Hydrology (CT2310)

Prof. dr. ir. H.H.G. Savenije

Lezing ‘Hoogwaterafvoer en reservoirs’

TU Delft

Voortplanting van hoogwatergolven
Flood Routing

1. Channel routing
2. Reservoir routing

Golfvoortplanting

- wordt bepaald door:
  - Wet van Newton

  versnelling = zwaartekracht – wrijving

$$\frac{\mathrm{d}\,v}{\mathrm{d}\,t} = -g\,\frac{\partial H}{\partial x} - f\,\frac{v|v|}{R}$$

  Behoud van massa:

$$\Delta S = \left(I - O\right)\Delta t$$

$$\left(\frac{\partial A}{\partial t}\Delta t\right)\Delta x = \left(Q - \left(Q + \frac{\partial Q}{\partial x}\Delta x\right)\right)\Delta t$$

St. Venant vergelijkingen (1871)

$$\frac{\mathrm{d}\,v}{\mathrm{d}\,t} + g\,\frac{\partial H}{\partial x} + f\,\frac{v|v|}{R} = 0$$

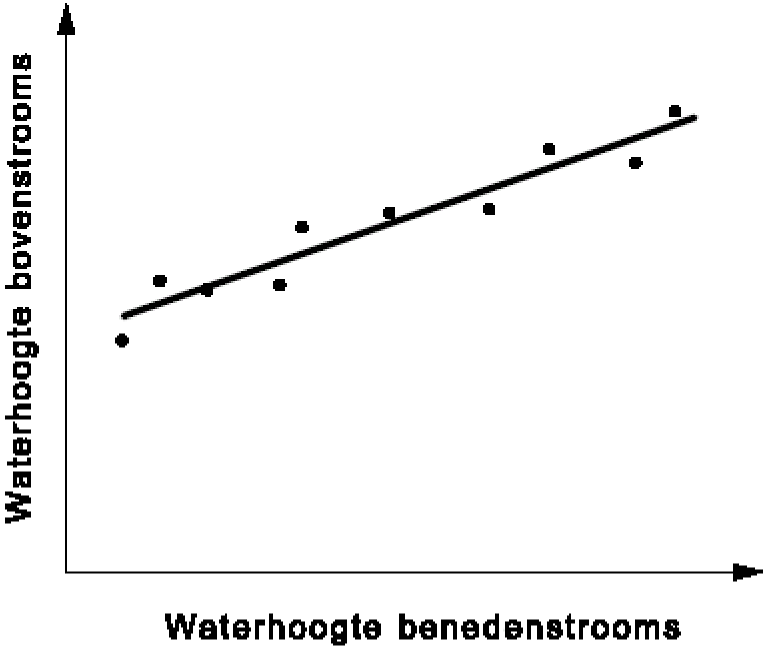
versnelling - zwaartekracht+wrijving=0

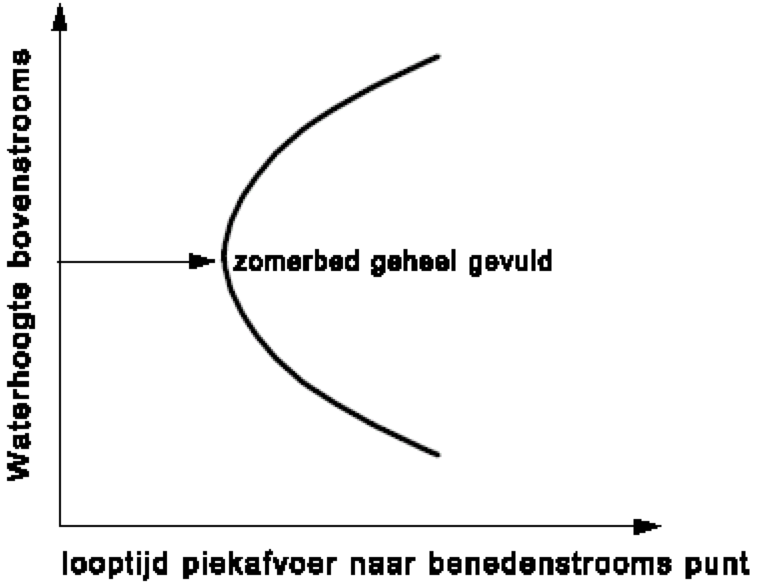
$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

