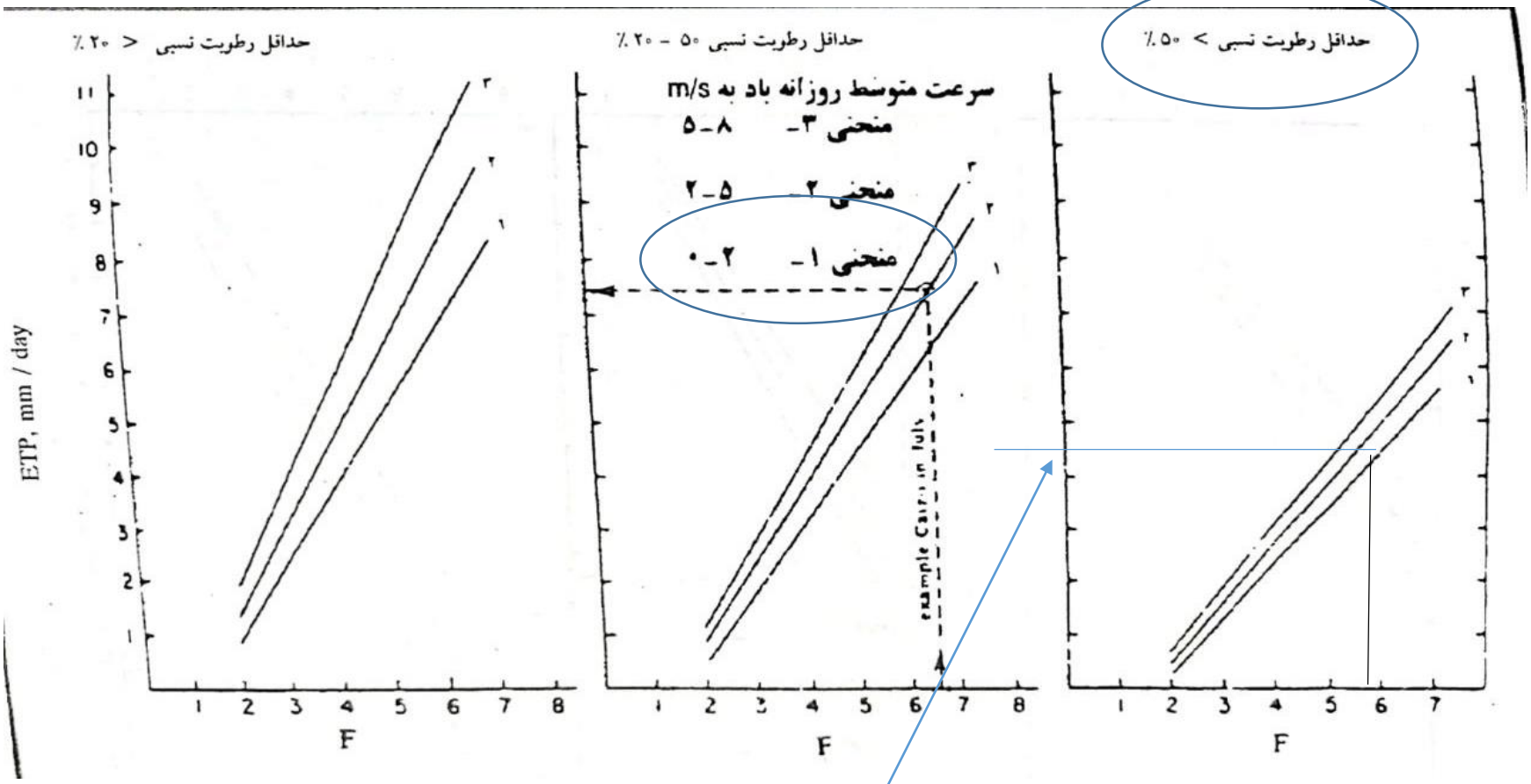
- در ایستگاهی دمای متوسط فروردین ماه 12 درجه سانتیگراد و متوسط ساعات آفتابی در این ماه 9.5 ساعت اندازه گیری شده است. چنانچه مجموع ساعات روشنایی سالانه در این ایستگاه 3820 ساعت باشد. توان تبخیر و تعرق را به روش بلانی-کریدل محاسبه کنید.
- متوسط رطوبت نسبی ماهانه این منطقه 70 درصد و سرعت متوسط روزانه باد برابر 80 متر بر دقیقه بوده است. میانگین ساعات روشنایی روزانه در آن 10.5 ساعت است.

$$ETP = P\,(0.46\,T + 8.13)$$

$$P = \frac{3820}{8760} = 0.43$$

$$ETP = 0.43\,(0.46\ * 12 + 8.13) = 5.87\ \text{mm}$$

n/N = 9.5/10.5 = 0.9



$$ETP_C = 4.5\ mm/day$$

مسئله 4 – تبخیر و تعرق پتانسیل

- در منطقه ای به ارتفاع 400 متر از سطح دریا واقع در عرض جغرافیایی 35 درجه دمای متوسط مرداد ماه 29 درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی متوسط آن 48 درصد اندازه گیری شده است. چنانچه سرعت باد در ارتفاع 2 متری از سطح زمین 165 کیلومتر در روز و تابش خالص خورشیدی در این ماه 7.2 میلی متر در روز باشد با استفاده از روش پنمن توان تبخیر و تعرق را در این ماه به میلی متر حساب کنید. مقدار ضریب اصلاحی را 1.05 در نظر بگیرید.

$$ETP = C\,[W.Rn + (1-w)f(u).(es-ea)]$$

$$es = 611\exp\left(\frac{17.22\ *T}{237+T}\right) = 3910\ Pa = 39.10\ mbar$$

$$ea = 0.48\ *\ 39.10 = 18.7\ mbar$$

$$f(u) = 0.27\left(1+\frac{165}{100}\right) = 0.58$$

جدول ۳-۱۱- ضریب مربوط به تشعشع در فرمول پن من (W) براساس درجه حرارت و ارتفاع منطقه

درجه حرارت °C	۲	۴	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۸	۲۰	۲۲	۲۴	۲۶	۲۸	۳۰	۳۲	۳۴	۳۶	۳۸	۴۰
ارتفاع به متر	مقادیر مربوط به W																			
۰	۰/۴۳	۰/۴۶	۰/۴۹	۰/۵۲	۰/۵۵	۰/۵۸	۰/۶۱	۰/۶۴	۰/۶۶	۰/۶۸	۰/۷۱	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۷۸	۰/۸۰	۰/۸۲	۰/۸۳	۰/۸۴	۰/۸۵
۵۰۰	۰/۴۵	۰/۴۸	۰/۵۱	۰/۵۴	۰/۵۷	۰/۶۰	۰/۶۲	۰/۶۵	۰/۶۷	۰/۷۰	۰/۷۲	۰/۷۴	۰/۷۶	۰/۷۸	۰/۷۹	۰/۸۱	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۸۵	۰/۸۶
۱۰۰۰	۰/۴۶	۰/۴۹	۰/۵۲	۰/۵۵	۰/۵۸	۰/۶۱	۰/۶۴	۰/۶۶	۰/۶۹	۰/۷۱	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۷۹	۰/۸۰	۰/۸۲	۰/۸۳	۰/۸۵	۰/۸۶	۰/۸۷
۲۰۰۰	۰/۴۹	۰/۵۲	۰/۵۵	۰/۵۸	۰/۶۱	۰/۶۴	۰/۶۶	۰/۶۹	۰/۷۱	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۷۹	۰/۸۱	۰/۸۲	۰/۸۴	۰/۸۵	۰/۸۶	۰/۸۷	۰/۸۸
۳۰۰۰	۰/۵۲	۰/۵۵	۰/۵۸	۰/۶۱	۰/۶۴	۰/۶۶	۰/۶۹	۰/۷۱	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۷۹	۰/۸۱	۰/۸۲	۰/۸۴	۰/۸۵	۰/۸۶	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۸۹
۴۰۰۰	۰/۵۵	۰/۵۸	۰/۶۱	۰/۶۴	۰/۶۶	۰/۶۹	۰/۷۱	۰/۷۳	۰/۷۶	۰/۷۸	۰/۷۹	۰/۸۱	۰/۸۳	۰/۸۴	۰/۸۵	۰/۸۶	۰/۸۸	۰/۸۹	۰/۹۰	۰/۹۰

$$w = 0.79$$

$$ETP = 1.05 * \{(0.79 \,.\, 7.2) + (1 - 0.79).(0.58).(39.1 - 18.7)\} = 8.58 \text{ mm/day}$$

