

ISPARIVANJE

- proces prijelaza vode u atmosferu u obliku vodene pare sa slobodne vodene površine (oceana, mora, jezera, rijeka) ili sa tla i iz biljnog pokrivača;

na **intenzitet isparivanja** - utječu: temperatura zraka, temperatura vode, količina vlage u zraku, vjetar, intenzitet insolacije, atmosferski tlak, kemijska svojstva vode i dr.

razlikujemo:

evaporaciju E: transfer vode u atmosferu sa slobodne vodne površine, s golog tla ili s predmeta u prirodi;

transpiraciju T: isparivanje kroz pore na lišću vegetacije

evapotranspiraciju ET : istovremeno događanje

evaporacije i transpiracije ($E + T$);

moguća i stvarna evapotranspiracija

moguća evapotranspiracija PET: (Thornthwaite 1944), događa se kad količina vode za isparivanje nije ograničena;

(u sklopu PET: *consumptive use (engleski)*)

- količina vode za razvoj vegetacije

stvarna evapotranspiracija ET - realna (aktualna) evapotranspiracija kad je raspoloživa količina vode ograničena:

$$ET = (M_{\text{stv}} / M_{\text{max}}) \cdot PET$$

M_{stv} - stvarni sadržaj vlage u slivu;

M_{max} - maksimalno mogući sadržaj vlage u slivu.

mjerenje evaporacije i transpiracije

- mjerenje evaporacije:

pomoću raznih isparitelja (evaporimetri)

- kod nas su u primjeni:

isparitelj klase A: posuda promjera $D = 120 \text{ cm}$ i visine $h = 25 \text{ cm}$

Picheov isparitelj: (*postoji stari i novi tip*)

mjerenje transpiracije:

a) fitometrom, b) potometrom

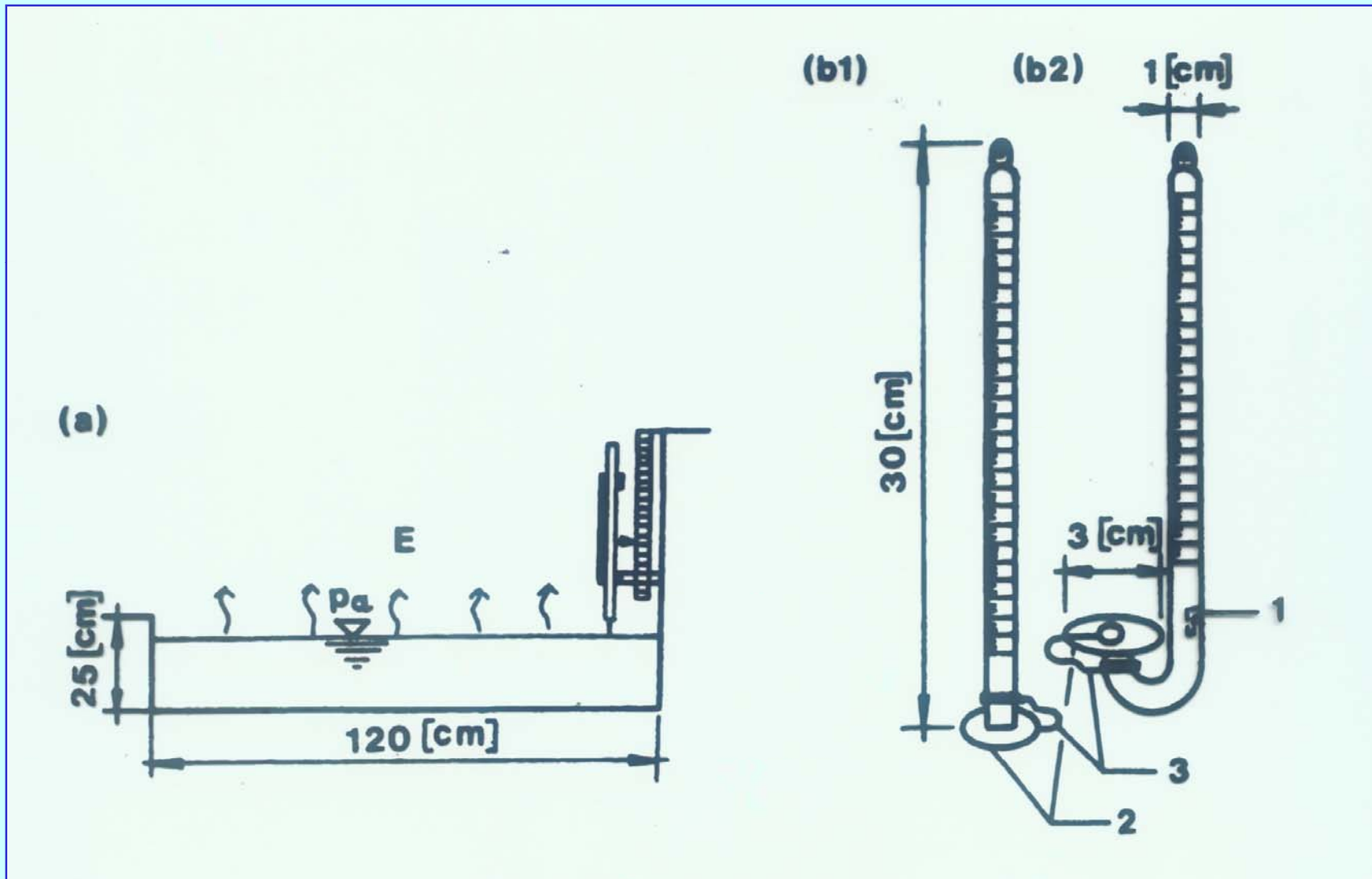
(posude napunjene zemljom i/ili vodom u kojima se uzgajaju biljke, posude su hermetički zatvorene kako bi se spriječila evaporacija, gubitak vlage transpiracijom u nekom vremenskom intervalu određuje se vaganjem – kao razlika težine na početku i na kraju vremenskog intervala)

