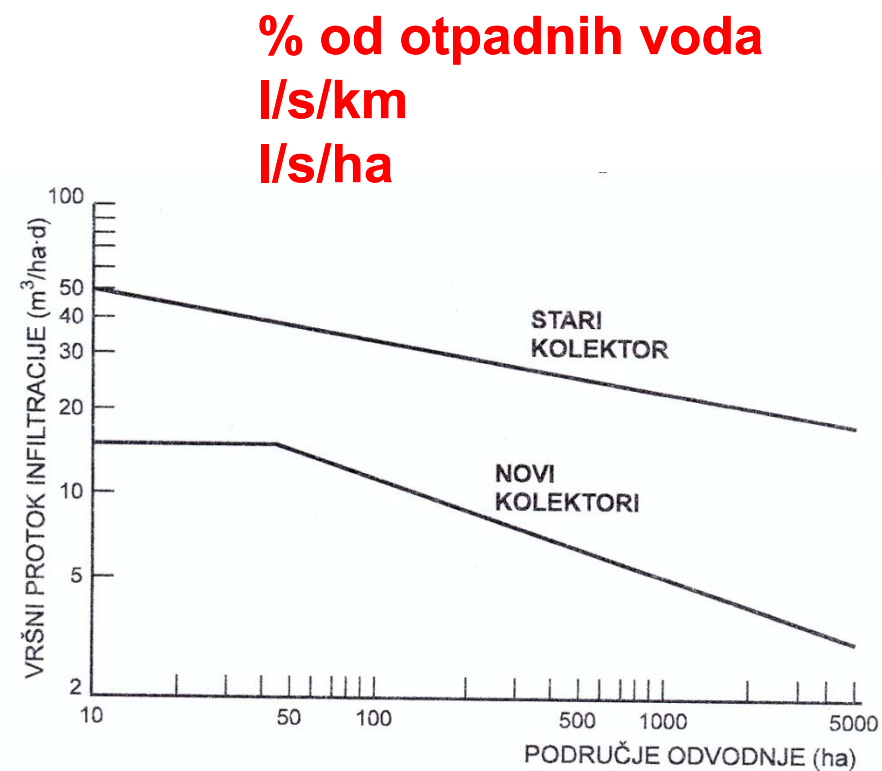


Tuđe vode

- Infiltracija
- Ilegalni priključci
- Prodor oborina (propuštanje na poklopcima)

Srednji koeficijent otjecanja	Srednje količine tuđih voda (l/s/ha)
0,15	0,25
0,30	0,40
0,50	0,75
0,60	0,90
0,70	1,05
0,80	1,20
0,90	1,35
1,00	1,50

Njemačka



SAD

Oborinske vode







OBORINSKE – ATMOSFERSKE VODE

$$Q = i_{tk,pp} \cdot F \cdot \psi \cdot \varphi \cdot \eta$$

Empirička jednadžba

Q	protok (l/s)
$I_{tk,pp}$	intenzitet oborine za trajanje oborine tk i period ponavljanja pp, (l/s/ha)
F	površina sliva (ha)
ψ	koeficijent otjecanja (1)
φ	koeficijent zakašnjenja (1)
η	koeficijent neravnomjernosti intenziteta oborine (1)

Koeficijent otjecanja

$$\psi = \frac{Q_{ot}}{Q_{ob}}$$

$$\psi_{sr} = \frac{F_1 \cdot \psi_1 + F_2 \cdot \psi_2 + \dots + F_n \cdot \psi_n}{\sum_{i=1}^n F_i}$$

Q_{ot}
 Q_{ob}

količina oborine koja otječe slivom
količina pale oborine na sliv

Karakteristike sliva	koeficijent otjecanja ψ
Stari gusto izgrađeni dio grada	0,70 – 0,90
Dio grada s blokovskom izgradnjom	0,50 – 0,70
Dijelovi grada s otvorenom izgradnjom	0,25 – 0,50
Sportska igrališta, parkovi i sl.	0,10 – 0,25
Vrtovi, livade, oranice i sl.	0,05 – 0,10
Šumske površine	0,01 – 0,10

Koeficijent neravnomjernosti intenziteta oborine

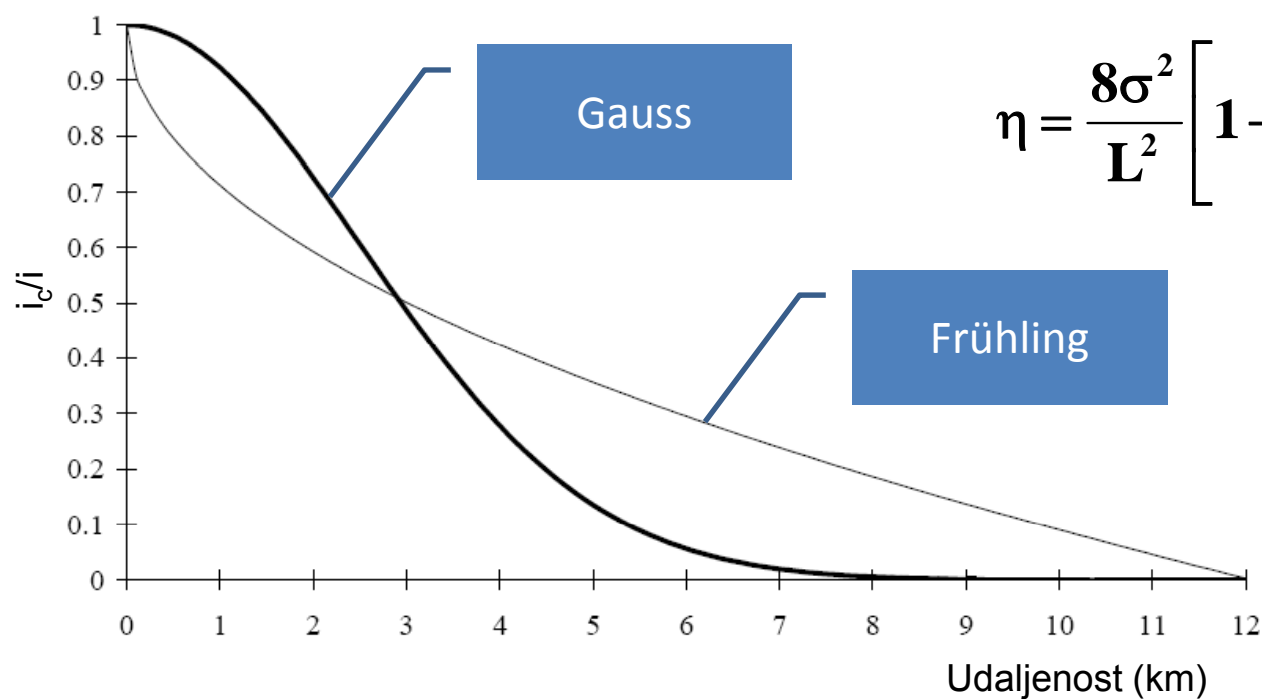
Frühling 1910 Wroclaw – Poljska

za $L = 3\text{km}$, $i = i_c/2$

$$\eta = 1 - 0,005\sqrt{L}$$

Gaussova raspodjela
Luyckx & Herftijd, 1996.
Antwerpen - Belgija

Za $\sigma = 2,5\text{km}$, $i = i_c/2$



Promjer L (m)	Površina kruga (ha)	η Frühling	η Gauss
100	0.8	0.95	1.00
200	3.1	0.93	1.00
300	7.1	0.91	1.00
400	13	0.90	1.00
500	20	0.88	1.00
600	28	0.87	1.00
700	38	0.86	1.00
800	50	0.85	0.99
900	64	0.84	0.99
1000	79	0.84	0.99
1500	177	0.80	0.98
2000	314	0.77	0.96
5000	1963	0.63	0.79
10000	7854	0.50	0.43