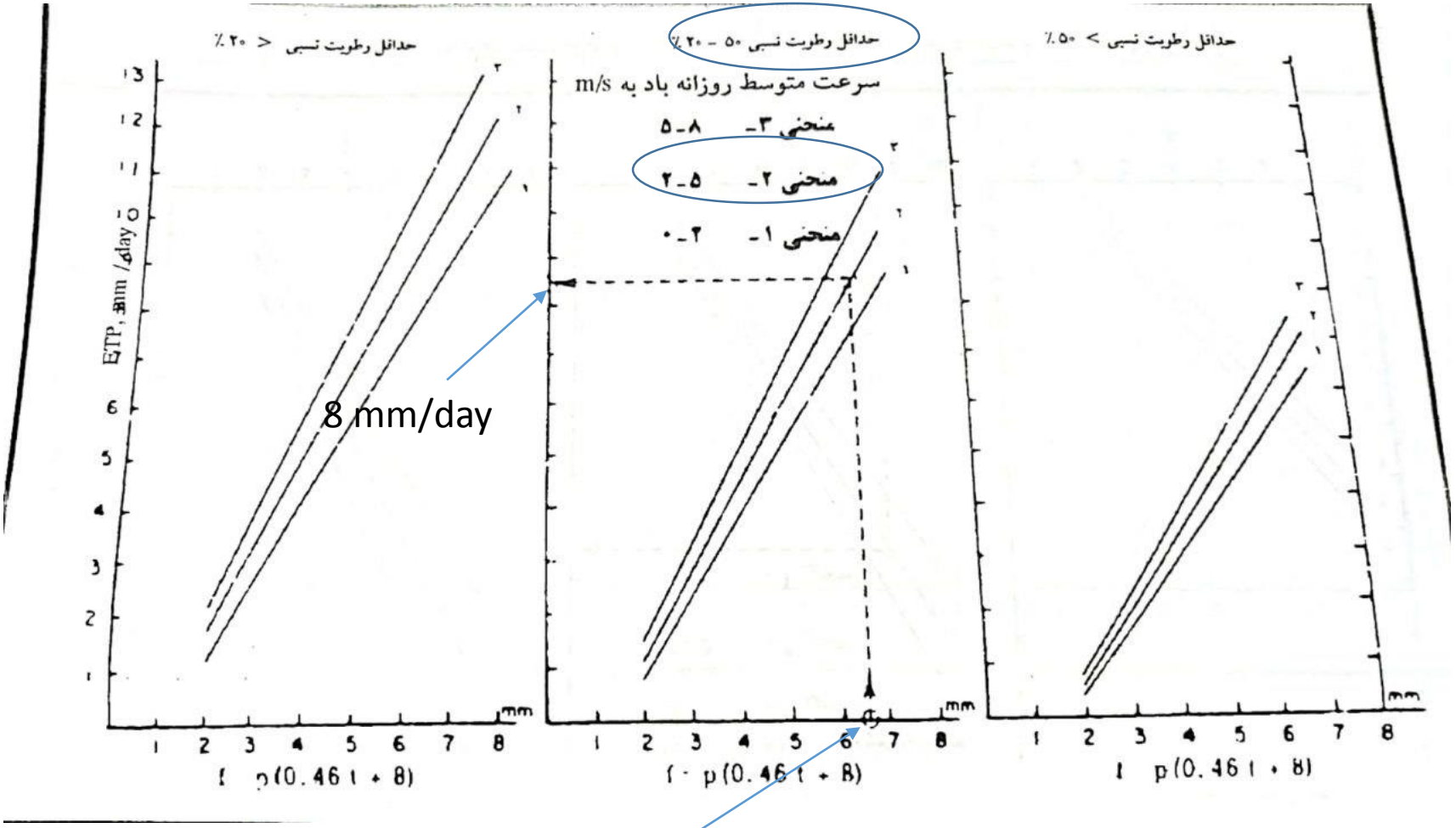
مسئله 5 – تبخیر و تعرق پتانسیل

- در یک ایستگاه هواشناسی در ماه ژولای درجه حرارت متوسط ماهانه 28.5 درجه سانتیگراد، رطوبت نسبی ماهانه 35 درصدف سرعت باد در ارتفاع 2 متری از سطح زمین متوسط 3.5 متر در ثانیه و نسبت ساعات آفتابی اندازه گیری شده به میانگین ساعات روشنایی روزانه 0.8اندازه گیری شده است.
- چنانچه این ایستگاه در عرض جغرافیایی 30 درجه و در نیکره شمالی واقع شده باشد، مقدار تبخیر و تعرق متوسط روزانه را در این ایستگاه در طول این ماه از روش بلانی-کریدل تعیین کنید.
- مرحله اول: ضریب روشنایی را از جدول مربوطه با توجه به عرض جغرافیایی استخراج میکنیم:
- مرحله دوم: مقدار تبخیر و تعرق را طبق معادله تعیین می کنیم: $ETP = P\ (0.46\ T + 8.13)$
- مرحله سوم: مقدار تبخیر و تعرق محاسبه شده را بر اساس رطوبت نسبی- سرعت باد و نسبت ساعات اندازه گیری شده به ساعات روشنایی روزانه تصحیح می کنیم.

جدول ۳-۸- درصد متوسط ساعات روشنایی روزانه در ماه‌های مختلف درعرض‌های جغرافیایی نیمکره شمالی

عرض جغرافیایی	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
۶۰	۰/۱۵	۰/۲۰	۰/۲۶	۰/۳۲	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۴۰	۰/۳۴	۰/۲۸	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۳
۵۸	۰/۱۶	۰/۲۱	۰/۲۶	۰/۳۲	۰/۳۷	۰/۴۰	۰/۳۹	۰/۳۴	۰/۲۸	۰/۲۳	۰/۱۸	۰/۱۵
۵۶	۰/۱۷	۰/۲۱	۰/۲۶	۰/۳۲	۰/۳۶	۰/۳۹	۰/۳۸	۰/۳۳	۰/۲۸	۰/۲۳	۰/۱۸	۰/۱۶
۵۴	۰/۱۸	۰/۲۲	۰/۲۶	۰/۳۱	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۲۸	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۱۷
۵۲	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۲۷	۰/۳۱	۰/۳۵	۰/۳۷	۰/۳۶	۰/۳۳	۰/۲۸	۰/۲۴	۰/۲۰	۰/۱۷
۵۰	۰/۱۹	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳۱	۰/۳۴	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۲۸	۰/۲۴	۰/۲۰	۰/۱۸
۴۸	۰/۲۰	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳۱	۰/۳۴	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۲۸	۰/۲۴	۰/۲۱	/۱۹
۴۶	۰/۲۰	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳۰	۰/۳۴	۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۳۲	۰/۲۸	۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۲۰
۴۴	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۲۷	۰/۳۰	۰/۳۳	۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۲۵	۰/۲۲	۰/۲۰
۴۲	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۲۷	۰/۳۰	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۲۵	۰/۲۲	۰/۲۱
۴۰	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۲۷	۰/۳۰	۰/۳۲	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۲۵	۰/۲۲	۰/۲۱
۳۵	۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۹	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۲۸	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۲۲
۳۰	۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۹	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۳۱	۰/۳۰	۰/۲۸	۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۲۳
۲۵	۰/۲۴	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۴
۲۰	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۵
۱۵	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۲۵
۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۰۷
۰	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷

$$ETP = 0.31(0.46 * 28.5 + 8.13) = 6.6\, mm/day$$


حداقل رطوبت نسبی < ۲۰٪
حداقل رطوبت نسبی ۵۰ - ۲۰٪
حداقل رطوبت نسبی > ۵۰٪
سرعت متوسط روزانه باد به m/s
منحنی ۳- ۸-۵
منحنی ۲- ۵-۲
منحنی ۱- ۲-۰
ETP, mm /day
mm
8 mm/day
ETPc = 6.6 mm/day

مسئله 6 تبخیر و تعرق پتانسیل

- تبخیر و تعرق پتانسیل در ایستگاه کلیماتولوژی بافت را به روش تورنوایت حساب کنید.
- عرض جغرافیایی 29 درجه و طول جغرافیایی 56 و ارتفاع از سطح دریا 2250 متر

$$ETP = 16.2\ (\frac{10\ Ti}{I})^{\ \alpha}$$

$$ETP_C = ETP\ (\frac{DN}{360})$$

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{Ti}{5}\right)^{1.514}$$

$$\alpha = (0.675\ I^3\ - 77.1\ I^2 + 17920\ I + 492390)\ \times 10^{-6}$$

جدول ۳-۳- تعیین شاخص حرارتی ماهانه تورنوایت براساس دمای متوسط ماهانه
به درجه سانتی‌گراد

TC	۰/۰	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۹
۰			۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۷
۱	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۲۳
۲	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۹	۰/۳۱	۰/۳۳	۰/۳۵	۰/۳۷	۰/۳۹	۰/۴۲	۰/۴۴
۳	۰/۴۶	۰/۴۸	۰/۵۱	۰/۵۳	۰/۵۶	۰/۵۸	۰/۶۱	۰/۶۳	۰/۶۶	۰/۶۹
۴	۰/۷۱	۰/۷۲	۰/۷۷	۰/۸۰	۰/۸۲	۰/۸۵	۰/۸۸	۰/۹۱	۰/۹۴	۰/۹۷
۵	۱/۰۰	۱/۰۳	۱/۰۶	۱/۰۹	۱/۱۲	۱/۱۶	۱/۱۹	۱/۲۲	۱/۲۵	۱/۲۹
۶	۱/۳۲	۱/۳۵	۱/۳۹	۱/۴۲	۱/۴۵	۱/۴۹	۱/۵۲	۱/۵۶	۱/۵۹	۱/۶۳
۷	۱/۶۶	۱/۷۰	۱/۷۴	۱/۷۷	۱/۸۱	۱/۸۵	۱/۸۹	۱/۹۲	۱/۹۶	۲/۰۰
۸	۲/۰۴	۲/۰۸	۲/۱۲	۲/۱۵	۲/۱۹	۲/۲۳	۲/۲۷	۲/۳۱	۲/۳۵	۲/۳۹
۹	۲/۴۴	۲/۴۸	۲/۵۲	۲/۵۶	۲/۶۰	۲/۶۴	۲/۶۹	۲/۷۳	۲/۷۷	۲/۸۱
۱۰	۲/۸۶	۲/۹۰	۲/۹۴	۲/۹۹	۳/۰۳	۳/۰۸	۳/۱۲	۳/۱۶	۳/۲۱	۳/۲۵
۱۱	۳/۳۰	۳/۳۴	۳/۳۹	۳/۴۴	۳/۴۸	۳/۵۳	۳/۵۸	۳/۶۲	۳/۶۷	۳/۷۲
۱۲	۳/۷۶	۳/۸۱	۳/۸۶	۳/۹۱	۳/۹۶	۴/۰۰	۴/۰۵	۴/۱۰	۴/۱۵	۴/۲۰
۱۳	۴/۲۵	۴/۳۰	۴/۳۵	۴/۴۰	۴/۴۵	۴/۵۰	۴/۵۵	۴/۶۰	۴/۶۵	۴/۷۰
۱۴	۴/۷۵	۴/۸۱	۴/۸۶	۴/۹۱	۴/۹۶	۵/۰۱	۵/۰۷	۵/۱۲	۵/۱۷	۵/۲۲
۱۵	۵/۲۸	۵/۳۳	۵/۳۸	۵/۴۴	۵/۴۹	۵/۵۵	۵/۶۰	۵/۶۵	۵/۷۱	۵/۷۶
۱۶	۵/۸۲	۵/۸۷	۵/۹۳	۵/۹۸	۶/۰۴	۶/۱۰	۶/۱۵	۶/۲۱	۶/۲۶	۶/۳۲
۱۷	۶/۳۸	۶/۴۴	۶/۴۹	۶/۵۵	۶/۶۱	۶/۶۶	۶/۷۲	۶/۷۸	۶/۸۴	۶/۹۰
۱۸	۶/۹۵	۷/۰۱	۷/۰۷	۷/۱۳	۷/۱۹	۷/۲۵	۷/۳۱	۷/۳۷	۷/۴۳	۷/۴۹
۱۹	۷/۵۵	۷/۶۱	۷/۶۷	۷/۷۳	۷/۷۹	۷/۸۵	۷/۹۱	۷/۹۷	۸/۰۳	۸/۱۰
۲۰	۸/۱۶	۸/۲۲	۸/۲۸	۸/۳۴	۸/۴۱	۸/۴۷	۸/۵۳	۸/۵۹	۸/۶۶	۸/۷۲
۲۱	۸/۷۸	۸/۸۵	۸/۹۱	۸/۹۷	۹/۰۴	۹/۱۰	۹/۱۷	۹/۲۳	۹/۲۹	۹/۳۶
۲۲	۹/۴۲	۹/۴۹	۹/۵۵	۹/۶۲	۹/۶۸	۹/۷۵	۹/۸۱	۹/۸۸	۹/۹۵	۱۰/۰۱
۲۳	۱۰/۰۸	۱۰/۱۵	۱۰/۲۱	۱۰/۲۸	۱۰/۳۵	۱۰/۴۱	۱۰/۴۸	۱۰/۵۵	۱۰/۶۲	۱۰/۶۸
۲۴	۱۰/۷۵	۱۰/۸۲	۱۰/۸۹	۱۰/۹۵	۱۱/۰۲	۱۱/۰۹	۱۱/۱۶	۱۱/۲۳	۱۱/۳۰	۱۱/۳۷
۲۵	۱۱/۴۴	۱۱/۵۰	۱۱/۵۷	۱۱/۶۴	۱۱/۷۱	۱۱/۷۸	۱۱/۸۵	۱۱/۹۲	۱۱/۹۹	۱۲/۰۶
۲۶	۱۲/۱۳	۱۲/۲۱	۱۲/۲۸	۱۲/۳۵	۱۲/۴۲	۱۲/۴۹	۱۲/۵۶	۱۲/۶۳	۱۲/۷۰	۱۲/۷۸

