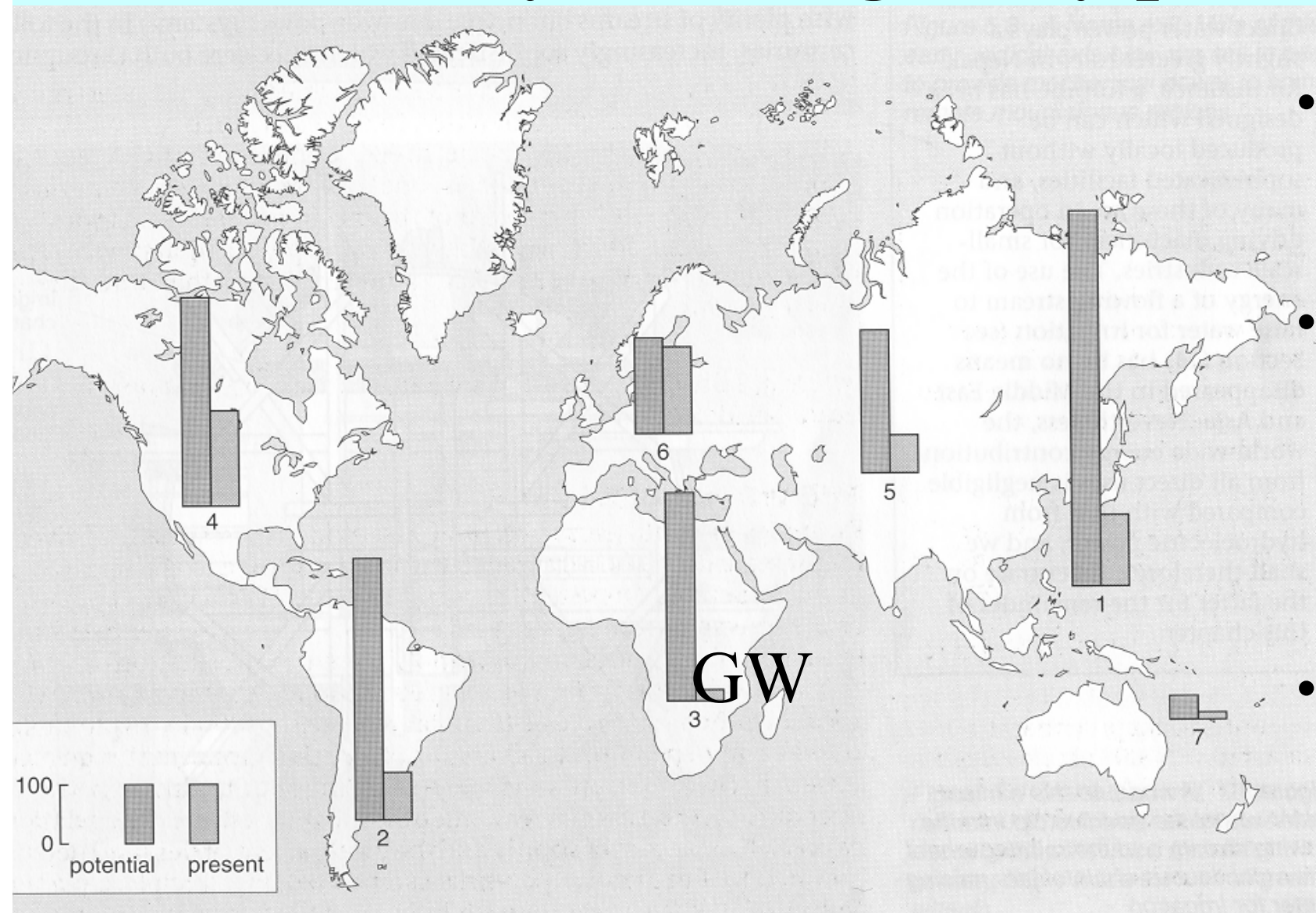




# Hydroenergetika (malé vodní elektrárny)

# Hydroenergetický potenciál ve světě



- evaporizace vody (1/4 solární energie)
- maximální potenciál:
  - roční srážky  $10^{17}$  kg
  - prům. výška kontinentálního povrchu nad mořem = 800 m
- Polohová energie této vody:  
 **$8 * 10^{20}$  J ~ 200 000 TWh/rok**