mjerenje evapotranspiracije: provodi se pomoću lizimetara

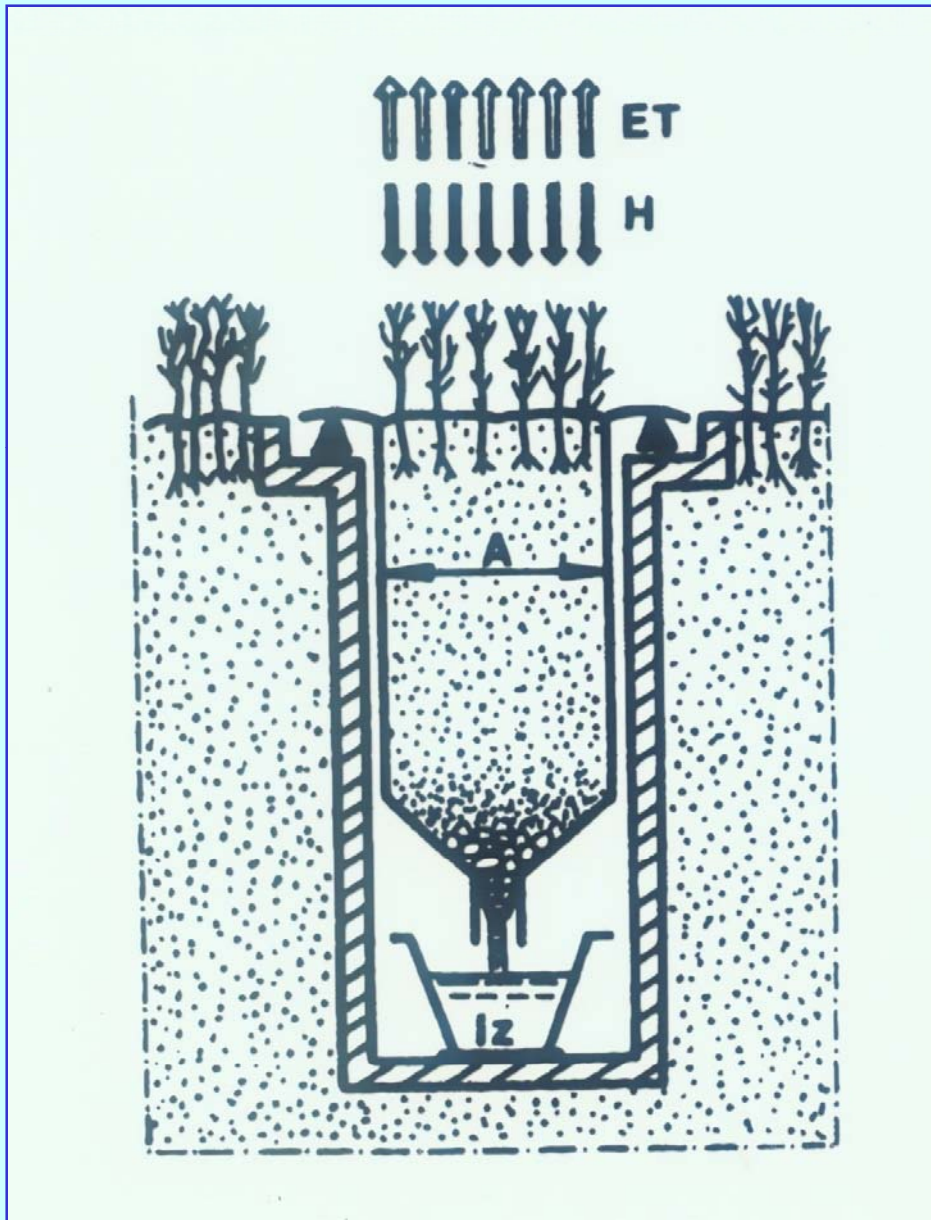
ISPARITELJI

a) klase A;

b) Pichevi isparitelji- *stari i novi tip*



Shema lizimetra za mjerenje evapotranspiracije



ET - evapotranspiracija

H - oborina (mjeri se)

Iz - volumen vode izašao iz sanduka (mjeri se)

A - površina horizontalnog presijeka sanduka

ΔV – promjena volumena vode u sanduku (mjeri se)

jednadžba kontinuiteta:

$$(H-ET) \cdot A = \Delta V + Iz$$

$$ET = H - (\Delta V + Iz) / A$$

Jednadžba vrijedi za bilo koji vremenski interval u kojem se želi izmjeriti evapotranspiracija.

Određivanje evapotranspiracije

- **teorijski postupci:** na osnovu fizike procesa;
- **analitički postupci:** na osnovu energijske ili vodne bilance;
- **empirijski postupci:** na osnovu empirijskih odnosa između izmjerene evapotranspiracije i klimatskih uvjeta;
- **postupci direktnog mjerenja.**

empirijski postupci koji se u praksi najčešće koriste:

Thornthwait_ova jednađžba

Blaney – Criddle_ova jednađžba

Turc_ova jednađžba.

jednadžba Thornthwaita

$$PET_m = 16 \cdot K_k \cdot [10 T_m / I_g]^a$$

PET_m - moguća mjesečna evapotranspiracija

K_k - korekcijski koeficijent (zavisi od trajanja dnevnog svjetla - ovisno o geografskoj širini)

T_m - višegodišnja srednja mjesečna temperatura zraka ($^{\circ}C$)

