# Využití vodní energie

**Doc. Ing. Aleš Havlík, CSc.**

PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

# Historie využití vodní energie

**Starověk – čerpání vody do závlahových kanálů pomocí vodního kola.**

**6. století – vodní kola ve Francii**

**1027 – mlýnský náhon vytesaný ve skále – získání spádu 40 m.**

**1750 – Segner sestrojil své S.kolo (teoretický princip odvodil Bernoulli 1730).**

**1750 až 1754 – 3 zásadní práce Eulera o teorii turbín**

**1827 – první Fourneyova turbína**

**1847 – první Francisova turbína**

**1880 – první Peltonova turbína**

**1918 – první Kaplanova turbína (Brno)**



PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

# Princip využití vodní energie

**Potenciální nebo kinetická energie vody**

**Vhodný vodní motor**

**Mechanická energie (vodní mlýn, vodní hamr, vodní pila)**

**Alternátor, dynamo**

**Elektrická energie (střídavý, stejnosměrný proud)**



PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

# Základní pojmy

**$H_{HS}$ – hrubý spád [m], rozdíl hladin mezi profilem vzduté hladiny a profilem pod vzdouvacím objektem ($K_1 – K_2$).**

**$H_{ČS}$ – čistý spád [m]** $$H_{čs} = H_{HS} + \frac{v_1^2}{2 \times g} - \frac{v_2^2}{2 \times g} - \sum Z_{1-2}$$

$\Sigma Z_{1-2}$ **– hydraulické ztráty v přívodním potrubí**

**Q – průtok vody [$m^3.s^{-1}$]**

**P – výkon elektrárny [W]** $$P = \rho \times g \times Q \times H_{čs} \times \eta_T \times \eta_G$$

$\eta_T$ **– účinnost turbíny**

$\eta_G$ **– účinnost generátoru**



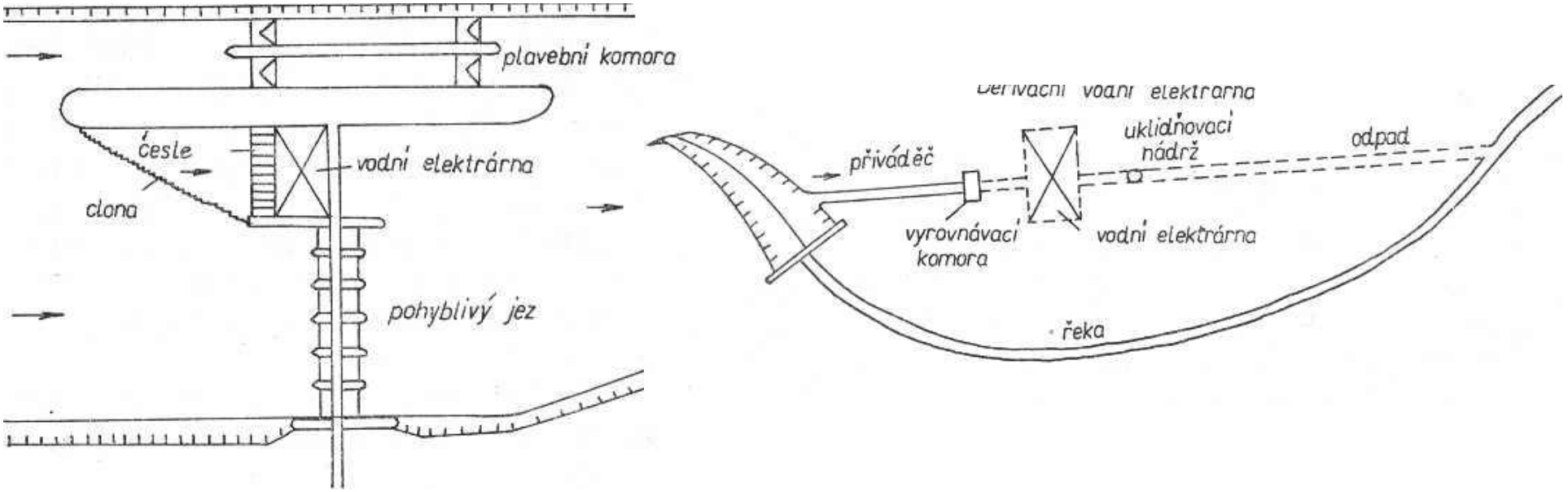
PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

# Rozdělení vodních elektráren

## Dle využití vodního prostředí :

**Ø Říční řešení – voda neopouští koryto řeky**

**Ø Derivační řešení – voda opouští koryto, k turbínám je vedena potrubím, štolami, umělými kanály**






PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

## Dle velikosti spádu :

- **Nízkotlaké – spád H menší než 15 m.**
- **Středotlaké – spád H v rozmezí 15 až 30 m.**
- **Vysokotlaké – spád H větší než 30 m.**

## Dle velikosti výkonu :

- **Drobné elektrárny – do 0.2 MW**
- **Malé elektrárny – do 2 MW**
- **Střední elektrárny – do 20 MW**
- **Velké elektrárny – nad 20 MW**



PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

## Dle způsobu provozu :

- **Průběžné elektrárny**
  - **Nemusí mít akumulační prostor.**
  - **Provoz elektrárny bez přerušení.**
  - **Výkon elektrárny závisí na okamžitém spádu H i průtoku Q.**

  - **Výkon se mění v průběhu dne, roku i dlouhodobého období.**
- **Špičkové elektrárny**
  - **Musí mít akumulační prostor.**
  - **Provoz jen několik hodin denně v době energetické špičky“.**
  - **Nezbytné vyrovnání průtoků pod elektrárnou Þ vyrovnávací nádrž.**
- **Přečerpávací elektrárny (Štěchovice, Dalešice, Dlouhé stráně).**
  - **Provoz jen několik hodin denně v době energetické špičky.**
  - **Využití jalové noční energie tepelných a jaderných elektráren k čerpání vody z dolní do horní akumulační nádrže.**
  - **Nezbytné reverzibilní turbíny – turbína Û čerpadlo.**



PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

## Dle prostorového uspořádání :

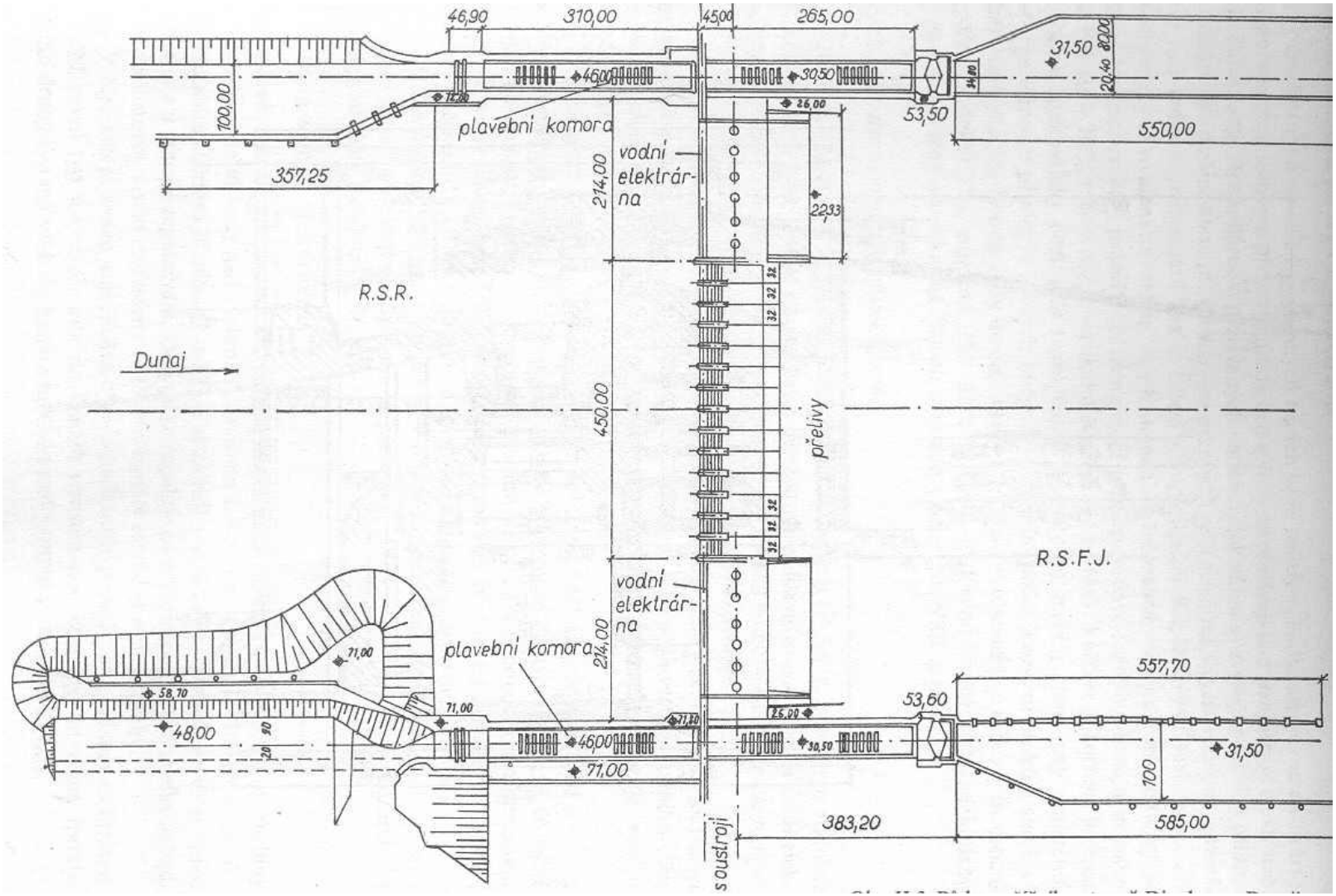
- **Jezové elektrárny**
  - **Vodní elektrárna při jezovém tělese.**
  - **Vodní elektrárna v jezovém tělese.**
- **Přehradové elektrárny**
  - **Přelévaná vodní elektrárna.**
  - **Vodní elektrárna po přehradou.**
  - **Věžová vodní elektrárna.**
- **Derivační elektrárny**
  - **Trasa derivace podél toku.**
  - **Trasa derivace zkracuje oblouk vedení trasy koryta.**
  - **Trasa derivace vede z výše položeného toku do níže položeného.**



PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

# Jezové elektrárny

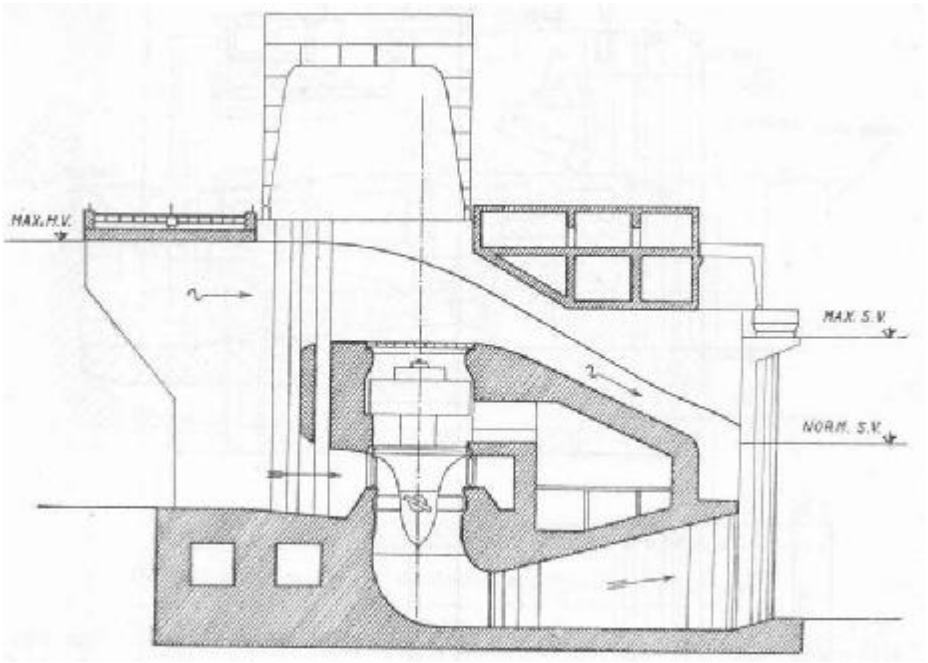
## Jezová elektrárna vedle vzdouvací stavby jezu

