

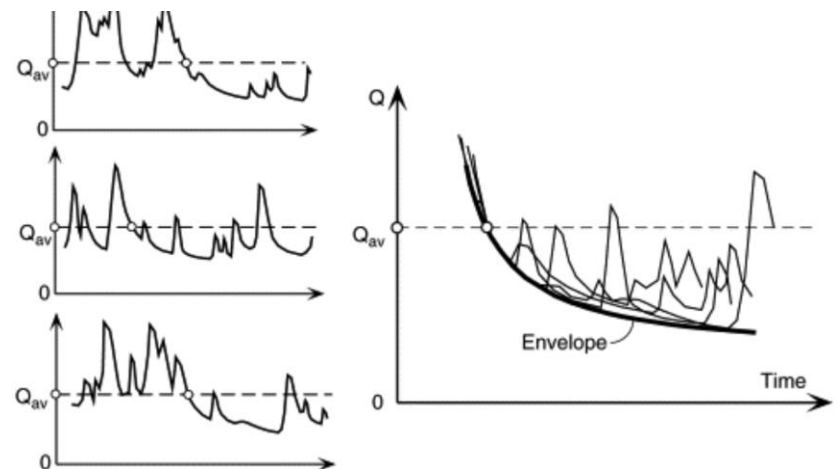
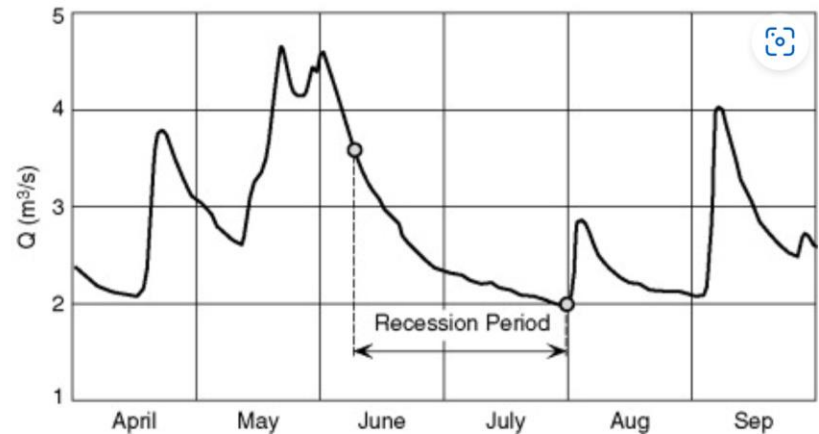
Metody hydrogeologického výzkumu IV.

**Analýza hydrogramu:
doplňování podzemních vod**

Analýza hydrogramu

Sestupná (recesní) větev hydrogramu:

- charakterizace podzemního odtoku během suchého období
- náhled do struktury zvodně
- matematický vztah mezi odtokem a časem
 - predikce odtoku po určitém období bez srážek
 - výpočet změny zásob ve zvodni
 - důležité pro jímání vod
- vyžaduje období beze srážek
- humidní klima – jen kratší období
 - obalová linie (envelope line)

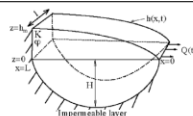
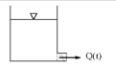
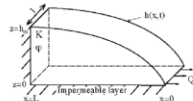
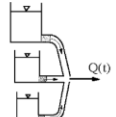
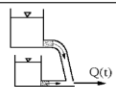
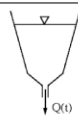


(Kresic a Bonacci, in Groundwater Hydrology of Springs, 2010)

Analýza hydrogramu

matematický vztah mezi odtokem a časem

- nejčastěji používanou metodou - Mailletova formule
- aproximace vyprazdňování zvodně jako analogie k rezervoáru vody vyprazdňujícího se přes špunt tvořený pórovým prostředím
- vyprazdňování jako funkce tvaru rezervoáru (zvodně) a hydraulických parametrů (T, S)
- u záznamu průtoku ve vodních tocích prvně nutnost separace hydrogramu (odfiltrování povrchového a hypodermického přítoku), u vydatnosti pramene není nutné