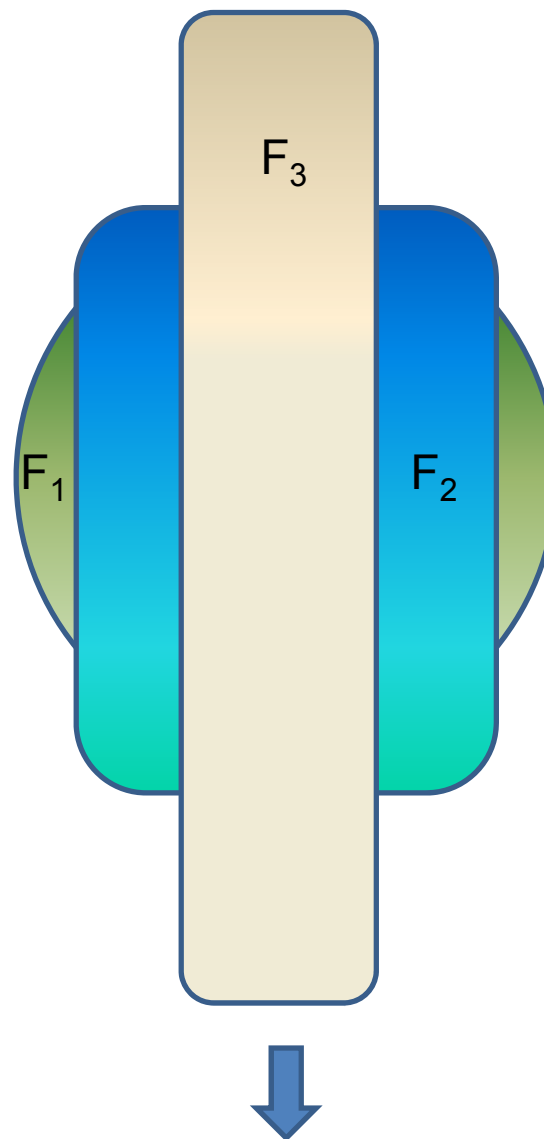
Koeficijent zakašnjenja – retardacije

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt[n]{F}}$$

F površina sliva (ha)
n koeficijent oblika sliva (1)

$F_1 - F_2 - F_3$
 $I_1 > I_2 > I_3$
 $n = 8 \dots \dots n = 4$

za $F < 2ha$, $\varphi = 1$



Period ponavljanja

**Veći period ponavljanja jamči veću sigurnost
Potrebno je iznaći kompromis između
sigurnosti i troškova, odnosno na temelju
procjene mogućih šteta odrediti primjerenu
razinu zaštite.**

Načelno:

mješoviti sustavi odvodnje $p = 1 - 3$ god.

razdjelni sustavi odvodnje $p = \frac{1}{2} - 1$ god.

**Za svaki slučaj posebno treba odrediti
premjereni p**

Preporučene učestalosti u DIN EN 752 za projektiranje (iz DIN EN 752-2, 1996.)

Učestalost mjerodavne (projektne) oborine ¹⁾	Lokacija	Učestalost plavljenja
1 u 1	Seoska područja	1 u 10
1 u 2	Područja stanovanja	1 u 20
1 u 2	Središta gradova, industrijska i komercijalna područja: s ispitivanjem plavljenja,	1 u 30
1 u 5	bez ispitivanja plavljenja	-
1 u 10	Podzemne prometne građevine, podvožnjaci	1 u 50
¹⁾ Za mjerodavnu oborinu ne smije doći do preopterećenja sustava odvodnje		

Preporučene učestalosti plavljenja za matematičku verifikaciju kod novo-planiranih i/ili obnovljenih sustava odvodnje (referentna razina je linija tla)

Lokacija	Učestalost plavljenja ¹⁾ – novo planiranog i/ili obnovljenog sustava odvodnje (jednom u “n” godina)
Seoska područja	1 u 2
Područja stanovanja	1 u 3
Središta gradova, industrijska i komercijalna područja	manje od 1 u 5
Podzemne prometne građevine, pothodnici	Manje često nego 1 u 10 ²⁾
<p>1) Ovdje se kao granica plavljenja uzima određena visinska kota nakon koje dolazi do plavljenja (obično razina poklopca na ulici)</p> <p>2) Kod plavljenja iznad razine tla u pravilu dolazi do plavljenja pothodnika osim ako ne postoje posebne mjere zaštite. Vrijednost plavljenja kako je definirana u ovoj tablici odgovara vrijednosti 1 u 50 u prethodnoj.</p>	

Racionalna jednadžba, 1889.g.

$$Q = c \cdot i \cdot A$$

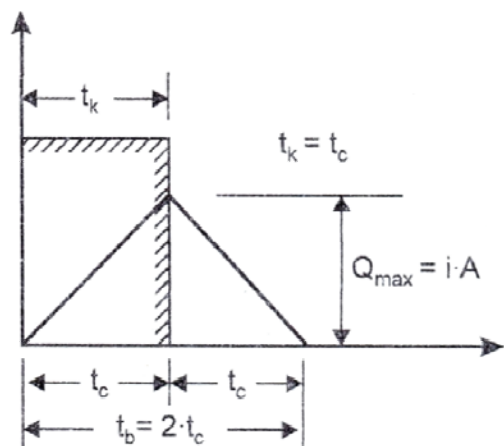
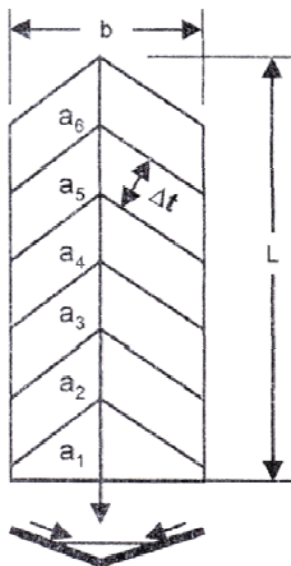
Ime potječe od racionalizacije jedinica, jer je slučajno:

1 cfs = 1,008 ac · in/h (odnosno 1 cfs = 1 ac · in/h)

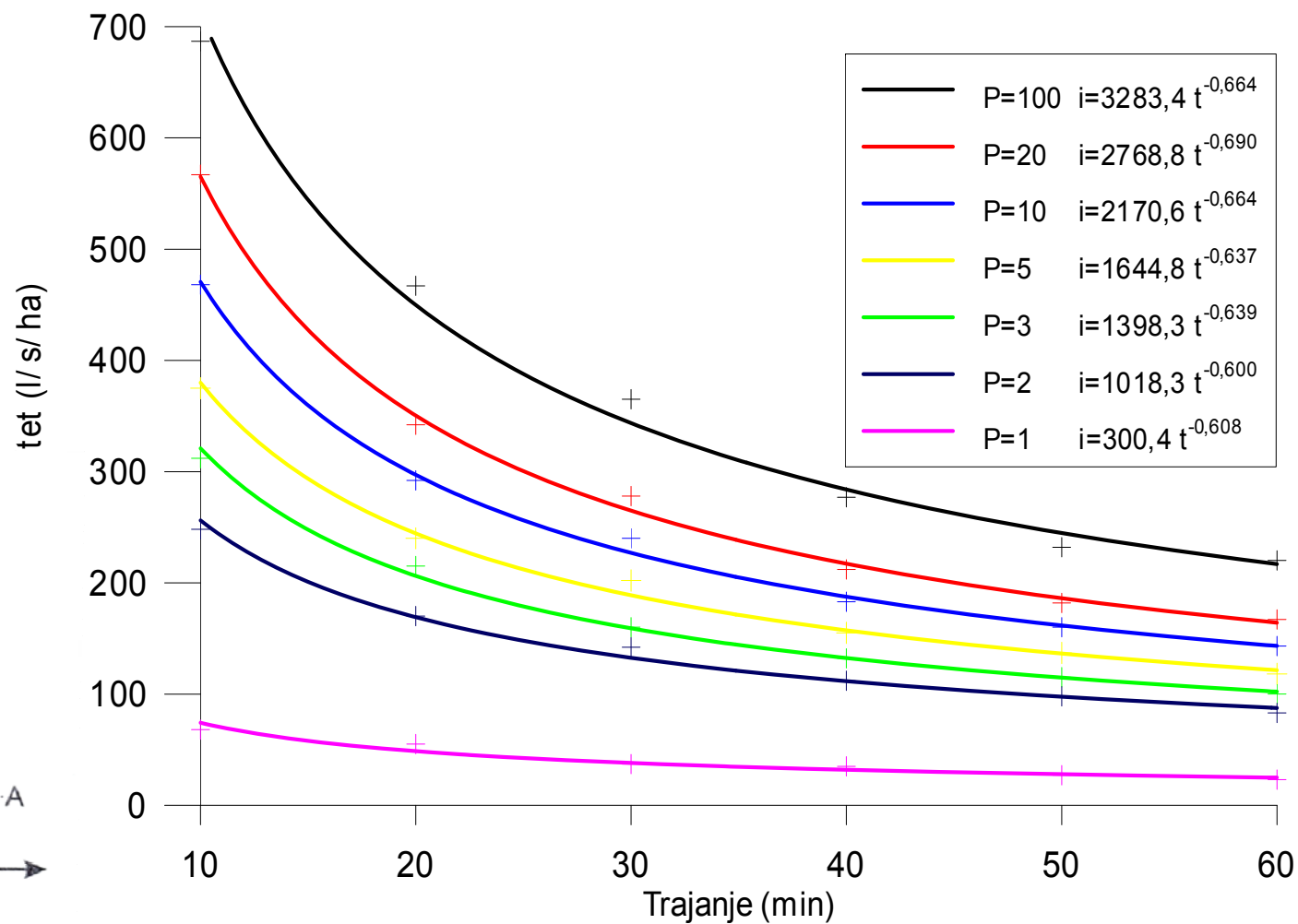
Q	maksimalni protok (l/s)
c	srednji koeficijent otjecanja (1)
i	mjerodavni intenzitet (l/s/ha)
A	površina sliva (ha)

pretpostavke:

- **intenzitet oborine jednak cijelog vremena trajanja oborine**
- **koeficijent otjecanja konstantan**
- **mjerodavno trajanje oborine jednako je vremenu dotoka iz najudaljenije točke sliva**