I_g - godišnji indeks topline

$$I_g = \sum I_m$$

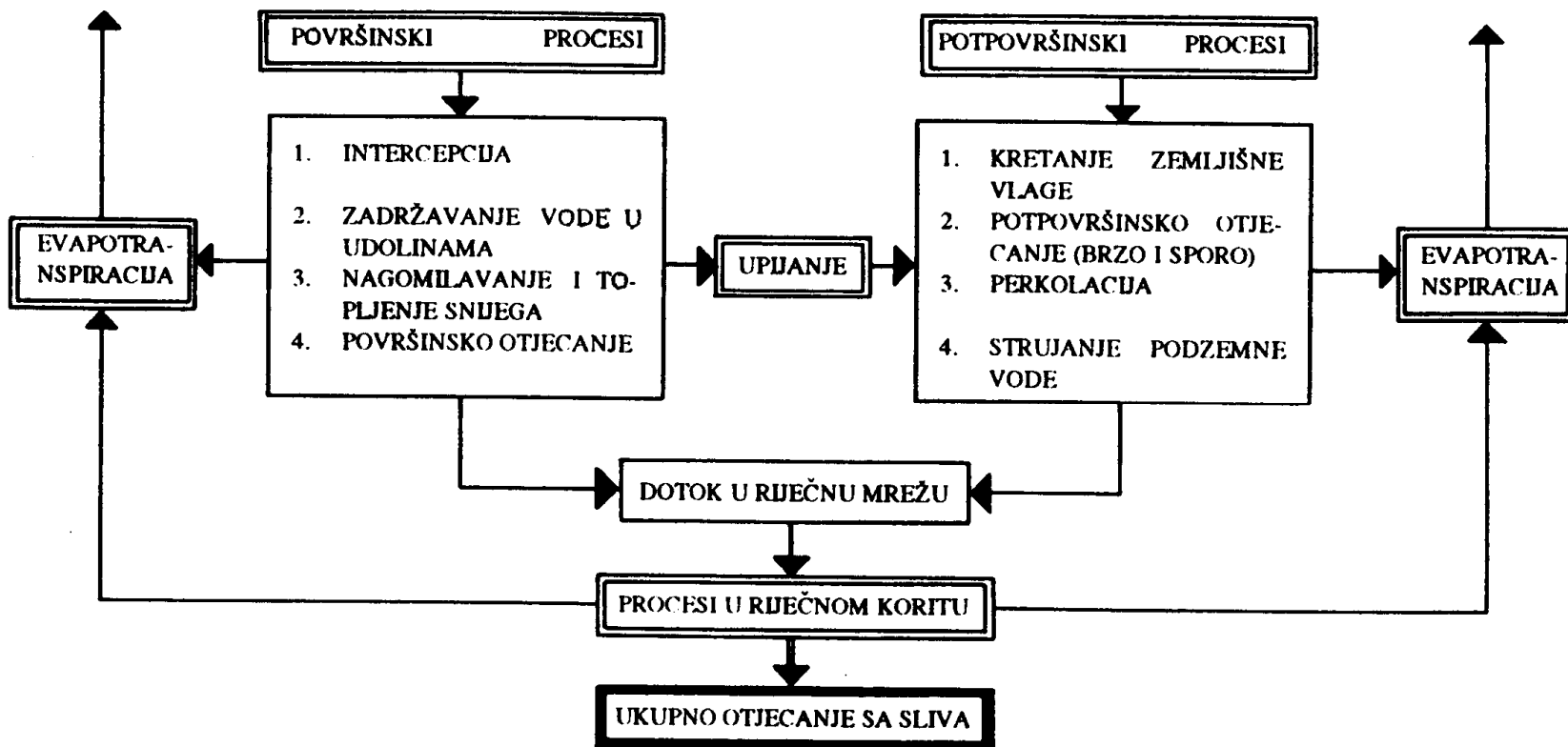
I_m - mjesečni indeks topline

$$I_m = [T_m / 5]^{1.514}$$

a – eksponent (*konstanta*) definiran izrazom:

$$a = 675 \cdot 10^{-9} I_g^3 - 771 \cdot 10^{-7} I_g^2 + 1792 \cdot 10^{-5} I_g + 0.49239$$

