

GREŠKE MJERENJA OBORINA

- svako mjerenje opterećeno je slučajnom i ponekad sistematskim greškama;
- sistematske greške moguće je definirati i dijelom otkloniti;
- slučajne greške su neotuđivo svojstvo svakog mjerenja, nastaju pod kombiniranim utjecajem mjernog instrumenta, metode mjerenja i **pogrške opažača**;
- vezane su uz nepravilnost instrumenta i/ili loše rukovanje;
- slučajne greške se uzimaju u obzir isključivo statistički;
- za procjenu slučajne greške neophodno je raspolagati s većim brojem nezavisnih mjerenja;
- na osnovu brojnih mjerenja kroz niz godina Golubev (1986) konstatira: *slučajna greška za tekuće i mješovite oborine iznosi oko 10 % od ukupno palih oborina*;

uzroci sistemskih grešaka

- sistematska greška pri mjerenju oborina uvijek nosi isti predznak;
- oborine izmjerene pomoću standardnih instrumenata uvijek su manje od stvarno palih na površinu tla;

uzroci sistemskih grešaka:

- nagnut instrument;
- kut padanja oborine i nagib terena;
- aerodinamički efekt;
- vlaženje unutrašnjih stijenki mjerne posude i posude za sakupljanje oborina;
- isparavanja akumulirane vode iz posude za sakupljanje oborina
nemogućnost potpunog pražnjenja mjerne posude;
- isprskavanja kapi oborine iz instrumenta;
- otpuhivanje krutih oborina, primarno snijega sa instrumenta.

opći izraz za korekciju izmjerne oborine

$$P_K = k \cdot (P_M + \delta P_1 + \delta P_2 + \delta P_3) \pm \delta P_4 \pm \delta P_5 \pm \delta P_6$$

k - koeficijent aerodinamičkog efekta ($k > 1$);

P_M - izmjerena količina oborine;

δP_1 - korekcija zbog vlaženja unutrašnjih stijenki mjerne posude

δP_2 - korekcija zbog vlaženja posude za sakupljanje oborina

δP_3 - korekcija zbog isparavanja

δP_4 - korekcija zbog (iz/u)prskavanja kiše

δP_5 - korekcija zbog (iz/u)puhavanja snijega

δP_6 - korekcija zbog slučajne greške instrumenta ili opažača.

U praksi se koristi skraćeni izraz:

$$P_K = k \cdot P_M + \delta P_1 + \delta P_2$$

- aerodinamički efekti imaju najveći utjecaj na točnost mjerenja oborina;

Gustoća mreže instrumenata za mjerenje oborina:

- općenito se preporuča jedan kišomjer na 250 km²

- za predviđanja bujičnih poplava preporuča se jedan kišomjer na 2,5 km²

OBRADA PODATAKA O OBORINAMA

S obzirom na nivo obrade: primarna i sekundarna obrada

Primarna obrada:

- **višegodišnji prosjeci** (mj. sez. god.) **visina oborina pojedinačnih kišomjernih stanica** na bazi višegodišnjeg motrenja;

- **više godišnji prosjek** (mj. sez. god.) **oborina palih na sliv:**

a) postupak aritmetičkih sredina: $H_{sr} = \Sigma H_i / N$

b) Thiessenovim postupkom: $_{sl}H_{sr} = \Sigma H_i A_i / A$

c) postupkom izohijeta: $_{sl}H_{sr} = \Sigma [0.5 (H_i + H_{i+1}) \cdot A_i] / A$

Godišnje kolebanje oborina: *razlika (interval) između ukupne količine padalina oborinom najbogatijeg i najsiromašnijeg mjeseca u godini.*

Relativno godišnje kolebanje u % : *godišnje kolebanje u pojedinoj godini naprama srednjem godišnjem kolebanju (može se odnositi i na druge meteorološke ili hidrološke mjerene veličine a ne samo na oborine).*

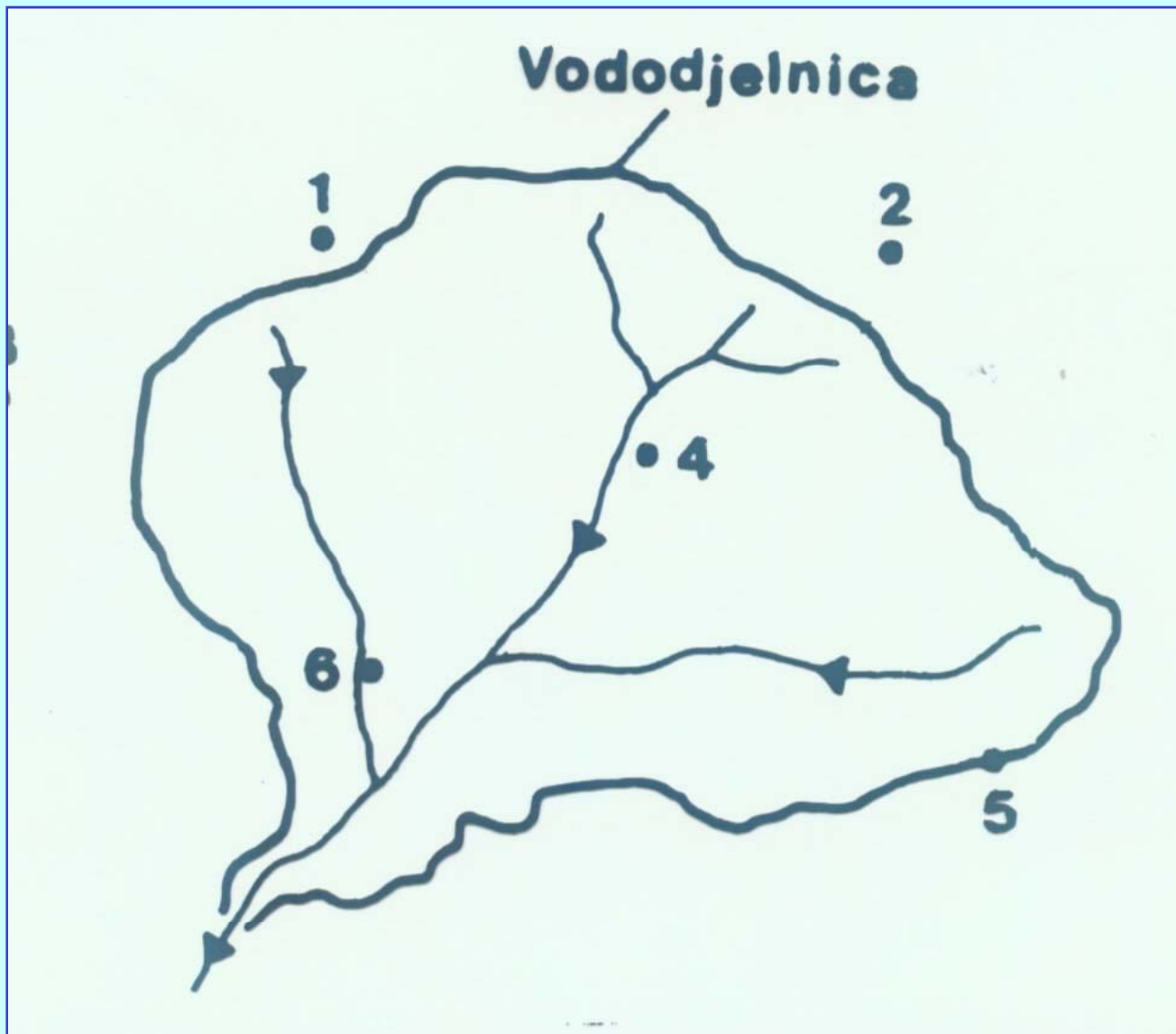
Sekundarna obrada podataka o oborinama: niz složenih obrada (prvenstveno intenziteta kiše) za potrebe hidroloških analiza:

statističke obrade serija pljuskova

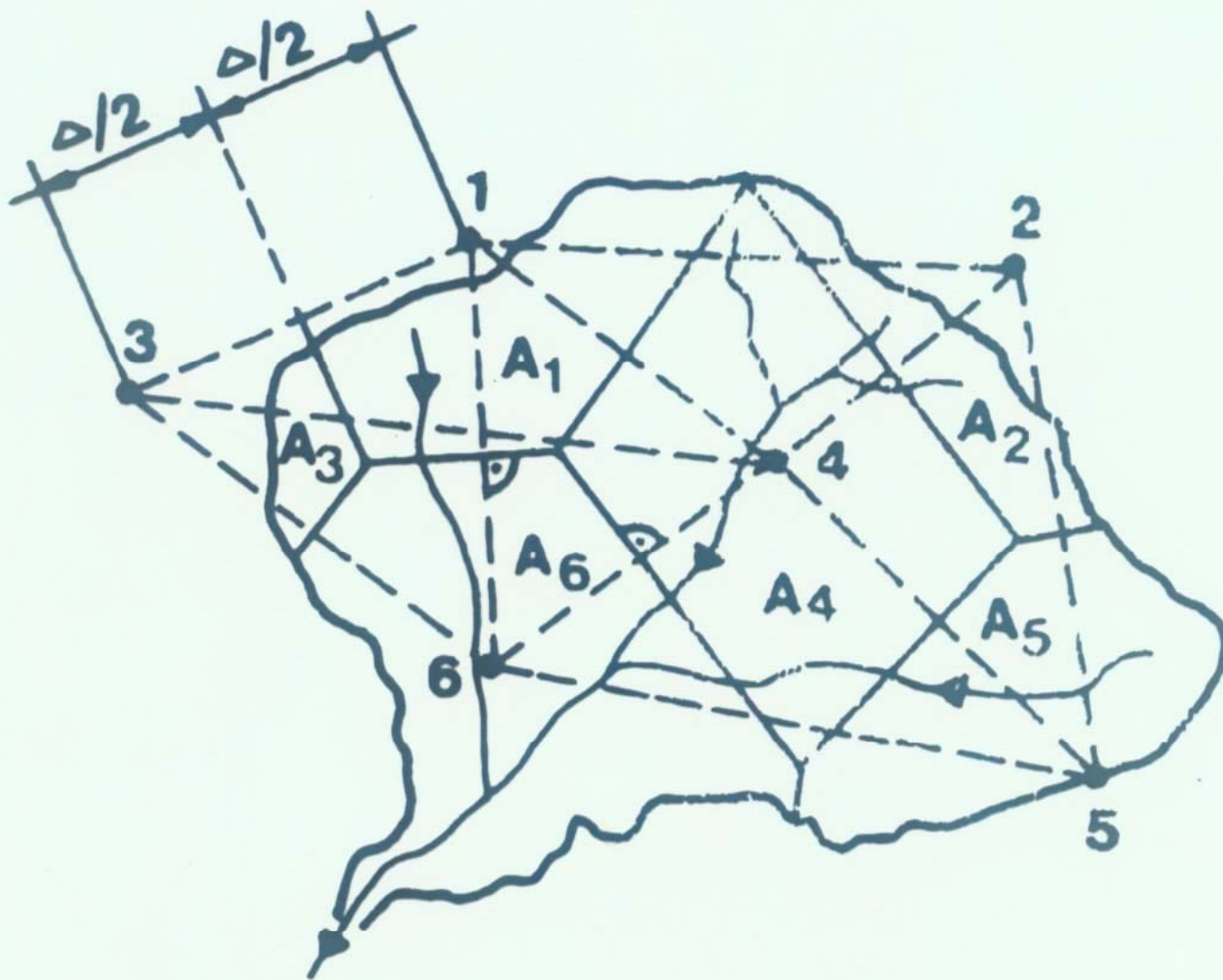
- prilagođavanje *krivulja razdiobe vjerojatnosti* podacima

- definiranje familije ITP *krivulja (intenzitet-trajanje-ponavljanje)*

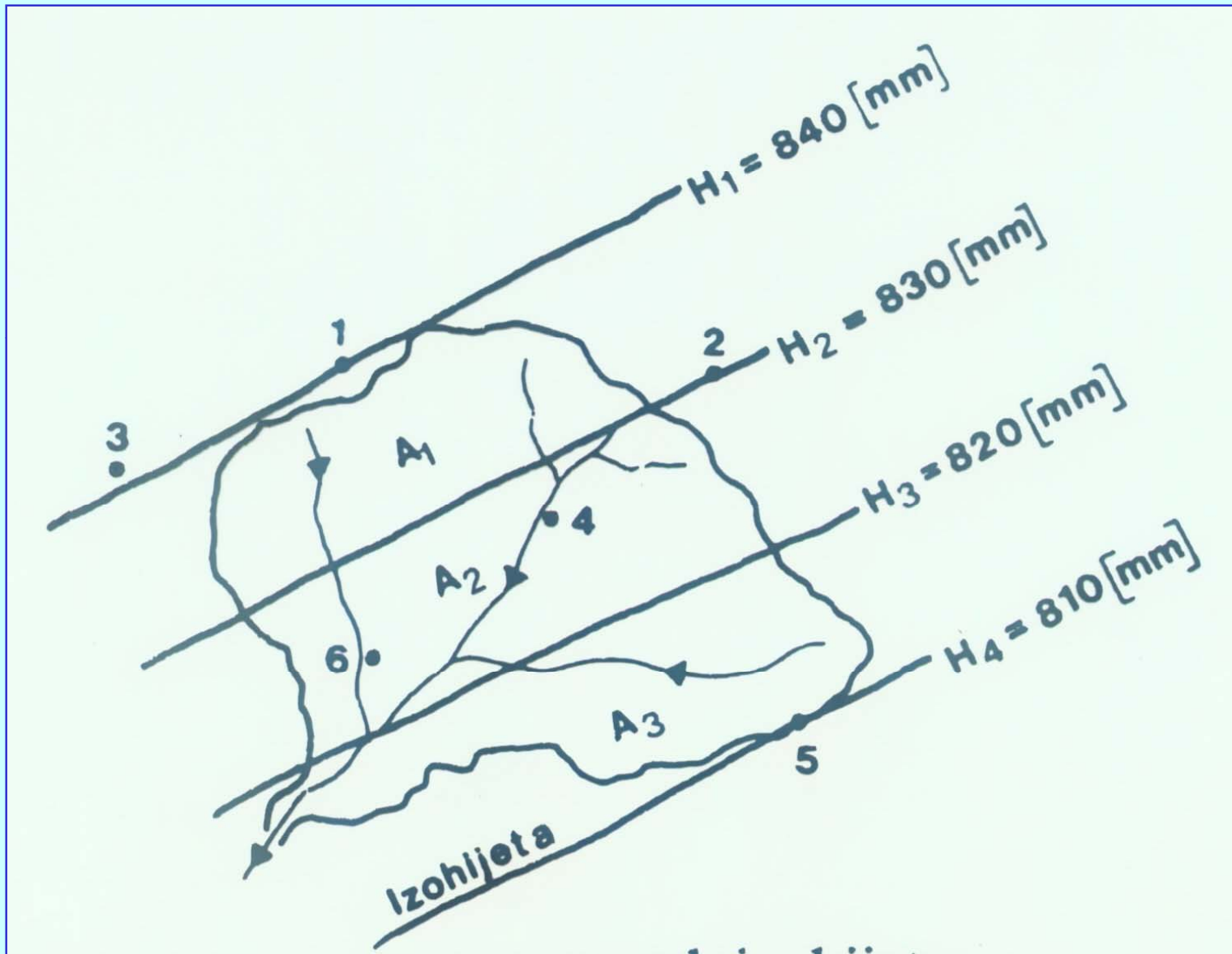
Ilustracija za postupak aritmetičke sredine



Ilustracija za Thiessenov postupak



Ilustracija za postupak izohijeta



J A Č I N A O B O R I N A

definiranje otjecanja - osnovni je inženjerski interes kod mnogih hidrotehničkih problema;

Jačina ili intenzitet oborina - temeljni parametar kod analize otjecanja;

određivanje mjerodavne jačine oborina:

- na bazi podataka pojedinačnih mjerenja (pluviometrima ili ombrometrima) ???
- na bazi kontinuiranog bilježenja (pluviografima ili ombrografima)

na bazi ombrometarskih podataka - samo orijentacijske procjene mjerodavne jačine oborina.