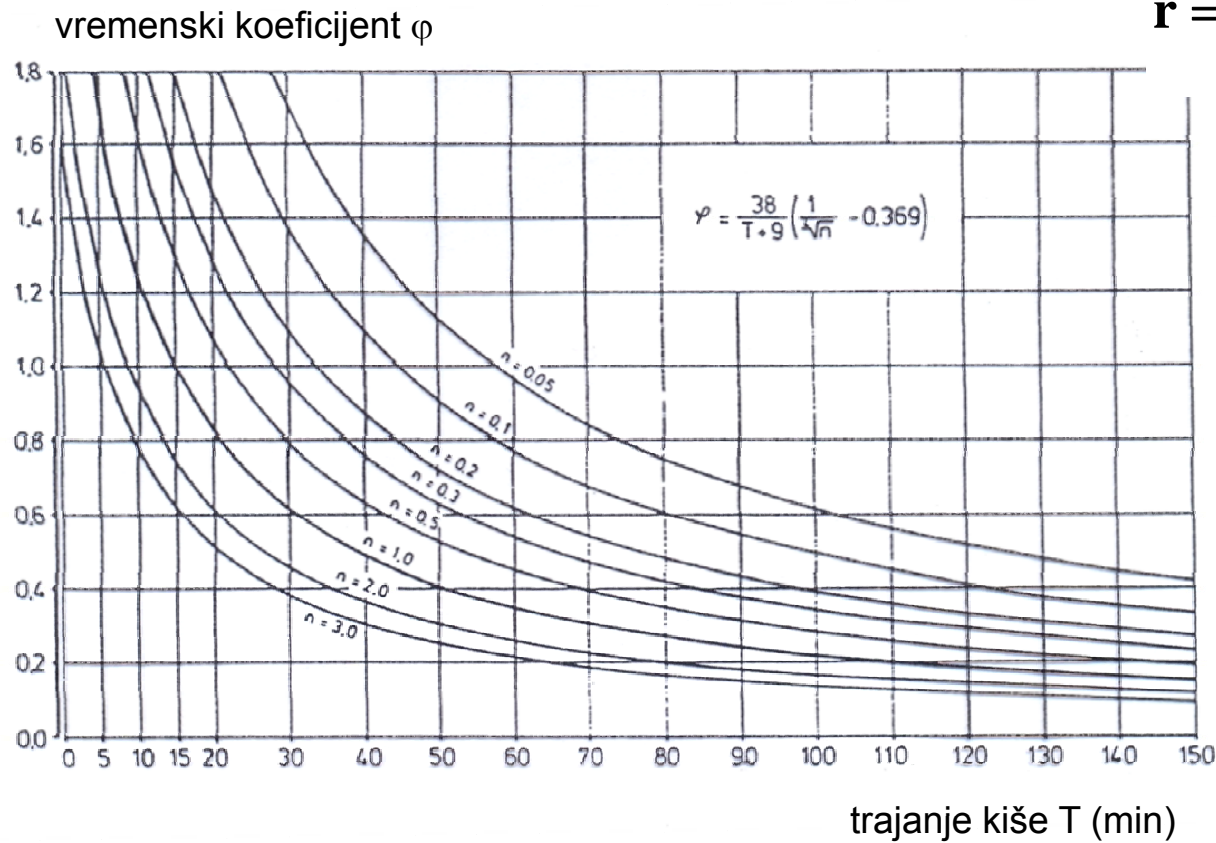


ITP krivulje za P=1 do P=100 g



ATV – A 118

Reinhold



$$r = r_{15(n)} \cdot \frac{38}{T+9} \cdot \left[\frac{1}{\sqrt[4]{n}} - 0,369 \right]$$

$$0,05 < n < 4 ; T \leq 150 \text{ min}$$

za $n = 1$:

$$r = r_{15,n} \cdot \frac{24}{t+9}$$

potrebno je za lokalitete odrediti $r_{15(1)}$

Proračun vremena koncentracije t_c

U praksi se često dio t_c koji se odnosi na otjecanje do prvog slivnika slobodno procjenjuje s vrijednostima 10, 15, 20 min.

Postoje različite formule i postupci – dobiveni rezultati se mogu bitno razlikovati

Realnije rezultate daju jednadžbe koje osim geometrije sliva uvažavaju vrstu slivne površine i karakteristike oborine.

Put vode od najudaljenije točke u slivu do proračunske, dobro je podijeliti na odsječke koje karakterizira određeni režim tečenja (plošno, plitki koncentrirani tok, rigolom, otvorenim i/ili zatvorenim kanalima – vodotocima.

Za informaciju pogledati program SMADA – TCCALC

<http://www.cee.ucf.edu/software/>

Time of Concentration Calculator ✕


Select equation(s) for the calculation of time of concentration (tc)


☒ Izzard's formula: tc = 137,6 minutes
☒ Kerby's equation: tc = 45,3 minutes
☒ Kirpich's equation: tc = 11,6 minutes
☒ Kinematic equation: tc = 229,9 minutes
☒ Bransby Williams equation: tc = 15,7 minutes
☒ Federal Aviation Agency equation: tc = 58,7 minutes


Open TR55 Worksheet

Enter Required Parameters for Calculation

Slope (m/m)	0.01	Rainfall intensity (mm/hr)	12
Length of overland flow (m)	400	Rational Coefficient (C)	0.2
Watershed Area (square km)	0.5	Retardance Roughness	0.4
Retardance Coefficient	0.04	Manning's Overland Roughness	0.45


Done


Print


About

Select Unit System
☒ Metric ☐ English

Programmed by Dr. R.D. Eaglin

Click to bring up a print preview of the equation output

TR-55 Worksheet				
Project	Odvodnja		by	
Location	Autocesta		checked	
			date	12.03.2008.
			date	
Sheet Flow applicable to Tc only				
Segment ID	1			
Surface Description from Table				
Mannings Roughness Coefficient	0.45	0		
Flow length, L (total L <= 300 ft)	250	0		
Two year 24-hr Rainfall P2 in	6	0		
Land Slope, s ft/ft	0.01	0		
Tt=(0.007(nL)^.8)/(P2^.5s^.4) hr	.7887592	0		.7887592
Shallow Concentrated Flow				
Segment ID	2			
Surface Description	trava			
Flow Length, L ft	300	0		
Watercourse Slope, s ft/ft	0.01	0		
Average Velocity, V ft/sec	1.6	0		
Tt = L/(3600V) hr	8.333334E-02	0		8.333334E-02
Channel Flow				
Segment ID	3			
Cross-sectional Flow Area, a ft^2	2	0		
Wetted Perimeter, Pw ft	4	0		
Hydraulic Radius r=a/Pw ft	.5	0		
Channel Slope, s ft/ft	0.01	0		
Manning's roughness coefficient, n	0.013			
V=(1.49R^2/3S^1/2)/n ft/sec	7.220316	0		
Flow Length, L ft	783	0		
Tt = L/(3600V) hr	3.012333E-02	0		3.012333E-02
				.9022158