Method	Model	Formula	Exact solution	Approximate solution	Mathematical fit	Interpretation
Boussinesq (1877)		$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t}$ $Q_0 = (\pi/2)KH(h_m/L),$ $\alpha = \pi^2 KH/4\varphi L^2$		×		Aquifer and river recession
Maillet (1905)		$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t}$		×		Aquifer and river recession
Boussinesq (1903)		$Q_t = Q_0(1 + \alpha t)^2$ $Q_0 = 1.724Kh_m^2/LL,$ $\alpha = 1.115Kh_m/\varphi L^2$	×			Aquifer and river recession
Schoeller (1948); Barnes (1939)		$Q_t = \sum_{i=1}^n Q_{0i} e^{-\alpha_i t}$			×	Entire recession (including influenced stage)
Horton (1933)		$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t}$			×	Entire recession (including influenced stage)
Coutagne (1948)		$Q_t = Q_0[1 + (n-1)\alpha_0 t]^{n(1-n)}$ $\alpha_t = \alpha_0[1 + (n-1)\alpha_0 t]^{-1}$			×	Entire recession (including influenced stage)
Drogue (1972)		$Q_t = Q_0(1 + \alpha t)^n$			×	Entire recession (including influenced stage)

Mailletova formule

Mailletův vztah (1905) ukazuje, že pokles (recese) vydatnosti pramenů a průtoku v tocích může být reprezentován exponenciální rovnicí (mezi odtokem a hladinou podzemních vod je lineární vztah)

$$Q_t = Q_0 e^{(-\alpha t)}$$

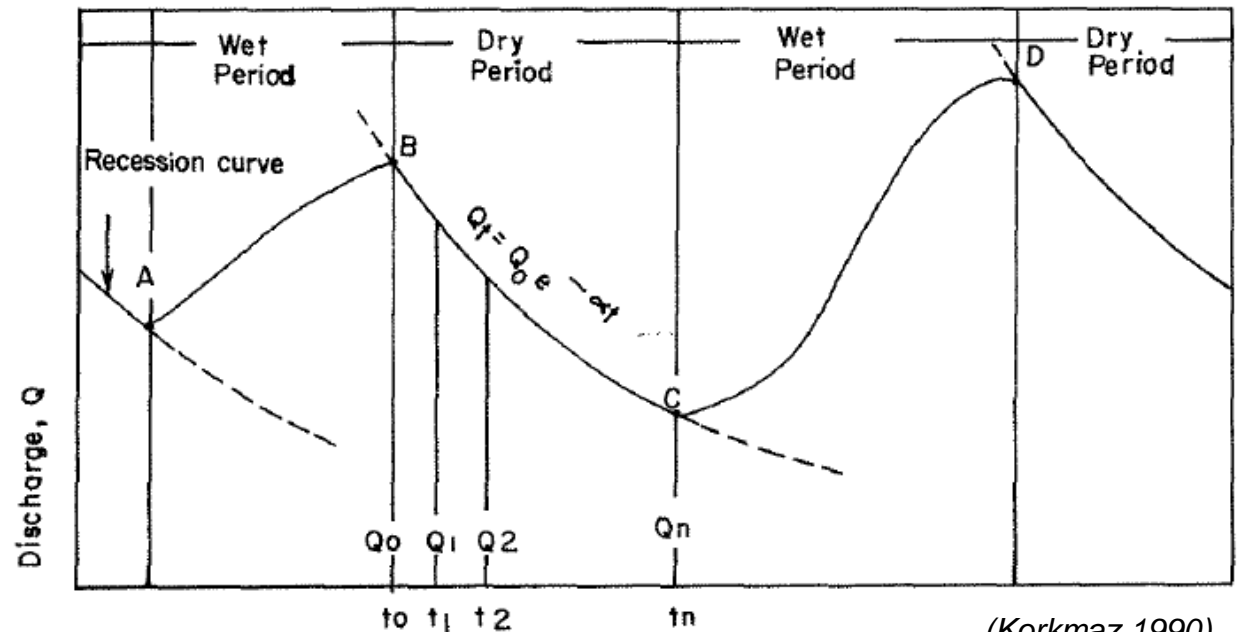
Q_t - vydatnost v recesním období v čase t ,