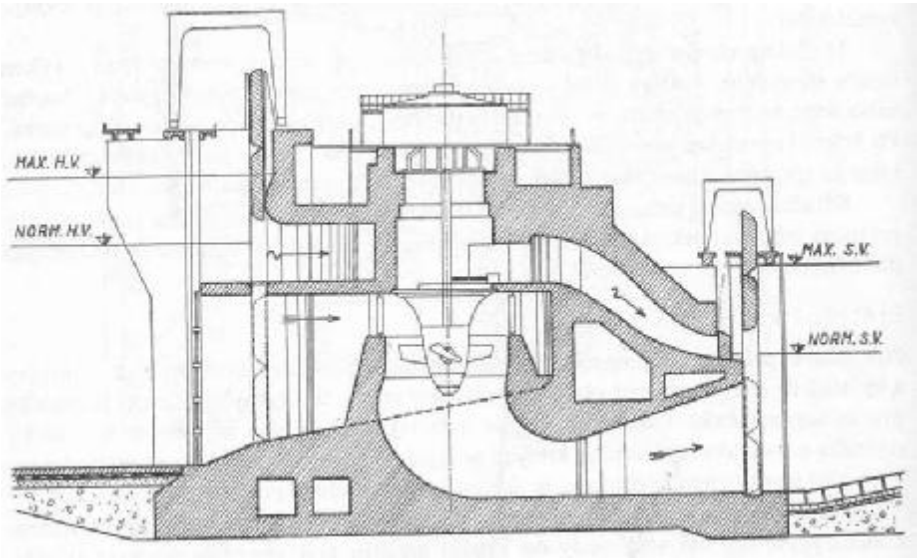





PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

# Jezové elektrárny umístěné ve vzdouvacím tělese jezu




**Přelévaná jezová elektrárna**

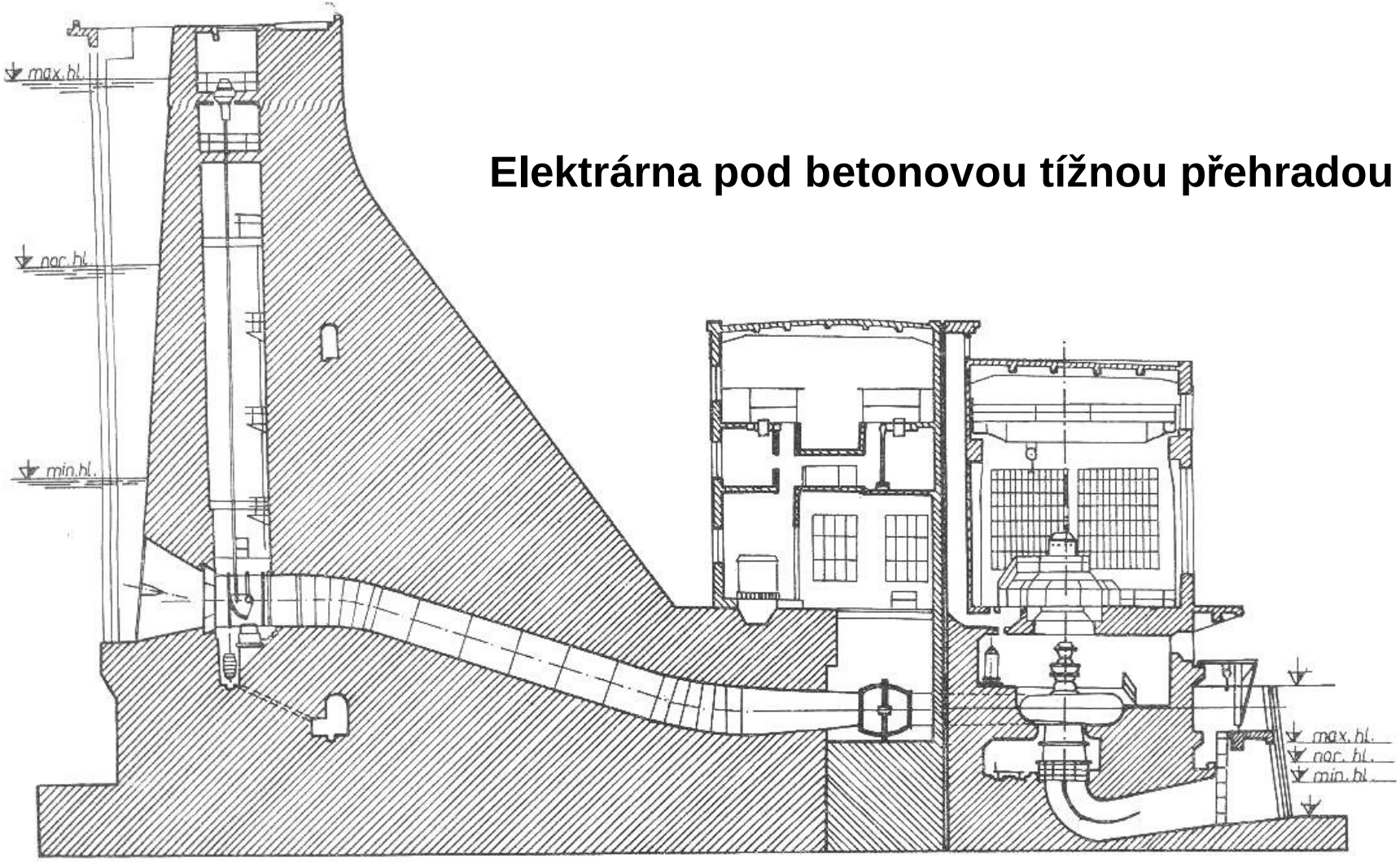
**Průtočná jezová elektrárna**



PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

# Přehradové elektrárny

## Vodní elektrárny pod přehradou

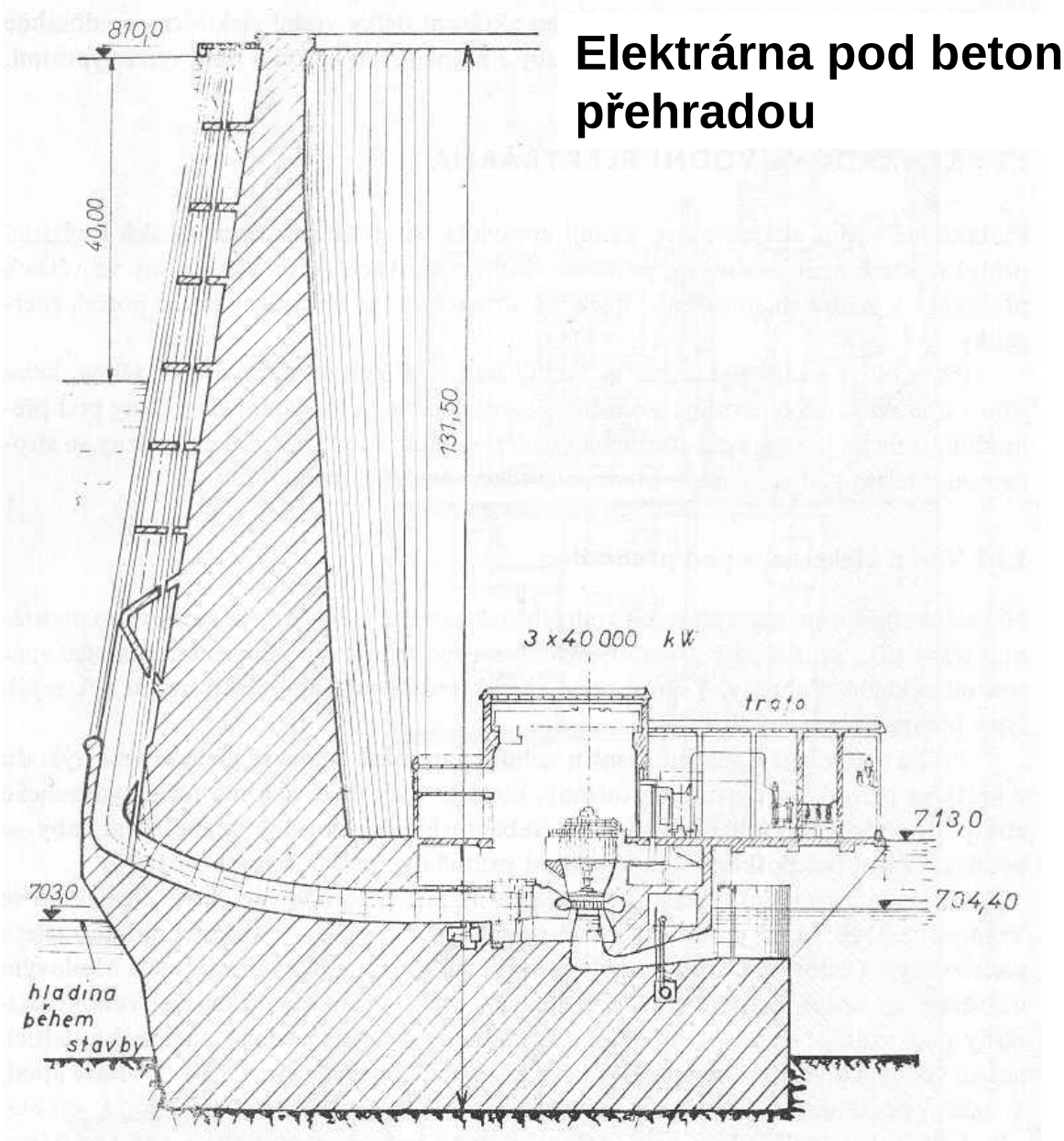



**Elektrárna pod betonovou tížnou přehradou**



PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

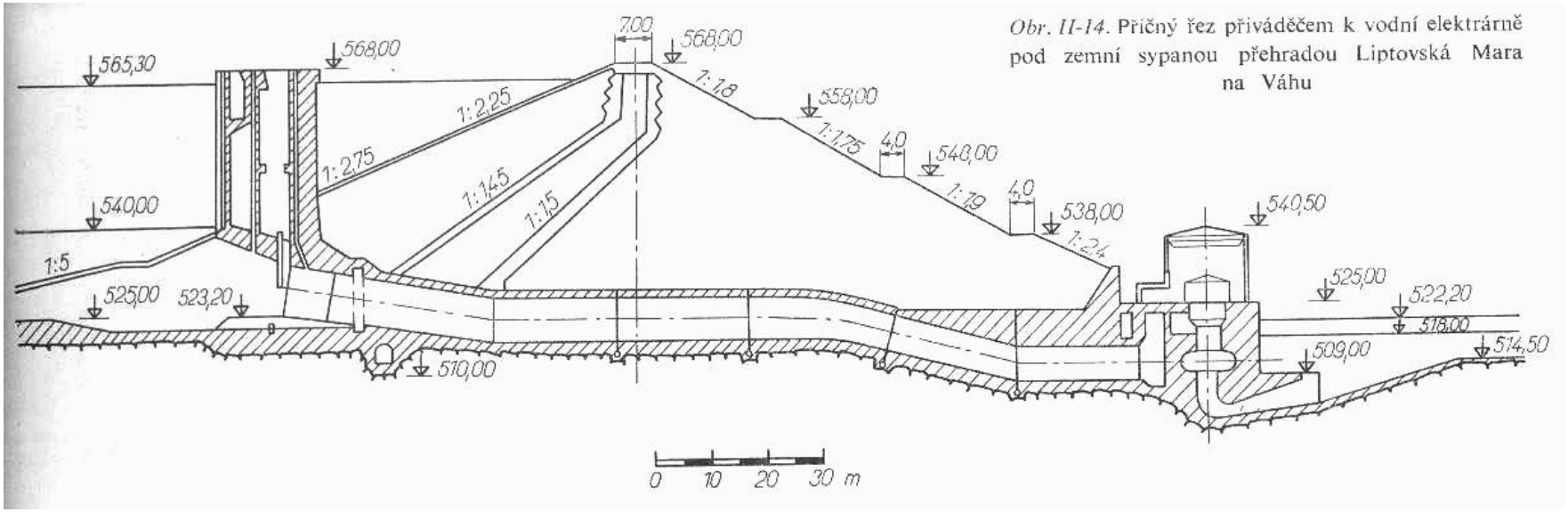
# Elektrárna pod betonovou klenbovou přehradou