volumetoename + afvoertoename = 0

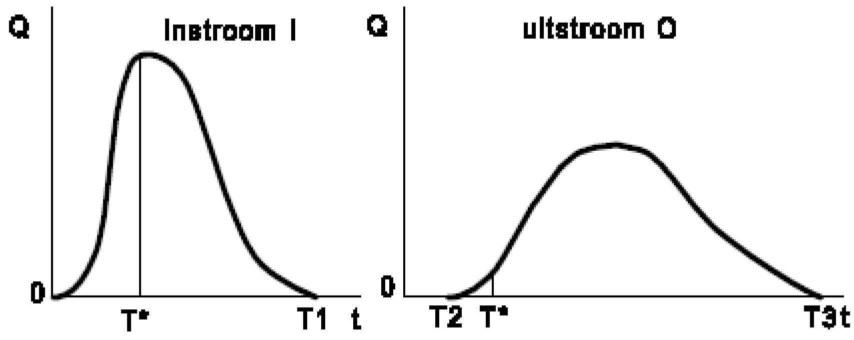
Channel Routing

- Looptijden (zonder bergingscomponent)
- Storage routing (met bergingscomponent)





Storage Routing



$$\frac{\mathrm{d}S}{\mathrm{d}t} = I - O$$

$$S^* = \int_0^{T^*} (I - O)\,\mathrm{d}t$$

Storage Routing

Behoud van massa: $$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

$$\left(A_2 - A_1\right)\Delta x = \left(I - O\right)\Delta t$$

$$\left(S_2 - S_1\right) = \left(I - O\right)\Delta t$$

$$S_2 - S_1 = \frac{\left(I_1 + I_2\right)}{2}\Delta t - \frac{\left(O_1 + O_2\right)}{2}\Delta t$$

twee onbekenden: S_2, O_2

Tweede vergelijking

1. Uitstroom is functie van berging (Puls, 1928)

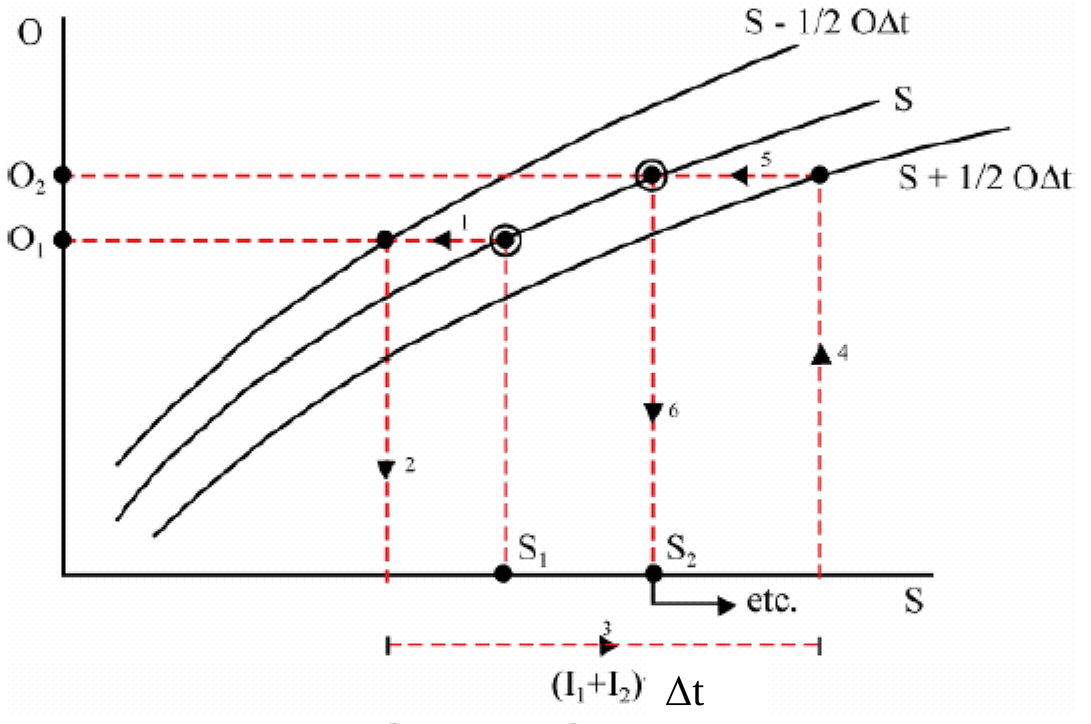
$$O = f(S) \quad \text{ofwel:} \quad S = f^{-1}(O)$$