سال و در عرض‌های جغرافیایی نیمکره شمالی برای ماه‌های میلادی

عرض جغرافیایی	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
۰	۱/۰۴	۰/۹۴	۱/۴	۱/۰۱	۱/۰۴	۱/۰۱	۱/۰۴	۱/۰۴	۱/۰۱	۱/۰۴	۱/۰۱	۱/۰۴
۵	۱/۰۲	۰/۹۳	۱/۰۳	۱/۰۲	۱/۰۶	۱/۰۳	۱/۰۶	۱/۰۵	۱/۰۱	۱/۰۱	۰/۹۹	۱/۰۲
۱۰	۱	۰/۹۱	۱/۰۳	۱/۰۳	۱/۰۸	۱/۰۵	۱/۰۸	۱/۰۷	۱/۰۲	۱/۰۲	۰/۹۸	۰/۹۹
۱۵	۰/۹۷	۰/۹۱	۱/۰۳	۱/۰۴	۱/۱۱	۱/۰۸	۱/۱۲	۱/۰۸	۱/۰۲	۱/۰۱	۰/۹۵	۰/۹۷
۲۰	۰/۹۵	۰/۹	۱/۰۳	۱/۰۵	۱/۱۳	۱/۱۱	۱/۱۴	۱/۱۱	۱/۰۲	۱	۰/۹۳	۰/۹۴
۲۵	۰/۹۳	۰/۸۹	۱/۰۳	۱/۰۶	۱/۱۵	۱/۱۴	۱/۱۷	۱/۱۲	۱/۰۲	۰/۹۹	۰/۹۱	۰/۹۱
۲۶	۰/۹۲	۰/۸۸	۱/۰۳	۱/۰۶	۱/۱۵	۱/۱۵	۱/۱۷	۱/۱۲	۱/۰۲	۰/۹۹	۰/۹۱	۰/۹۱
۲۷	۰/۹۲	۰/۸۸	۱/۰۳	۱/۰۷	۱/۱۶	۱/۱۵	۱/۱۸	۱/۱۳	۱/۰۲	۰/۹۹	۰/۹	۰/۹
۲۸	۰/۹۱	۰/۸۸	۱/۰۳	۱/۰۷	۱/۱۶	۱/۱۶	۱/۱۸	۱/۱۳	۱/۰۲	۰/۹۸	۰/۹	۰/۹
۲۹	۰/۹۱	۰/۸۷	۱/۰۳	۱/۰۷	۱/۱۷	۱/۱۶	۱/۱۹	۱/۱۴	۱/۰۳	۰/۹۸	۰/۹	۰/۸۸
۳۰	۰/۹	۰/۸۷	۱/۰۳	۱/۰۸	۱/۱۸	۱/۱۷	۱/۲۰	۱/۱۴	۱/۰۳	۰/۹۸	۰/۹۸	۰/۸۸
۳۱	۰/۹	۰/۸۷	۱/۰۳	۱/۰۸	۱/۱۸	۱/۱۸	۱/۲۰	۱/۱۵	۱/۰۳	۰/۹۸	۰/۸۹	۰/۸۸
۳۲	۰/۸۹	۰/۸۶	۱/۰۳	۱/۰۸	۱/۱۹	۱/۱۹	۱/۲۱	۱/۱۵	۱/۰۳	۰/۹۸	۰/۸۸	۰/۸۷
۳۳	۰/۸۸	۰/۸۶	۱/۰۳	۱/۰۹	۱/۱۹	۱/۲۰	۱/۲۲	۱/۱۶	۱/۰۳	۰/۹۷	۰/۸۸	۰/۸۶
۳۴	۰/۸۸	۰/۸۵	۱/۰۳	۱/۰۹	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۲۲	۱/۱۶	۱/۰۳	۰/۹۷	۰/۸۷	۰/۸۶
۳۵	۰/۸۷	۰/۸۵	۱/۰۳	۱/۰۹	۱/۲۱	۱/۲۱	۱/۲۳	۱/۱۶	۱/۰۳	۰/۹۷	۰/۸۶	۰/۸۵
۳۶	۰/۸۷	۰/۸۵	۱/۰۳	۱/۱	۱/۲۱	۱/۲۲	۱/۲۴	۱/۱۷	۱/۰۳	۰/۹۷	۰/۸۶	۰/۸۴
۳۷	۰/۸۶	۰/۸۴	۱/۰۳	۱/۱	۱/۲۲	۱/۲۳	۱/۲۵	۱/۱۷	۱/۰۳	۰/۹۷	۰/۸۵	۰/۸۳
۳۸	۰/۸۵	۰/۸۴	۱/۰۳	۱/۱	۱/۲۳	۱/۲۴	۱/۲۵	۱/۱۸	۱/۰۴	۰/۹۶	۰/۸۴	۰/۸۳
۳۹	۰/۸۵	۰/۸۴	۱/۰۳	۱/۱۱	۱/۲۳	۱/۲۴	۱/۲۶	۱/۱۸	۱/۰۴	۰/۹۶	۰/۸۴	۰/۸۲
۴۰	۰/۸۴	۰/۸۳	۱/۰۳	۱/۱۱	۱/۲۴	۱/۲۵	۱/۲۷	۱/۱۹	۱/۰۴	۰/۹۶	۰/۸۳	۰/۸۱
۴۱	۰/۸۳	۰/۸۳	۱/۰۳	۱/۱۱	۱/۲۵	۱/۲۶	۱/۲۷	۱/۱۹	۱/۰۴	۰/۹۶	۰/۸۲	۰/۸۰
۴۲	۰/۸۲	۰/۸۳	۱/۰۳	۱/۱۲	۱/۲۶	۱/۲۷	۱/۲۸	۱/۲۰	۱/۰۴	۰/۹۵	۰/۸۲	۰/۷۹
۴۳	۰/۸۱	۰/۸۲	۱/۰۲	۱/۱۲	۱/۲۶	۱/۲۸	۱/۲۹	۱/۲۰	۱/۰۴	۰/۹۵	۰/۸۱	۰/۷۷
۴۴	۰/۸۱	۰/۸۲	۱/۰۲	۱/۱۳	۱/۲۷	۱/۲۹	۱/۳۰	۱/۲۰	۱/۰۴	۰/۹۵	۰/۸۰	۰/۷۶
۴۵	۰/۸	۰/۸۱	۱/۰۲	۱/۱۳	۱/۲۸	۱/۲۹	۱/۳۱	۱/۲۱	۱/۰۴	۰/۹۴	۰/۷۹	۰/۷۵
۴۶	۰/۷۹	۰/۸۱	۱/۰۲	۱/۱۳	۱/۲۹	۱/۳۱	۱/۳۲	۱/۲۲	۱/۰۴	۰/۹۴	۰/۷۹	۰/۷۴
۴۷	۰/۷۷	۰/۸۰	۱/۰۲	۱/۱۴	۱/۳۰	۱/۳۲	۱/۳۳	۱/۲۲	۱/۰۴	۰/۹۳	۰/۷۸	۰/۷۳
۴۸	۰/۷۶	۰/۸۰	۱/۰۲	۱/۱۴	۱/۳۱	۱/۳۳	۱/۳۴	۱/۲۳	۱/۰۵	۰/۹۳	۰/۷۷	۰/۷۲
۴۹	۰/۷۵	۰/۷۹	۱/۰۲	۱/۱۴	۱/۳۲	۱/۳۴	۱/۳۵	۱/۲۴	۱/۰۵	۰/۹۳	۰/۷۶	۰/۷۱
۵۰	۰/۷۴	۰/۷۸	۱/۰۲	۱/۱۵	۱/۳۳	۱/۳۶	۱/۳۷	۱/۲۵	۱/۰۶	۰/۹۲	۰/۷۶	۰/۷۰

ماه	درجه حرارت	شاخص حرارتی ماهانه	تبخیروتعرق پتانسیل(میلی‌متر)	ضریب تبخیر	تبخیراصلاح شده (میلی‌متر)
ژانویه	۲/۱	۰/۲۷	۲/۸	۰/۹۰	۲/۵
فوریه	۴/۲	۰/۷۷	۸/۲	۰/۸۷	۷/۱
مارس	۸/۹	۲/۳۹	۲۵/۶	۱/۰۳	۲۶/۴
آوریل	۱۳/۳	۴/۴۰	۴۷/۲	۱/۰۸	۵۱/۰
مه	۱۹/۳	۷/۷۳	۸۳/۲	۱/۱۸	۹۸/۲
ژوئن	۲۳/۹	۱۰/۶۸	۱۱۵/۲	۱/۱۷	۱۳۴/۸
ژوئیه	۲۵/۰	۱۱/۴۴	۱۲۳/۴	۱/۲۰	۱۴۸/۱
اوت	۲۳/۹	۱۰/۶۸	۱۱۵/۲	۱/۱۴	۱۳۱/۳
سپتامبر	۲۱/۰	۸/۷۸	۹۴/۶	۱/۰۳	۹۷/۴
اکتبر	۱۴/۹	۵/۲۲	۵۶/۱	۰/۹۸	۵۵/۰
نوامبر	۸/۵	۲/۲۳	۲۳/۹	۰/۸۹	۲۱/۳
دسامبر	۴/۱	۰/۷۴	۷/۹	۰/۸۸	۶/۹
جمع		۶۵/۳۳			۷۸۰

ژانویه

$$\alpha = (0.675\, I^3 - 77.1\, I^2 + 17920\, I + 492390) \times 10^{-6} = 1.522$$

به نام خدا

جلسه سوم حل تمرین هیدرولوژی

خصوصیات حوضه های آبریز

● مثال ۱۲-۱

در یک حوضه آبریز به مساحت ۲۲ کیلومترمربع تعداد انشعابات رده‌های مختلف به شرح زیر اندازه‌گیری شده است. نسبت انشعاب و تراکم شبکه رودخانه‌ها را بدست آورید.