MJERODAVNA OBORINA

POD POJMOVOM MJERODAVNA OBORINA
PODRAZUMJEVA SE:

*INTENZITET I TRAJANJE OBORINE KOJA JE
RELEVANTNA ZA RJEŠAVANJE
HIDROTEHNIČKOG ZADATKA ILI PROBLEMA
KOJI JE POTREBNO RIJEŠITI*

*NE POSTOJI GENERALNO MJERODAVNA
OBORINA NEGO JE UVJEK PRIMJERENA
ZADATKU KOJI TREBA RIJEŠITI*

Empirijske jednadžbe za određivanje mjerodavne oborine za projektiranje kišne kanalizacije:

Knauffova jednadžba: $i = 63 + 0.4 H_g$

i = mjerodavna jačina oborine [litara \cdot s⁻¹ \cdot ha⁻¹]

H_g = srednja godišnja oborina [cm]

Gorbačevljeva jednadžba:
$$i = \frac{\delta \cdot H_g^{2/3} P_R^{1/3}}{t_0^{1/2}}$$

i = mjerodavni intenzitet oborine [mm/min]

δ = koeficijent ovisan o geografskom položaju područja
(za srednju Evropu $\delta = 0.044$)

H_g = višegodišnja srednja visina oborina [mm]

P_R - (računsko) povratno razdoblje (povratni period) [godine]

t_0 - (računsko) trajanje kiše [min]

Kratkotrajne kiše jakog intenziteta

Spoznaja o kiši znači odrediti karakter kiše kojeg čine: visina palih oborina P i trajanje same kiše t . Ta spoznaja o kiši govori nam da li je kiša jaka ili slaba, ili pada malo po malo. Numerički se to iskazuje kišnim intenzitetom i za koji vrijedi ovaj odnos:

$$i = \frac{P}{t} \quad [\text{mm/min}]$$

Intenzitet kiše može biti konstanta samo u slučaju da jednoliko pada. Ovakava interpretacija karaktera kiše prihvaćena je za neke praktične aproksimacije, dok je u pravoj prirodi stvari intenzitet kiše nelinearna funkcija.

Trenutna vrijednost intenziteta kiše iskazuje se kao diferencijalna promjena stupca (visine) pale oborine u diferencijalnom vremenskom intervalu:

$$i = \frac{dP}{dt} \quad \text{odnosno} \quad P = \int i \cdot dt$$

Analize i studije jakih kiša predstavljaju fundamentalnu podlogu hidroloških istraživanja. Osobito značajna, među spomenutim analizama, je funkcijska ovisnost intenziteta o trajanju kiše ili takozvana **“klimatska funkcija”**.

Sve te “klimatske funkcije” imaju neke zajedničke karakteristike koje ih opisuju:

- ***intenzitet kiše se umanjuje s porastom trajanja kiše***

Kiša koja formira vodni val na malim područjima - kritična kiša, neće vjerojatno biti maksimalnog intenziteta, nego onog koji odgovara trajanju kiše koje fenomen pojave vodnog vala izaziva. To trajanje je ovisno o vremenu koncentracije (vremenu koje je potrebno da elementarni volumen dođe iz najudaljenije točke na slivu do izlaznog ili mjernog profila) i o brojnim faktorima sliva.

- ***odnosi intenziteta kiše i njenog trajanja imaju regionalni karakter s određenim pripadnim klimatskim karakteristikama. Bilo kakve sveobuhvatnije forme su isključene.***

ITP - krivulje

na bazi pluviografskih podataka - pouzdanije je određivanje mjerodavnog intenziteta;

ITP - funkcijska veza intenzitet - trajanje - ponavljanje :

$$i = f(t_0, P_R)$$

određuje se računom vjerojatnosti temeljem omrografskih podataka (nužno je bar 10 do 15 god. mjerenja)

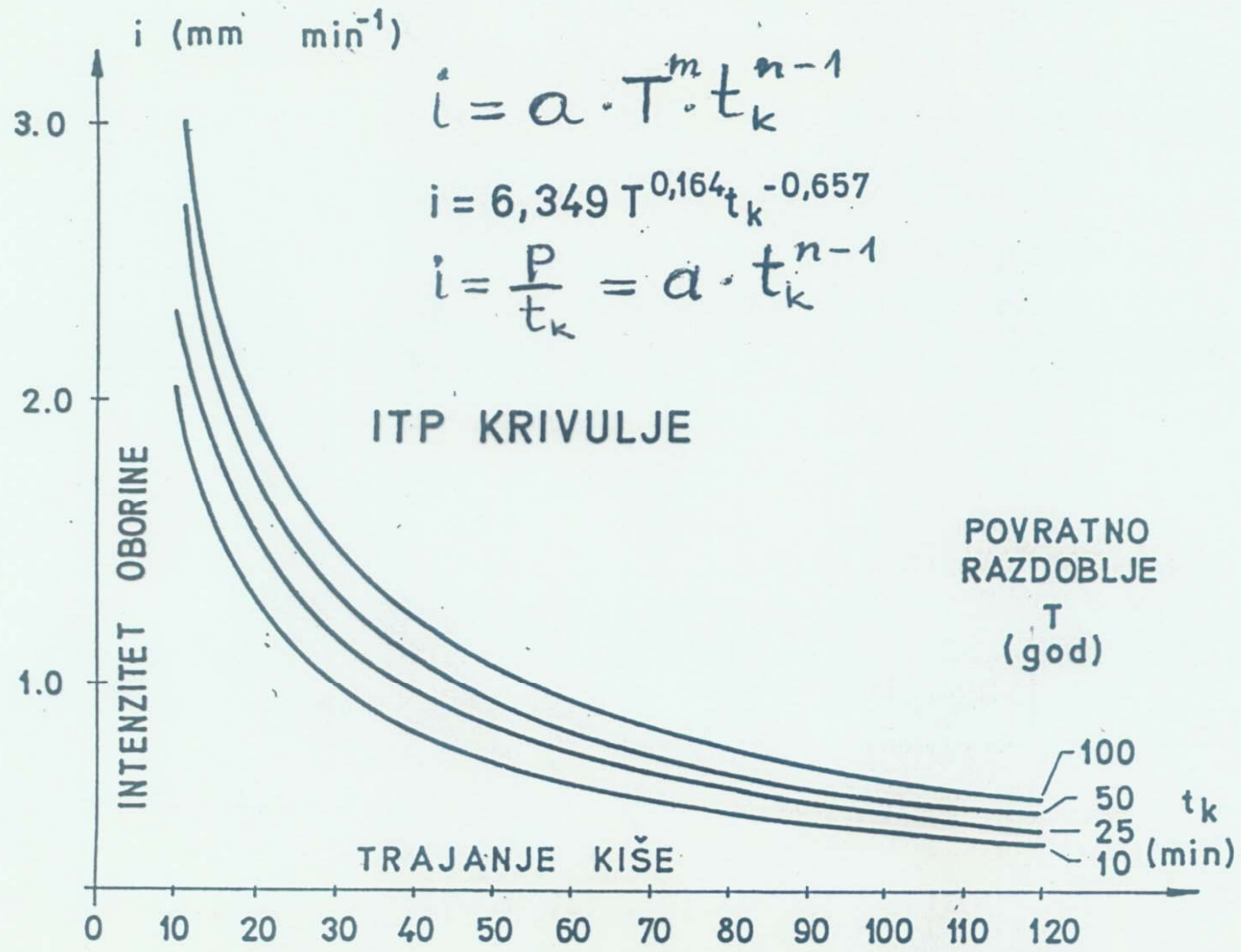
$$i = a \cdot P_R^b \cdot t_0^c \quad i = \frac{a \cdot P_R}{t_0 + b} \quad i = \frac{a \cdot P_R^b}{t_0^d} \quad i = \frac{a \cdot P_R^b}{t_0^d + c}$$

a - parametar koji ovisi o hidrološkim prilikama obrađivanog područja i dimenzijama u kojima se izražava jačina oborina;