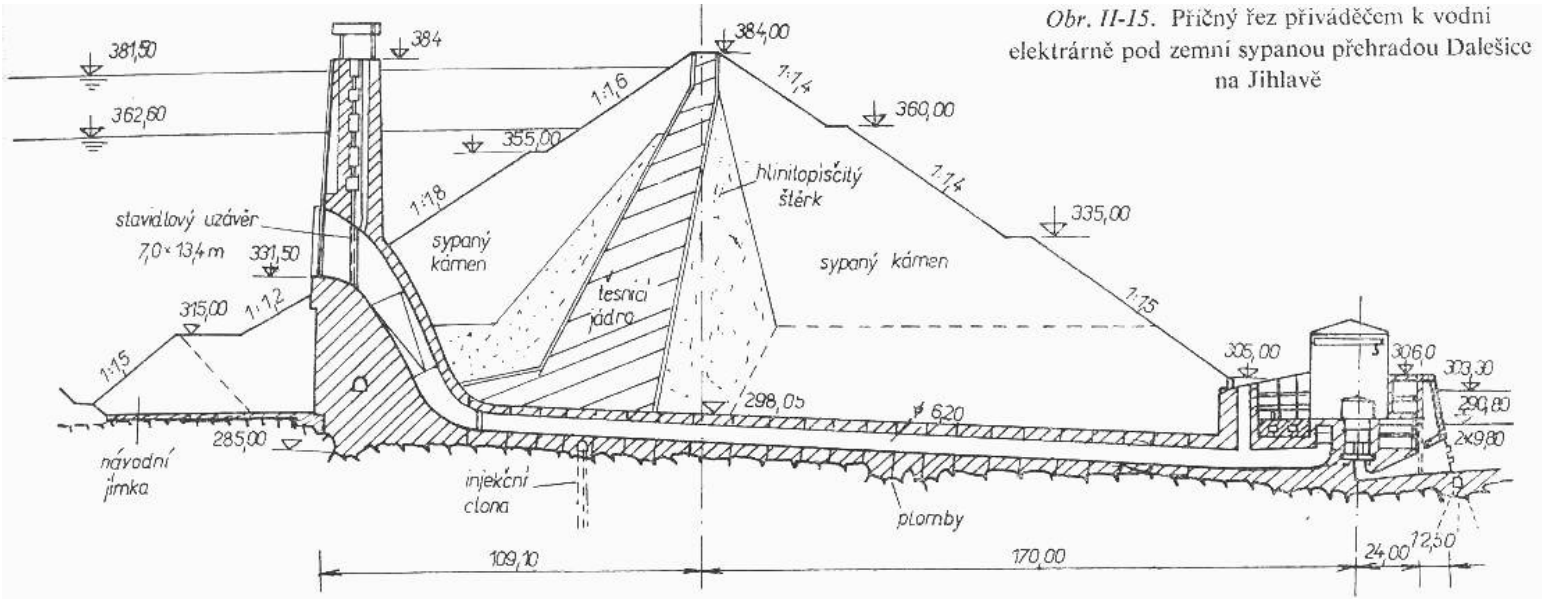



PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

# Elektrárna pod sypanými přehradami




*Obr. II-14.* Příčný řez přiváděčem k vodní elektrárně pod zemní sypanou přehradou Liptovská Mara na Váhu

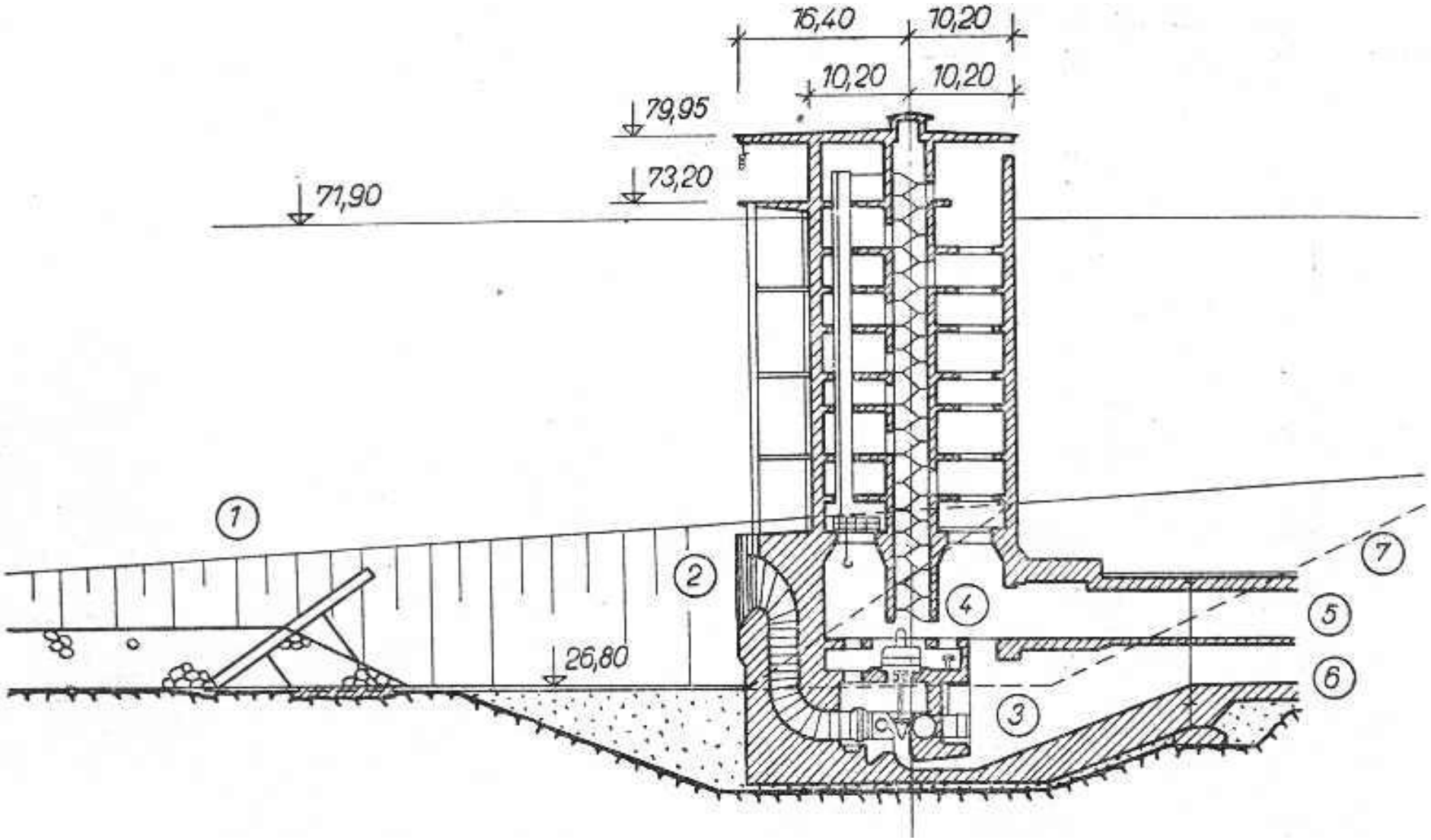



*Obr. II-15.* Příčný řez přiváděčem k vodní elektrárně pod zemní sypanou přehradou Dalešice na Jihlavě



PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

# Elektrárna ve věžovém objektu






PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

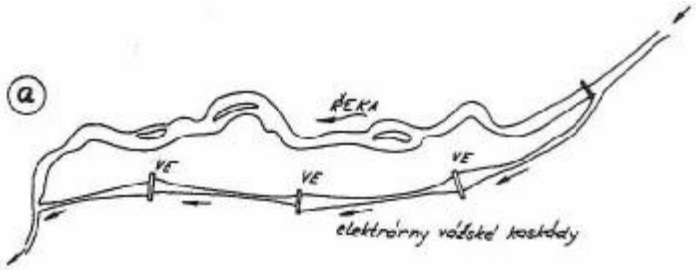
# Derivační schéma elektráren

**Základem derivace vody :**

**Ø Odvedení části vody z toku.**

**Ø Vodní elektrárna mimo hlavní tok.**

**Ø Zaústění odpadu z elektrárny zpět do toku.**



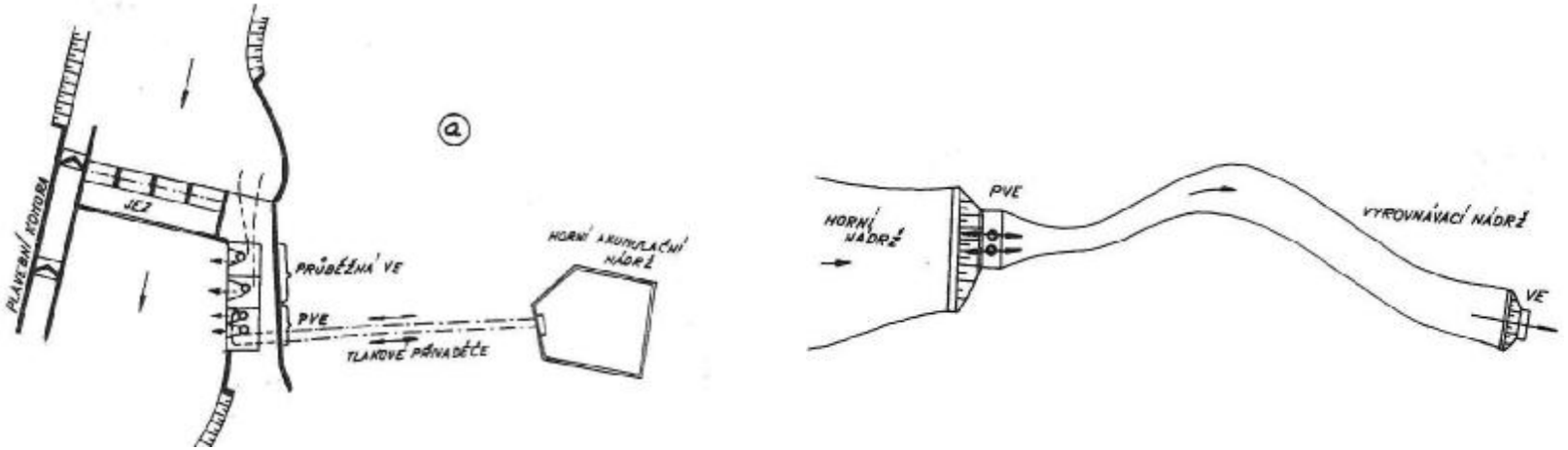
PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

# Přečerpávací elektrárny

**Základní schémata :**

**Ø Základní nádrž na toku, horní akumulační nádrž bokem na vyvýšeném místě**
**Štěchovice – maximální spád 220 m.**
**Dlouhé stráně – horní nádrž 1348 m n.m., dolní nádrž 823 m n.m.**
**2 Francisovy turbíny po 325 MW = 650 MW.**