شمارهٔ ردهٔ انشعابات	۱	۲	۳	۴	۵
تعداد انشعابات	۱۵۰	۴۶	۱۲	۵	۱
طول آبراهه (km)	۲۷	۱۷	۸	۴	۲

حل

الف ـ نسبت انشعاب

$$BR = \frac{1}{5-1}\left(\frac{150}{46} + \frac{46}{12} + \frac{12}{5} + \frac{5}{1}\right)$$

$$BR = 3.6$$

ب ـ تراکم شبکه رودخانه‌ها

$$\mu = \frac{\Sigma L_i}{A}$$

$$\mu = \frac{27 + 17 + 8 + 4 + 2}{22} = \frac{58}{22} = 2.63 \text{ km/km}^2$$

$$\mu = 2.63 \text{ km/km}^2$$

تراکم رودخانه‌ای را می‌توان برای هر رده نیز تعریف کرد بطوریکه اگر N_s تعداد آبراهه‌های یک رده مشخص و A مساحت حوضه باشد تراکم رودخانه‌ای آن داده (D_s) برابر $D_s=\frac{N_s}{A}$ خواهد بود.

● مثال ۱۲-۳

باتوجه به ارقام مثال ۱۲-۱ نسبت انشعاب را با استفاده از معادله ۱۲-۳ محاسبه کنید.

حل

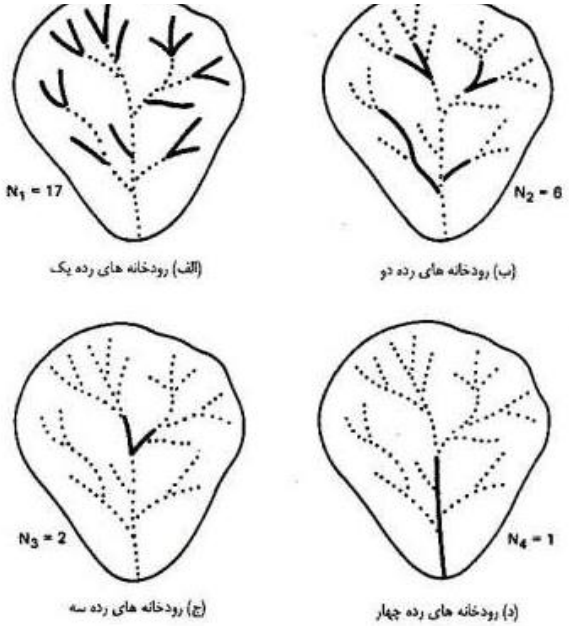
$$BR = \text{Antilog}\left(\frac{\log(150) - \log(1)}{5-1}\right)$$

$$BR = 3.5$$

مشاهده می‌شود که مقدار عدد محاسبه شده با این فرمول با آنچه از فرمول ۱۲-۲ بدست می‌آید نسبتاً مطابقت دارد.

● **مثال ۱۲-۲**

در شکل زیر (۱۲-۹) نسبت انشعاب را محاسبه کنید.



(الف) رودخانه های رده یک

(ب) رودخانه های رده دو

(ج) رودخانه های رده سه

(د) رودخانه های رده چهار

شکل ۱۲-۹

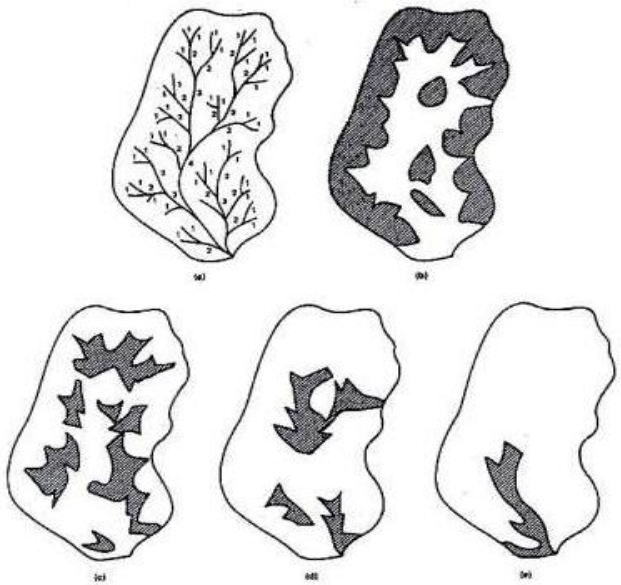
حل

$$BR = \left(\frac{n_1}{n_2} + \frac{n_2}{n_3} + \frac{n_3}{n_4}\right)\left(\frac{1}{4-1}\right)$$

$$BR = \left(\frac{17}{6} + \frac{6}{2} + \frac{2}{1}\right)\frac{1}{3} = 2.61$$

● مثال ۱۲-۴

شکل زیر مربوط به یک حوضه آبریز می‌باشد که در آن رده بندی رودخانه انجام و شماره رده هر رودخانه روی آن نوشته شده است (قسمت a). در قسمت b مساحت متعلق به آبراهه‌های رده یک با هاشور مشخص گردیده‌اند. در شکل‌های c، d و e نیز مساحت مربوط به آبراهه‌های رده‌های ۲ و ۳ و ۴ مشخص شده‌اند. قانون تعداد آبراهه‌ها، طول آبراهه‌ها و مساحت آبراهه‌ها را برای این حوضه بدست آورید.



حل

الف- قانون کلی تعداد آبراهه (معادله ۱۲-۴) بصورت زیر است:

$$N_u = (BR)^{k-u}$$

BR نسبت انشعاب می‌باشد که بصورت زیر تعیین می‌گردد:

38 = تعداد آبراهه‌های رده یک

16 = تعداد آبراهه‌های رده دو

4 = تعداد آبراهه‌های رده سه

1 = تعداد آبراهه‌های رده چهار

$$BR = \frac{1}{4-1}\left(\frac{38}{16} + \frac{16}{4} + \frac{4}{1}\right) = 3.46$$

$k = 4$

k = شماره بالاترین رده یا ۴ می‌باشد.

u = شماره رده مورد نظر است. بنابراین عملاً فرمول تعداد آبراهه‌ها برای حوضه به

صورت زیر می‌باشد:

$N_u = (3.41)^{4-u}$

ب – قانون طول آبراهه‌ها با توجه به فرمول زیر بدست می‌آید:

$L_i = \bar{L}_1 n^{i-1}$

با اندازه‌گیری طول آبراهه‌ها خواهیم داشت:

متوسط طول آبراهه‌های رده یک = 1.86 Km

متوسط طول آبراهه‌های رده دو = 2.79 Km

متوسط طول آبراهه‌های رده سه = 6.42 Km

متوسط طول آبراهه‌های رده چهار = 12.0 Km

$n = (\frac{12}{6.42} + \frac{6.42}{2.79} + \frac{2.79}{1.86}) \frac{1}{3} = 1.88$

$L_1 = 1.86$

$L_i = \bar{L}_1 (n)^{i-1}$

$\bar{L}_i = 1.86(1.88)^{i-1}$

ج – قانون مساحت آبراهه ها

$A_i = \bar{A}_1 (r_a)^{i-1}$

با اندازه‌گیری و پلانی متری مساحت‌های مربوط به هر رده و تقسیم آن بر تعداد آبراهه‌های همان رده متوسط مساحت برای هر رده عبارت است از:

متوسط مساحت مربوط به آبراهه‌های رده یک = 4.1 Km^2

متوسط مساحت مربوط به آبراهه‌های رده دو = 4.4 Km^2

متوسط مساحت مربوط به آبراهه‌های رده سه = 9.1 Km^2

متوسط مساحت مربوط به آبراهه‌های رده چهار = 18.1 Km^2

$r_a = (\frac{18.1}{9.1} + \frac{9.1}{4.4} + \frac{4.4}{4.1}) \frac{1}{3}$

$r_a = 1.7$

$\bar{A}_i = \bar{A}_1 (1.7)^{i-1}$

$\bar{A}_i = 4.1 (1.7)^{i-1}$

● مثال ۱۲-۵

مساحت یک حوضهٔ آبریز ۳۵ کیلومتر مربع و محیط آن ۳۰ کیلومتر است. عرض و طول مستطیل معادل آن چقدر است؟

ضریب گراویلیوس $= C = \frac{0.28(30)}{\sqrt{35}} = 1.42$

$$L = \frac{1.42\sqrt{35} + \sqrt{[(1.42)^2(35) - 1.2544(35)]}}{1.12}$$

$L = 12.1 \approx 12$

$$B = \frac{1.42\sqrt{35} - \sqrt{[(1.42)^2(35) - 1.2544(35)]}}{1.12}$$

$B = 2.9 \approx 3$

$$C = \frac{0.28\ P}{\sqrt{A}}$$

$$L = \frac{C\sqrt{A} + \sqrt{(C^2A - 1.2544\ A)}}{1.12}$$

$$B = \frac{C\sqrt{A} - \sqrt{(C^2A - 1.2544\ A)}}{1.12}$$

از رابطه ساده $B=A/L = 35/12.1 = 2.9$ نیز می‌توان عرض مستطیل معادل را بدست آورد.

tion here. •

$$SF = \frac{L^2}{A}$$

SF = 144/35 = 4.11

$$FF = \frac{A}{L^2}$$

$$FF = \frac{35}{144} = 0.24$$

$$R_e = \frac{2}{L_m}\left(\frac{A}{\pi}\right)^{0.5}$$

$$R_E = \frac{2}{12}\left(\frac{35}{3.14}\right)^{0.5} = 0.5$$

● مثال ۱۲-۷

اگر معادله گرادیان بارندگی نسبت به ارتفاع در منطقه‌ای که حوضه مربوط به شکل ۱۲-۱۶ در آن واقع شده است بصورت $P = 125 + 0.2H$ باشد (در این فرمول P بارندگی سالانه (mm) و H ارتفاع (m) است)، متوسط بارندگی در این حوضه چقدر تخمین زده می‌شود.