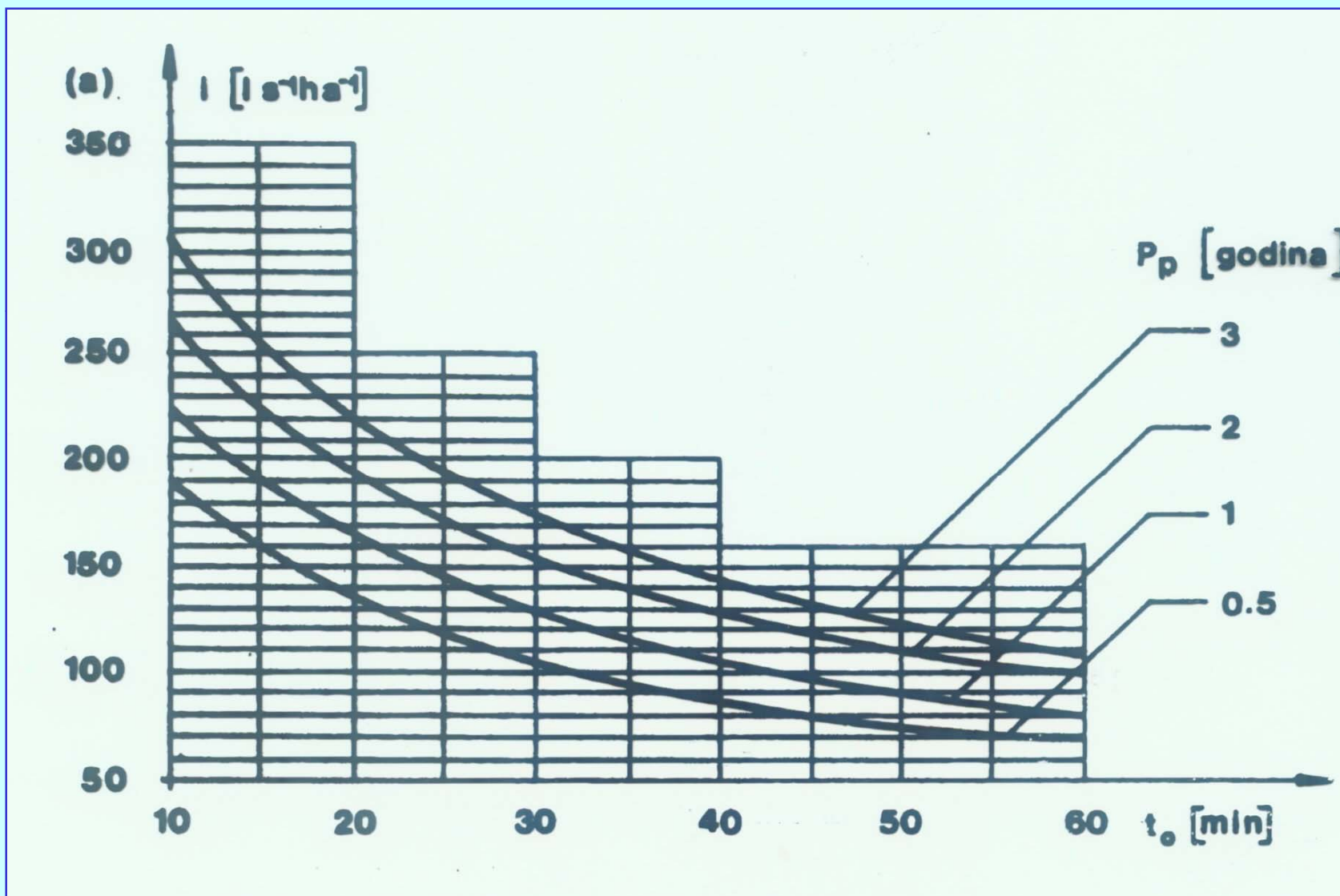
b, c, d - parametri ovisni o klimatsko - hidrološkim prilikama obrađivanog područja;

iznalaženje **a, b, c** i **d**, je primjenom računa vjerojatnosti uz primjenu metode minimuma kvadrata odstupanja.

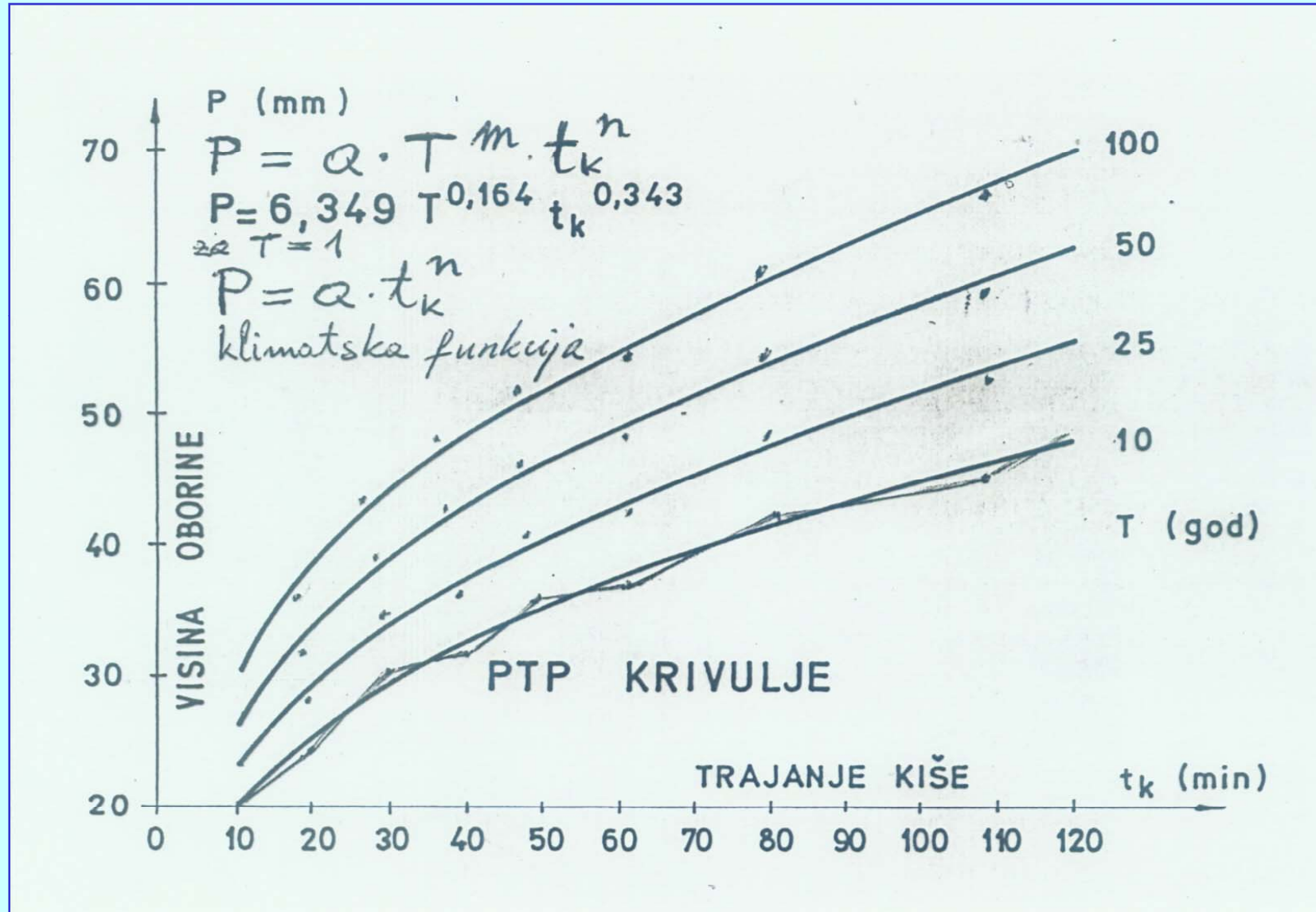
ITP – krivulje (graf 1.)