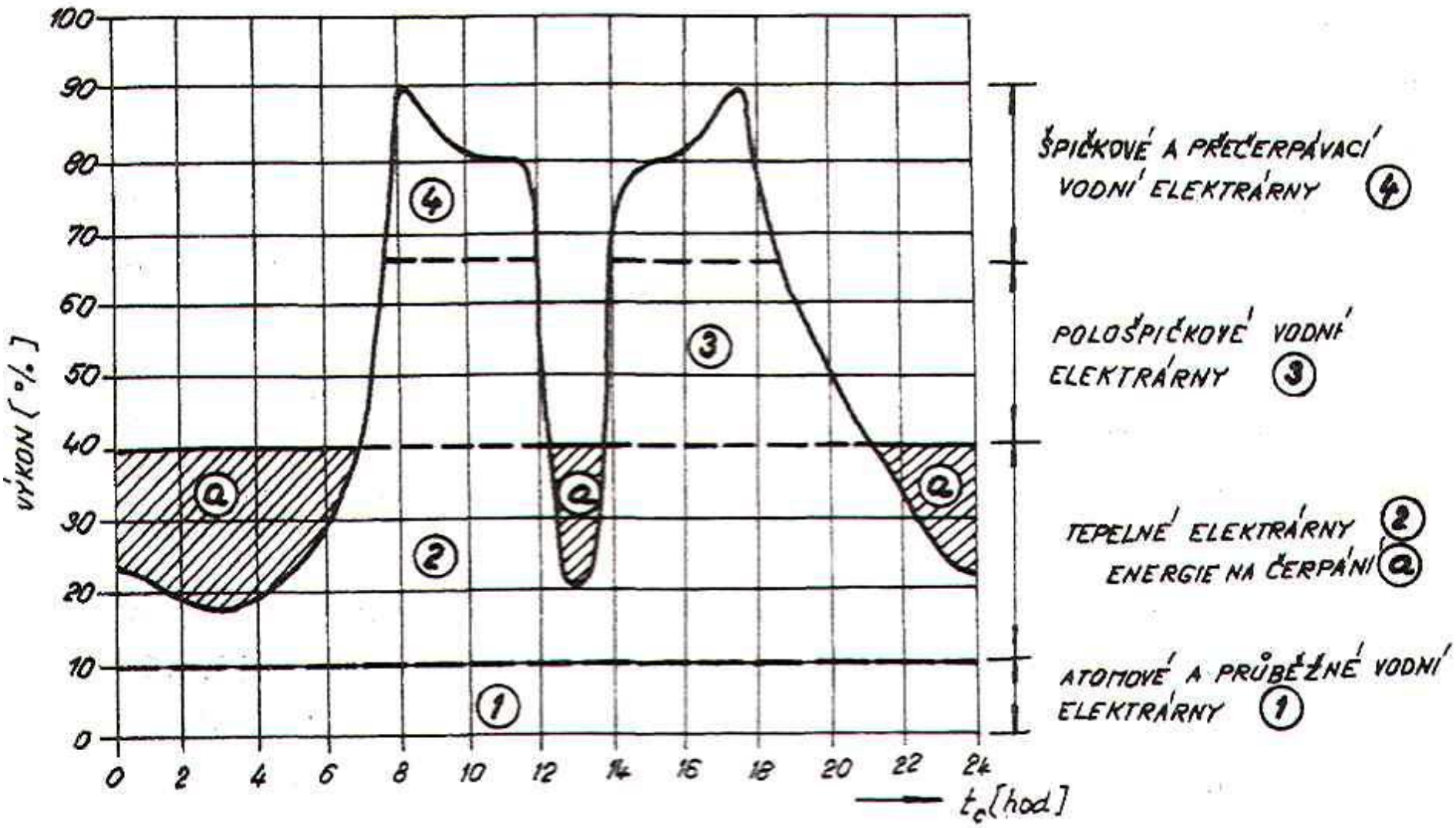
**Ø 2 nádrže na stejném toku – horní hlavní nádrž dostatečně vysoká, dolní menší vyrovnávací nádrž**
**Dalešice – horní nádrž 362 až 381.5 m n.m., dolní nádrž 303.3 až 290.8 m n.m.. 4 Francisovy turbíny po 125 MW = 500 MW.**






PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

# Funkce vodních elektráren v průběhu dne






PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

# Vodní soustrojí

**Základní pojmy :**

**Ø Vodní stroj – mění mechanickou energii vody (potenciální nebo kinetickou) na mechanickou energii tuhého tělesa (rotující hřídel, pohybující se píst) nebo naopak mechanicko energii tuhého tělesa na mechanickou energii vody.**

**Ø Vodní motor – mění mechanickou energii vody na mechanickou energii tuhého tělesa.**

**Ø Vodní čerpadlo – přeměňuje mechanickou energii hřídele nebo pístu na mechanickou energii vody.**

**Ø Hydroalternátor – přeměňuje mechanickou energii hřídele na střídavý elektrický proud.**

**Ø Motorgenerátor – schopen přeměňovat jak mechanickou energii na elektrickou, tak i opačně.**

**ØVodní soustrojí – celek tvořený vodním strojem a hydroalternátorem nebo motoralternátorem.**



PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

# Vodní motory

**Základní druhy :**

**Ø Vodní kolo – nejjednodušší vodní motor, který je schopen využít všech složek mechanické energie k přeměně na mechanickou energii rotujícího hřídele.**

**Ø Vodní turbína – rotační vodní motor, jehož součástí je lopatkové oběžné kolo, kterému voda předává svoji mechanickou energii. (kinetickou, tlakovou nebo obojí).**

# Vodní kola

**Jednoduchá konstrukce, stavebním materiálem především dřevo.**

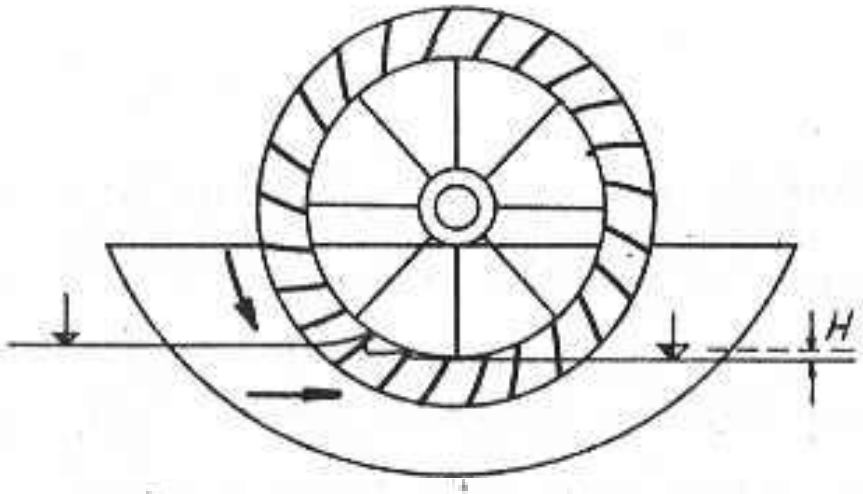
**V Čechách zmínka z 8.století, běžné použití od 14. a 15. století Þ vodní mlýny, brusírny, hamry, valchy stoupy.**

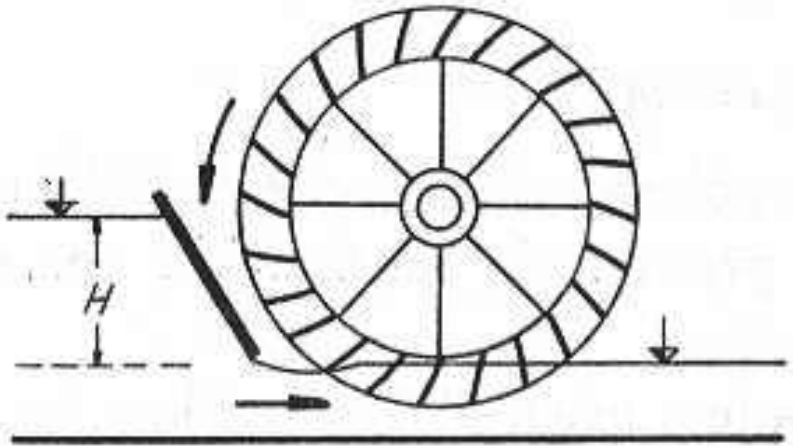


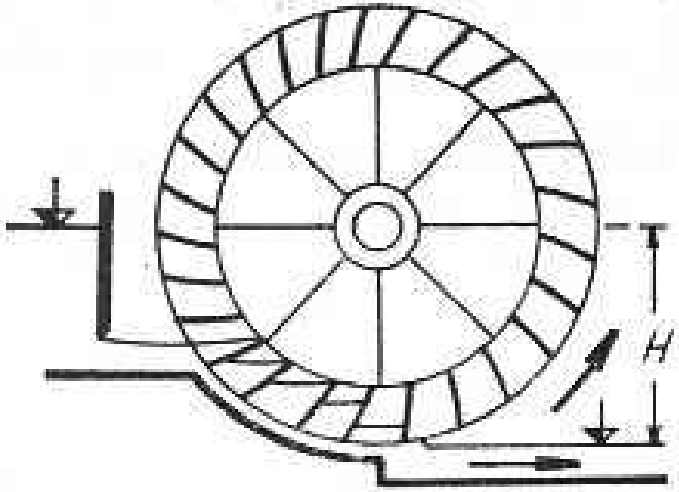
PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