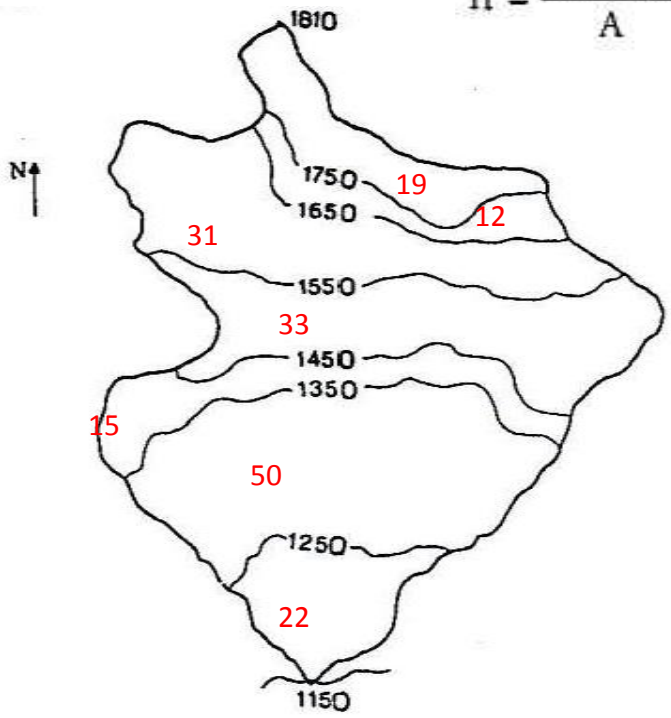
حل

$$H = \frac{22[(1150 + 1250)/2] + 50[(1250 + 1350)/2] + \ldots + 19[(1750 + 1810)/2]}{182}$$

$$P = 125 + 0.2(1460)$$

$$P = 417 \text{ mm}$$

$$\bar{H} = \frac{\Sigma(a \times H)}{A}$$

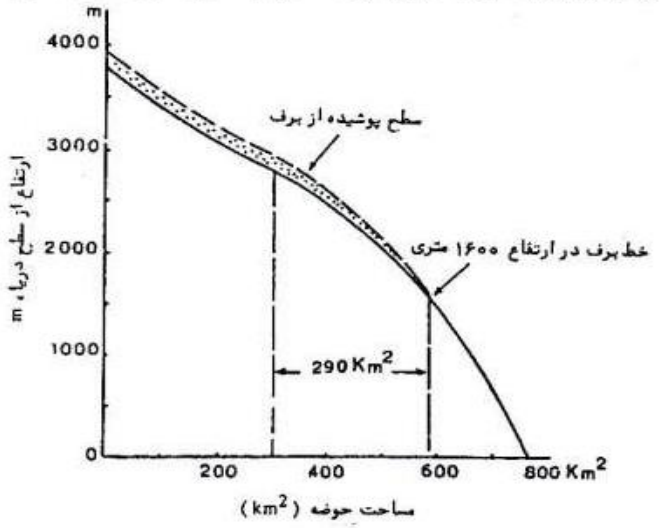


شکل ۱۲-۱۶ خطوط تراز در محدوده حوضه آبریز

● **مثال ۱۲-۸**

در یک حوضهٔ آبریز منحنی هیپسومتری مطابق شکل ۱۲-۲۰ رسم شده است. در این حوضه در روز ۱۷ فروردین خط برف در ارتفاع ۱۶۰۰ متری قرار گرفته است (یعنی در روز مذکور کلیهٔ ارتفاعات بالاتر از ۱۶۰۰ متر پوشیده از برف بوده است). در ارتفاع ۲۰۰۰ متری این حوضه یک ایستگاه هواشناسی وجود دارد که در آن متوسط دما در روز ۱۷ فروردین ۷ درجه سلسیوس بوده است. اگر کاهش دما (افتاهنگ واقعی) به ازای هر ۱۰۰ متر یک درجهٔ سانتی‌گراد و ضریب ذوب برف ۰/۳ میلی‌متر برای هر درجه ـ روز باشد، دبی سیلاب حاصله از ذوب برف را محاسبه کنید.

چون ایستگاه واقع در ارتفاع ۲۰۰۰ متری متوسط دما را ۷ درجه نشان می‌دهد هرچه از آن پایین برویم متوسط دما بیشتر از ۷ درجه و هرچه از آن بالا برویم دما کمتر از ۷ خواهد بود. خط برف در ۱۶۰۰ متری واقع است و فاصلهٔ عمودی این خط تا ایستگاه هواشناسی ۴۰۰ متر (۴۰۰ = ۱۶۰۰ - ۲۰۰۰) است. لذا به ازاء ۴۰۰ متر دمای هوا ۴°C افزایش یافته است و در خط برف در روز ۱۷ فروردین متوسط دما ۱۱°C=۴+۷ خواهد بود. در ضمن اگر از ارتفاع ۲۰۰۰ متری به اندازهٔ ۷۰۰ متر بالا برویم (ارتفاع ۲۷۰۰=۷۰۰+۲۰۰۰) متوسط دما در روز مذکور در آن نقطه به صفر می‌رسد. بدین ترتیب تاارتفاع ۲۷۰۰ متری که دما بالاتر از صفر است برف ذوب خواهد شد و از ارتفاع ۲۷۰۰ متری به بالا چون متوسط دمای روزانه کمتر از صفر است برف ذوب نمی‌شود. از روی شکل وسعتی از حوضه که پوشیده از برف بوده و در آن برف ذوب



شکل ۱۲-۲۰

می‌شود ۲۹۰ کیلومتر مربع است. در این منطقه ۲۹۰ کیلومترمربعی دما در پایین‌ترین قسمت آن ۱۱ °C و در بالاترین قسمت آن صفر است. لذا میانگین دمای روز ۱۷ فروردین در سطحی از برف که در حال ذوب شدن است ۵/۵ °C است. چون آستانه ذوب برف صفر درجه است تعداد درجه ـ روز در ۱۷ فروردین ۵/۵ می‌باشد (۵/۵=۰-۵/۵) که به ازاء آن برف ذوب خواهد شد.

اگر ضریب ذوب برف را ۰/۳ میلی‌متر برای هر درجه روز در نظر بگیریم مقدار حجم آب حاصله در یک روز برابر ۴۷۸۵۰۰ متر مکعب و دبی حاصله از آن ۵/۵ متر مکعب در ثانیه است زیرا:

$$\left(\frac{0.3}{1000}\right)(5.5)(290 \times 10^6) = 478500 \text{ m}^3$$

$$\frac{478500}{86400} = 5.5 \text{ m}^3/\text{sec}$$

● **مثال ۱۲-۹**

نقشهٔ یک حوضهٔ آبریز با خطوط تراز ۵۰ متری شبکه‌بندی شده است. مجموع طول خطوط افقی شبکه که در داخل حوضه قرار می‌گیرد ۸۵۹۰۰ متر و طول خطوط قائم آن ۷۰۱۰۰ متر است. تعداد تقاطع خطوط افقی شبکه با منحنی‌های تراز ۸۳ و تعداد تلاقی خطوط عمودی با منحنی‌های تراز ۱۰۱ می‌باشد، شیب متوسط حوضه را محاسبه کنید.

حل

$$\text{شیب در جهت شرقی - غربی (٪)} = \frac{(83)(50)}{85900} \times 100 = 4.83$$

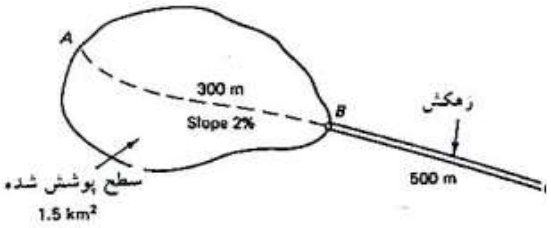
$$\text{شیب شمالی - جنوبی (٪)} = \frac{101 \times 50}{70100} \times 100 = 7.20$$

$$\text{شیب متوسط (٪)} = \frac{4.83 + 7.20}{2} = 6$$

$$S = (H.\ \Sigma L)/A \qquad S = (H_{max} - H_{min}) / \sqrt{A}$$

● مثال ۱۲-۱۰

در یک حوضه آبریز شهری (urbanized watershed) که تصویر آن در شکل ۱۲-۲۸ نشان داده شده است. زمان تمرکز را تا نقطه C با روشهای مختلف بدست آورید. متوسط سرعت حرکت آب در زه‌کش یک متر در ثانیه و معادله شدت - مدت بارندگی بصورت $i = \frac{131.1}{t + 19}$ می‌باشد که در آن: t = مدت بارش بر حسب دقیقه و i = شدت باران برحسب اینچ در ساعت است.