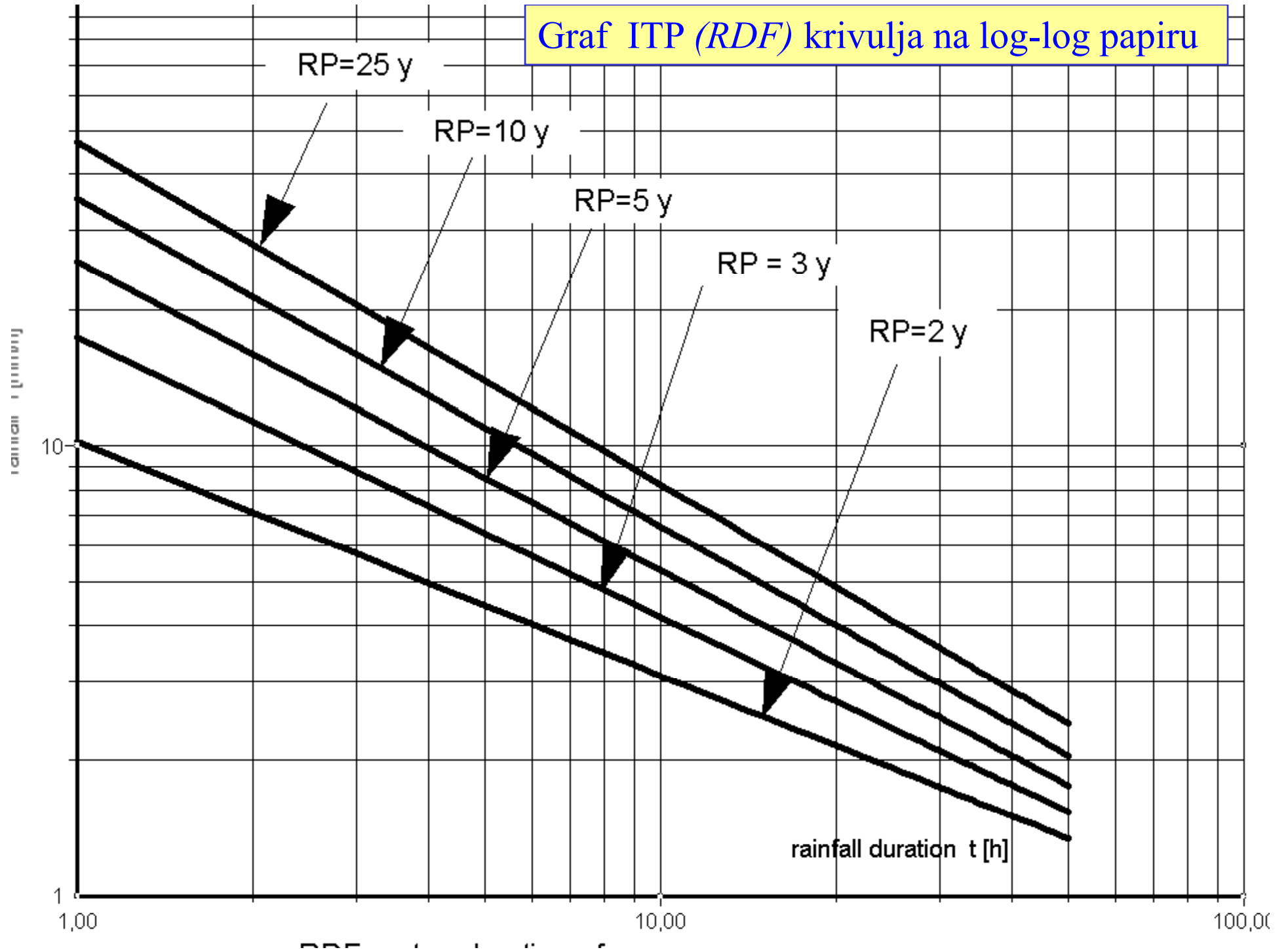
ITP krivulje (graf 2.)



PTP krivulje



Graf ITP (*RDF*) krivulja na log-log papiru



TEMPERATURA: toplinsko stanje nekog tijela izraženo u stupnjevima.

U prirodi se mjeri: temperatura zraka, temperatura tla i temperatura vode.

- **temperatura zraka:** pretežni dio topline pristize sa Zemljine površine od zagrijanog tla a manji dio od direktne apsorpcije Sunčeve energije u atmosferi;

Iskazivanje: °C ; °F ; °K ; **konverzija:** °C = (5/9) · (°F – 32)

- **mjerenje temperature zraka:**

pojedinačnim očitavanjima - termometri s točnošću do 1/ 10 °C

najčešće se koriste: a) obični živin termometar

b) maksimalni živin i

c) minimalni alkoholni termometar;

srednja dnevna temperatura - kod pojedinačnog očitavanja iskazuje se prosjek ili srednja vrijednost temperature: $T = 0.25 (T7 + T14 + 2T21)$

- mjerenje neprekidnim bilježenjem: **termografi;**

- **položaj instrumenta:** 2m iznad površine tla u meteorološkim zaklonima;

- **prosječna mjesečna T zraka:** aritmetička sredina prosječnih dnevnih;

- **prosječna godišnja T zraka:** aritmetička sredina prosječnih mjesečnih;

- **višegodišnji prosjeci:** dnevni, mjesečni, godišnji;

- u višim slojevima atmosfere mjerenje T zraka: **radio sondama**
(balon; radiosignali proporcionalni temperaturi)

Temperatura tla i vode & meteorološki instrumenti

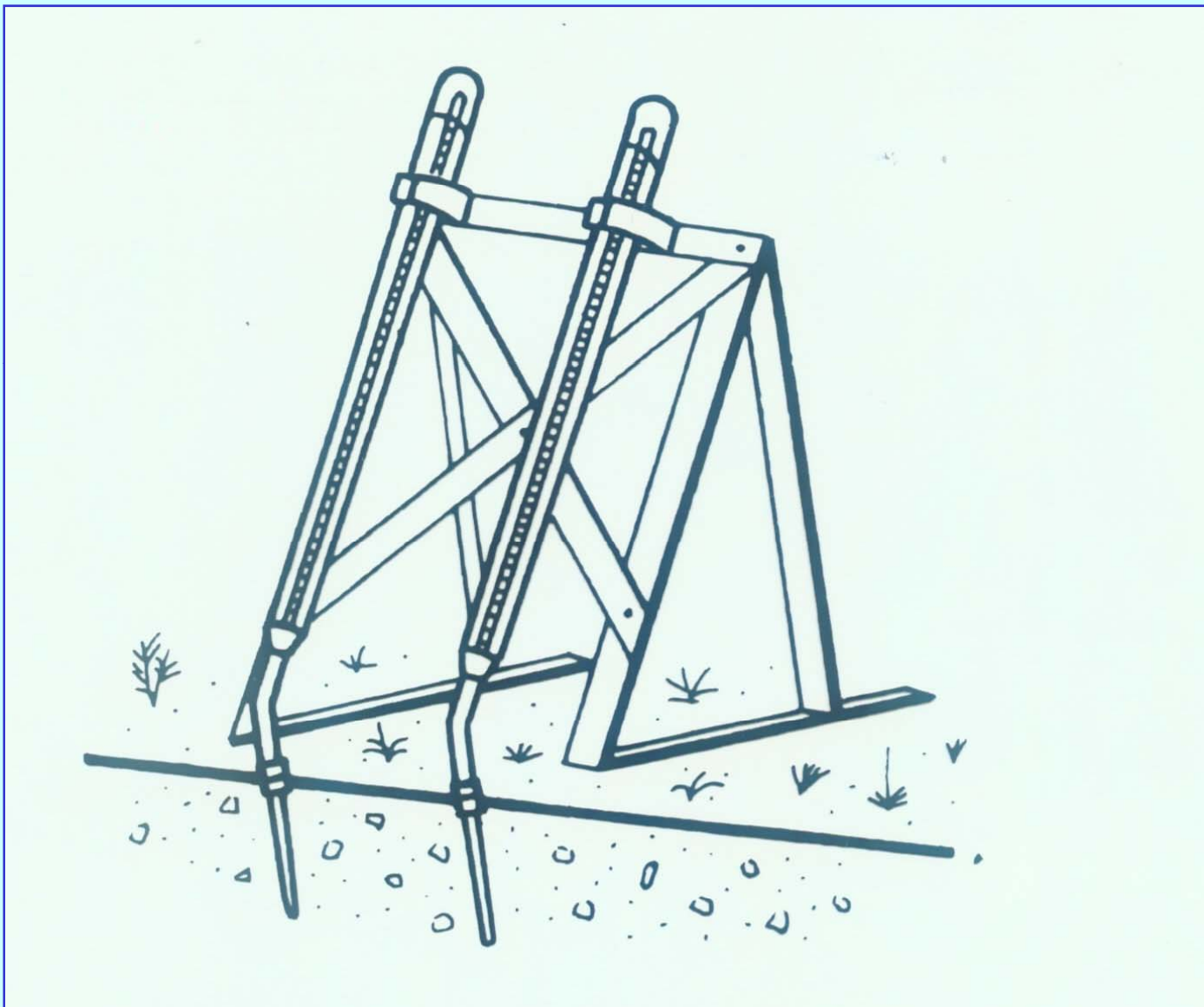
Temperatura tla: važan element toplotne bilance tla i prizemnog zračnog sloja;
mjeri se pojedinačnim očitavanjima na geotermometrima (standardno na dubinama: 0, 2, 5, 10, 20, 30, 50 i 100 cm);
kolebanje temperature tla smanjuje se s dubinom.