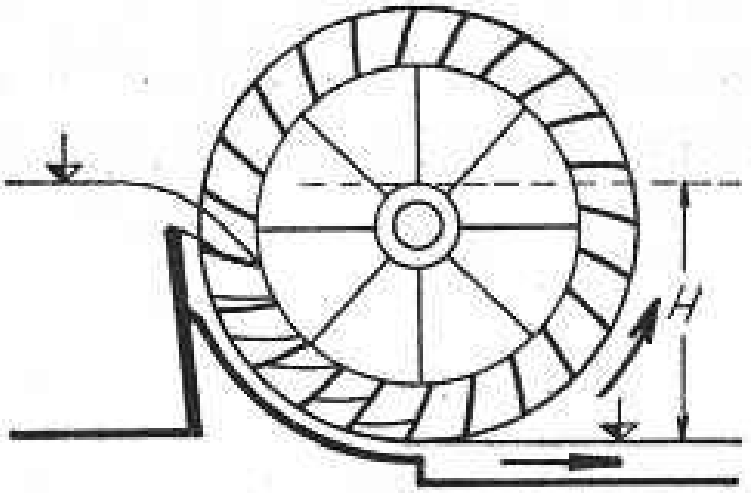
## Vodní kola lopatková

**Využívají převážně kinetickou energii vody – spodní nebo střední nátok**



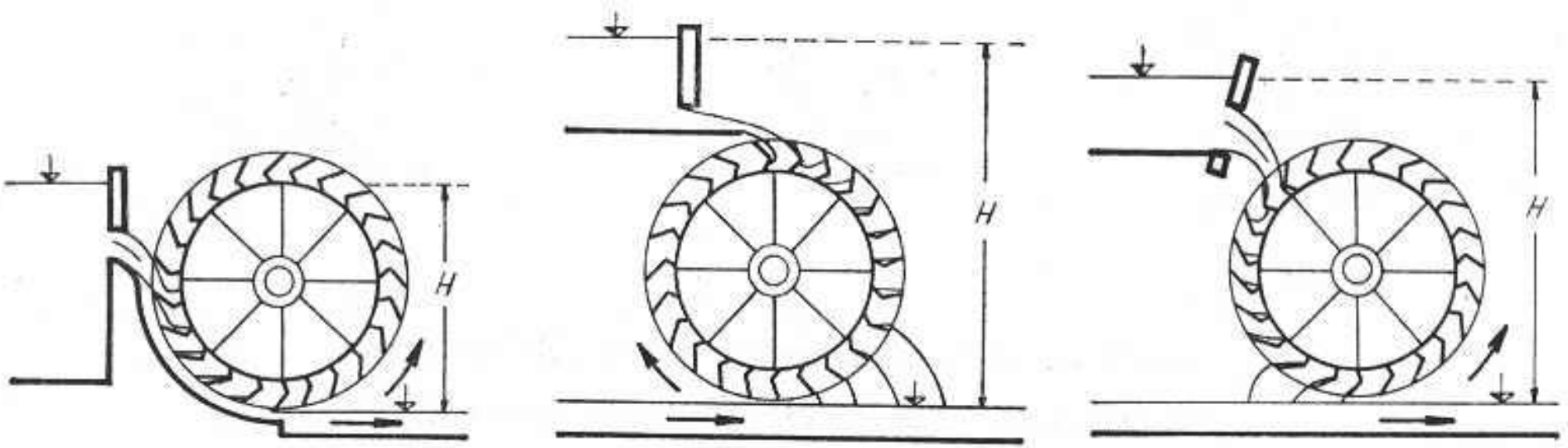






PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

## Vodní kola korečková

**Využívají převážně potenciální energii vody – zpravidla horní nátok**





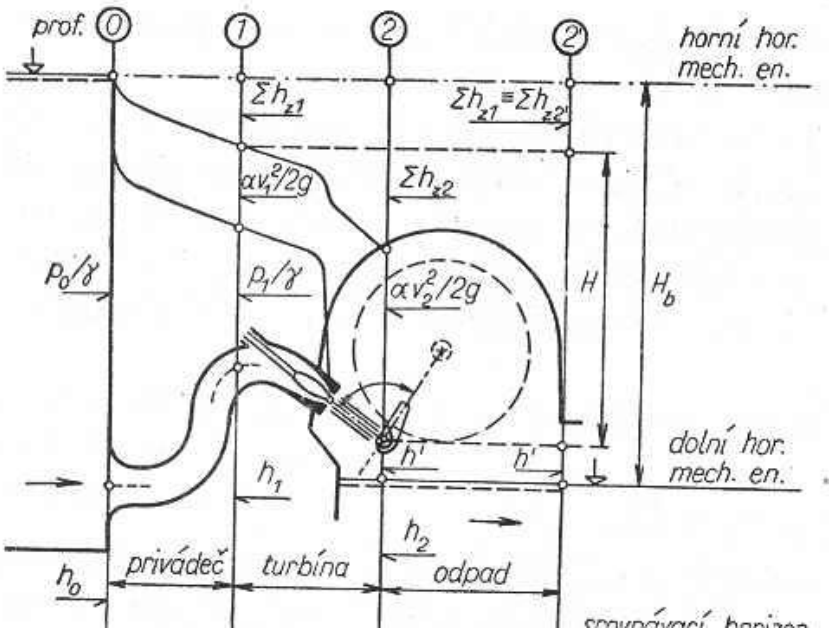

PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

# Rozdělení vodních turbín

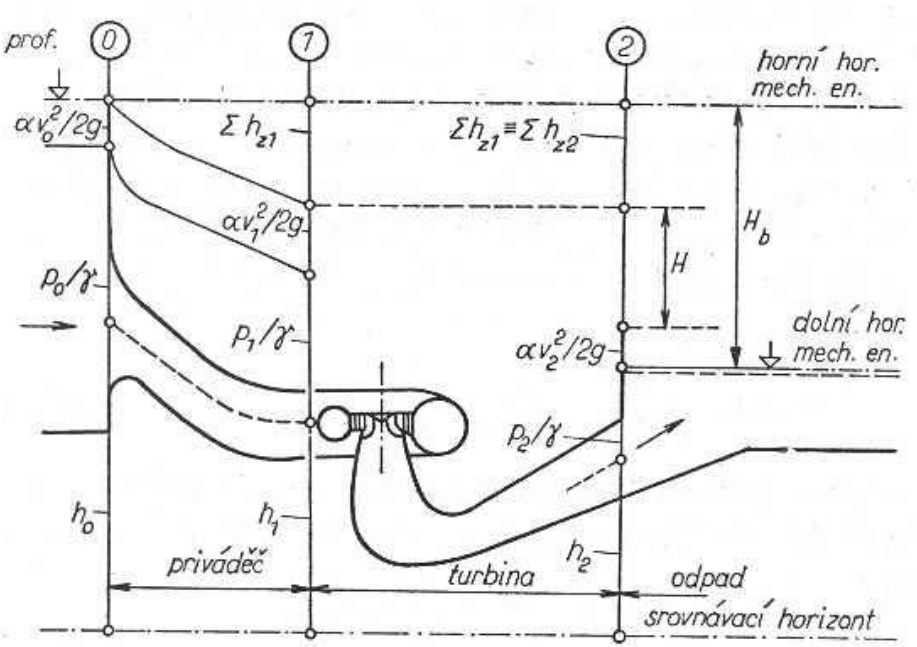
## Dle přenosu energie :

**Ø Akční turbíny – schopny využívat pouze kinetickou energii vody (například Peltonova turbína).**

**Ø Reakční turbíny – schopny využívat kinetickou i tlakovou energii vody (většina turbín).**




**Akční turbína**




**Reakční turbína**

**využití spádu**



PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

## Dle směru,kterým protéká voda oběžným kolem :

- **Axiální turbíny – směr proudění rovnoběžný s hřídelem oběžného kola turbíny – Kaplanova turbína, přímoproudá turbína.**
- **Radiální turbíny – směr proudění v oběžném kole kolmá na osu hřídele oběžného kola – Francisova turbína.**
- **Tangenciální trurbíny – směr proudění mimoběžně kolmý (tečný) k hřídeli oběžného kola turbíny – Peltonova trurnína.**
- **Diagonální turbíny – směr proudění vzhledem k hřídeli šikmý.**
- **Radialaxiální turbíny – směr proudění se v oběžném kole mění z radiálního na axiální – rychloběžná Francisova turbína)**

## Dle polohy hřídele :

- **Vertikální – většina turbín.**
- **Horizontální – velké přímoproudé turbíny, Peltonova turbína.**
- **Se šikmým hřídelem – menší přímoproudé turbíny.**



PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

## Dle rovnoměrnosti vtoku na oběžné kolo :

**Ø S plným vtokem – do oběžného kola vtéká voda po celém jeho obvodu – všechny typu turbín se spirálou.**

**Ø S částečným vtokem – Peltonova turbína.**

## Dle počtu oběžných kol :

**Ø Jednoduché – na hřídeli jen 1 oběžné kolo – většina turbín.**

**Ø Vícenásobné – na hřídeli více oběžných kol.**

## Dle smyslu rotace oběžného kola :

**Ø Jednosměrné – levotočivé nebo pravotočivé turbíny**

**Ø Obousměrné – jeden směr otáčení v turbínovém provozu, druhý směr otáčení v čerpadlovém provozu (reverzibilní turbíny).**



PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

# Součásti vodních elektráren

## Dle přenosu energie :

- Ø Vtokový objekt
- Ø Přívodní potrubí
- Ø Spirála
- Ø Vodní turbína
- Ø Savka
- ØVýtokový objekt

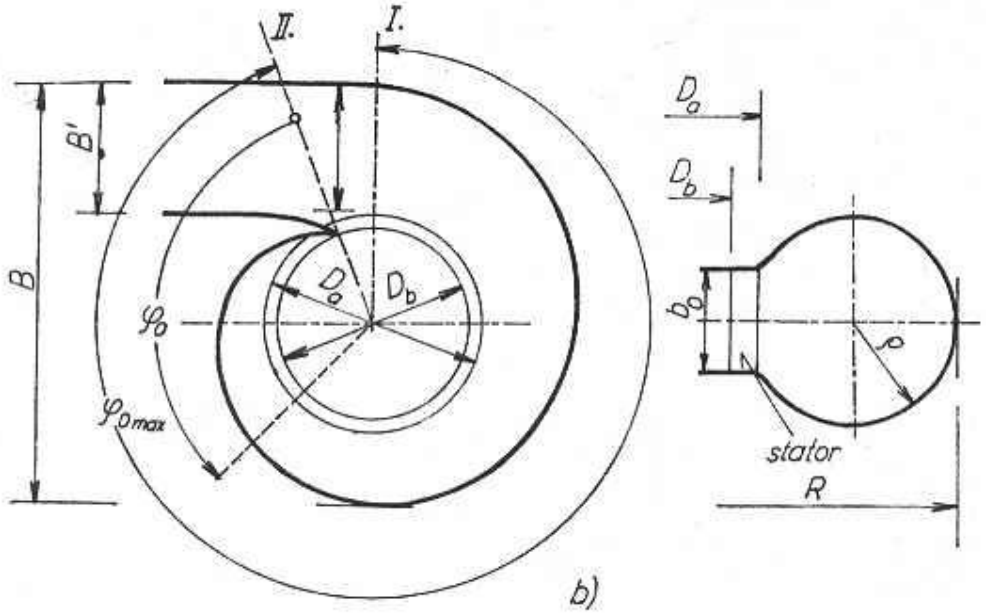


PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

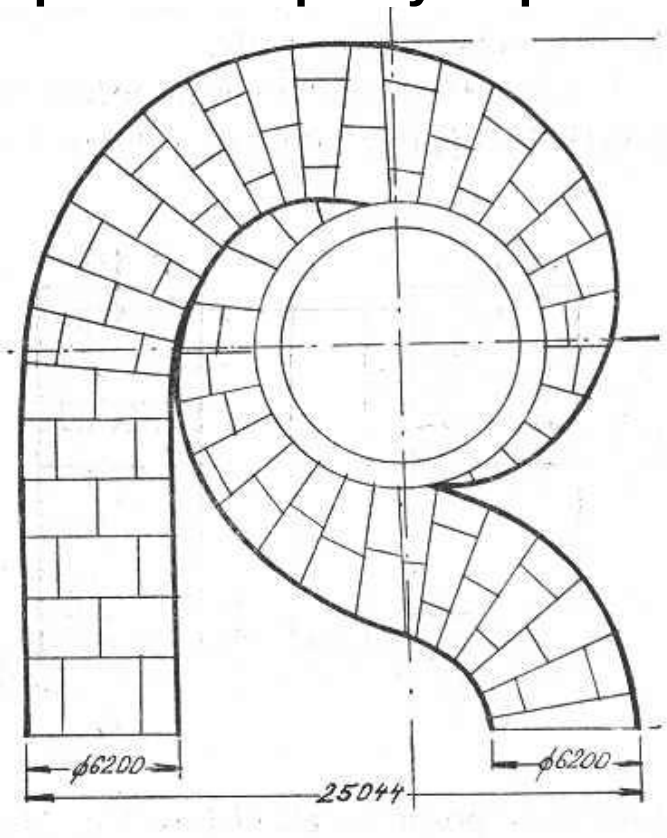
## Spirála

**Zajišťuje rovnoměrné rozdělení průtoku do jednotlivých kanálků po obvodě rozváděcího kola.**

**Odběr části průtoku do jednotlivých kanálků Þ pokles průtoku po délce spirály. Nezbytná konstantní rychlost po délce spirály Þ pokles průtočné plochy spirály po její délce.**