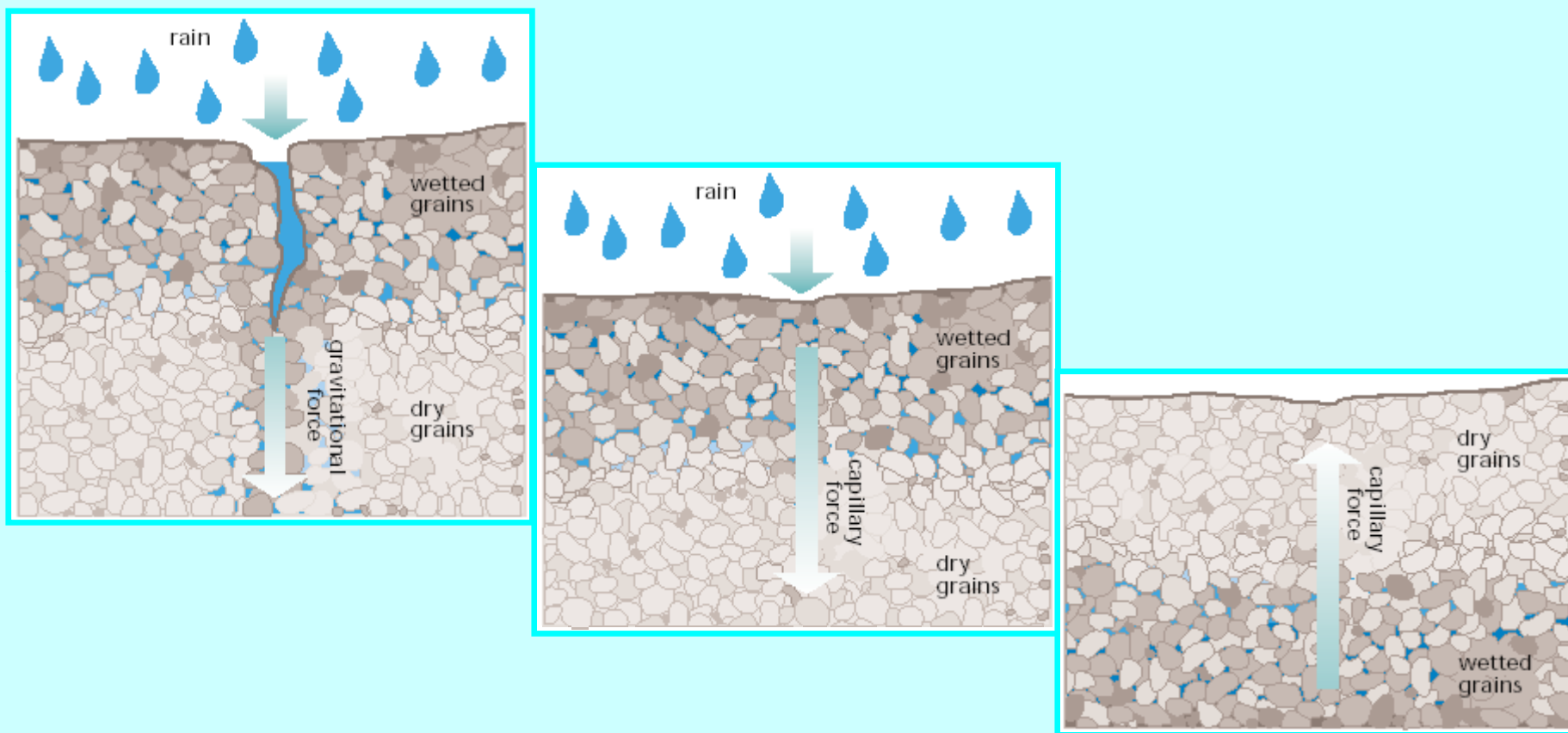
HIDROLOŠKI PROCESI NA KOPNU



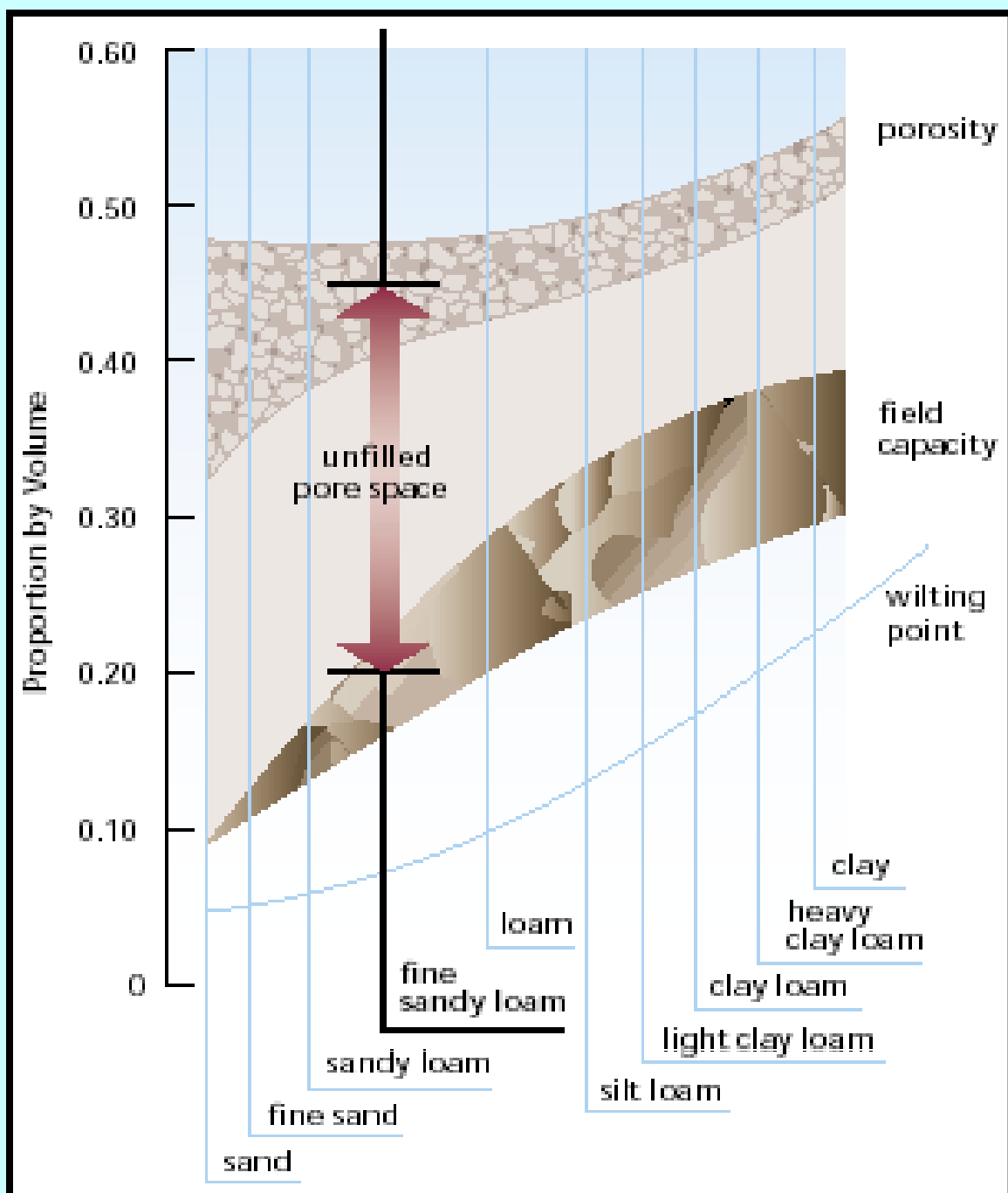
UPIJANJE

- **Upijanje** ili poniranje (infiltracija): *proces prolaska vode s površine u unutrašnjost tla i njeno kretanje prema slobodnoj površini podzemne vode;*
- **hidraulički:** *neustaljeno (nestacionarno) strujanje vode kroz nezasićenu poroznu sredinu;*
- **procjeđivanje (filtracija):** *strujanje vode kroz zasićenu, sredinu (tlo);*
- **jačina upijanja** (*intenzitet infiltracije*): f [mm/h]
- **činioci upijanja:** *jačina oborina, fizičke osobine tla (poraznost, granulacija, sadržaj vlage i sl.), stanje površine tla (gustća i vrsta biljnog pokrova), kemijski sastav čestica tla, temperatura tla, itd.*
- **određivanje upijanja:**
1. matematičko modeliranje, 2. direktno mjerenje.

-Infiltracija, vlaga u tlu i podzemna voda

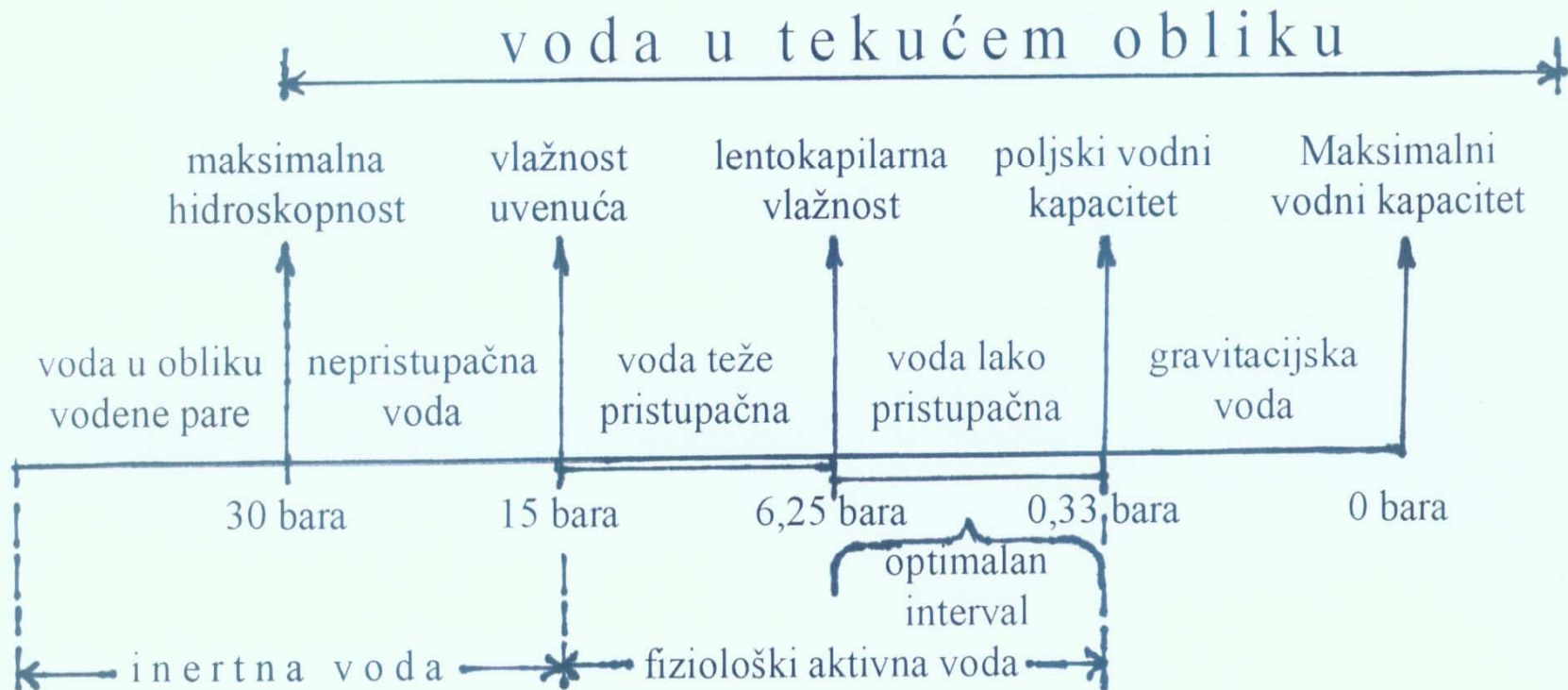


Profil tla: voda prodire u pore tla pod djelovanjem gravitacije i kapilarnih sila