- realistický odhad využitelné energie: **50 000 TWh/rok**
- teoretický max stávající výkon (1995): **15 000 TWh/rok**
- instalovaný výkon ve světě (1995): **630 GW**
- skutečný roční výkon (1995): **2 200 TWh (~10 % teoretického potenciálu)**
- průměrný roční výkon na 1 kWh inst: **8760 kWh**
- průměrný kapacitní faktor: **cca 40 %**
- velké perspektivy v méně rozvinutých zemích (Asie)

# Malé vodní elektrárny (MVE)

- podle vyhlášky č. 214/2001 Sb. se za MVE považuje každá elektrárna do výkonu 10MWe (dle směrnic EU do 5MWe)
- Podrobněji se podle výkonu dělí na:
  - průmyslové (od 1 do 10 MW);
  - závodní nebo veřejné (od 100 do 1 000 kW);
  - drobné nebo minielektrárny (od 35 do 100 kW);
  - mikro zdroje, nebo také mobilní zdroje (pod 35 kW).

# Členění turbín / vodních děl

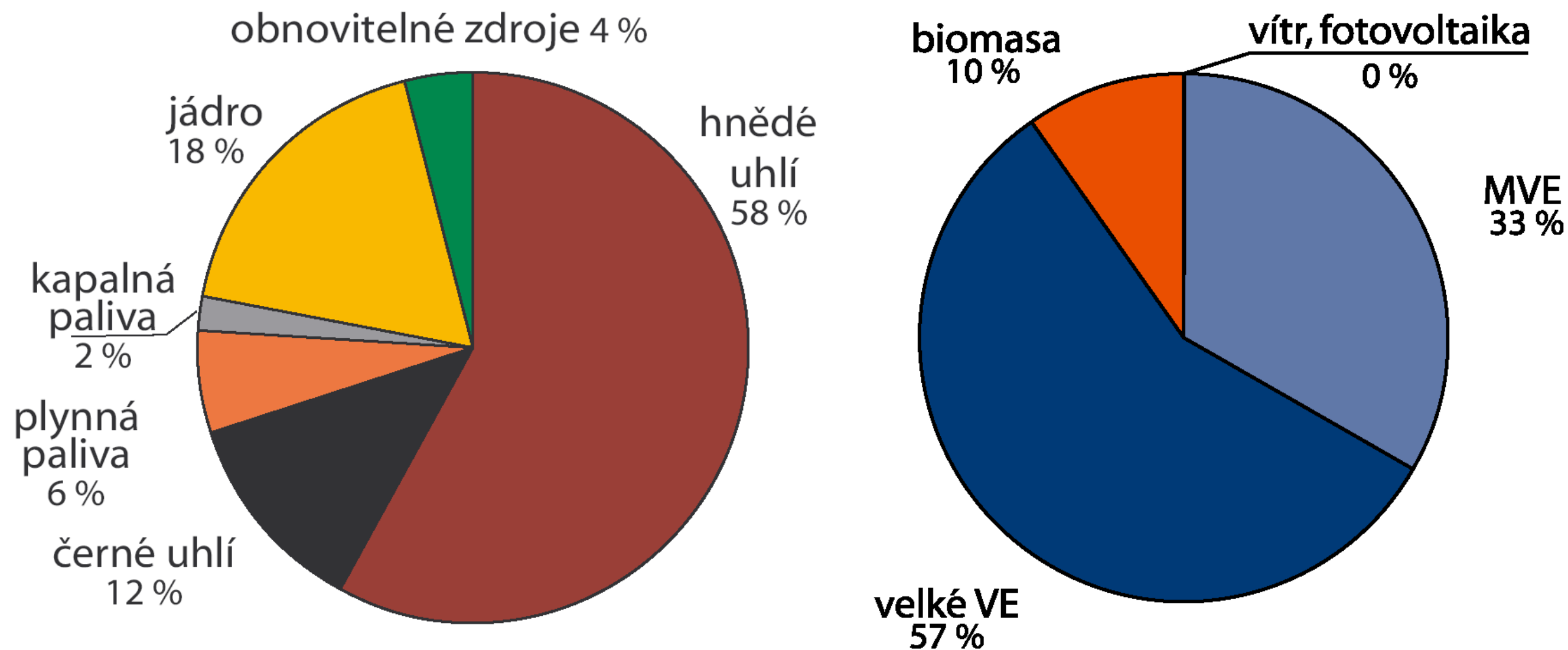
- **vlastního uspořádání:** vertikální, horizontální, šikmé, jezové, derivační, přehradové, věžové;
- **způsobu přivádění vody k turbíně:** přímoproudé, kolenové, kašnové, spirální, kotlové;
- **podle spádu:** nízkotlaké (do 10 m), středotlaké (do 100 m) a vysokotlaké (nad 100 m);
- **vodního režimu:** průtočné, akumulární, vyrovnávací, přečerpávací;
- **režimu práce:** základní, špičkové, pološpičkové