**Jednonátoková spirála**



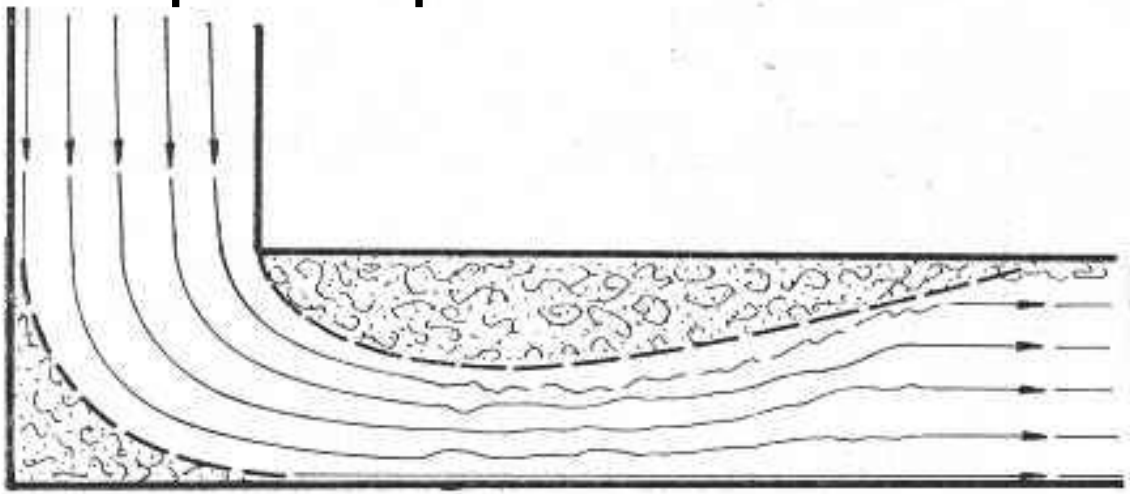

**Dvounátoková spirála**

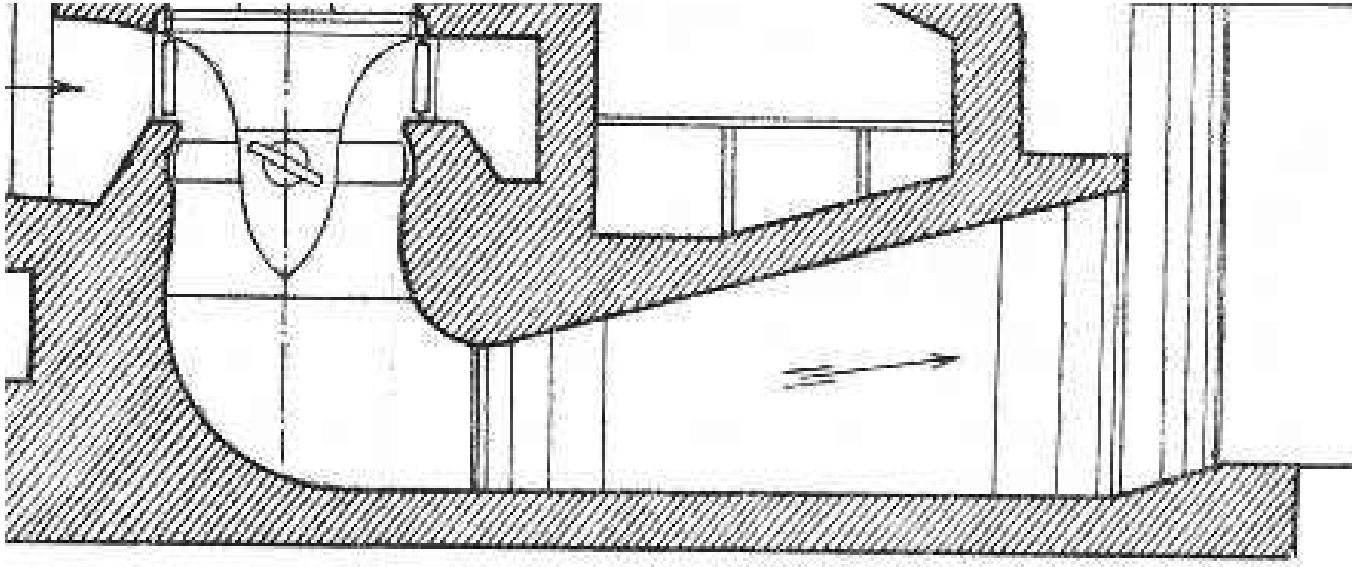


PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

## Savka

**Zajišťuje změnu směru proudění pod turbínou z vertikálního na horizontální.**







PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

# Peltonova turbína

**Akční tangenciální turbína s horizontálním uložením hřídele oběžného kola.**

## Charakteristika použití :

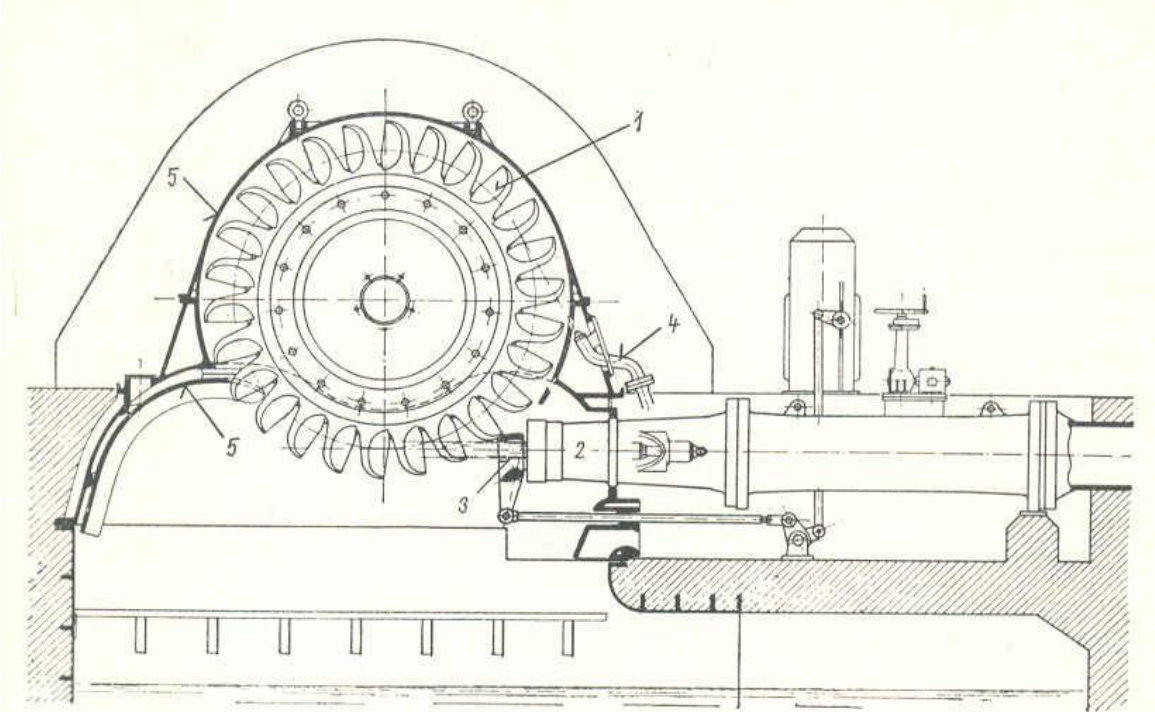
**Spád od několika stovek m do 1800 m.**

**Maximální výkon cca 250 MW.**

## Hlavní součásti :

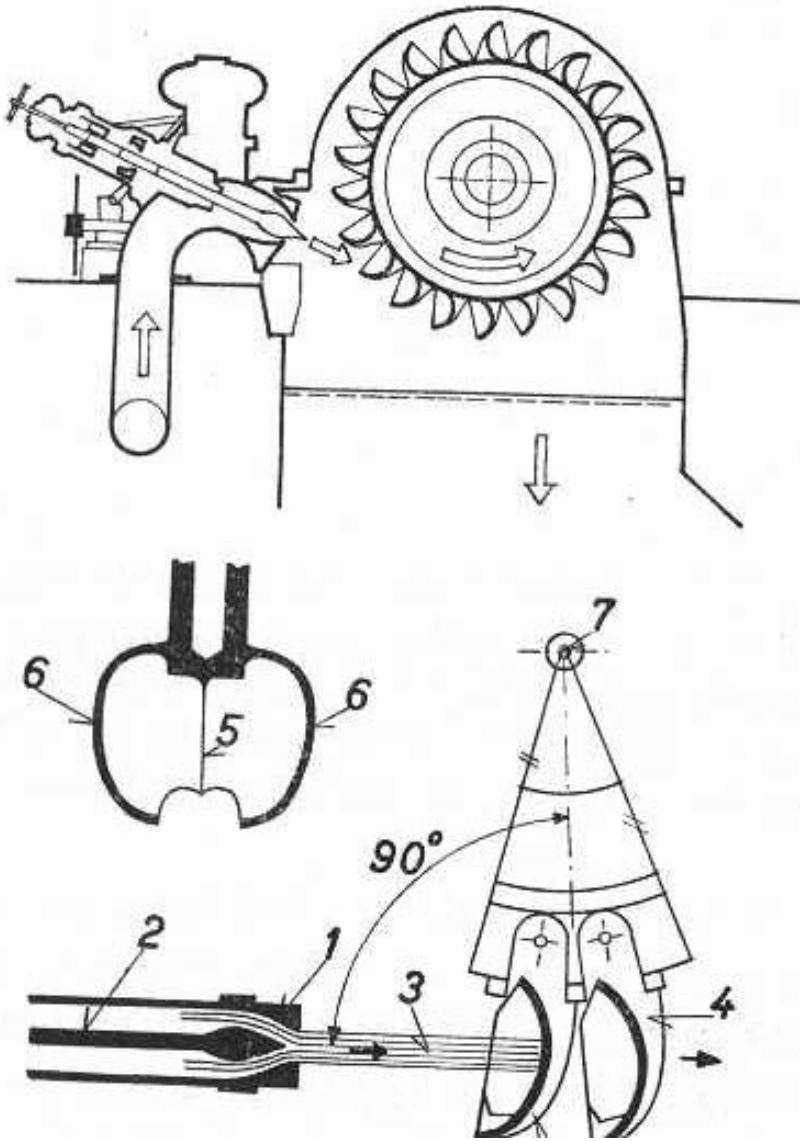
**1 – Lopatky oběžného kola**

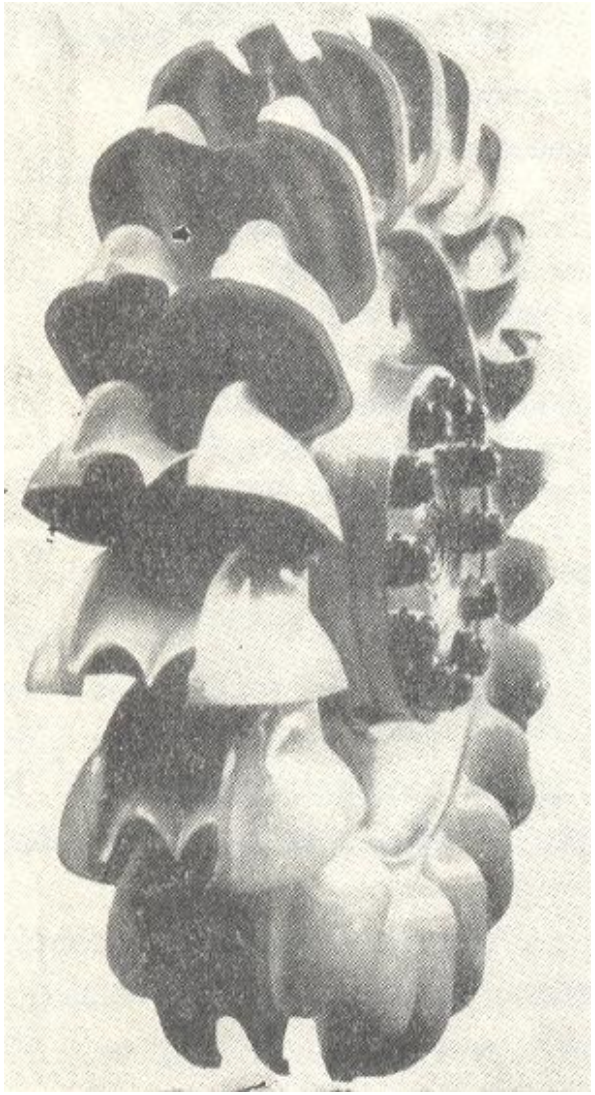
**2 – Tryska**






PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz



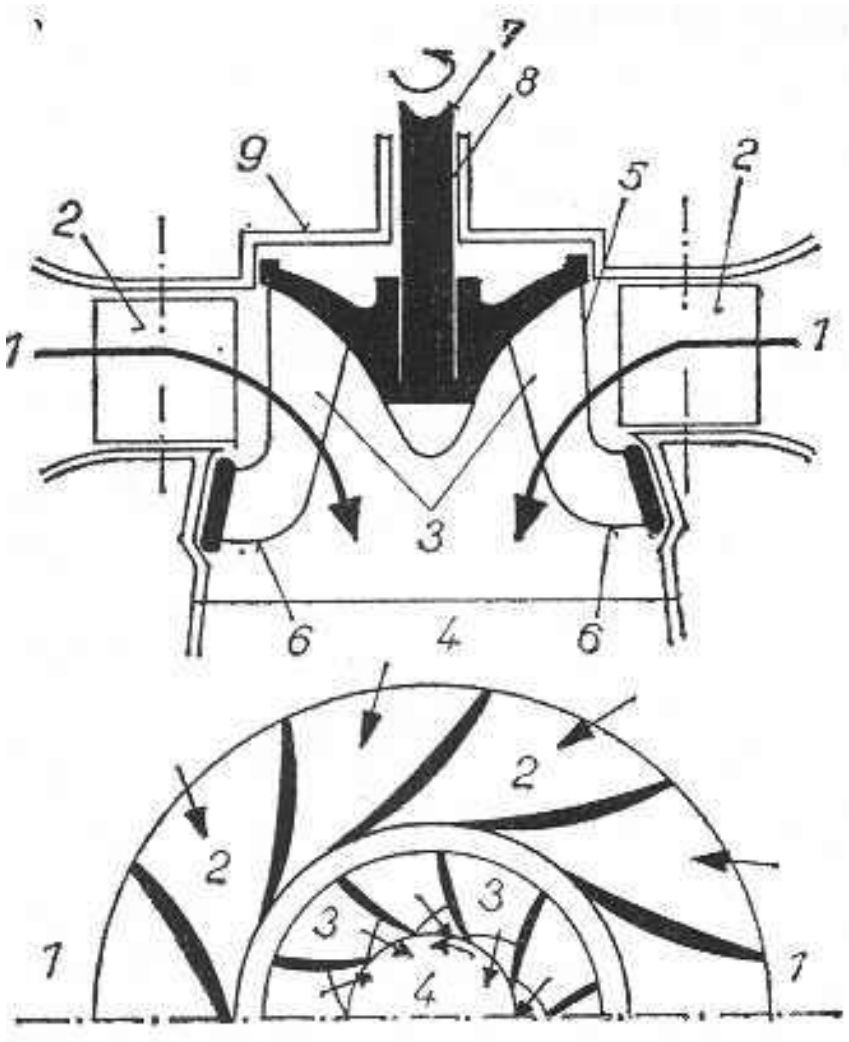
**Oběžné kolo Peltonovy turbíny s pevnými lopatkami**



PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

# Francisova turbína

**Reakční radiální turbína s vertikálním uložením hřídele oběžného kola.**




## Charakteristika použití :

**Spád 70 m a větší (až 700 m).**

**Nejvýkonnější turbíny – až 800 MW.**

## Hlavní součásti :

**1 – Nátok ze spirály**

**2 – Natáčecí lopatky rozváděcího kola**

**3 – Pevné lopatky oběžného kola**



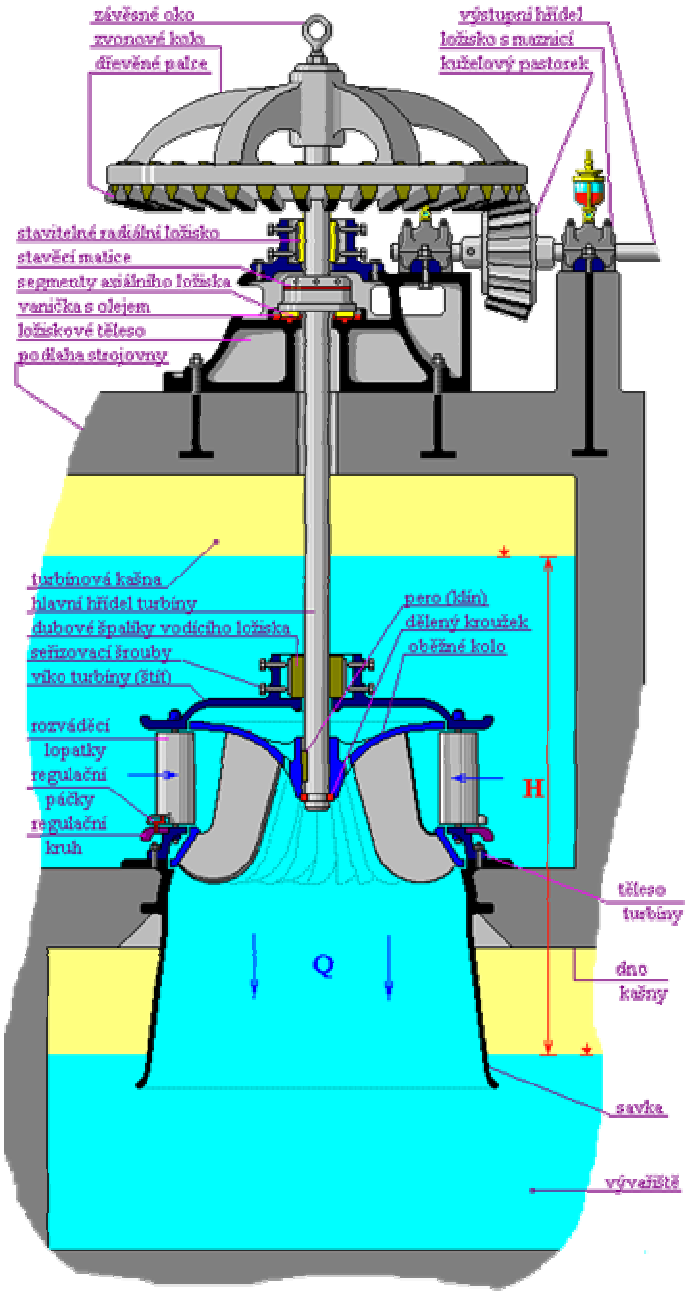
PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

**Významné použití v Česku :**

**VD Lipno 1 – hltnost 2 x 46 $m^3.s^{-1}$**
**výkon 2 x 60 MW = 120 MW**

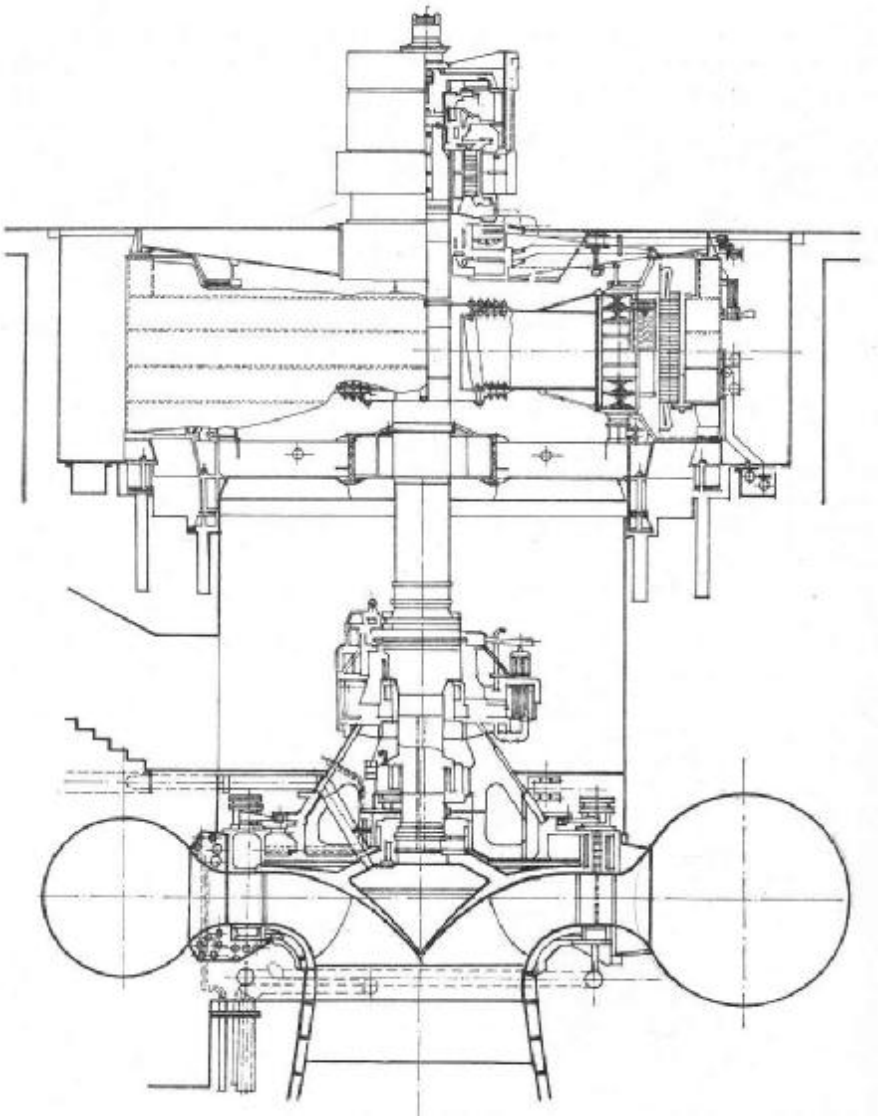
**VD Dalešice – hltnost 4 x  $m^3.s^{-1}$**
**výkon 4 x 120 MW = 480 MW**