- **Karakteristike različitih tala glede zadržavanja vode u tlu**

voda u tlu



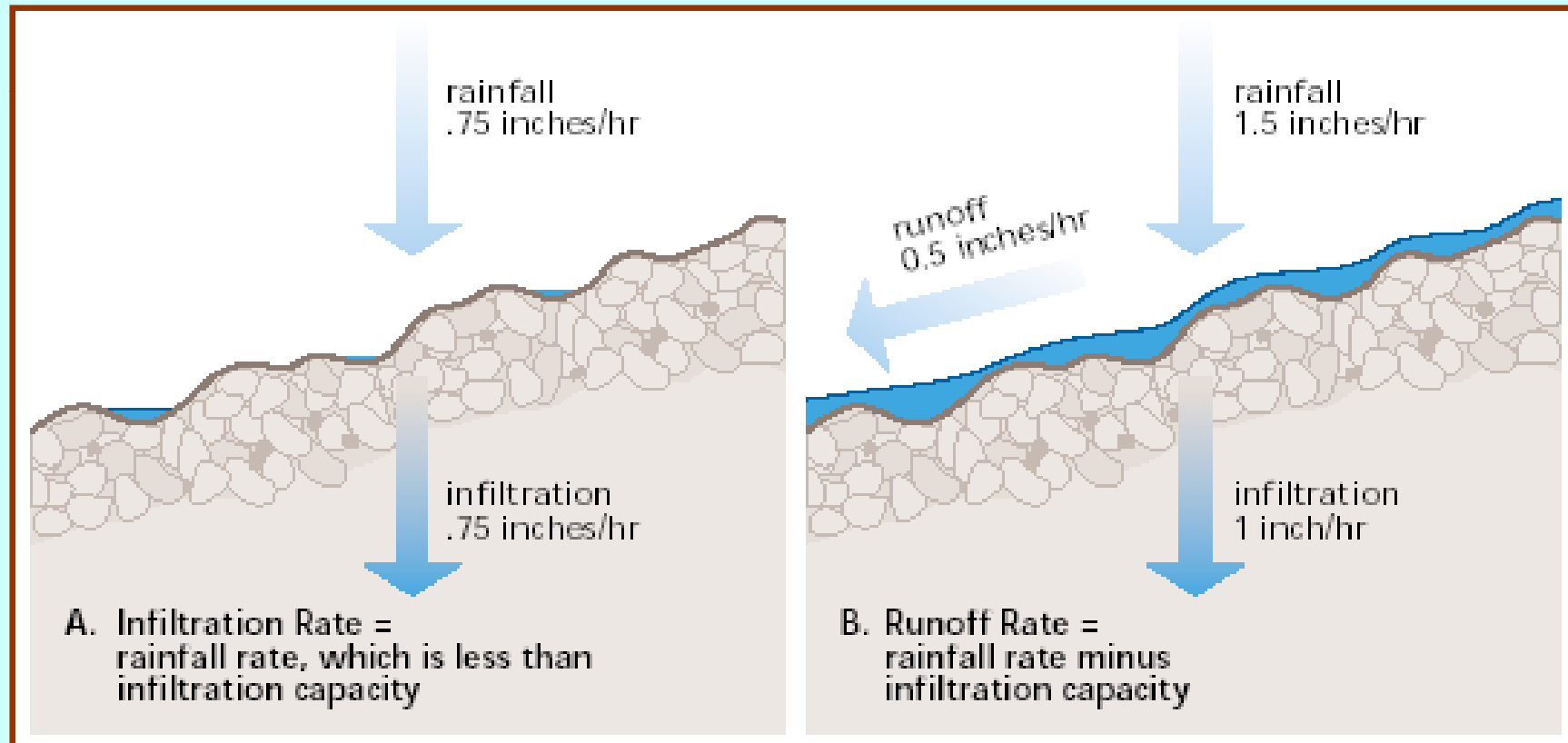
poljski kapacitet: *količina vode koja se zadrži u tlu nakon što se gravitacijska voda ocijedila (perkolirala)*

lentokapilarna vlažnost: *granica između vezane vode i vode koja se slobodno giba (kod 6,25 bara)*

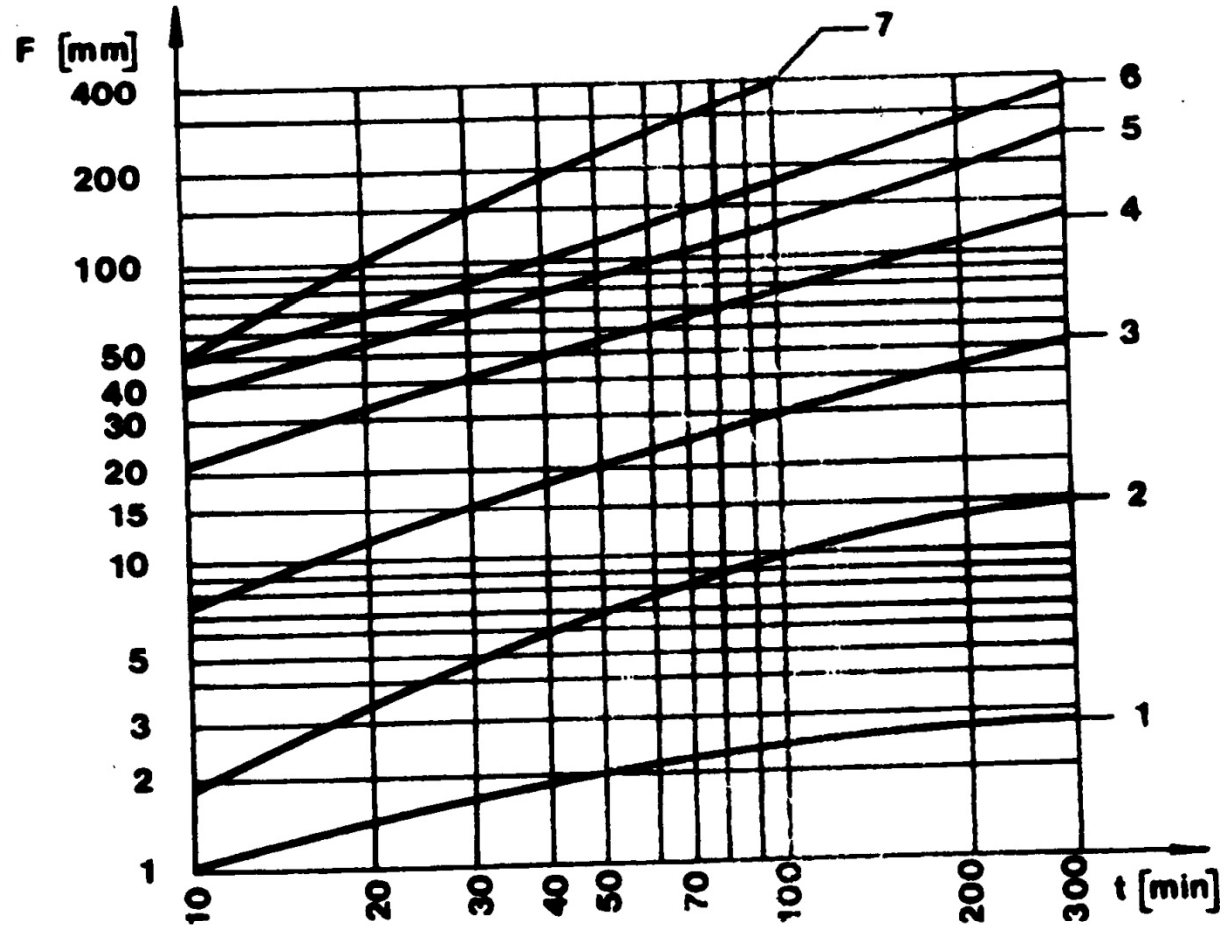
vlažnost uvenuća: *vlažnost koju biljka više ne može apsorbirati (tlo drži čestice vode silom od 15 bara)*