# Perspektivy MVE v ČR

- Veškeré vodní elektrárny v ČR se podílejí
  - *cca 17 % na celkovém instalovaném výkonu ČR*
  - *cca 4 % na celkové výrobě elektřiny*
- Potenciál vodních zdrojů v ČR:
  - Technicky využitelný: 3380 GWh/rok
  - Z toho využitelný v MVE: 1570 GWh/rok
  - Současně využitý v MVE: 700 GWh/rok (~ 45%, 2003)

# Hydroenergetika v ČR (2000)

## podíl na výrobě EE



**Tab. 1: Rozdělení hydropotenciálu českomoravských řek**

	Ukazatel	GWh/rok
1	Teoretický potenciál	13 100
2	Technicky využitelný celkem	3 384,6
	z toho, ,	
	potenciál využitelný ve VE (nad 10 MW)	1 813,6
	potenciál využitelný v MVE (do 10 MW)	1 571,0
3	Využitý potenciál celkem	1 559,7
	z toho, ,	
	VE nad 10 MW	1 152,3
	MVE do 10 MW	407,4
4	Nevyužitý potenciál celkem	1 824,9
	z toho, ,	
	VE nad 10 MW	661,3
	MVE do 0,2 MW	126,5
	0,2 až 1,0 MW	291,6
	1,0 až 5,0 MW	522,7
	5,0 až 10,0 MW	222,8
	MVE celkem	1 163,6
	% využití technicky využitelného potenciálu celkem	46,08
	z toho, ,	
	VE nad 10 MW	63,54
	MVE do 10 MW	25,93

Hydroenergetika  
v ČR (1983)

# Perspektivy MVE v ČR

Teoretický (1570 GWh/rok) vs využitý (700 GWh/rok ~ 45%, 2003)

- Nevyužitý potenciál dle spádů:
  - 5 m (četnost 10 %); odhad max cca 30% by bylo možno využít
  - 2 až 5 m (55%);
  - < 2 m (35 %)
- Z hlediska ekonomického je současnou hranicí pro podnikatelské využití MVE spád okolo 2 m.
- Výstavba nových jezů – jen zřídka povolena (ekologie, povodně, blokováno pro budoucí investice správou jednotlivých povodí)
- Využití stávajících vzdutí a rekonstrukce starých MVE (cca 1/2 je z let 1930-1950)

