



## VODOHOSPODÁŘSKÉ INŽENÝRSTVÍ A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ - 142VIZP

### Úloha č. 5

Horský, Nešvarová- K142

### Roční výroba energie vodní elektrárnou při jezu

Základní vztahy:

**Výkon elektrárny:**

$$P = \eta \rho g Q H \text{ [W]}$$

kde:

- $\eta$  účinnost [-]
- $\rho$  hustota [ $\text{kgm}^{-3}$ ]
- $g$  tíhové zrychlení [ $\text{ms}^{-2}$ ]
- $Q$  průtok [ $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ ]
- $H$  spád (rozdíl horní a dolní hladiny) [m]

$$H = K_h - K_d - h_i \text{ [m]}$$

$$h_i = 3 \sqrt{\frac{Q_i}{3 * Q_{30}}} \text{ [m]} \text{ (pouze náhradní vztah pro závislost hloubky na průtoku)}$$

- $h$  hloubka dolní vody [m]
- $i$  pořadí dne pro průtoky a hloubky dle čáry překročení
- $Q_{30}$  30-ti denní průtok [ $\text{m}^3\text{s}^{-1}$ ]

**Práce elektrárny** (vyjadřuje výkon vykonaný za určitou dobu)

$$W = PT \text{ [Wh]} \text{ ([J]} \text{ [Ws])}$$

kde:

- P výkon [W]
- T čas [h] ([s])

Postup:

Při výpočtu roční výroby energie musíme vycházet z čáry překročení průměrných M-denních průtoků, jelikož hodnoty průtoků a tím pádem i spádů se budou v průběhu roku měnit, což má zásadní vliv na okamžitý výkon každý den a tím pádem i na celkovou práci. Čára překročení v podstatě vyjadřuje po kolik dní v roce bude překročen každý daný průměrný denní průtok

z křivky. Stejně tak můžeme i říci už z principu konstrukce křivky, že křivka obsahuje jednotlivé průměrné denní průtoky seřazené za sebou podle velikosti ať během jednoho roku, nebo za několik let, v praxi např. 30 - 60 let a více.

Nejprve provedeme návrh hlnosti turbíny (maximální průtok soustrojím). V praxi se zpravidla volí hlnost odpovídající 90-dennímu průtoku. Jedná se o kompromis mezi pořizovací cenou soustrojí a možností vyrobit co nejvíce energie omezenou hlností soustrojí.

$$Q_{nav} = Q_{90}$$

Vlastní výpočet se bude provádět numerickou integrací (sumací) práce vyrobené v každém dni v roce za celý rok, tedy za 365 dní. Pro zjištění průměrného průtoky a spádu v každém dni využijeme hodnoty z křivky čáry překročení. Průtok odečteme přímo pro každý den a spád určíme z rozdílu horní a dolní hladiny u jezu (viz vztahy výše).

Kóta horní hladiny  $K_h$  je stále konstantní, jelikož je udržovaná pomocí jezu a kóta dolní hladiny je závislá na hloubce vody  $h_i$  v korytě pod jezem, která je závislá na celkovém průtoky  $Q_i$ . Tuto hladinu pro každý průtok určíme z konzumpční křivky viz vztahy výše. Z fyzikálních vlastností proudění v korytech se dá předpokládat, že s rostoucím průtokem se bude snižovat spád, jelikož poroste kóta dolní hladiny na rozdíl od konstantní horní hladiny.

Řešení je vhodné sestavit pomocí tabulky po jednotlivých intervalech (nejlépe po dnech). Viz následující tabulka:

den i	$Q_i$	$Q_t$	$H_i$	$P_i$	$W_i$
	[m <sup>3</sup> s]	[m <sup>3</sup> s]	[m]	[W]	[kWh]
1	100	18	0.40	50400	nezapočítává se
2	98	18	0.50	63000	1512
3	95	18	0.55	69300	1663
...					
89	21	18	1.20	151200	3629
90	20	18	1.25	157500	3780
91	19	17	1.30	154700	3713
...					
352	8	6	1.30	54600	1310
353	7	5	1.30	45500	1092
354	6	4	1.30	36400	nezapočítává se
355	5	3	1.30	27300	nezapočítává se
<b>Celkem</b>		-	-	-	<b>616699</b>

kde:

$Q_i$  celkový průtok v daném dni i

$Q_t$  průtok turbínou snížený o vedlejší (souhrnně sanační) průtoky cca 1m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> a omezený shora hlností turbíny (od 1. do 90. dne)

$H_i$  spád hladin odpovídající celkovému průtoky  $Q_i$

$P_i$  výkon v aktuálním dni  $i$  závislý na průtoku turbinou  $Q_i$  a spádu  $H_i$   
 $W_i$  celková práce za den  $i$  v [kWh]  
 Celkem celková práce za rok s vyloučením dní s omezením provozu v [kWh]

Do řešení je třeba dále zahrnout následující omezení:

- 1) Průtoky jezem: Jelikož na jezu není v provozu pouze vodní elektrárna, je třeba počítat se snížením průtoku o průtoky přes další zařízení jezu, jako jsou plavební komora, rybí přechod, vorová propust, sanační průtoky, atd..., snížíme celkový průtok např. o cca  $1\text{m}^3\text{s}^{-1}$ . (V zadání souhrnně pod hodnotou sanačního průtoku).
- 2) Hltnost turbíny: Jestliže okamžitý průtok snížený o vedlejší průtoky (rybí přechod, vorová propust, plavební komora,... např. cca  $1\text{m}^3\text{s}^{-1}$ ) je vyšší než navržená hltnost turbíny, pak se počítá do výkonu pouze hodnota hltnosti a zbylý průtok nad se převádí bez využití přes jezovou konstrukci (turbína hydraulicky více nepobere při daném tlaku - spádu). Pozor i při konstantním průtoku turbinou se mění spád závislý na celkovém průtoku.
- 3) Minimální průtok: Jestliže průtok turbinou v nějakém dni klesne pod cca 25% hltnosti (25%  $Q_{nav}$ ), pak se pro neekonomičnost provozu elektrárna odstaví a do celkové práce se práce v těchto dnech nezahrnuje.
- 4) Minimální spád: Každá turbína je schopna pracovat v určité oblasti spádu a průtoku. Jestliže například spád klesne pod 0,5m (ve dnech kdy je zvýšený průtok), pak turbína není schopna běžet a elektrárna se odstaví a do celkové práce se práce v těchto dnech nezahrnuje.

Vše je možné vidět na následujícím obrázku plochy pod čarou překročení. (tmavá modrá - minimální průtok, světlá modrá - minimální spád, růžová - sanační průtok, oranžová - průtok nad hltnost turbíny)

