

Isparavanje

- Prelazak vode iz tečnog ili čvrstog stanja u gasovito i njena difuzija u atmosferu
- Isparavanje sa različitih površina
 - sa vodene površine, iz vlažnog zemljišta, sa vegetacije
 - “fizika” procesa je ista
- *Transpiracija*: proces “prerade” vode u biljkama
 - isparavanje vode iz lišća biljke i odgovarajuće uzimanje vode iz tla preko korenog sistema
 - veoma mali deo vode ostane u telu biljke
- *Evapotranspiracija* = isparavanje (evaporacija) + transpiracija
 - potencijalna ET (PET): pri neograničenom izvoru vlage
 - stvarna ET (ET < PET)

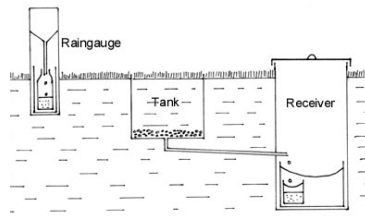
Isparavanje

- Uslovi za isparavanje
 - **izvor vlage**
 - vodena masa, vlažno zemljište, ...
 - **izvor toplotne energije**
 - direktno Sunčevo zračenje, toplota u vazduhu, zemljištu ili vodi
 - *latentna toplota isparavanja* = energija potrebna molekulima vode da bi prešli u gasovito stanje
 - **razlika sadržaja vlage** između površine sa koje voda isparava i atmosfere
 - isparavanje prestaje pri zasićenju vazduha – mora da postoji deficit saturacije
 - uloga vetra: mešanjem zasićenog vazduha sa suvim nastavlja se isparavanje

Isparavanje

■ Merenje isparavanja i evapotranspiracije

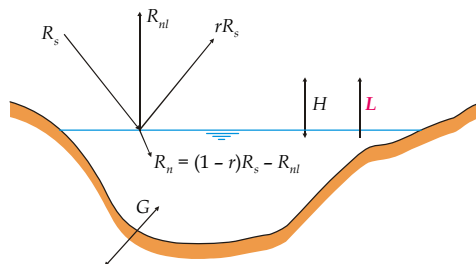
- isparitelj klase A
 - prečnik 120 cm, dubina 25 cm
 - faktori korekcije za velike površine 0.7-0.8
- Pišov isparitelj
 - isparavanje vode iz cevčice preko filter papira
- lizimetar
 - meri ET za određenu kulturu
 - bilans: ET = kiša - perkolacija ± promena vlage u zemlji



Isparavanje sa vodene površine: proračun

■ Metod bilansa energije (radijacioni metod)

- energija neto zračenja na površinu R_n
 - bilans kratkotalasnog i dugotalasnog zračenja: $R_n = (1 - r)R_s - R_{nl}$
- razmena toplote sa atmosferom H (zbog razlike u temperaturama), vidljiva toplota, senzibilna toplota
- razmena toplote sa zemljištem G
- toplota koja se troši na isparavanje L



$$R_n - H - G - L = 0$$

$$L = R_n - H - G$$

Isparavanje sa vodene površine: proračun

■ Metod bilansa energije (radijacioni metod)

- pretpostavke: $G \rightarrow 0$, $H = \beta L$
 - β - Bovenov odnos

$$L = R_n - H - G \approx R_n - \beta L \rightarrow L = \frac{R_n}{1 + \beta}$$

- L - toplota koja se troši na isparavanje: $L = \lambda \rho E$
 - λ - latentna toplota isparavanja (energija po jedinici mase)
 - ρ - gustina vode (masa po jedinici zapremine)
 - E - zapremina (sloj) isparavanja

$$L = \frac{R_n}{1 + \beta} = \lambda \rho E \rightarrow E = \frac{R_n}{(1 + \beta) \lambda \rho}$$

Isparavanje sa vodene površine: proračun

■ Metod bilansa energije (radijacioni metod)

- λ - latentna toplota isparavanja (energija po jedinici mase), zavisi od temperature

$$\lambda = 2.501 \cdot 10^6 - 2370 T$$

$$T [^\circ\text{C}], \quad \lambda [\text{J/kg}]$$

- β - Bovenov odnos, odnos H/L , računa se iz izraza:

$$\beta = \gamma \frac{T_p - T_a}{e_p - e_a}$$

$$T [^\circ\text{C}], \quad e [\text{mb}], \quad \gamma [\text{mb}/^\circ\text{C}]$$