Rezultat za
slični slučaj
uporabom TR-55
protokola

SCS metoda Soil Conservation Service

**Brojevi krivulja
otjecanja za odabrane
poljoprivredne,
suburbane i urbane
slivne površine.**

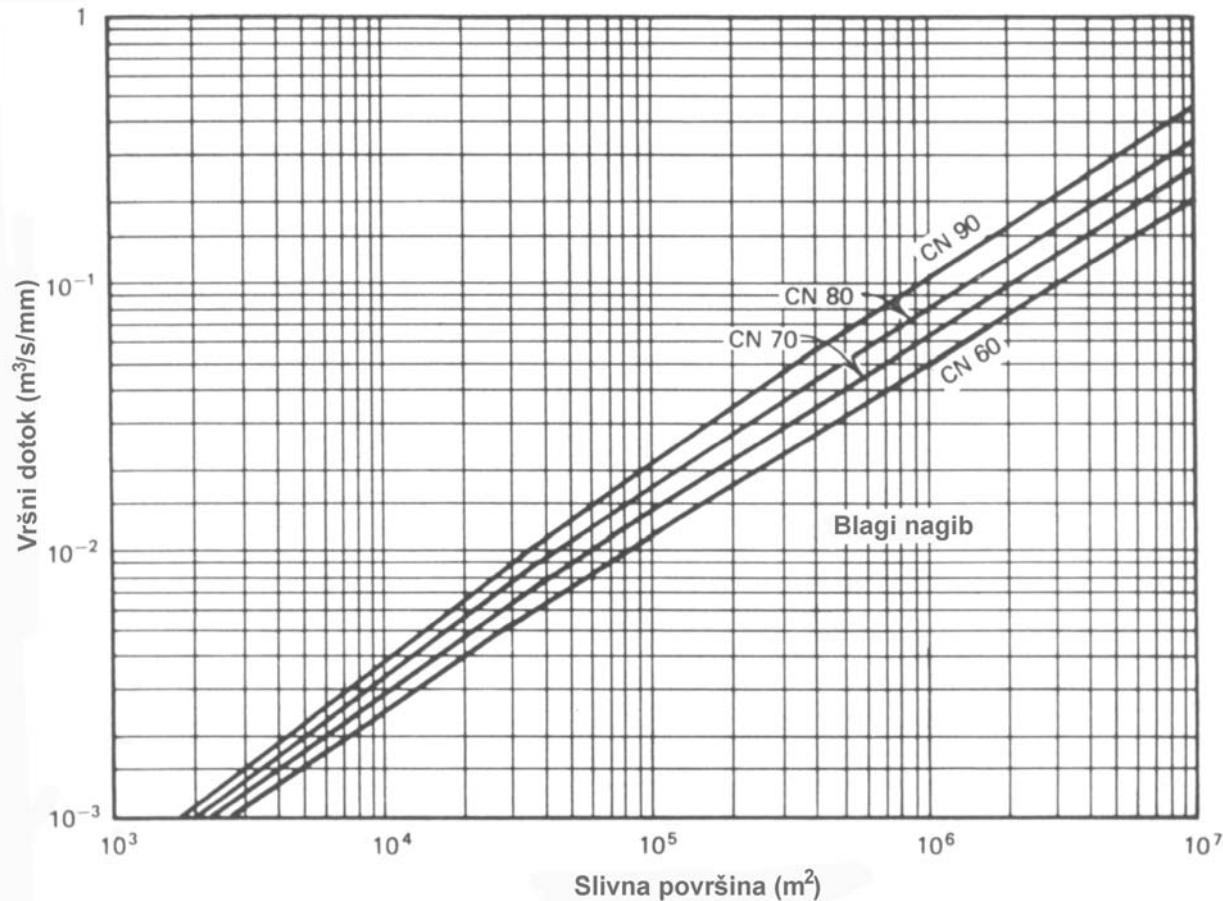
Namjena tla	Hidrološka grupa tla			
	A	B	C	D
Kultivirana tla:				
Bez mjera očuvanja	72	81	88	91
S mjerama očuvanja	62	71	78	81
Pašnjaci:				
Dobro obrasli	68	79	86	89
Slabo obrasli	39	61	74	80
Travnjak: dobro obrašten	30	58	71	78
Šumsko tlo				
Tanka stabla, slabi pokrov, bez zaštite	45	66	77	83
Dobra zaštita *	25	55	70	77
Otvoreni prostori: travnjaci parkovi, golf igrališta, groblja i sl.:				
Dobro obrasli: travom prekriveno više od 75% površine	39	61	74	80
Slaba obraštenost: travom prekriveno 50-75% površine	49	69	79	84
Komercijalne i poslovne površine (85% učvršćenog tla)	89	92	94	95
Industrijska područja (72% učvršćenog tla)	81	82	91	93
Površine za stanovanje**: srednja površina % učvršćene površine				
500 m ² ili manje; 65%	77	85	90	92
1000 m ² , 38%	61	75	83	87
1350 m ² , 30%	57	72	81	86
2000 m ² , 25%	54	70	80	85
4000 m ² , 20%	51	68	79	84
Popločena parkirališta, krovovi, prometne površine, i sl.	98	98	98	98
Ulice i ceste:				
S zastorom, rubnjacima i odvodnjom	98	98	98	98
Makadam	76	85	89	91
Prašno tlo	72	82	87	89

Debljina oborinskog taloga u milimetrima, kao funkcija broja krivulje CN i oborine

Oborina (mm)	Broj krivulje CN*								
	60	65	70	75	80	85	90	95	98
25	0	0	0	0,7	2,0	4,8	8,0	14,0	19,8
30	0	0	0,8	1,8	3,8	7,0	11,5	18,5	24,8
35	0	0,5	1,5	3,3	6,0	9,8	15,3	23,0	29,5
40	0,3	1,3	2,8	5,0	8,5	13,0	19,0	27,8	34,5
45	0,8	2,3	4,3	7,3	11,0	16,3	23,3	32,3	39,5
50	1,5	3,5	6,0	9,5	14,0	20,0	27,3	37,0	44,3
65	4,3	7,5	11,5	16,3	22,3	29,5	38,3	49,0	56,8
75	8,3	12,8	18,0	24,0	31,3	39,8	49,5	61,3	69,5
100	19,0	25,8	33,3	41,8	51,0	61,5	73,0	85,8	94,3
125	32,5	41,3	51,0	61,3	72,3	84,3	97,0	110,5	119,0
150	48,0	58,8	70,0	82,0	94,5	107,8	121,3	135,3	144,0
175	65,0	77,5	90,5	103,8	117,3	131,5	145,3	160,3	169,0
200	83,3	97,5	111,8	126,0	140,5	155,3	170,3	185,0	194,0
225	102,5	118,0	133,5	148,8	164,3	197,8	194,8	210,0	219,0
250	122,5	139,3	155,8	172,0	188,0	204,0	219,5	235,0	244,0
275	143,0	161,0	178,3	195,5	212,0	228,5	244,3	259,8	269,0
300	164,0	183,0	201,3	219,0	236,3	253,0	269,0	284,8	294,0

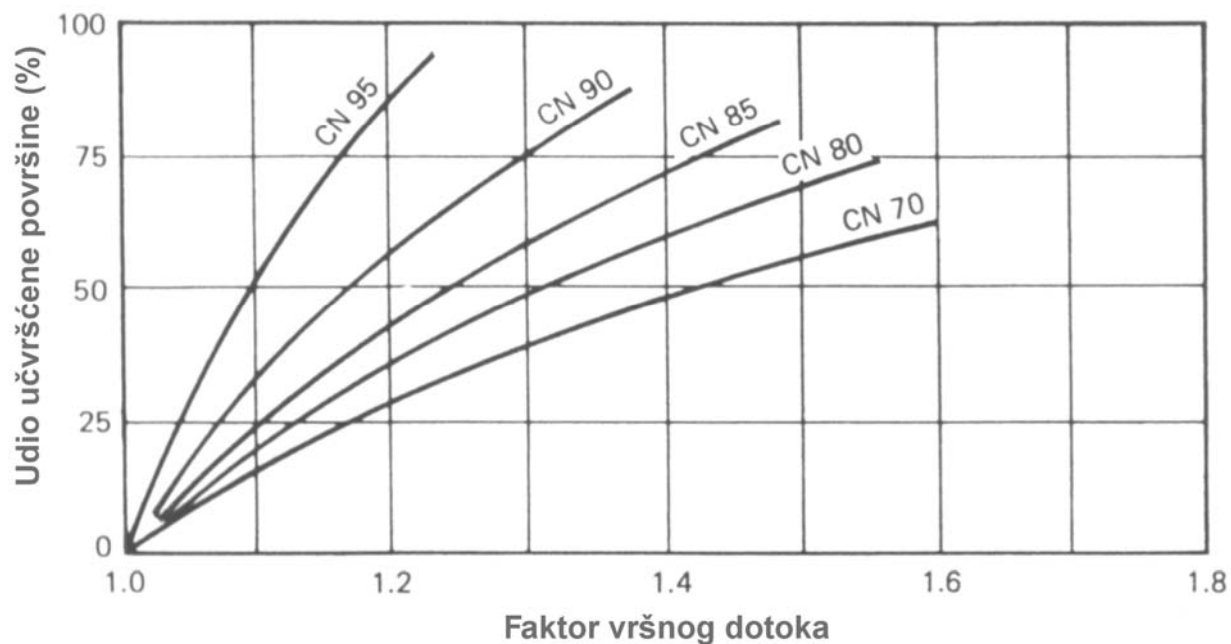
* Za CN i oborine kojih nema u tablici koristi se aritmetička interpolacija