Infiltracija i otjecanje :

površinsko otjecanje se pojavljuje ako je intenzitet kiše veći od intenziteta infiltracije



Upijanje za razne vrste tala



- 1 – glina;
- 2 – ilovača;
- 3 – glina s malo pijeska;
- 4 – glina s dosta pijeska;
- 5 – pijesak s dosta gline;
- 6 – pijesak s umjereno gline;
- 7 – pijesak s malo gline;

Hortonova jednađba za proračun upijanja

- Prema Hortonu zbirno upijanje je dano izrazom:

$$U_{[t]} = f_c \cdot t + \left(\frac{f_0 - f_c}{k} \right) \cdot (1 - e^{-kt})$$

- gdje su :
- **f_c**, **f₀** i **k** - parametri, čije su vrijednosti i dimenzije za neke vrste tla u tablici
- t - vrijeme, [min]
- e - baza prirodnog logaritma, e = 2.718

Vrijednosti parametara u Hortonovoj jednadžbi za neke vrste tala

Vrsta i osobina tla	f_0	f_1	k
	[mm/min]	[mm/min]	[1/min]
Pijesak (visok intenzitet upijanja)	4.23	0.42	0.033
Pjeskovita ilovača (umjereno upijanje)	3.29	0.21	
Ilovača (slabo upijanje)	2.12	0.11	
Glina (vrlo slabo upijanje)	1.27	0.04	

f_0 - incijalno upijanje; f_c – upijanje na kraju prvog sata;

$f_c \approx f_1$ gornja granica upijanja za golo tlo na kraju prvog sata upijanja;
za obraslo tlo f_c zavisi od f_1 i od obratenoštenosti tla (vegetacije)

Primjena Hortonove jednačbe

Za korištenje su važne dvije činjenice:

- a) jednačba se odnosi na upijanje u točki;
kod proširenja njene primjene na veću površinu pretpostavljaju se jednoliki (uniformni) uvjeti u slivu;
 - b) vrijednosti za parametar f_c u tablici odnose se na neobraslo (*golo*) tlo i odgovaraju gornjoj granici upijanja, f_1 na kraju prvog sata ($t = 60$ [min]);
- **određivanje stvarnog upijanja:** *vrijednosti f_1 treba pomnožiti s faktorom biljnog pokrova, čije se vrijednosti kreću od npr. 1.4 do 7.5 za tla pod šumom i livadom, od 1.1 do 3.0 za žitarice i od 1.0 do 1.5 za redne kulture.*

Mjerenje upijanja pomoću infiltrometara

a) infiltrometri koje voda preplavljuje – *direktno mjerenje infiltracije:*

cijevi ili koncentrični prstenovi utisnuti u tlo do dubine 40 do 50 [cm], voda se iz menzura toči u cijevi tako da vrhuni i doljeva se po mjernim vremenskim intervalima;

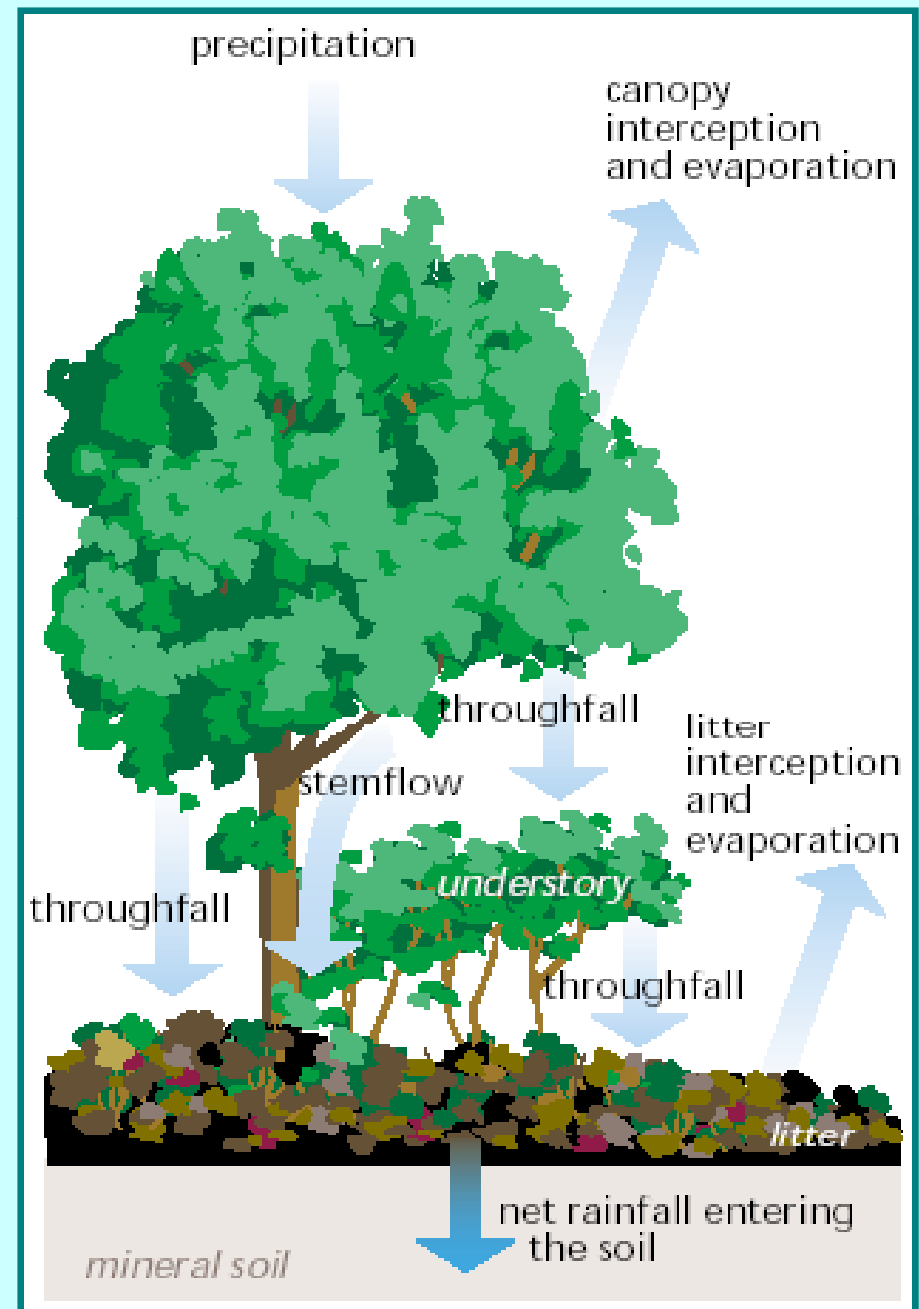
b) infiltrometari rasprskivači – *indirektno mjerenje:*