Temperatura vode u rijekama, jezerima i morima:
najčešće se mjeri običnim termometrom;
u rijekama mjerenje u sredini riječnog toka,
(termometar se drži u vodi 3 do 5 min).

Instrumenti u meteorološkom zaklonu:

suhi i mokri termometar,
maksimalni živin i minimalni alkoholni termometar,
termograf,
psihrometar,
higrometar,
higrograf,
Picheov isparitelj

geotermometar



VJETAR

Horizontalna komponenta strujanja zraka –

uzrokovano nejednolikom raspodjelom zračnog tlaka –

vectorska veličina

bitan u procesima isparivanja i transporta vlage u atmosferi -
bitno za nastanak oborina.

Osnovni parametri vjetra:

- smjer
- jačina (brzina)
- trajanje

Smjer vjetra: pravac iz kojega vjetar puše

(jugoistočni vjetar puše od jugoistoka na sjeverozapad),

- određuje se na osam ili šesnaest smjerova kompasa
uz pomoć vjetrovke (vjetrokaza),
- izražava u stupnjevima odklona od pravca sjevera

jačina i brzina vjetra

Jačina i brzina: dva parametra istog obilježja vjetra:

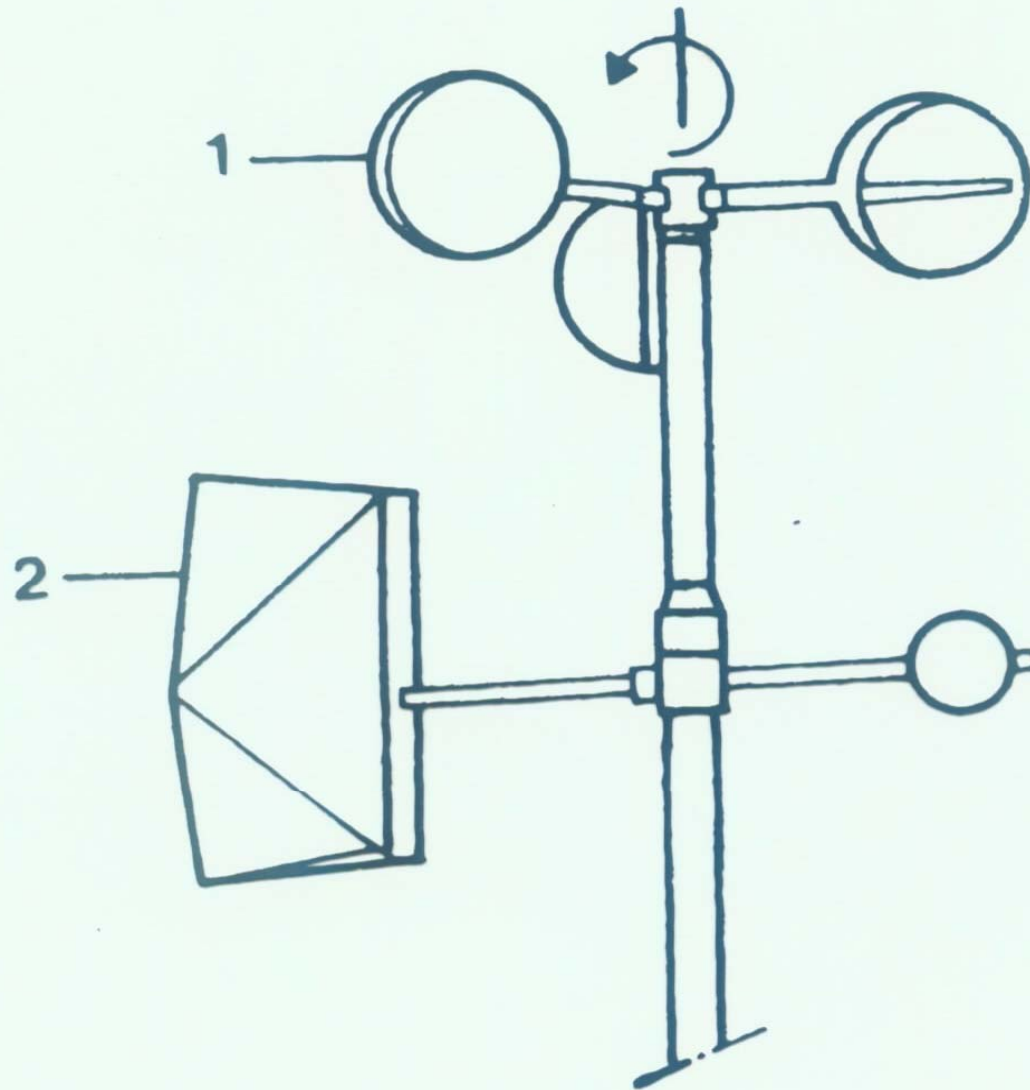
jačina vjetra: izražava se prema Beaufortovoj ljestvici od 0 do 12 bofora prema popratnim pojavama vjetra na okolinu (*subjektivna procjena motritelja*)

brzina vjetra: izražava se u čvorovima ili u m/s
(1 čvor = 0.51444 m /s = 1 Morska milja/sat)

mjeri se:

- pojedinačnim očitavanjima pomoću anemometra (s propelerom ili sa čašicama) ili
- neprekidnim mjerenjem pomoću anemografa (*obično se iskazuje srednja satna brzina vjetra*)

Prijemni dio anemografa



Nazivi i brzine vjetra

Redni broj	Naziv vjetra	Jačina vjetra u boforima	Srednja satna brzina u	
			čvorovima	[m s ⁻¹]
01	02	03	04	05
1	Tišina	0	0 do 1	0.0 do 0.2
2	Lagani povjetarac	1	1 do 3	0.3 do 1.5
3	Povjetarac	2	4 do 6	1.6 do 3.3
4	Slabi vjetar	3	7 do 10	3.4 do 5.4
5	Umjereni vjetar	4	11 do 16	5.5 do 7.9
6	Umjerenno jak vjetar	5	17 do 21	8.0 do 10.7
7	Jak vjetar	6	22 do 27	10.8 do 13.8
8	Vrlo jak vjetar	7	28 do 33	13.9 do 17.1
9	Olujni vjetar	8	34 do 40	17.2 do 20.7
10	Oluja	9	41 do 47	20.8 do 24.4
11	Žestoka oluja	10	48 do 55	24.5 do 28.4
12	Orkanska oluja	11	56 do 63	28.5 do 32.6
13	Orkan	12	64 do 71	32.7 do 36.9

udari i trajanje vjetra

udari vjetra: naglo povećanje jačine vjetra u kratikim vremenskim intervalima

(potrebni anemometarski podaci);