Za određena klimatska područja mogu se odrediti krivulje za određivanje vršnog dotoka, ovisno o namjeni površine, srednjem padu sliva i paloju oborini



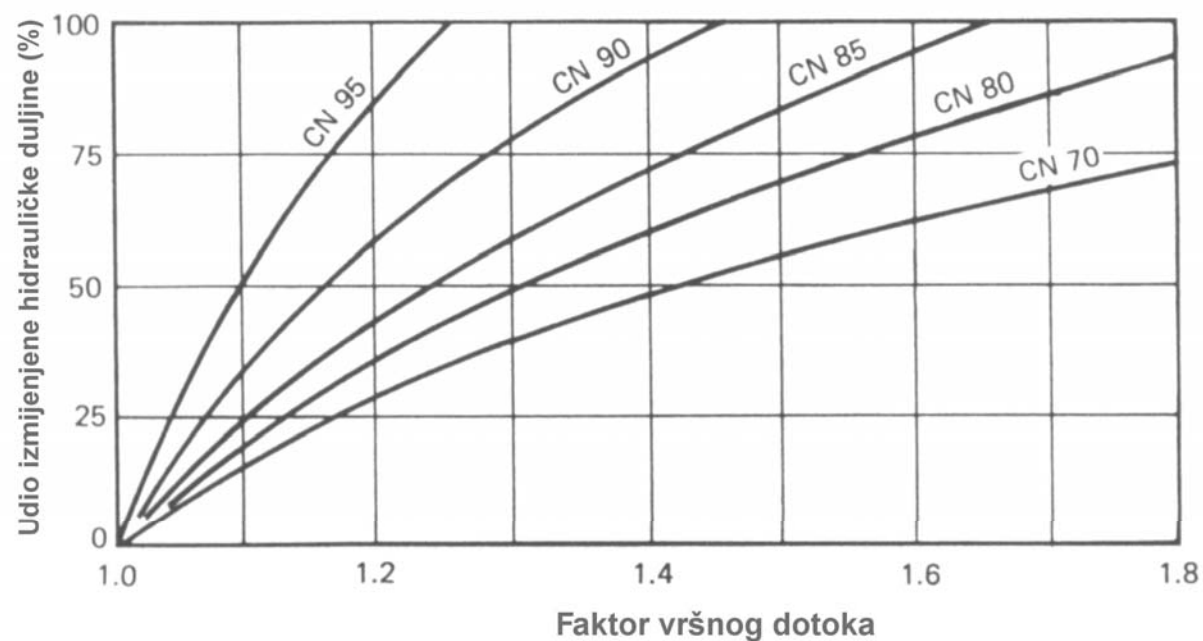
Postoje krivulje za površine s:

- blagim
- umjerenim i
- velikim nagibom



**Faktori korekcije vršnog dotoka za udio učvršćenih površina.
(Vrijednosti CN za buduće uvjete)**

Faktori korekcije vršnog dotoka za veličinu izmijene hidrauličke duljine (Vrijednosti CN za buduće uvjete)



Faktori korekcije nagiba za vršni dotok

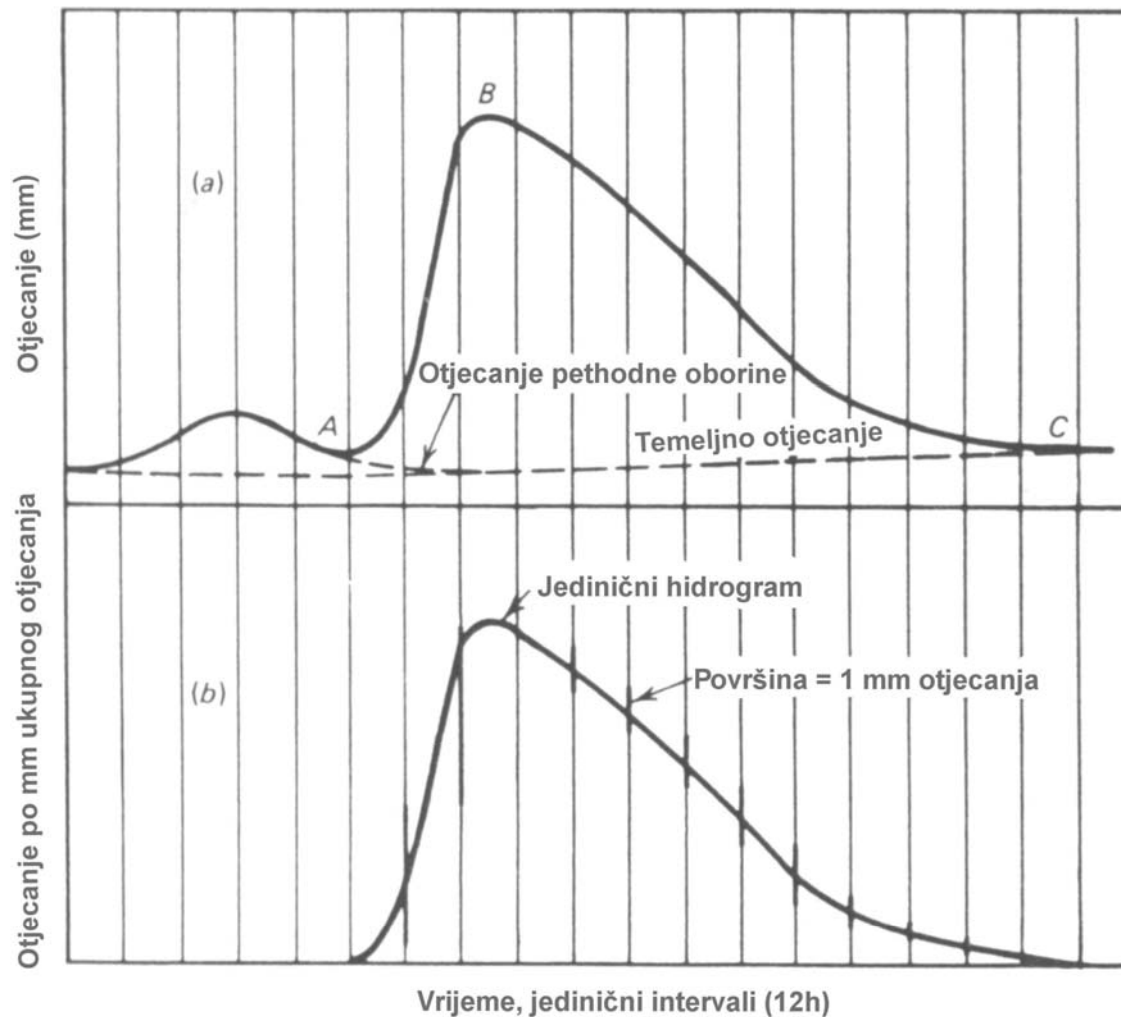
Nagib sliva	Površina sliva, 10 ³ m ²							
	40	80	200	400	800	2000	4000	8000
Blagi nagib sliva (%)								
0,1	0,49	0,47	0,44	0,430	0,42	0,41	0,41	0,40
0,2	0,61	0,59	0,56	0,55	0,54	0,53	0,53	0,52
0,3	0,69	0,67	0,65	0,64	0,63	0,62	0,62	0,61
0,4	0,76	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,69	0,69
0,5	0,82	0,80	0,78	0,77	0,77	0,76	0,76	0,76
0,7	0,90	0,89	0,88	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
1,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,5	1,13	1,14	1,14	1,15	1,16	1,17	1,17	1,17
2,0	1,21	1,24	1,26	1,28	1,29	1,30	1,31	1,31
Umjereni nagib sliva								
3	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,90	0,89	0,89
4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	1,04	1,05	1,07	1,08	1,08	1,08	1,09	1,09
6	1,07	1,10	1,12	1,14	1,15	1,16	1,17	1,17
7	1,09	1,13	1,18	1,21	1,22	1,23	1,23	1,24
Strmi nagib sliva								
8	0,92	0,88	0,84	0,81	0,80	0,78	0,78	0,77
9	0,94	0,90	0,86	0,84	0,83	0,82	0,81	0,81
10	0,96	0,92	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,84
11	0,96	0,94	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,87
12	0,97	0,95	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,90
13	0,97	0,97	0,95	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92
14	0,98	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95
15	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
16	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10
25	1,06	1,08	1,12	1,14	1,15	1,16	1,17	1,19
30	1,09	1,11	1,14	1,17	1,20	1,22	1,23	1,24
40	1,12	1,16	1,20	1,24	1,29	1,31	1,33	1,35
50	1,17	1,21	1,25	1,29	1,34	1,37	1,40	1,43