شکل ۱۲-۲۸

- سطوح صاف r = 0.02
- خاکهای لخت و متراکم r = 0.10
- خاکهای با پوشش گیاهی کم r = 0.30
- مراتع معمولی و فقیر r = 0.40
- مراتع با پوشش خوب r = 0.80

حل

- با استفاده از روش کربای (معادله ۱۲-۲۷) برای سطوح صاف

$r = 0.02$

$H = \text{شیب} \times \text{فاصله} = \left(\frac{2}{100}\right)(300) = 6m$

$$t_c = 3.03\left(\frac{r L^{1.5}}{H^{0.5}}\right)^{0.467}$$

$$t_c = 3.03\left[\frac{0.02(0.3)^{1.5}}{6^{0.5}}\right]^{0.467}$$

$t_c = 0.138$ hr $= 8.3$ min

- با استفاده از روش برانسبای ـ ویلیامز (معادله ۱۲-۲۸).

$$t_c = \frac{0.96(0.3)^{1.2}}{(6)^{0.2}(1.5)^{0.1}}$$

$$t_c = \frac{0.96\, L^{1.2}}{H^{0.2}\, A^{0.1}}$$

$t_c = 0.152$ hr $= 9.1$ min

- با استفاده از معادله سازمان هوانوردی امریکا (معادله ۱۲-۲۹). اگر ضریب رواناب را برابر ۰/۹ درنظر بگیریم ($C = 0.9$).

$$t_c = 3.64\left[\frac{(1.1 - 0.9)(0.3)^{0.83}}{(6)^{0.33}}\right]$$

$t_c = 0.148$ hr

$t_c = 8.9$ min

$$t_c = \frac{3.64\,(1.1 - C)L^{0.83}}{H^{0.33}}$$

- با روش ایزارد (معادله ۱۲-۲۶) ابتدا شدت بارندگی را بدست می‌آوریم برای این کار لازم

است مدت بارندگی که برابر زمان تمرکز حوضه باشد داشته باشیم. اگر زمان تمرکز را ۱۵ دقیقه در نظر بگیریم:

$$i = \frac{131.1}{t + 19}$$

$$i = \frac{131.1}{15 + 19} = 3.85 \text{ in/hr}$$

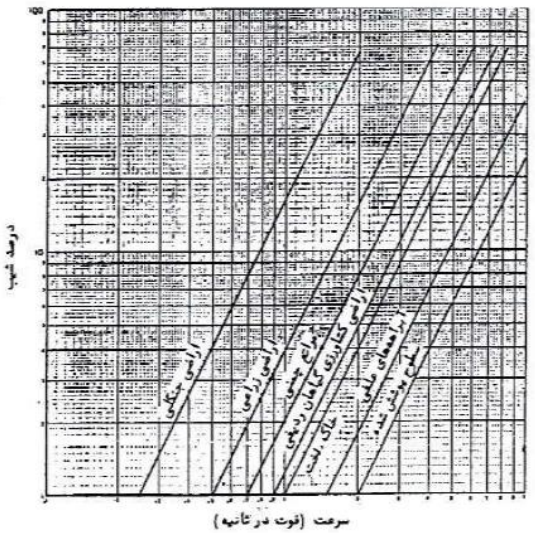
$$i = = 98 \text{ mm/hr}$$

$$t_c = \frac{(0.024\, i^{0.33} + 878\, K/i^{0.67})L^{0.67}}{(CH^{0.5})^{0.67}}$$

شرط استفاده از این روش آنست که اگر i.L را محاسبه کنیم کمتر از ۳/۸ باشد.

$$i.L = 98(0.3) = 29.4 > 3.8$$

لذا با فرض $t = 15$ min معادله ایزارد کاربرد ندارد هرچه t راکوچکتر بگیریم i بزرگتر و در نتیجه i.L بزرگتر خواهد بود لذا این معادله در مورد اخیر کاربرد ندارد. در روش ایزارد لازم می‌شود که با سعی و خطا آ



- با استفاده ا ضریب زبری
مانینگ 0.011 جریان ورقه‌ای
محاسبه می‌ش

$$t_1 = \frac{0.007[0.0}{(3.5)^{0.5}(}$$

$$t_1 = 0.047 \text{ hr}$$

$$t_1 = 2.8 \text{ min}$$

بدین ترتیب ا س از آن حالت
آبراهه‌ای بخو ۲/۸ فوت در
ثانیه (۰/۸۵ ، تر آن بصورت
آبراهه‌ای طی

$$L = 300 - \frac{}{3}$$

$$L = 208.6 \text{ m}$$

که ۳/۲۸۱ ضریب تبدیل متر و فوت می‌باشد. بنابراین زمان لازم برای طی این فاصله ۴/۱ دقیقه است. زیرا:

$$t_{t2} = \frac{208.6}{0.85} = 245.4 \text{ sec}$$

$$t_{t2} = 4.1 \text{ min}$$

در نتیجه زمان تمرکز یا زمانی که آب سطح حوضه را طی کند برابر ۶/۹ دقیقه خواهد بود زیرا:

$t_c = 2.8 + 4.1$

$t_c = 6.9$ min

اگر جریان رواناب مسیر ۵۰۰ متری کانال انتقال بعد از حوضه را با سرعتی معادل یک متر در ثانیه طی کند زمان طی جریان در این قسمت از مسیر ۸/۳ دقیقه است.

$$t_t = \frac{\text{طول کانال}}{\text{سرعت}} = \frac{500}{1} = 500$$

$t_t = 500$ sec $= 8.3$ min

که اگر مقدار ۸/۳ دقیقه به اعداد محاسبه شده قبلی اضافه شوند زمان تمرکز تا نقطه C به‌روشهای مختلف بین ۱۵/۲ تا ۱۷/۴ دقیقه خواهد بود. زیرا کوچکترین مقدار محاسبه شده ۶/۹ دقیقه (۱۵/۲=۸/۳+۶/۹) و بزرگترین مقدار محاسبه شده ۹/۱ دقیقه (۱۷/۴=۸/۳+۹/۱) بوده است.

● **مثال ۱۲-۱۱**

در یک حوضه آبریز CN=70 ، طول رودخانه اصلی ۶۴۰۰ فوت شیب آن ۴ درصد است. زمان تمرکز این حوضه چقدر تخمین زده می‌شود.

حل

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

$$S = \frac{1000}{70} - 10 = 4.28 \text{ inch}$$

$$t_{lag} = \frac{(6400)^{0.8}(4.28 + 1)^{0.7}}{1900(4)^{0.5}}$$

$t_{lag} = 0.94$ hr

$t_c = 1.67\ (0.94)$

$t_c = 1.56$ hr

$$t_{lag} = \frac{L^{0.8}\,(S + 1)^{0.7}}{1900\, y^{0.5}}$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

● **مثال ۱۲-۱۲**

در یک حوضهٔ آبریز که اراضی آن مرتعی با پوشش متوسط می‌باشد آزمایش نفوذپذیری به عمل آمده و نفوذپذیری ۴ میلی‌متر در ساعت گزارش شده است. برای بارانی که در اوایل تابستان رخ می‌دهد مقدار CN را برآورد کنید.

حل

باتوجه به جدول ۱۲-۳ حوضه از نظر نفوذپذیری در گروه B قرار می‌گیرد مقدار CN برای شرایط متوسط در مراتع طبیعی متوسط ۶۹ می‌باشد، از جدول ۱۲-۵ برای شرایط رطوبتی خاک خشک (اوایل تابستان) CN از ۶۹ (حدود ۷۰) به ۵۱ تصحیح می‌شود. لذا CN = ۵۱.

● **مثال ۱۲-۱۳**

در یک حوضهٔ آبریز ۴۰ درصد اراضی را پوشش جنگلی خوب و ۶۰ درصد دیگر را اراضی مسکونی تشکیل می‌دهد. در هر کدام از این پوششها ۷۵ درصد خاکهای حوضه درگروه هیدرولوژیکی B و ۲۵ درصد دیگر در گروه C قرار می‌گیرد. متوسط CN را حساب کنید.

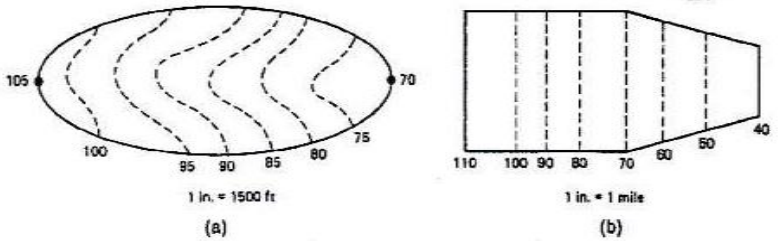
حل

نوع پوشش	گروه هیدرولوژیک خاک	مساحت	CN
جنگلی	B	0.4(0.75)=0.3	55
جنگلی	C	0.4(0.25)=0.1	70
مسکونی	B	0.6(0.75)=0.45	85
مسکونی	C	0.6(0.25)=0.15	90

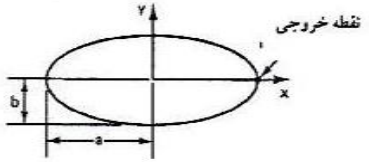
$$\overline{CN} = 0.3(55) + 0.1(70) + 0.45(85) + 0.15(90) = 75$$

مسائل

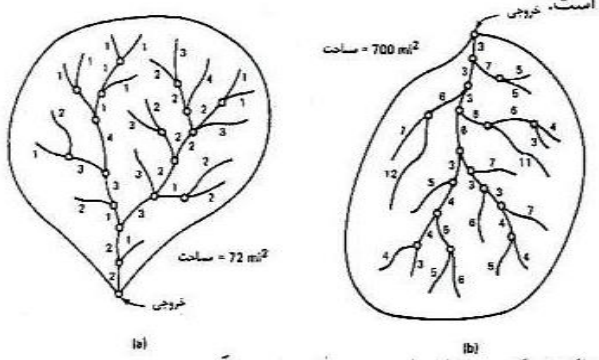
۱۲-۱ برای حوضه فرضی زیر که با مقیاس رسم شده است منحنی هیپسومتریک و پارامترهای: نسبت سطح هیپسومتریک (H_a)، عامل نیمرخ (F_p)، D_m و L_d را بدست آورید



۱۲-۲ یک حوضه آبریز به شکل بیضی و یا مشخصات زیر می‌باشد. پارامترهای شکل حوضه را بر حسب قطر بزرگ (2a) و کوچک (2b) حوضه استخراج کنید



۱۲-۳ شکلهای زیر مربوط به دو حوضه آبریز (a) و (b) می‌باشد. شبکه رودخانه برای این دو حوضه رسم شده و طول هر قسمت از مسیر آبراهه‌ها بر حسب کیلومتر روی هر یک از قطعات نوشته شده است.



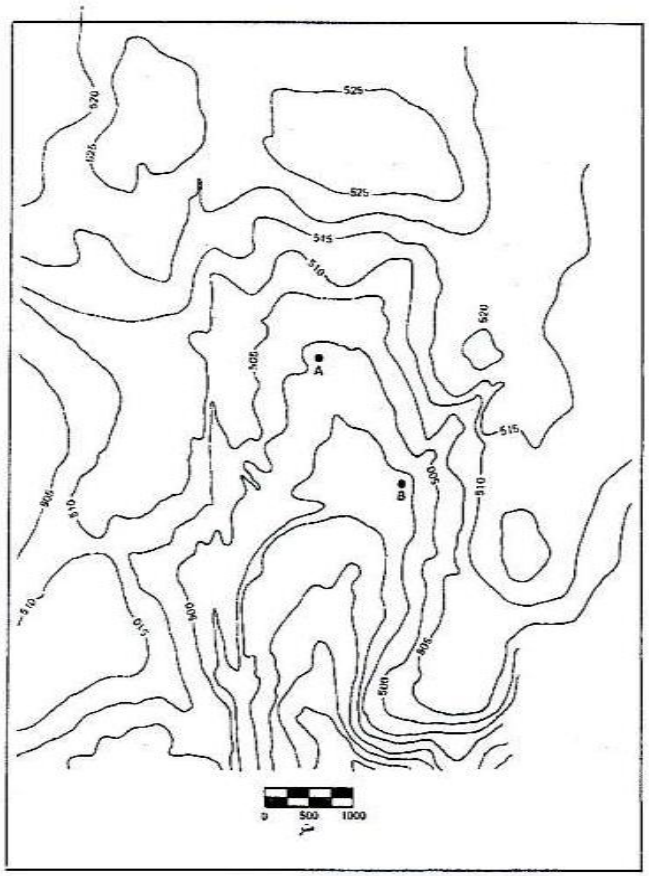
الف – تراکم شبکه رودخانه را در دو حوضه بدست آورید.