- važni podaci za građevinarstvo

(za proračune opterećenja vjetrom)

trajanje vjetra određene jačine ili brzine mjeri se u minutama i satima;

grafičko prikazivanje karakteristika vjetra -

ruže vjetrova:

- ruža učestalosti puhanja vjetrova po smjerovima,

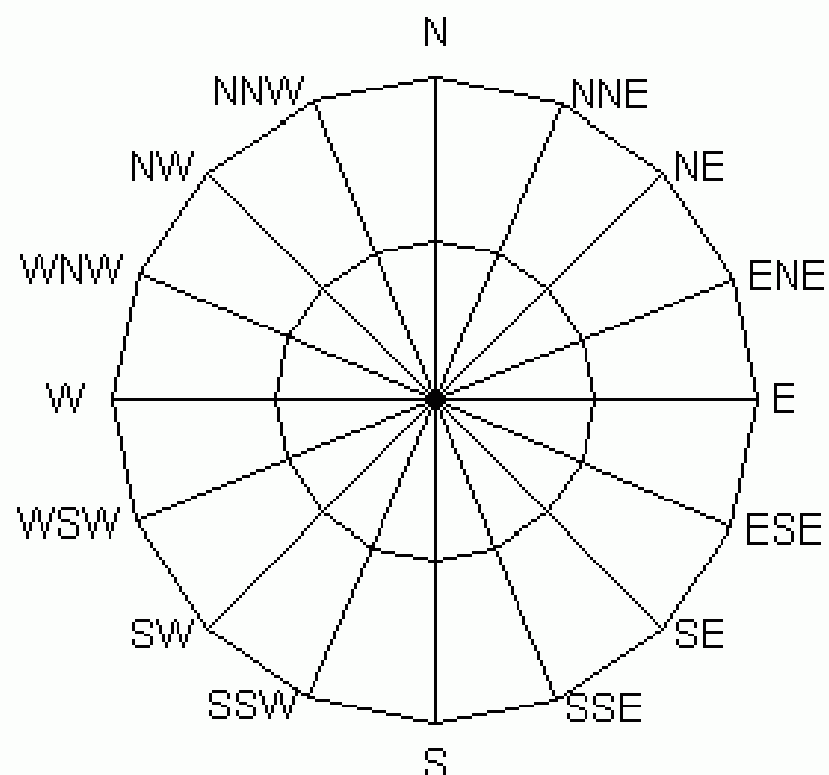
- ruža učestalosti i jačine ili brzine puhanja vjetrova po smjerovima; ruže vjetrova za različita razdoblja

(godišnje i sezonske ruže vjetrova)

SMJER VJETRA I STUPNJEVI

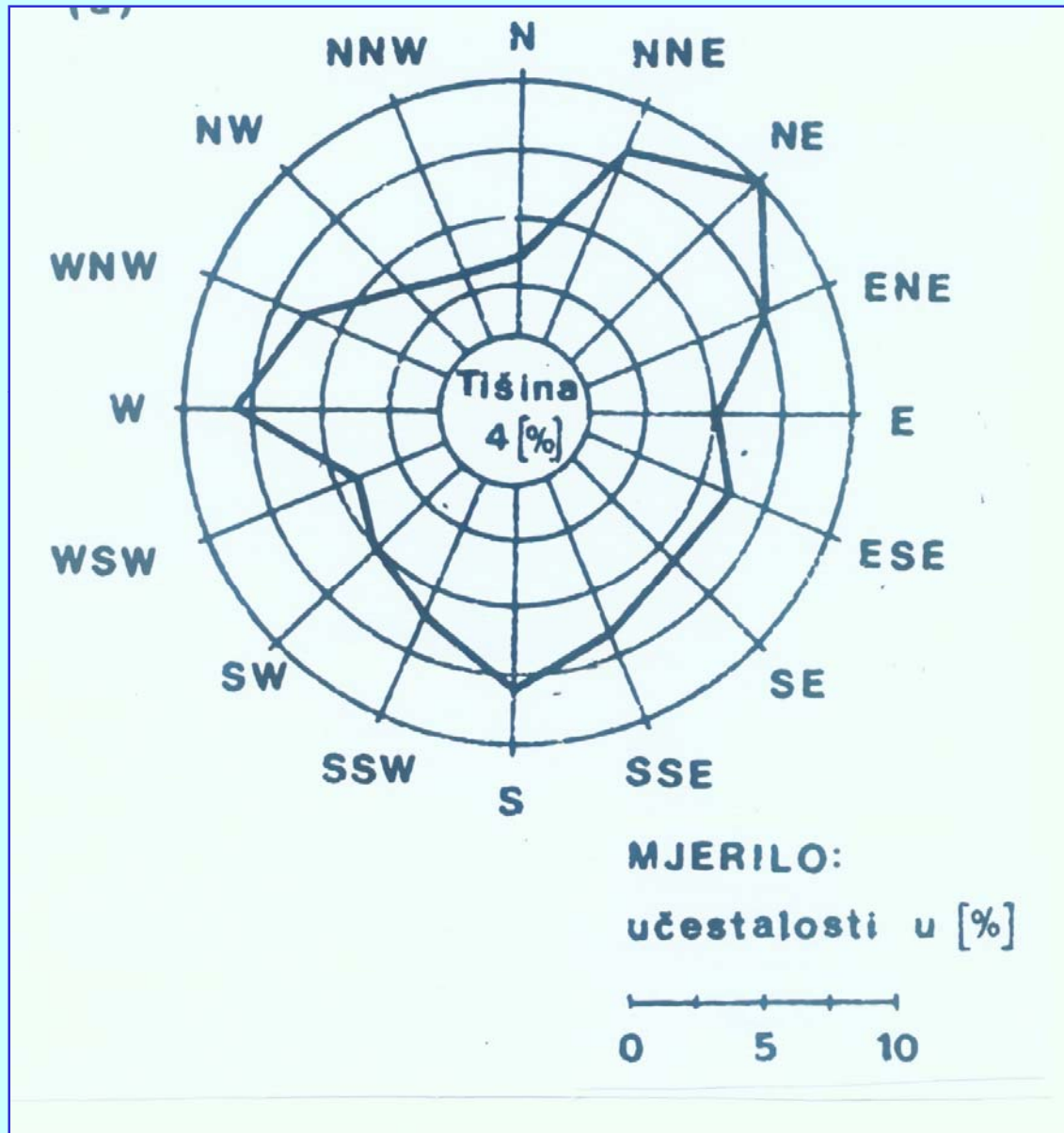
Prevladavajući smjer stupnjeva

N	348.75 - 11.25
NNE	11.25 - 33.75
NE	33.75 - 56.25
ENE	56.25 - 78.75
E	78.75 - 101.25
ESE	101.25 - 123.75
SE	123.75 - 146.25
SSE	146.25 - 168.75
S	168.75 - 191.25
SSW	191.25 - 213.75
SW	213.75 - 236.25
WSW	236.25 - 258.75
W	258.75 - 281.25
WNW	281.25 - 303.75
NW	303.75 - 326.25
NNW	326.25 - 348.75