Q_0 - vydatnost v čase $t=0$,

e je Eulerovo číslo,

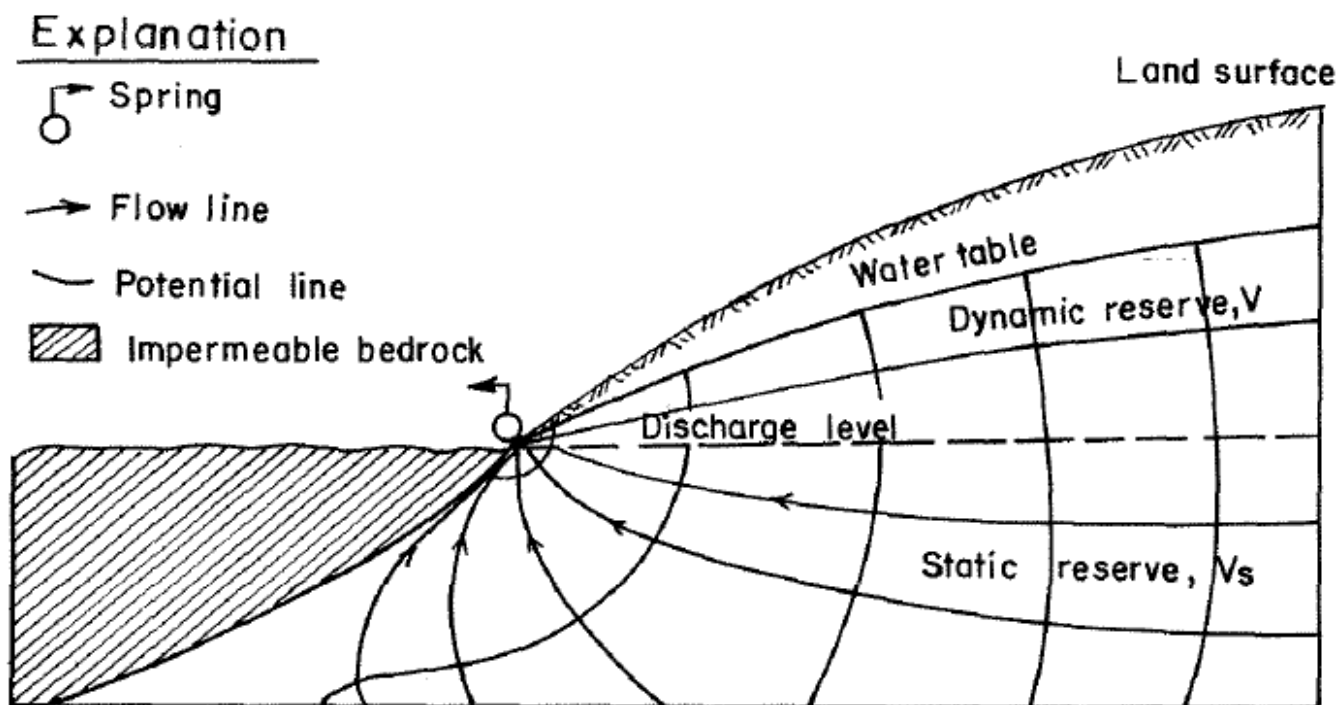
α - Mailletův recesní koeficient (vyprazdňovací koeficient, recesní koeficient),