ب – شماره رده رودخانه‌ها و نسبت انشعاب را در هر کدام از حوضه محاسبه کنید.

۱۲-۴ نقشه زیرمربوط به یک حوضه آبریز است که خطوط‌تراز۵متری‌آن رسم شده است.

الف – مرز حوضه و نقطه خروجی آن را مشخص کنید.

ب - مساحت، محیط، طول حوضه و طول آبراهه اصلی را بدست آورید.
ج - ضرایب شکل حوضه را مشخص کنید.
د - منحنی‌آلتی‌متری و هیپسومتری حوضه را رسم کنید.
ه - شیب حوضه و آبراهه اصلی را بدست آورید.
و - زمان تمرکز حوضه را با روش‌هایی که می‌دانید بدست آورید.
ز - برای خصوصیات کوه -آبنگاری این حوضه یک گزارش هیدرولوژی بنویسید.



۱۲-۵ مسیر یک رودخانه را از نقطه خروجی تا بالاترین نقطه حوضه در امتداد رودخانه اصلی نقشه برداری کرده و نتایج زیر بدست آمده است.

ایستگاه	ارتفاع از سطح دریا (m)	فاصله تا نقطه خروجی (m)
1	134	0
2	141	4300
3	146	5600
4	180	7800
5	235	10400
6	242	1300

الف – پروفیل رودخانه را رسم کنید.

ب – شیب رودخانه را به روش هایی که می‌دانید بدست آورید.

۱۲–۶ نقشه یک حوضه آبریز را در منطقه خود پیدا کرده و قوانین هورتون را برای آن بدست آورید.

۱۲–۷ برای شکل ۱۲–۱۶ منحنی هیپسومتریک بی‌بعد را رسم کنید.

۱۲–۸ برای یک بارش مشخص رابطه بین نسبت انشعاب، دبی اوج و زمان رسیدن دبی به اوج در حوضه‌های مختلف چگونه است.

۱۲–۹ روش شماره منحنی معمولاً برای چه موردی استفاده می‌شود.

الف – تعیین تبخیر از یک سطح ب – تخمین رواناب پس از نفوذ

ج – تعیین حجم بارندگی د – تخمین حجم تبخیر

(جواب: ب)

۱۲–۱۰ اگر بارانی روی یک سطح پوشیده از آسفالت ببارد شماره منحنی چند در نظر گرفته می‌شود؟

الف – ۹۸ ب – ۱۴۰ ج – ۸۰ د – ۳۵

(جواب – الف)

۱۲–۱۱ روش شماره منحنی معمولاً برای چه نوع بارندگی‌هائی مناسب‌تر است:

الف – باران‌های مجزا ب – هفته‌ای ج – ماهانه د – سالانه

(جواب – الف)

۱۲–۱۲ در نظر گرفتن رطوبت اولیه خاک قبل از بارندگی در تخمین شماره منحنی در واقع در نظر گرفتن کدام حالت است.

الف – متوسط در سطح حوضه ب – کمتر از متوسط

ج – بیشتر از متوسط د – وضعیت اشباع

(جواب – الف)

۱۲–۱۳ چنانچه خاک سطح حوضه بسیار مرطوب و نزدیک اشباع باشد، شماره منحنی چند در نظر گرفته می‌شود؟

الف – ۱۰۰ ب – صفر ج – ۱۵۰ د – ۵۰

(جواب – الف)

● **مثال ۵-۴**

در حوضهٔ آبریز یک رودخانه تعداد ۴ ایستگاه اندازه‌گیری موجود است که متوسط بارندگی سالانه در این ایستگاهها به ترتیب ۸۰۰، ۶۲۰، ۴۰۰ و ۵۴۰ میلی‌متر است. اگر بخواهیم با حداکثر ۱۰ درصد اشتباه مجاز میانگین بارندگی را در این حوضه تخمین بزنیم چه تعداد ایستگاه باید داشته باشیم، در این صورت چند ایستگاه اضافی دیگر باید تأسیس شود؟

حل

$$\bar{P} = \frac{\Sigma P}{n} = \frac{800 + 620 + 400 + 540}{4} = 590 \text{ mm}$$

$$\Sigma P^2 = (800)^2 + (620)^2 + (400)^2 + (540)^2$$

$$= 1476000$$

$$\bar{P}^2 = \frac{\Sigma P^2}{n} = \frac{1476000}{4} = 369000$$

$$S = \sqrt{\frac{n}{n-1}\left[\overline{P^2} - (\bar{P})^2\right]} \qquad S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

$$S = \sqrt{\frac{4}{4-1}\left[369000 - (590)^2\right]}$$

$$S = 167$$

$$C_v = \frac{100\,S}{\bar{P}} = \frac{100\,(167)}{590} = 28.3$$

$$N = \left(\frac{C_v}{E}\right)^2 = \left(\frac{28.3}{10}\right)^2 = 8$$

● مثال ۵-۶

حداکثر بارش ۲۴ ساعته (روزانه) در یک ایستگاه هواشناسی در طی سالهای مختلف آماری به شرح زیربوده است. در این‌ایستگاه حداکثر بارش ۲۴ ساعته با دوره برگشت ۵ سال چقدر است؟

سال	بارندگی (mm)	سال	بارندگی (mm)	سال	بارندگی (mm)	سال	بارندگی (mm)
۱۳۶۱	۳۶/۵	۱۳۶۴	۸۲/۰	۱۳۶۷	۷۱/۲	۱۳۷۰	۱۸/۱
۱۳۶۲	۲۹/۰	۱۳۶۵	۲۷/۸	۱۳۶۸	۴۸/۳	۱۳۷۱	۲۹/۰
۱۳۶۳	۵۶/۲	۱۳۶۶	۲۳/۴	۱۳۶۹	۳۱/۴	۱۳۷۲	۶۵/۰

حل

چون منظور این است که بدانیم حداکثر بارش ۲۴ ساعته که هر ۵ سال یکبار اتفاق می‌افتد **چه مقدار یا بیشتر** است لذا داده‌های فوق را به ترتیب نزولی ردیف می‌کنیم و به هر کدام یک شماره اختصاص می‌دهیم (m).

ردیف	بارندگی (mm)	ردیف	بارندگی (mm)	ردیف	بارندگی (mm)	ردیف	بارندگی (mm)
۱	۸۲/۰	۴	۵۶/۲	۷	۳۱/۴	۱۰	۲۷/۸
۲	۷۱/۲	۵	۴۸/۳	۸	۲۹/۰	۱۱	۲۳/۴
۳	۶۵/۰	۶	۳۶/۵	۹	۲۹/۰	۱۲	۱۸/۱

در این جدول مشاهده می‌شود که بارانی با مقدار ۸۲/۰ میلی‌متر در صدر جدول بوده لذا احتمال وقوع بارانی که مقدار آن حداقل ۸۲ میلی‌متر باشد یک دوازدهم یا ۸/۳ درصد است بعبارت دیگر دوره بازگشت آن یکبار در ۱۲ سال است و بارانی که مقدار آن ۷۱/۲ میلی‌متر یا بیشتر باشد در هر ۱۲ سال دوبار اتفاق و یا بارانی که مقدار آن ۱۸/۱ میلی‌متر یا بیشتر باشد بر اساس ۱۲ سال آمار هر سال (یک بار در هر سال) اتفاق افتاده است. لذا بر طبق فرمول $y=T.m$ خواهیم داشت:

$y = 12$

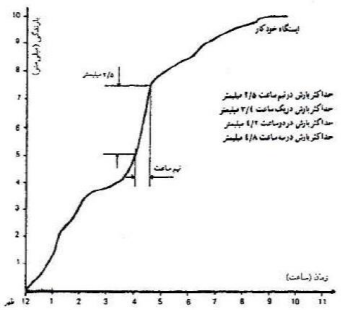
$T = 5$

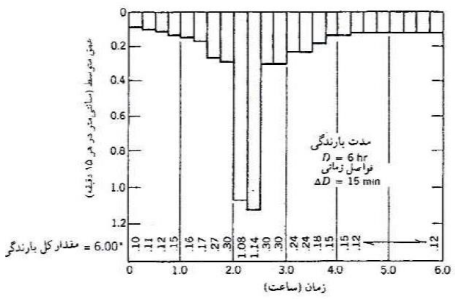
بنابراین مقدار m برابر ۲/۴ بدست می‌آید. یعنی بارانی که بخواهد هر ۵ سال یکبار اتفاق افتد در ردیف ۲/۴ قرار دارد که مقدار آن بین ردیف دوم و سوم و در حدود $\frac{۷۱/۲ + ۶۵/۰}{۲} = ۶۸/۰$ میلی‌متر می‌باشد. به عبارت دیگر هر ۵ سال یکبار وضعیتی خواهیم داشت که حداکثر مقدار بارندگی در ۲۴ ساعت، ۶۸ میلی‌متر یا بیشتر باشد. البته در عمل چون ردیف ۲/۴ نداریم برای اطمینان بیشتر رقم ردیف ۲ یعنی ۷۱/۲ میلی‌متر در نظر گرفته می‌شود. اگر خواسته باشیم مقدار بارانی راکه هر ۵ سال یکبار مشابه آن یا کمتر از آن اتفاق می‌افتد به دست آوریم باید دومین رقم از پایین (ترتیب صعودی) را درنظر می‌گرفتیم که در این صورت ۲۳/۴ میلی‌متر خواهد بود و خواهیم گفت هر ۵ سال یکبار وضعیتی خواهیم داشت که در آن حداکثر بارش روزانه ۲۳/۴ میلی‌متر یا کمتر باشد.