obično se na parcelama duljine oko 2 m postave dva reda posebnih prskala uzduž stranica parcele, voda se konstantnim intenzitetom dovodi na parcelu simulirajući kišu; otjecanje s parcele mjeri se sve dok ne postigne konstantnu veličinu, tada se prskala isključe uz nastavak mjerenja otjecanja do trenutka kada ono prestane; zatim dolazi do ponovnog uključanja prskala i ponavljanja postupka - bilansnom metodom analitički se odredi kumulativna infiltracija.

INTERCEPCIJA

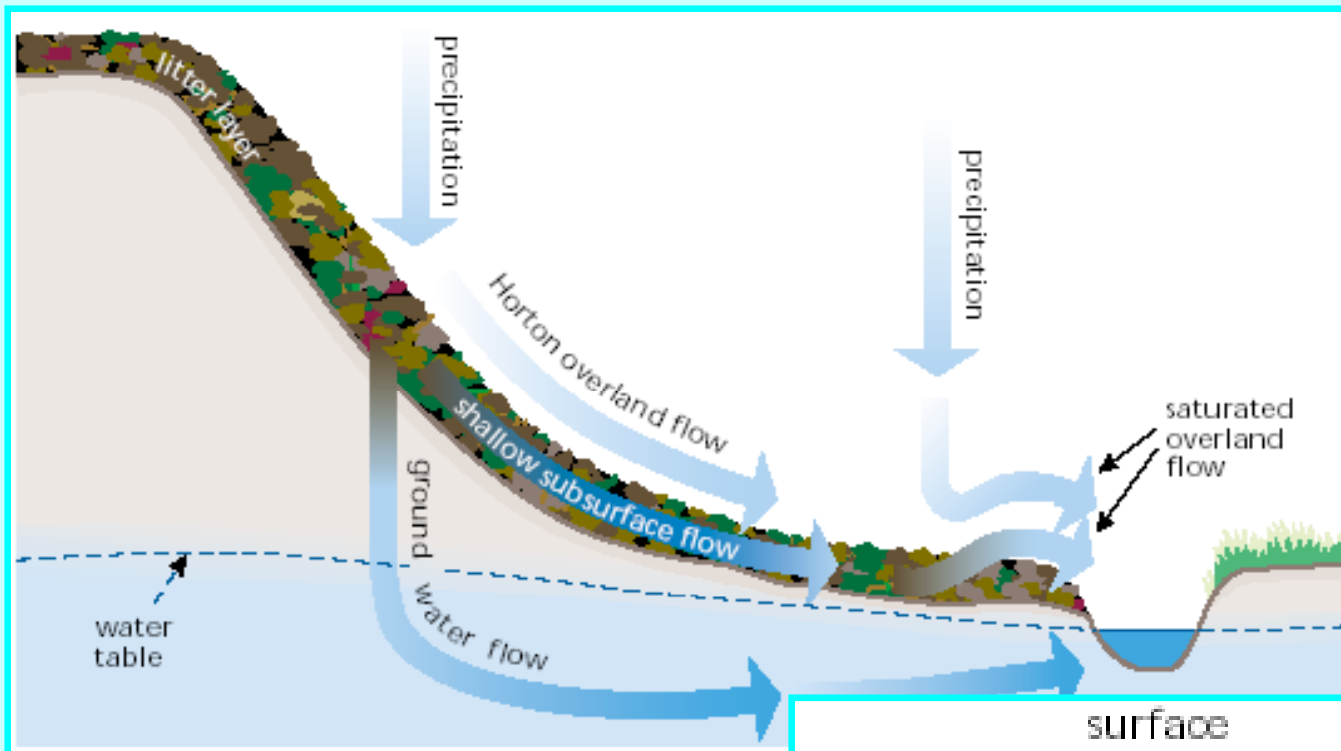
- **Intercepcija** je proces zadržavanja dijela oborina na lišću i granama vegetacije. Taj dio oborina se isparavanjem vraća u atmosferu. Taj se gubitak u proračunu otjecanju uzima ili kroz koeficijent otjecanja (*kod standardnih proračuna*), ili kao dio ukupne evapotranspiracije sa sliva (*kod kompleksnijih matematičkih modela*).
- Kod mješovite listopadne šume starosti oko 50 god. intercepcija iznosi oko 20 % od oborina reda veličine $H = 10$ [mm].
- Postoji i više analitičkih izraza kojima se intercepcija za pojedine biljne kulture izražava u funkciji slijedećih parametara: oborina, dnevne temperature zraka, brzina vjetra, evaporacije i sl.