t – čas od počátku recese



Mailletova formule

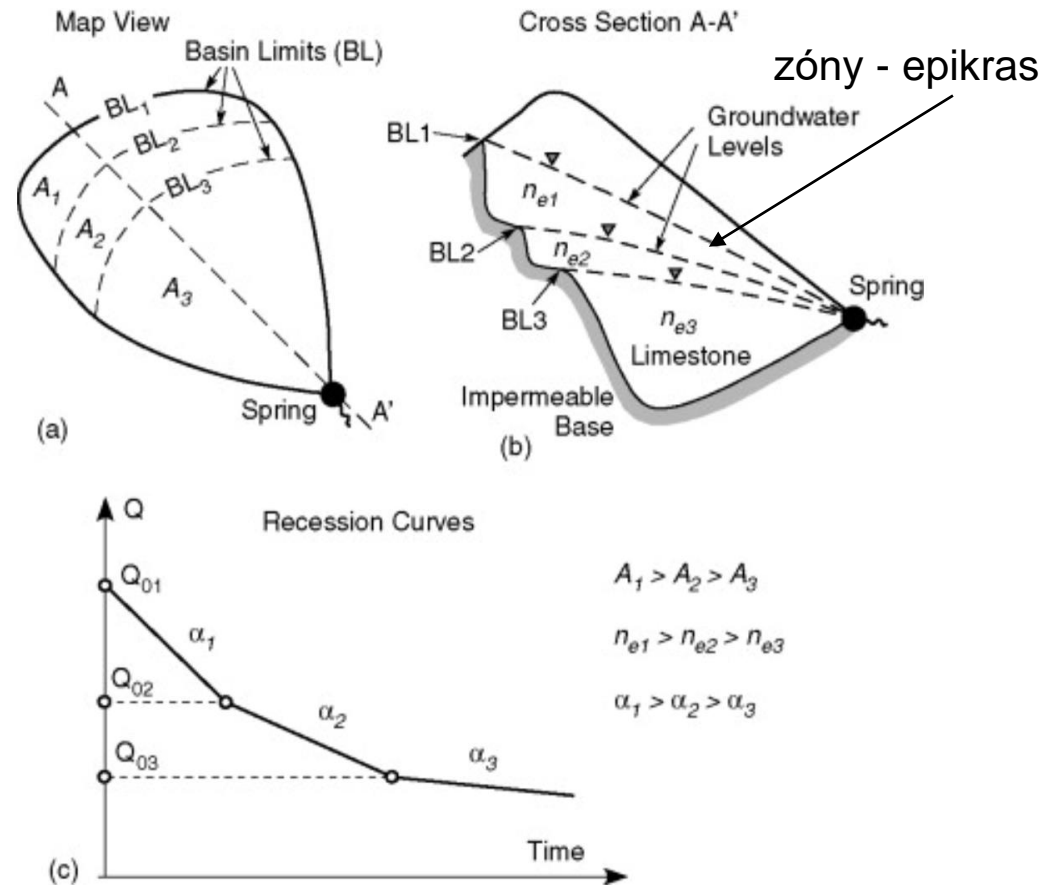
- popisuje závislost průtoku v určitém čase od dosažení maxima
- umožňuje výpočet dostupných – dynamických – zásob vody v určitém čase
- z recese vydatnosti pramene lze určit efektivní infiltraci



(Korkmaz 1990)

Změny v hodnotě recesního koeficientu

Vliv změny ve velikosti povodí (zvodně) a storativity v čase



(Kresic a Bonacci, in Groundwater Hydrology of Springs, 2010)

Mailletova formule

$$Q_t = Q_0 e^{(-\alpha t)}$$

kde Q_t je průtok v čase od max. Q_0 , Q_0 je počáteční (max.) průtok, e je Eulerovo číslo, α je recesní (drenážní, vyprazdňovací) koeficient

Mailletův recesní koeficient α

- je funkcí hydraulických parametrů zvodně (T, S) a geometrie povodí
- odpovídá sklonu recesní části hydrogramu v semilogaritmickém grafu
- velké hodnoty indikují strmý sklon recesní křivky, voda se tedy v blízkosti pramene pohybuje relativně rychle skrz propustnější materiál

Hodnoty Mailletova koeficientu

- 10^{-3} drenáž podzemních vod laminárním prouděním přes malé póry či úzké pukliny
- 10^{-2} až 10^{-1} drenáž podzemních vod turbulentním prouděním přes široké pukliny a rozpuštěné kanály

Stanovení efektivní infiltrace (EI)