رسم منحنی شدت-مدت-فراوانی IDF

intensity-duration-frequency

- مرحله اول:
- از روی منحنی جرم بارش، برای هر تداوم منحنی هایتوگراف بدست می آید.





2- حداکثر شدت بارندگی هر تداوم را بدست می اوریم.
برای تدام های بعدی هم به همین شکل عمل میشود.

- 3- برای همه رخدادهای بارندگی در طول دوره آماری، حداکثر شدت های هر تداوم استخراج میشود.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	شماره رخداد	تداوم نیم ساعته	تدام یک ساعته	تدام دو ساعته	تداوم ۶ ساعته	تداوم ۱۲ ساعته	تداوم ۲۴ ساعته	تداوم ۴۸ ساعته
2	رخداد ۱	a۱	b۱	c۱				x۱
3	رخداد ۲	a۲	b۲	c۲				x۲
4	رخداد ۳	a۳	b۳	c۳				x۳
5	رخداد ۴	a۴	b۴	c۴				x۴
6	رخداد ۵	a۵	b۵	c۵				x۵
7	رخداد ۶	a۶	b۶	c۶				x۶
8	رخداد ۷	a۷	b۷	c۷				x۷
9	رخداد ۸	a۸	b۸	c۸				x۸
10	رخداد ۹	a۹	b۹	c۹				x۹
11	رخداد ۱۰	a۱۰	b۱۰	c۱۰				x۱۰
12	رخداد ۱۱	a۱۱	b۱۱	c۱۱				x۱۱

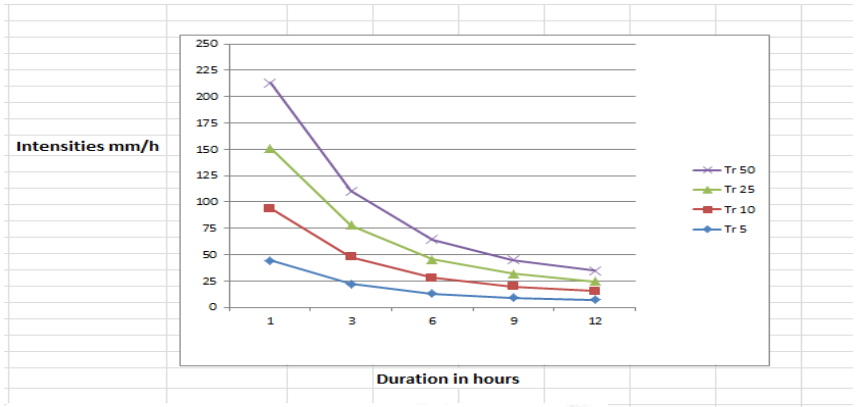
B	C	D	E	F	G	H	I	J	K

Duration in hours of the Intensities in mm/h

m	1 h	3 h	6 h	9 h	12 h	Tr	P(X>Xm)	P(X<=Xm)
1	55	31	18,8	13,1	10	16	0,0625	0,9375
2	49	25,3	14,7	10,3	8	8	0,125	0,875
3	47	23	13,5	9,1	7,3	5,33333333	0,1875	0,8125
4	44	22,7	12,3	8,6	6,7	4	0,25	0,75
5	42	20,3	11,5	8,3	6,5	3,2	0,3125	0,6875
6	41	19,7	10,8	8,1	6,3	2,66666667	0,375	0,625
7	39	18	10,7	7,8	6,2	2,28571429	0,4375	0,5625
8	39	17,7	10,5	7,4	6	2	0,5	0,5
9	36	17,7	10,2	7,1	5,6	1,77777778	0,5625	0,4375
10	33	16,7	9	6,6	5,3	1,6	0,625	0,375
11	32	16	9	6,3	5,2	1,45454545	0,6875	0,3125
12	31	13,3	9	6,1	4,9	1,33333333	0,75	0,25
13	27	12,3	7	6	4,6	1,23076923	0,8125	0,1875
14	27	11,7	6,7	4,9	4,6	1,14285714	0,875	0,125
15	19	10,7	6,3	4,4	3,7	1,06666667	0,9375	0,0625

5	INTENSITY - DURATION - FREQUENCY VALUES						
6	Return Period (years)						
7	Duration	2	5	10	25	50	100
8	(min)	(mm/hr)	(mm/hr)	(mm/hr)	(mm/hr)	(mm/hr)	(mm/hr)
9	5	117.0	156.2	182.7	215.9	240.2	264.4
10	10	72.2	96.4	112.8	133.3	148.3	163.2
11	15	54.4	72.7	85.0	100.5	111.8	123.1
12	30	33.6	44.9	52.5	62.0	69.0	76.0
13	60	20.7	27.7	32.4	38.3	42.6	46.9
14	120	12.8	17.1	20.0	23.6	26.3	29.0
15	360	5.9	8.0	9.3	11.0	12.2	13.5
16	720	3.7	4.9	5.7	6.8	7.6	8.3
17	1440	2.3	3.0	3.5	4.2	4.7	5.1
18	a	353.824	482.549	568.354	658.307	730.765	819.807
19	b	-0.08	0.04	0.08	-0.04	-0.04	0.08
20	c	0.693	0.698	0.699	0.695	0.694	0.698
21	fit	-0.999993	-0.999997	-0.999999	-1.000000	-0.999998	-0.999999

$$i = \frac{a}{(t + b)^c}$$



$$P_T^t = (0.21 \ln T + 0.52)(0.54\, t^{0.25} - 0.5)P_{10}^{60}$$

ytical Adjustmen and Curves

● **مثال ۵-۱۲**

در یک ایستگاه هواشناسی میانگین سالانه بارندگی ۲۵۰ میلی‌متر و میانگین حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته ۱۵ میلی‌متر می‌باشد. شدت باران‌های ۱۵ دقیقه این ایستگاه را با دوره برگشت ۲۵ سال تخمین بزنید.

حل

$P_{24h} = 15$ mm

$P_{year} = 250$ mm

با توجه به معادله ۵-۲۴ خواهیم داشت

$$P_{10}^{60} = 2.26\ (P_{24h})^{1.1374}\ \ (P_{year})^{-0.3072}$$

$$P_{10}^{60} = 2.24\ (15)^{1.1374}\ \ (250)^{-0.3072}$$

$$P_{10}^{60} = 8.9 \text{ mm}$$

با استفاده از فرمول ۵-۲۳ خواهیم داشت

$t = 15$ min

$T = 25$ year

$$P_{25}^{15} = [0.21\ (\ln 25) + 0.52]\ [0.54\ (15)^{0.25} - 0.5]\ 8.9$$

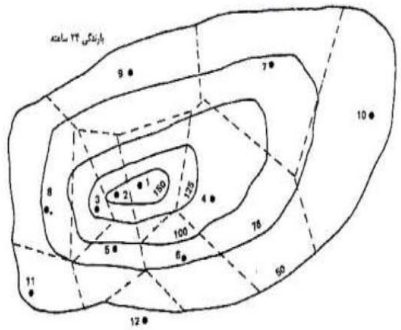
$$P_{25}^{15} = 6 \text{ mm}$$

Depth-Area-Duration Curves

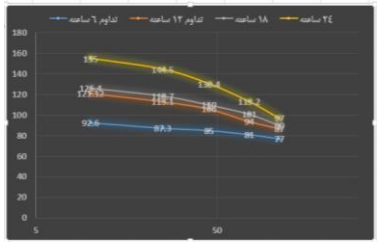
- برای رسم این منحنی باید در یک حوضه چندین ایستگاه داشته باشیم که بتوانیم داده های بارش همزمان را استخراج کنند.
- ۱- رابطه شدت – مدت – فراوانی را برای هر ایستگاه تهیه می کنیم.
- ۲- منحنی خطوط همباران منطقه را رسم می کنیم.
- ۲- با استفاده از روش تیسن متوسط وزنی حداکثر بارندگی را برای هر تداوم با دوره برگشت مشخص برای مساحت داخل هر خط هم باران

منحنی به‌طور همزمان مساحت تداوم DAD

ایستگاه	دوره برگشت ۱۰ سال			
	نیم ساعته	ساعته ۱	ساعته ۶	ساعته ۱۲
۱	a۱	b۱	c۱	e۱
۲	a۲	b۲	c۲	e۲
۳	a۳	b۳	c۳	e۳
۴	a۴	b۴	c۴	e۴
۵	a۵	b۵	c۵	e۵
۶	a۶	b۶	c۶	e۶
۷	a۷	b۷	c۷	e۷
۸	a۸	b۸	c۸	e۸
۹	a۹	b۹	c۹	e۹



	A	B	C	D	E	F
1	خط هم باران	مساحت تجمعی داخل خطوط	تداوم ۶ ساعته	تداوم ۱۲ ساعته	ساعته ۱۸	ساعته ۲۴
2	۱۵۰	۱۰	۹۲.۶	۱۲۱.۱۲	۱۲۶.۴	۱۵۵
3	۱۲۵	۲۵	۸۷.۳	۱۱۳.۱	۱۱۸.۷	۱۴۴.۵
4	۱۰۰	۴۵	۸۵	۱۰۶	۱۱۰	۱۳۰.۴
5	۷۴	۷۵	۸۱	۹۴	۱۰۱	۱۱۳.۲
6	۵۰	۱۱۰	۷۷	۸۷	۹۰	۹۷



$$\frac{\overline{P}}{P} = 1 - \frac{0.3\sqrt{A}}{t^*}$$

● مثال ۵-۱۳

می‌خواهیم عملیات جمع‌آوری آب سطحی در داخل یک شهر را بر اساس بارانهای یک ساعته و دورهٔ برگشت ۱۰ سال انجام دهیم. بررسی آمار ایستگاه هواشناسی داخل شهر باران ۶۰ دقیقه‌ای و دورهٔ برگشت ۱۰ سال را P= 25 mm به دست داده است. چنانچه سطح این شهر ۸ کیلومترمربع باشد مقدار متوسط بارندگی را روی سطح شهر محاسبه کنید (فرض شود ایستگاه باران سنجی در مرکز شهر و مرکز بارندگی بوده است).

حل

$P = 25$ mm

$A = 8$ km^2

$t^* = 5.6$

$$\frac{\overline{P}}{P} = 1 - \frac{0.3\sqrt{A}}{t^*}$$

$$\overline{P} = 25(1 - \frac{0.3\sqrt{8}}{5.6}) = 21.2 \text{ mm}$$

یلیمتر رقم ۲۱/۲ میلیمتر در نظر گرفته می‌شود.

مربوط به سطح گویند.