2. Uitstroom is functie van berging en instroom (Muskingum, 1938)

$$S = K\left[xI + (1-x)O\right]$$

Puls (1928) methode

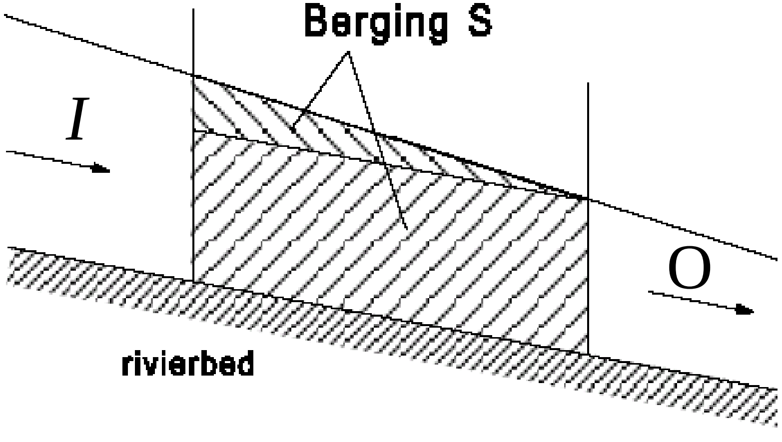
- Vaste (grafische) relatie tussen *S* en *O*
  $S = S(O)$
- Eigenlijk alleen geschikt voor reservoirs

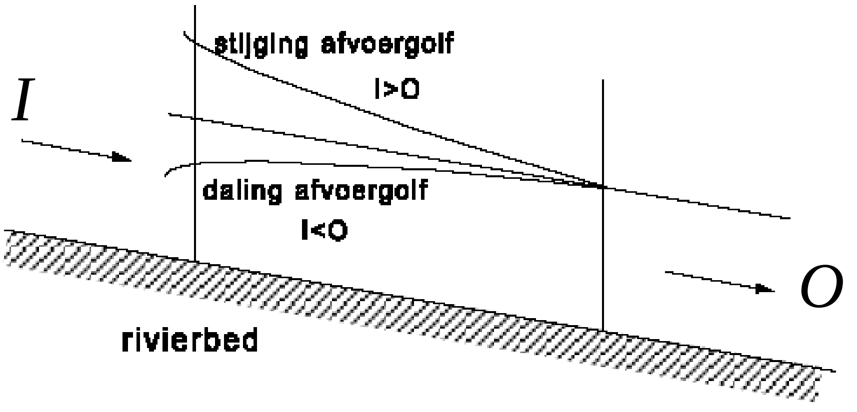


River routing: Muskingum

Met complexe berging $S=S(I,O)$

$$S = K\left[xI + (1-x)O\right]$$





River routing: Muskingum

$$S_2 - S_1 = (I - O)\Delta t = \frac{(I_1 + I_2)}{2}\Delta t - \frac{(O_1 + O_2)}{2}\Delta t \qquad (1)$$

$$S_2 - S_1 = K\left[xI_2 + (1 - x)O_2\right] - K\left[xI_1 + (1 - x)O_1\right] \qquad (2)$$

(1) en (2):