Mailletova formule

$$Q_t = Q_{\max} e^{(-\alpha t)}$$

Recesní koeficient je vypočten z rovnice

$$\alpha = \frac{\ln Q_{\max} - \ln Q_{\min}}{t} \quad [\text{čas}^{-1}]$$

Q_{\max} - maximální průtok

Q_{\min} - minimální průtok

Podzemní odtok je přímo úměrný zásobě vody

$$Q = \alpha V$$

Objem vody ve zvodni je tedy

$$V = \frac{Q}{\alpha}$$

Rozdíl dynamické zásoby v čase + objem vody který odtekl pramenem = **EI**

Změna dynamické zásoby

$$\Delta V = V_s - V_p$$

V_p – dynamická zásoba na konci předcházející periody

Objem podzemní vody drénované pramenem

$$Q_{\text{total}} = \sum_{i=1}^n Q_i$$

V_s – dynamická zásoba na konci následující periody

$$EI = \Delta V + Q_{\text{total}}$$

Stanovení efektivní infiltrace (EI)

Mailletova formule

$$Q_t = Q_{\max} e^{(-\alpha t)}$$

Recesní koeficient je vypočten z rovnice

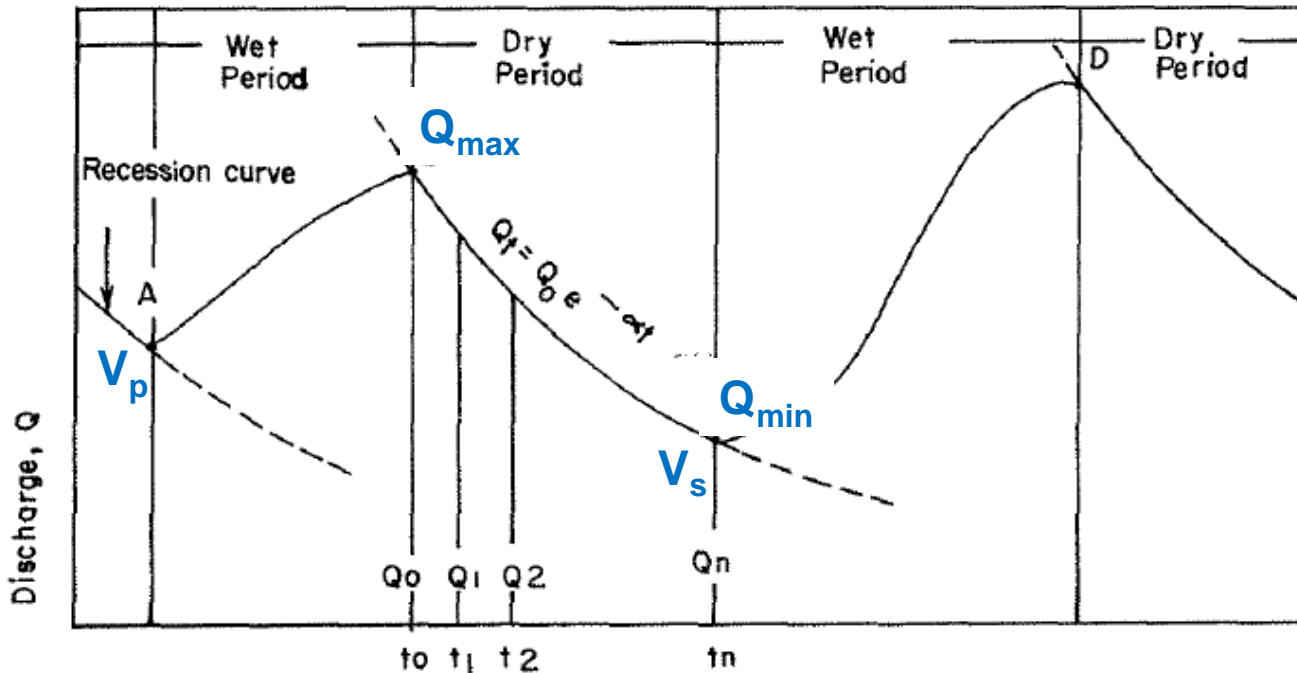
$$\alpha = \frac{\ln Q_{\max} - \ln Q_{\min}}{t} \quad [\text{čas}^{-1}]$$

Q_{\max} - maximální průtok

Q_{\min} - minimální průtok

Podzemní odtok je přímo úměrný zásobě vody

$$Q = \alpha V$$



menem = **EI**

V_p – dynamická zásoba na konci předcházející periody

V_s – dynamická zásoba na konci následující periody