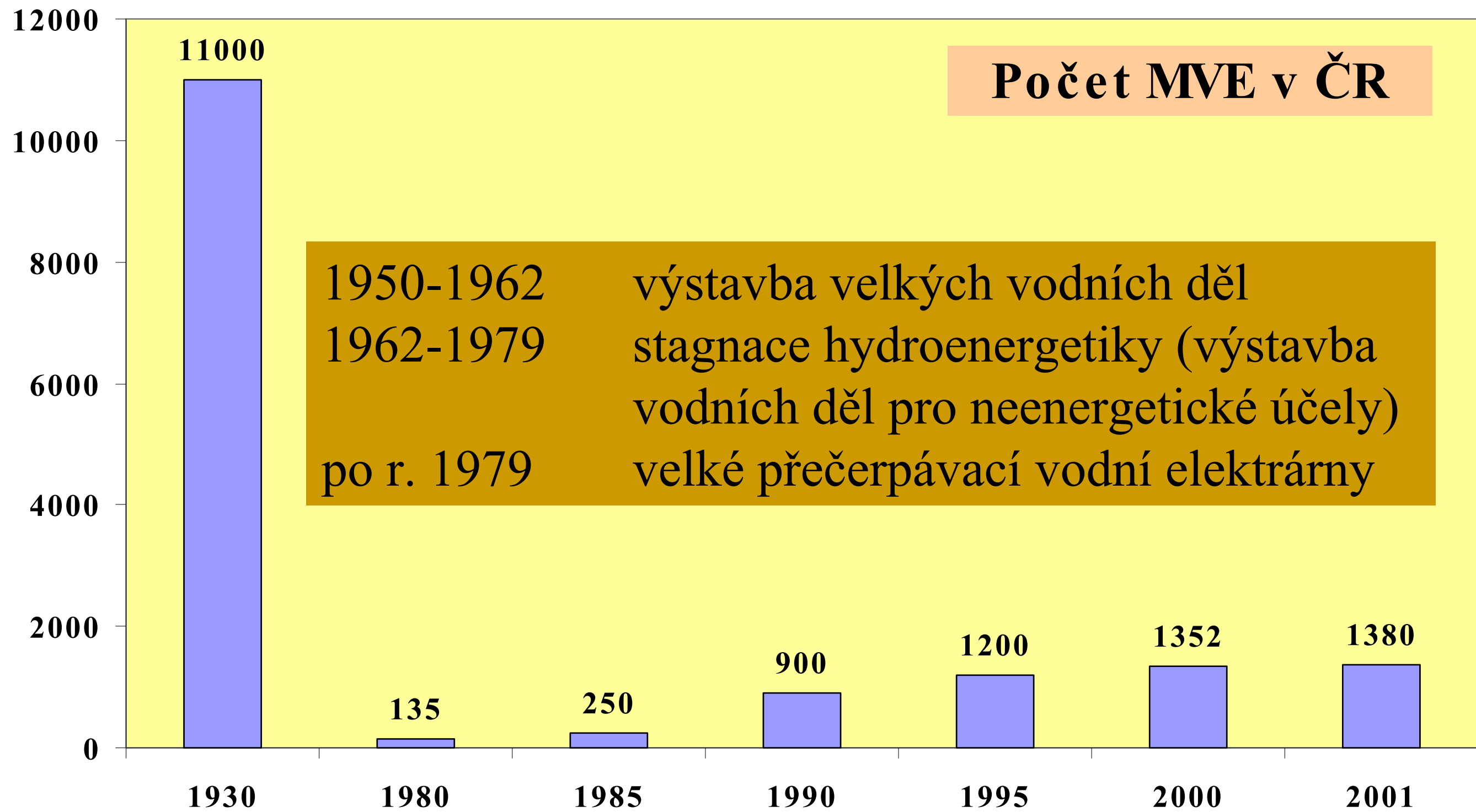


# Technicky využitelný potenciál ČR dle dílčích povodí

<b>Povodí</b>	<b>Výkon MW</b>	<b>Výroba GWh/rok</b>	<b>Stupeň využití</b>
Labe	114	420	Velmi vysoký
Vltava	164	430	Vysoký
Ohře	78	300	Vysoký
Odra	56	100	Cca 50% Problematická výstavba.
Morava	100	250	Cca 75 %
<b>Celkem</b>	<b>512</b>	<b>1500</b>	