$$O_2(-0.5\Delta t - K + Kx) = I_1(-0.5\Delta t - Kx) + I_2(-0.5\Delta t + Kx)$$

$$+O_1(0.5\Delta t - K + Kx)$$

$$O_2 = c_1 I_1 + c_2 I_2 + c_3 O_1$$

River routing: Muskingum

$$O_2 = c_1 I_1 + c_2 I_2 + c_3 O_1$$

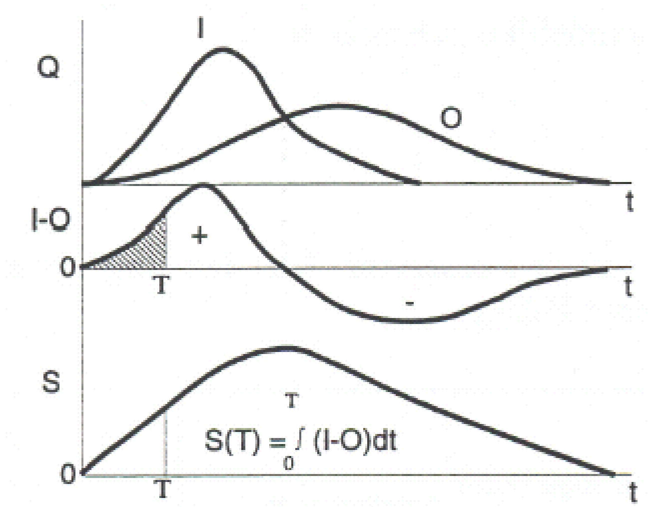
$$c_1 = \frac{\Delta t + 2Kx}{\Delta t + 2K - 2Kx}$$

$$c_2 = \frac{\Delta t - 2Kx}{\Delta t + 2K - 2Kx}$$

$$c_3 = \frac{-\Delta t + 2K - 2Kx}{\Delta t + 2K - 2Kx}$$

Muskingum Routing

- Looptijd *K* (is verblijftijd v.h. water)
- wegingsfactor *x*: 0<*x*<0.5
- bij reservoirs: *x*=0



Figuur 10.60 - Bepaling van een berging in een riviervak

Figuur 10.61 - Trial and error voor x-waarden

Reservoirs

- Doel van reservoir is water “bergen”
- afvlakken van variatie in Q
- voor drinkwatervoorziening
- voor irrigatie
- voor waterkracht
- voor hoogwaterbestrijding
- recreatie
- Multi-Purpose

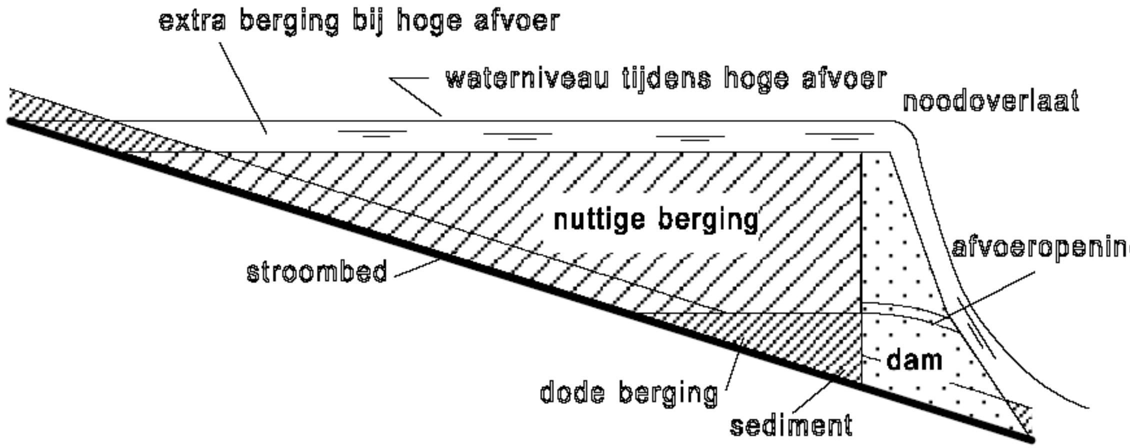
Nadelen van stuwmeren

- verbreken vismigratie
- gedwongen verhuizing van mensen en dieren
- slibopvang
- verandering ecosysteem naar stilstaand water
- verlies cultuurgoed (Abu Simbel)

Reservoir kenmerken

Type berging:

- Dode berging
- Nuttige berging
- Overlaatberging (berging boven de kruin)