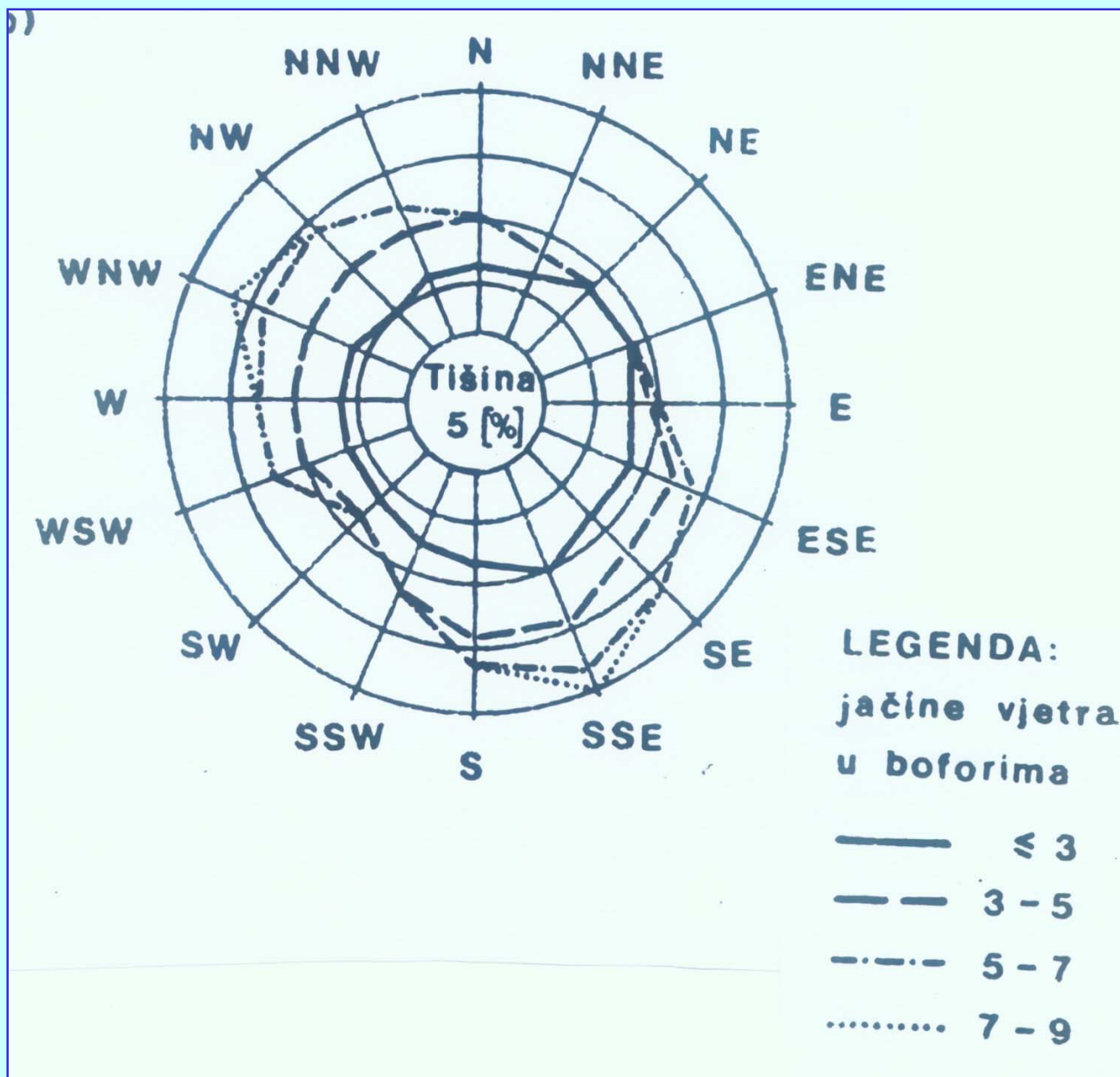


www.crometeo.info

Ruža učestalosti vjetra



Ruža učestalosti i jačine vjetra



reprezentativne brzine vjetra

Pojava vjetra je nestacionaran fenomen.

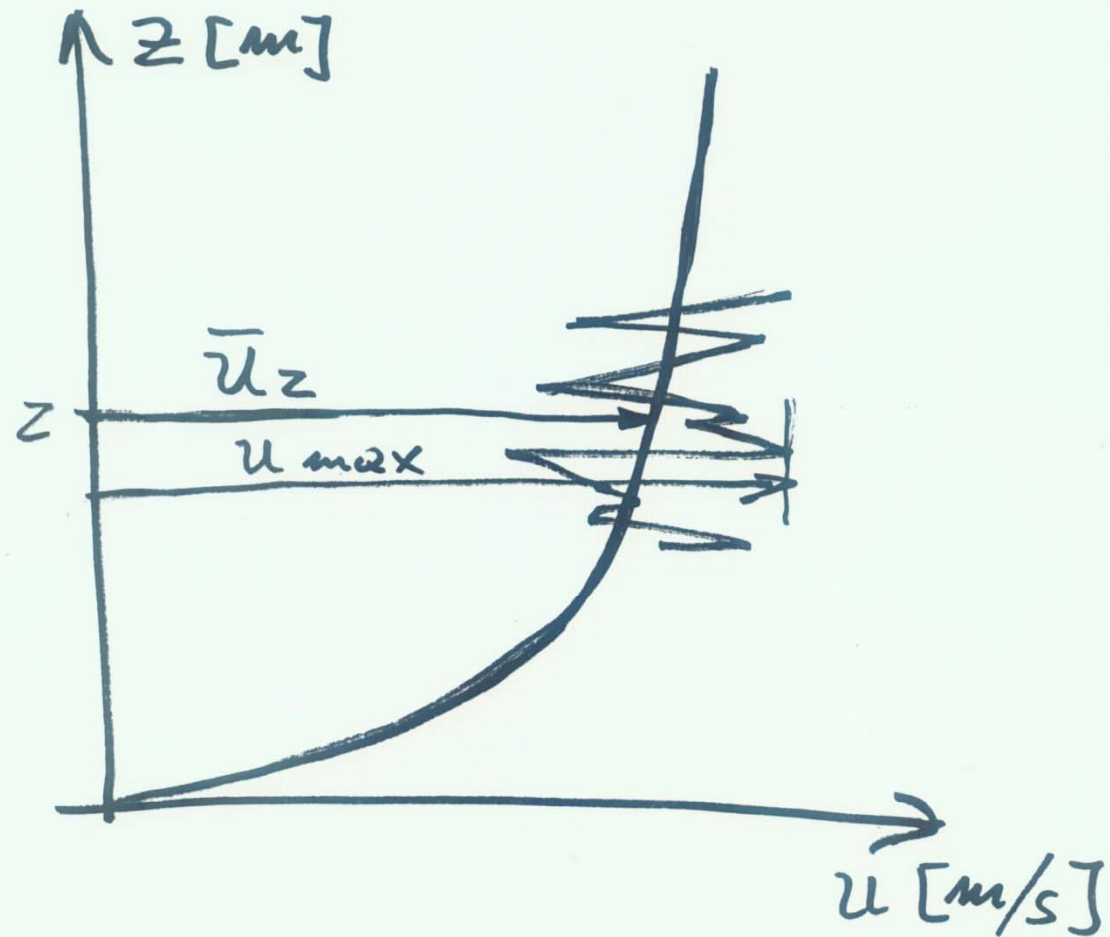
Brzine vjetra su promjenjive kako tijekom vremena tako i prostorno (*po koordinatnim osima*);

Kad se govori o brzini vjetra standardno se misli na brzinu mjerenu 10 m iznad tla ili morske površine.

reprezentativne brzine:

- **srednja satna brzina:** satni srednjak;
- **srednja brzina vjetra:** 10-minutni srednjak;
(dobro se slaže s procjenama stupnjeva bofora)
- **srednja maksimalna brzina vjetra:**
srednjak 10 sekundnih maksimalnih brzina vjetra

Dijagram brzine vjetra



$$\bar{u}_z = \bar{u}_{z=10 \text{ m}} \left(\frac{z}{10} \right)^{0,1}$$

u d a r i v j e t r a

maksimalni dnevni udar (V_{du}) :

1-minutna maksimalna brzina vjetra,

Određuje se na osnovu analognog ili digitalnog zapisa vjetra.

udar vjetra ili apsolutna maksimalna brzina vjetra:

"**n**" sekundna trenutna brzina vjetra,

dobiva se iz maksimalnog broja okretaja anemografa u **n** sekundi;

n = 3 do **5** kod starih i **n = 1** kod novih instrumenata.

brzina udara: ${}_{1s}V_u = 1,4 V_{du}$

(ako se ne raspolože s sekundnim mjerenim podacima)

- problem određivanja brzine udara kad nema anemografskih podataka ?