- γ - psihrometrijska konstanta, $\gamma = 0.65 \text{ mb}/^\circ\text{C}$
- T_p, e_p - temperatura i pritisak vod. pare na površini
- T_a, e_a - temperatura i pritisak vod. pare u vazduhu

Isparavanje sa vodene površine: proračun

Metod bilansa energije (radijacioni metod)

$$E = \frac{R_n}{(1 + \beta)\lambda\rho}$$

jedinice:

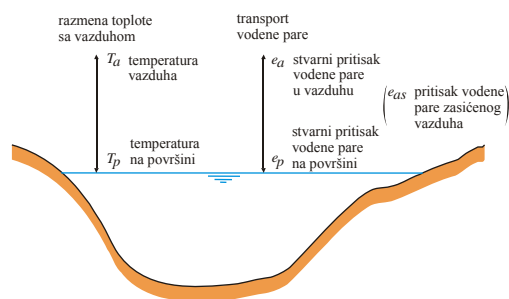
- R_n [W/m²] = [J s⁻¹ m⁻²] = 3600 · 24 [J m⁻² dan⁻¹]
- β [-]
- λ [J/kg]
- ρ [kg/m³]

$$E(=) \frac{\frac{\text{J}}{\text{m}^2 \cdot \text{dan}}}{\frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{dan}} = 10^3 \frac{\text{mm}}{\text{dan}}$$

Isparavanje sa vodene površine: proračun

Metod transfera mase (aerodinamički metod)

- isparavanje zavisi od razlike vlažnosti između vode i vazduha i vetra
- oblik veze: $E = (e_p - e_a) \cdot f(u)$
 - e_p, e_a - pritisak vodene pare na površini i u vazduhu
 - u - brzina vetra
- problem e_p , zamenjuje se sa e_{as} : $E_a = (e_{as} - e_a) \cdot f(u)$



Isparavanje sa vodene površine: proračun

■ Metod transfera mase (aerodinamički metod)

- najpoznatiji izraz Penmana:

$$E = 0.263(0.5 + 0.537u_2)(e_{as} - e_a)$$

e [mb], u_2 [m/s], E [mm/dan]

- u_2 – brzina vetra na visini od 2 m

Isparavanje sa vodene površine: proračun

■ Kombinovani Penmanov metod

- aerodinamički metod pogodan za neograničen izvor energije, radijacioni kada transport vodene pare nije ograničen

- aerodinamički metod:

- tačno isparavanje:

$$E = (e_p - e_a) \cdot f(u)$$

- približno isparavanje:

$$E_a = (e_{as} - e_a) \cdot f(u)$$

- odnos:

$$\frac{E_a}{E} = \frac{e_{as} - e_a}{e_p - e_a} = 1 - \frac{e_p - e_{as}}{e_p - e_a}$$

- nagib krive saturacije:

$$\Delta \approx \frac{e_p - e_{as}}{T_p - T_a}$$

$$\frac{E_a}{E} = 1 - \Delta \frac{T_p - T_a}{e_p - e_a} = 1 - \Delta \frac{\beta}{\gamma}$$

Isparavanje sa vodene površine: proračun

■ Kombinovani Penmanov metod

- radijacioni metod:

$$E = \frac{R_n}{(1 + \beta)\lambda\rho}$$

- Bovenov odnos:

$$\beta = \frac{R_n}{\lambda\rho E} - 1$$

- kombinacija:

$$\frac{E_a}{E} = 1 - \Delta \frac{\beta}{\gamma} \quad \beta = \frac{R_n}{\lambda\rho E} - 1$$

$$E = \frac{\gamma E_a + \Delta \frac{R_n}{\lambda\rho}}{\gamma + \Delta} = \frac{\gamma E_a + \Delta E_r}{\gamma + \Delta}$$

Evapotranspiracija: proračun

■ Referentna evapotranspiracija ET_0 :

- ET za neograničenu travnatu površinu sa neograničenim izvorom vlage (praktično PET za travu)

■ Potencijalna evapotranspiracija za neku kulturu:

- $PET = ET_0 \cdot K_c$
 - K_c - koeficijent kulture, zavisi od vrste i faze rasta (0.2 - 1.3)

■ Stvarna evapotranspiracija za neku kulturu:

- $ET = PET \cdot K_s = ET_0 \cdot K_c \cdot K_s$
 - K_s - koeficijent zemljišta, zavisi od stvarne vlažnosti zemljišta