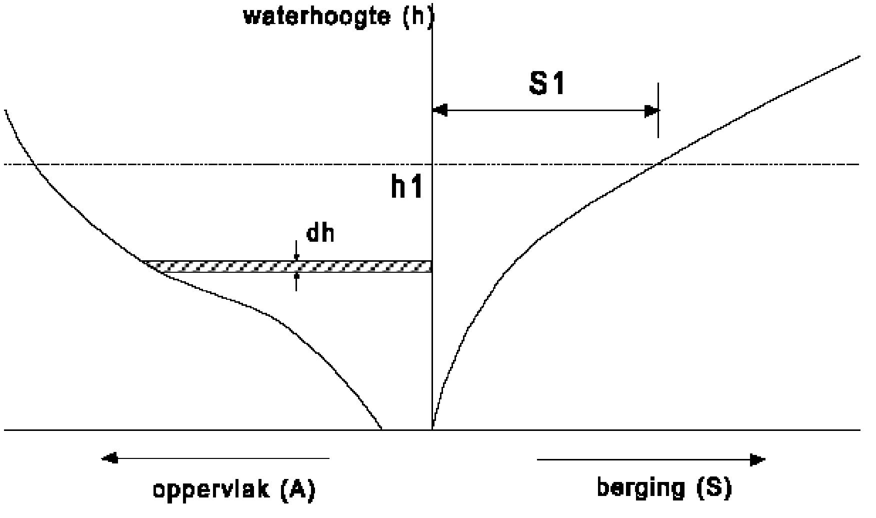


Figuur 11.1 - Karakteristieken van een reservoir met stuwdam

Reservoirs

- Capaciteitskromme $A = A(h)$

- Bergingskromme $S(h) = \int_0^h A(h)\,\mathrm{d}\,h$

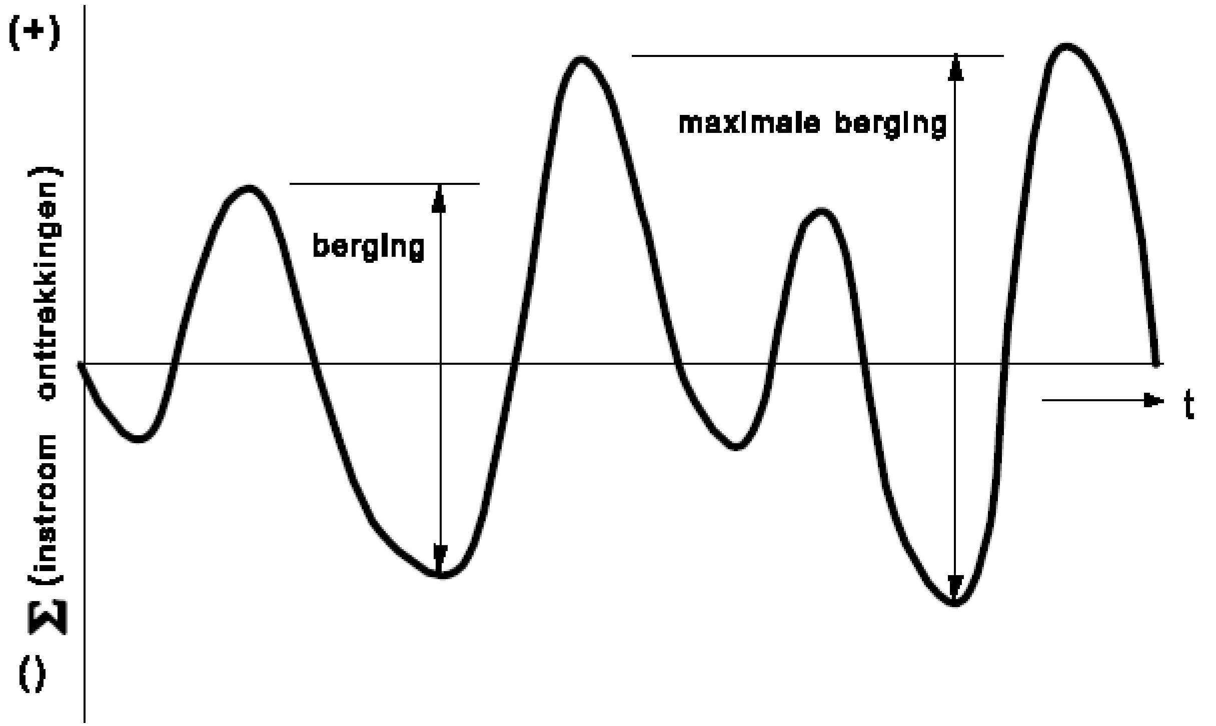


Figuur 11.2 - Relatie wateroppervlak-berging

Capaciteitsbepaling

- S(t) plot, sequent peak
- Rippl diagram
- Simulatie

Sequent Peak



Figuur 11.3 - Bepaling maximaal benodigde bergingscapaciteit

Rippl Diagram