**VD Dlouhé stráně – hltnost 2 x 68.5 $m^3.s^{-1}$**
**spád 547.5 m**
**výkon 2 x 325 MW = 650 MW**

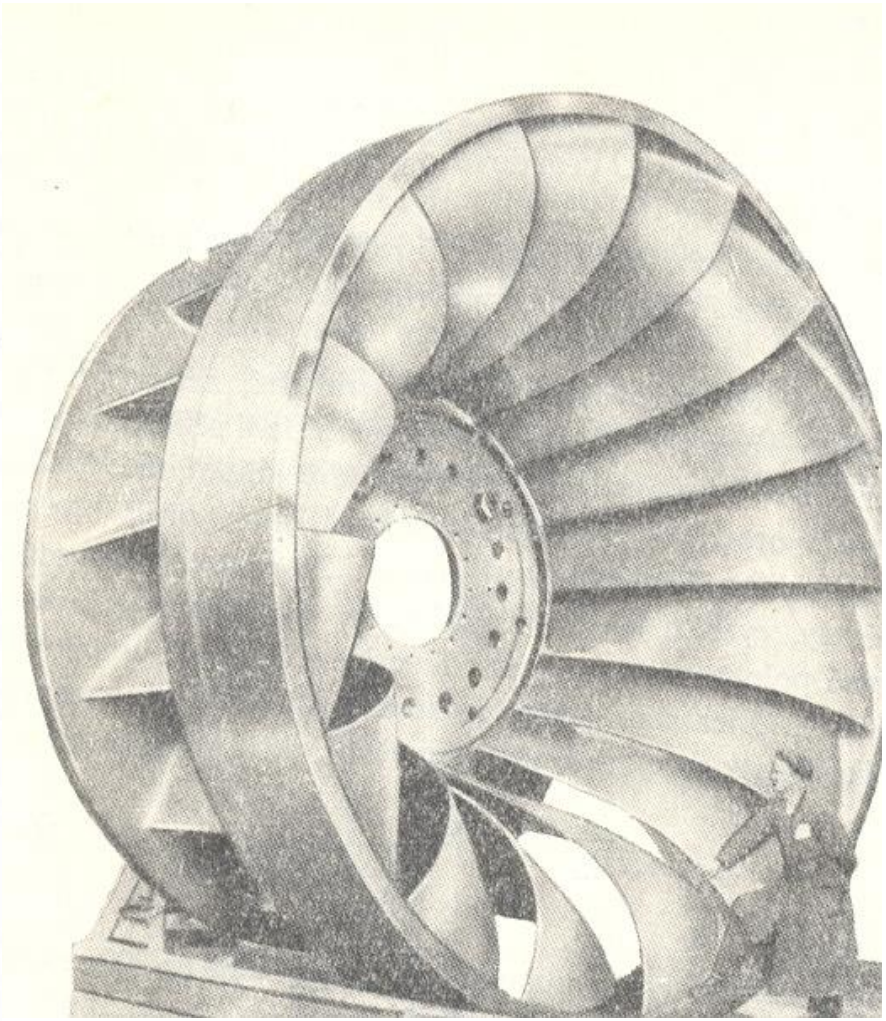





PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz



**Soustrojí s alternátorem a Francisovou turbínou**



**Oběžné kolo Francisovy turbíny s pevnými lopatkami**



PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz

# Kaplanova turbína

**Reakční axiální turbína s vertikálním uložením hřídele oběžného kola.**

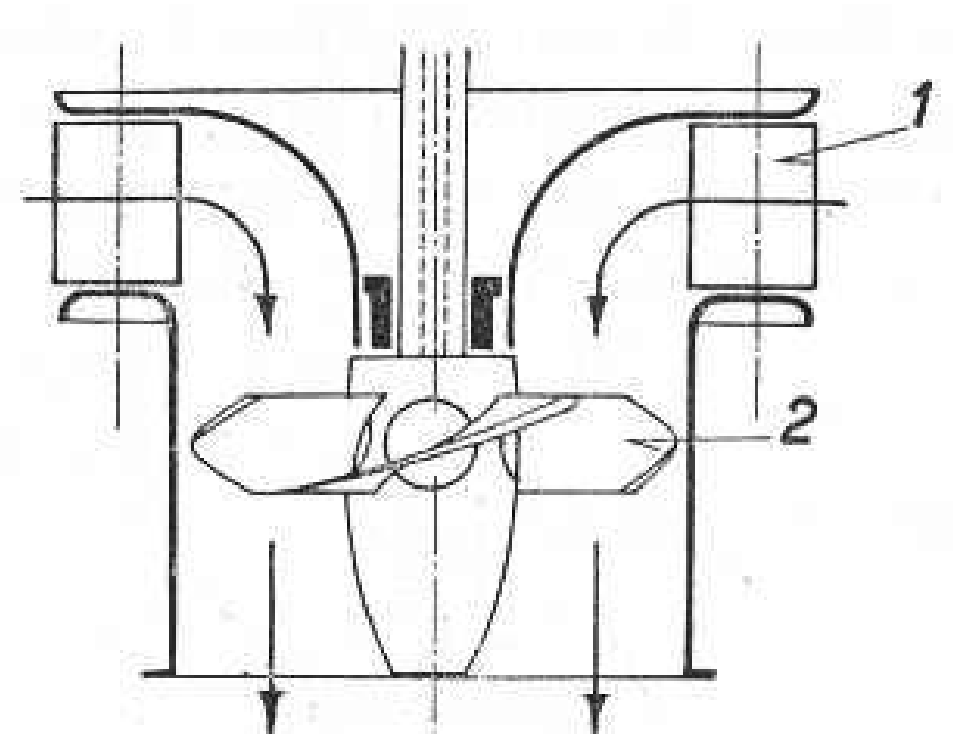
## Charakteristika použití :

**Spád od několika m do 70 m.**

**Průměr oběžného kola až 10 m.**

**Vhodné pro velké hltnosti (průtoky).**

**Maximální výkon cca 170 MW.**



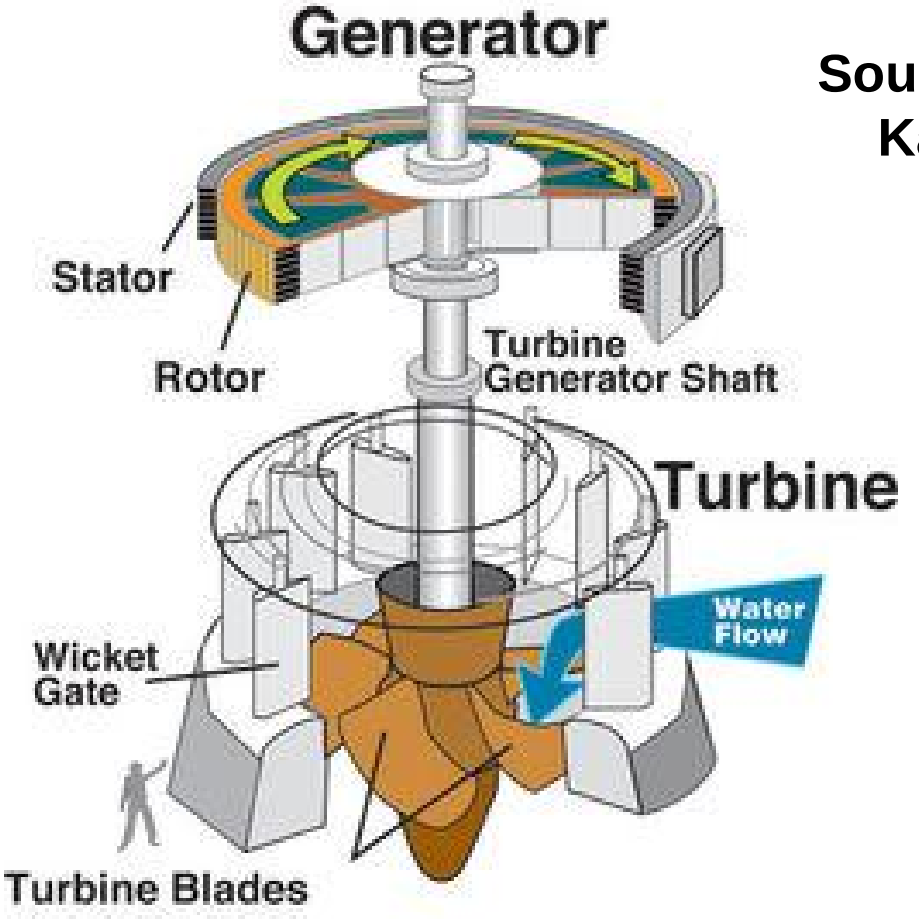

## Hlavní součásti :

**1 – Natáčecí lopatky rozváděcího kola.**

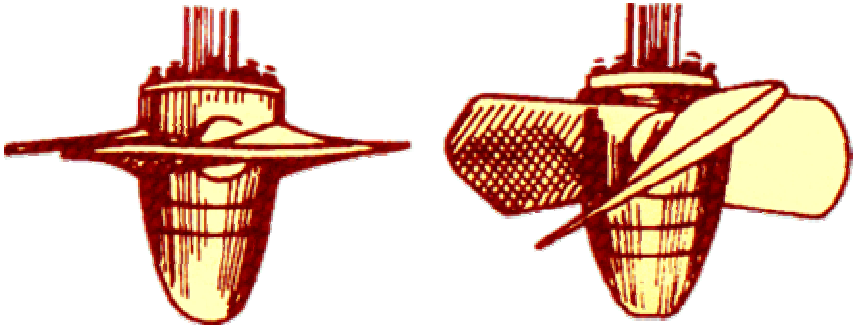
**2 – Natáčecí lopatky oběžného kola.**



PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz




**Soustrojí s alternátorem a Kaplanovou turbínou**



**Činnost s natáčecími lopatek oběžného kola**

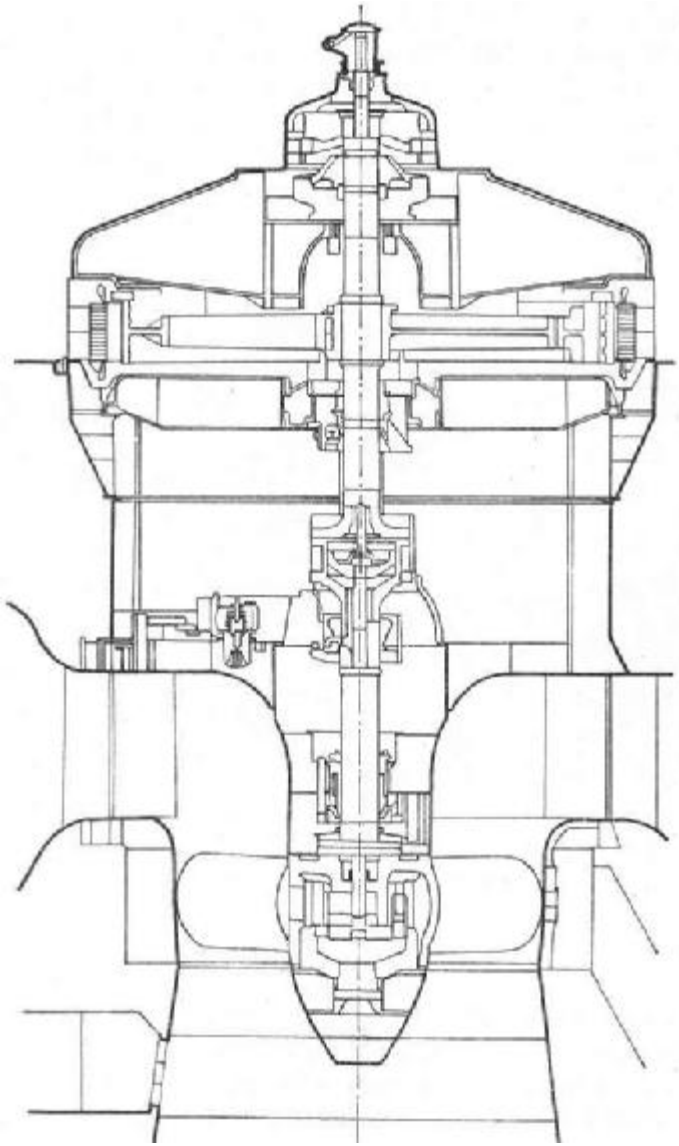
**Významné použití v Česku :**

**VD Orlík – hltnost 4 x 150 $m^3.s^{-1}$, výkon 4 x 91 MW = 364 MW**

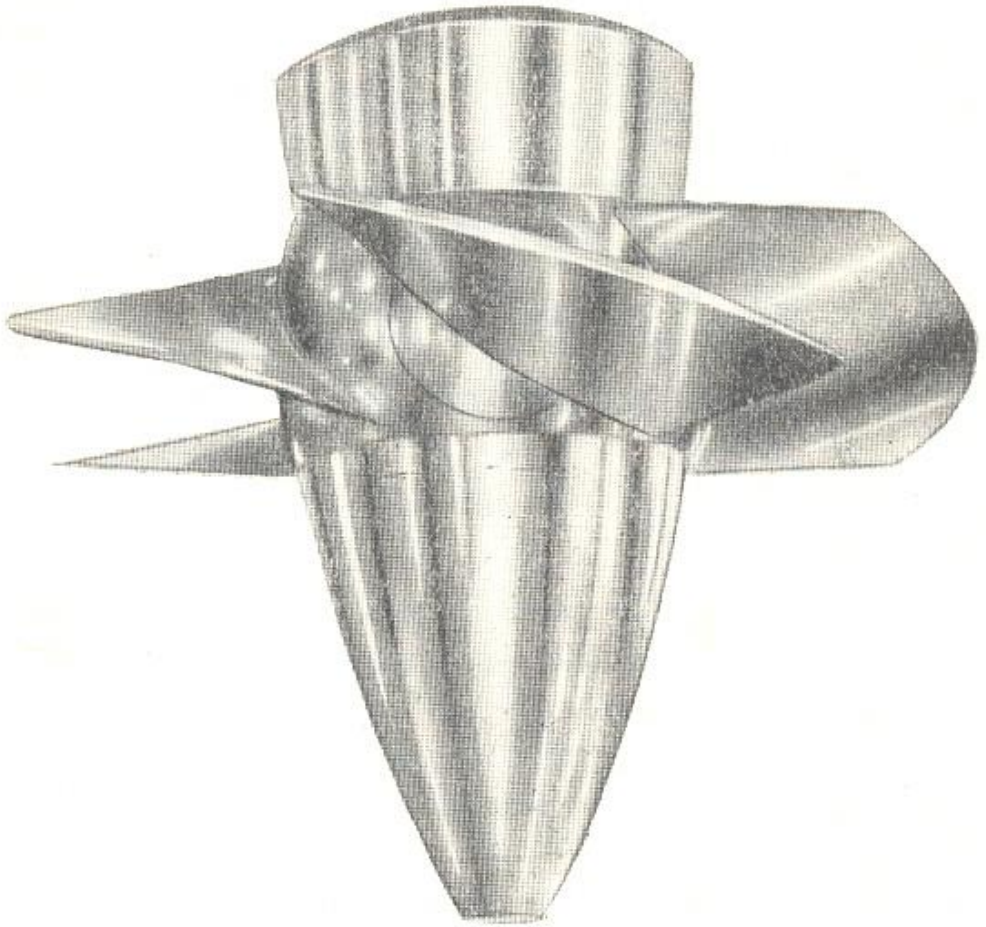
**VD Slapy – hltnost 3 x 108 $m^3.s^{-1}$, výkon 3 x 48 MW = 144 MW**



PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz



**Soustrojí s alternátorem a Kaplanovou turbínou**



**Oběžné kolo kaplanovy turbíny s natáčecími lopatkami**



PDF vytvořeno zkušební verzí pdfFactory www.fineprint.cz