Faktori korekcije za centralno akumuliranje

Udio akumulacijskih i močvarnih površina	Period ponavljanja oborine, (god)					
	2	5	10	25	50	100
0,2	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99
0,5	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,94
1,0	0,83	0,84	0,86	0,87	0,88	0,90
2,0	0,78	0,79	0,81	0,83	0,85	0,87
2,5	0,73	0,74	0,76	0,78	0,81	0,84
3,3	0,69	0,70	0,71	0,74	0,77	0,81
5,0	0,65	0,66	0,68	0,72	0,75	0,78
6,7	0,62	0,63	0,65	0,69	0,72	0,75
10,0	0,58	0,59	0,61	0,65	0,68	0,71
20,0	0,53	0,54	0,56	0,60	0,63	0,68
25,0	0,50	0,51	0,53	0,57	0,61	0,66

Jedinični hidrogram se definira kao hidrogram površinskog dotoka efektivne oborine (one koja stvara otjecanje) koja traje jedinicu vremena.

Jedinica vremena može biti bilo koja vrijednost manja od vremena koncentracije.



$$T_R = 4,1 \cdot L^{0,23} \cdot S^{-0,25} \cdot I^{-0,18} \cdot \Phi^{1,57}$$

$$Q = 13,27 A^{0,96} T_R^{-1,07}$$

$$T_B = 71,21 \cdot A \cdot Q^{-0,95}$$

$$W_{50} = 12,08 \cdot A^{0,93} \cdot Q^{-0,92}$$

$$W_{75} = 7,21 \cdot A^{0,79} \cdot Q^{-0,78}$$

gdje je:

T_R = vrijeme rasta hidrograma (min)

Q = vršni protok (m³/s/mm neto kiše)

T_B = vremenska baza hidrograma (min)

W_{50} = širina hidrograma (min) pri 50% protoka Q

W_{75} = širina hidrograma (min) pri 75% protoka Q

L = ukupna duljina duž glavnog kanala (m)

S = nagib glavnog kanala (zanemarujući položenijih 20% uzvodne duljine)

I = nepropusnost (%)

Φ = bezdimenzionalni faktor provodnosti (0,6-1,3)

A = površina sliva, km².

Ove su jednadžbe razvijene na temelju jediničnog vremena od 10 min.

Primjer:

60 minutni pljusak ima neto oborinu od 33 mm a dinamika padanja je slijedeća:

0-10 min	10-20min	20-30min	30-40min	40-50min	50-60min	60min
2,5	6,5	10	9	4	1	33

Koristeći 10-minutne hidrogramske jednačbe konstruiraj hidrogram otjecanja.

Površina sliva je 5,5 km², duljina glavnog kanala L= 4575 m, I = 30%, F=1 i S=1%.

Jedinični hidrogram definiran je uz pomoć jednačbi:

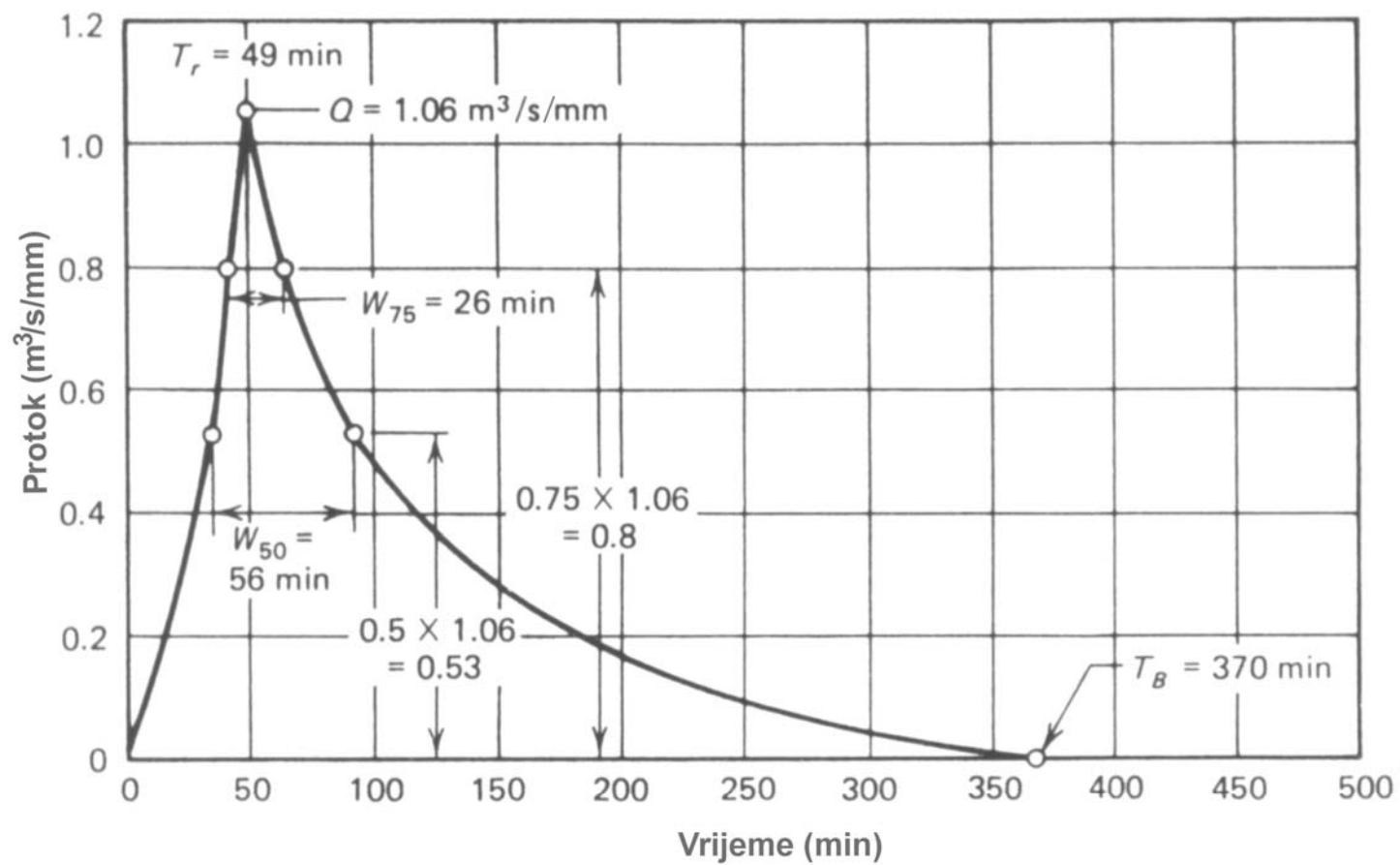
$$T_R = 4,1(4575)^{0,23} (0,01)^{-0,25} (30)^{-0,18} (1)^{1,57} = 49$$

$$Q = 13,27 (5,5)^{0,96} (48,8)^{-1,07} = 1,06 \text{ m}^3/\text{s}/\text{mm}$$

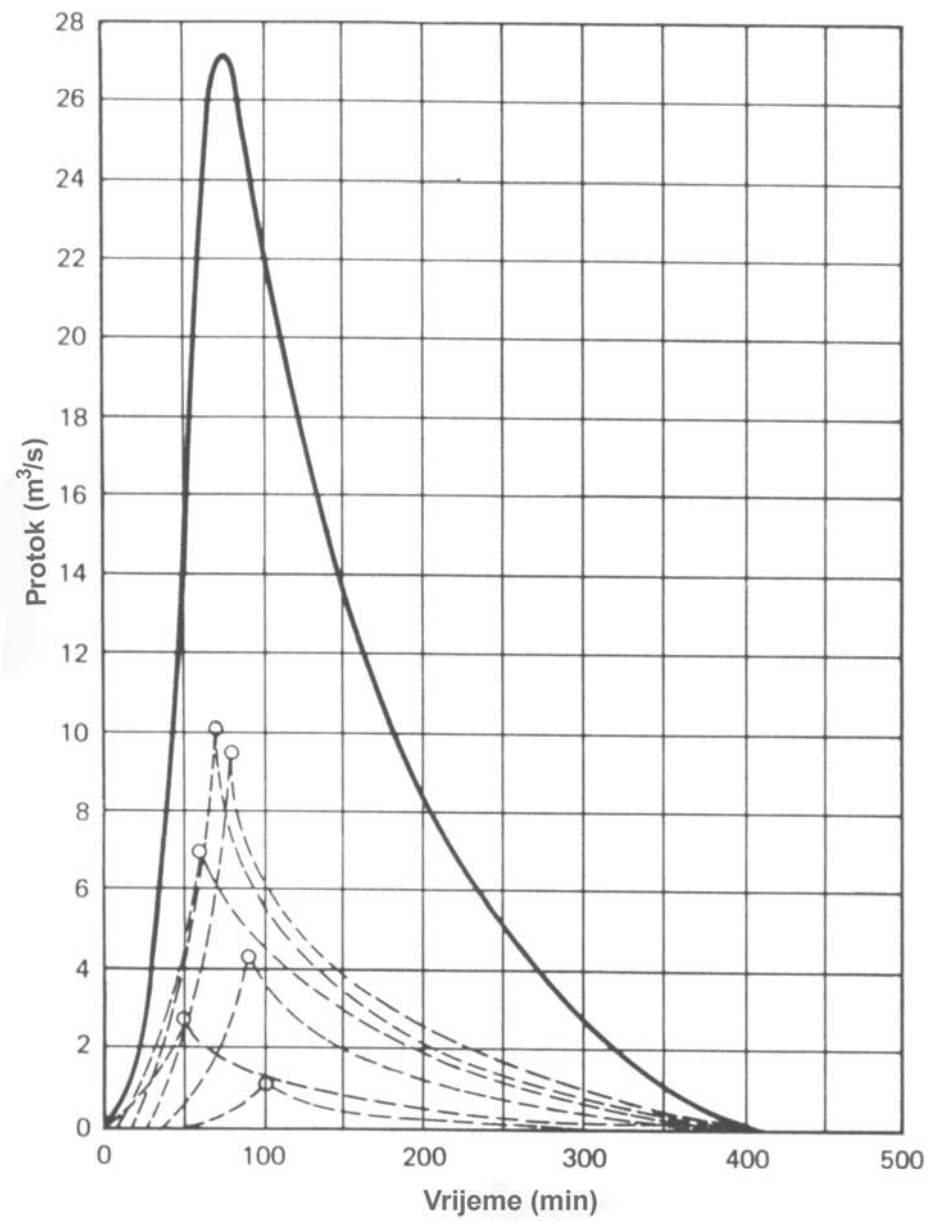
$$T_B = 71,21 (5,5)(1,06)^{-0,95} = 370 \text{ min}$$

$$W_{50} = 12,08 (5,5)^{0,93} (1,06)^{-0,92} = 56 \text{ min}$$

$$w_{75} = 7,21 (5,5)^{0,79} (1,06)^{-0,78} = 26 \text{ min}$$



10-minutni jedinični hidrogram za jednu urbanu površinu



Jedinični i složeni
hidrogram urbane
površine

Programski paketi

SWMM – US EPA

freeware

SewerCAD – HEASTAD

StormCAD - HEASTAD

MOUSE - DHI