Hidrološki procesi u šumi



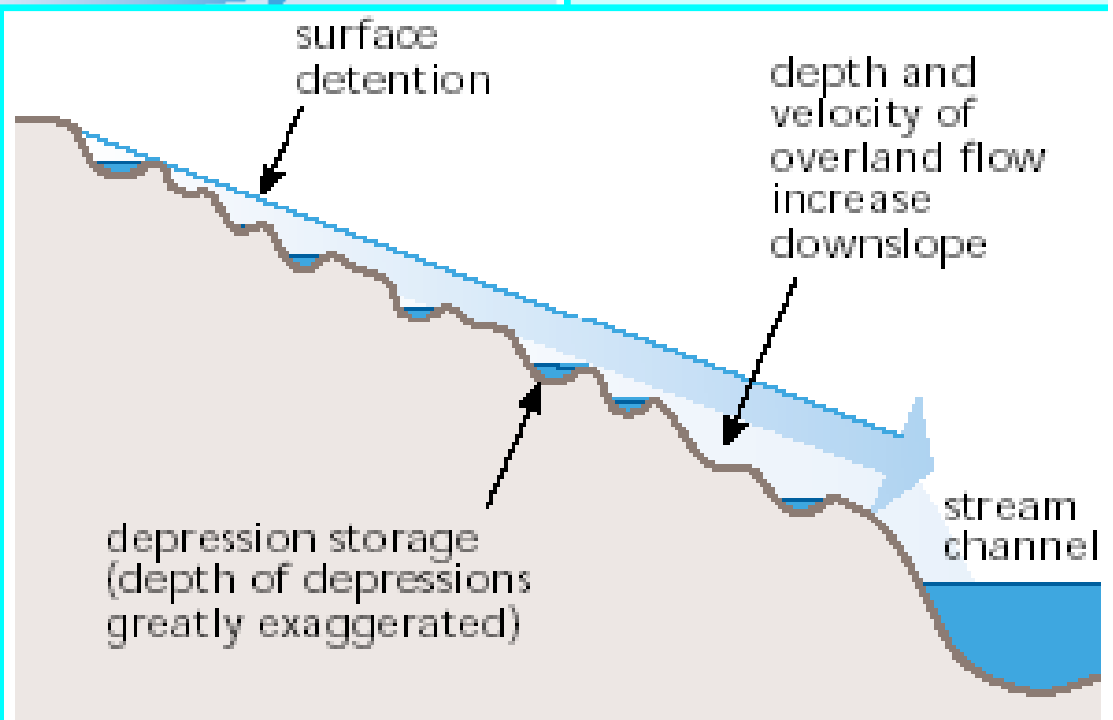
Intercepcija ovisno o vrsti šume

Vrsta šume	Oborine: H [mm]			
	10	20	50	75
	Intercepcija: [mm]			
Zimzelena	2,5	4,3	4,8	5,6
Listopadna	1,5	2,0	3,1	3,4



Putovi
otjecanja

Površinsko otjecanje
i zadržavanje vode
u udolinama



Zadržavanje vode u udolinama i topljenje snijega

U udolinama (depresijama) se zadržava dio oborina koje padnu na površinu tlo; ta se voda zadržava te se infiltrira i/ili evaporira; ovisi o padu terena.

Prema Kiddu: $DS = 0,77 I^{-0,40}$

I = prosječan pad terena [%]

Topljenje "starog" snijega: važno zbog izazivanja poplava
(javlja se s oborinama)

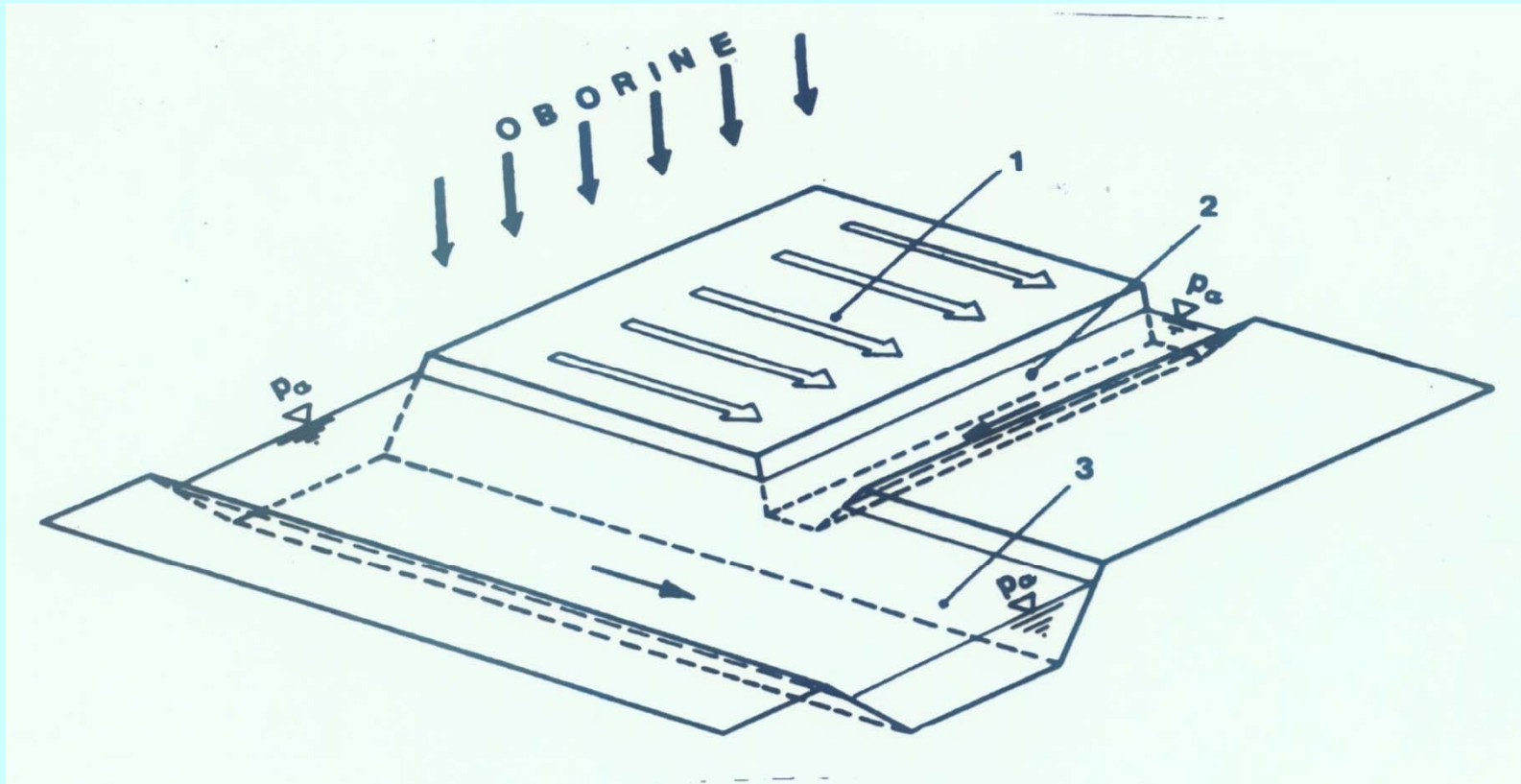
Važno za prognoziranje otjecanja: podaci o zalihama snijega i hidrometeorološki parametri (*temperatura zraka, oborine, vjetar*)

procjena: 300 mm svježeg snijega = visini kiše 25 mm

gustoća svježeg snijega: od 50 do 200 g/l,

stari snijeg: 300 g/l

komponente površinskog optjecanja



- 1 – površinsko slijevanje (*primarno otjecanje*)
- 2 – otjecanje u vodotocima nižeg reda
- 3 – otjecanje u vodotocima višeg reda

Komponente ukupnog otjecanja