20 000 rybníků o ploše přes 50 000 ha.  
Studie (1990): 200 rybníků cca 4 MW

## Počet MVE v ČR

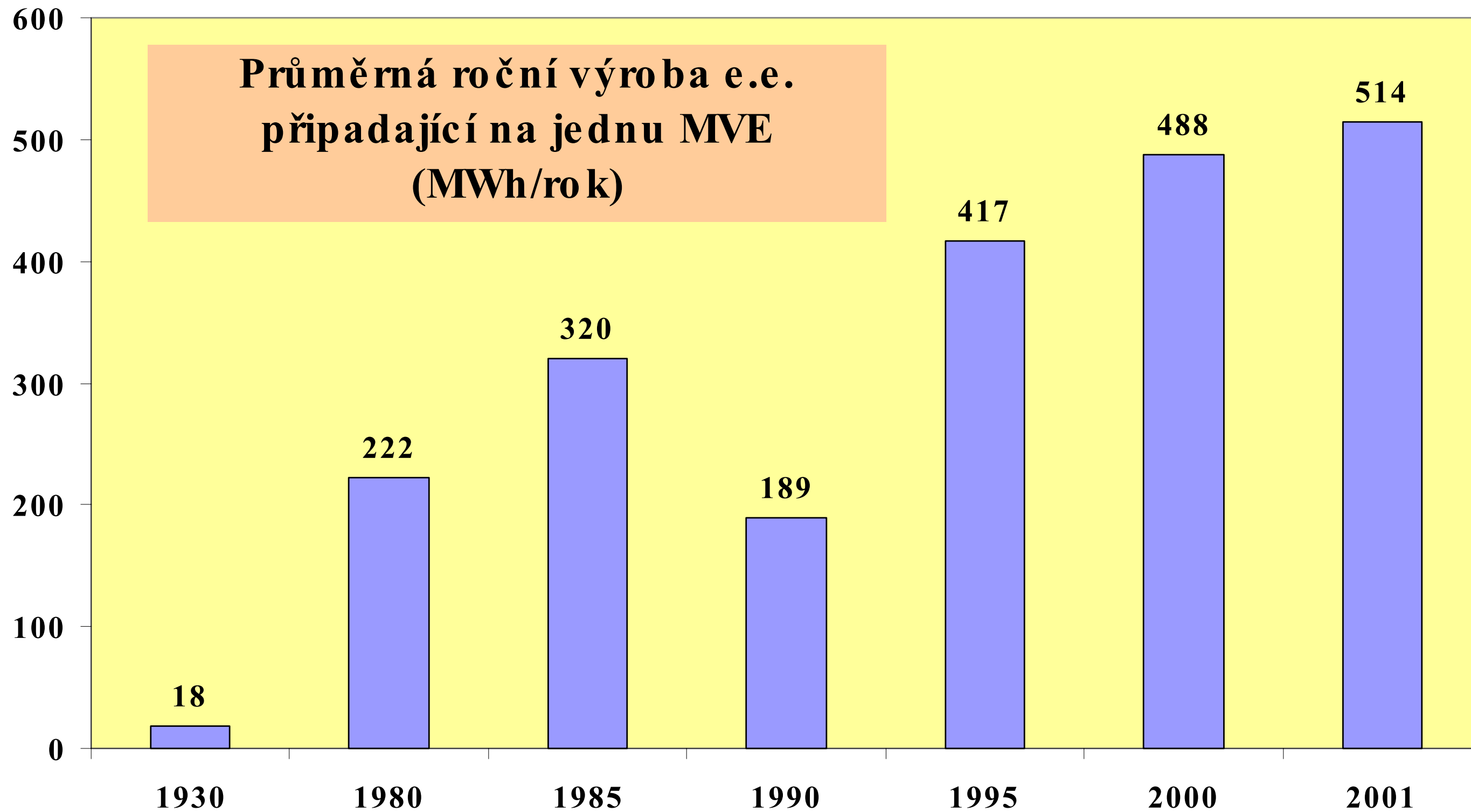


1950-1962 výstavba velkých vodních děl  
1962-1979 stagnace hydroenergetiky (výstavba vodních děl pro neenergetické účely)  
po r. 1979 velké přečerpávací vodní elektrárny

## Vodní elektrárny ČEZ, a. s.

Lokalita:	Typ	Počet soustrojí	Instalovaný výkon (MW)	Rok uvedení do provozu
<b>Dalešice</b>	PVE	4	450	1978
<b>Mohelno</b>	MVE	2	1,76	1977–1999
<b>Dlouhé Stráně 1</b>	PVE	2	650	1996
<b>Dlouhé Stráně 2</b>	MVE	1	0,16	1996
<b>Lipno I</b>	VE	2	120	1959
<b>Lipno II</b>	MVE	1	1,5	1957
<b>Hněvkovice</b>	MVE	2	9,6	1992
<b>Kořensko 1</b>	MVE	2	3,8	1992
<b>Kořensko 2</b>	MVE	1	0,94	2000
<b>Želina</b>	MVE	2	0,63	1994
<b>Orlík</b>	VE	4	364	1961–1962
<b>Kamýk</b>	VE	4	40	1961
<b>Slapy</b>	VE	3	144	1955
<b>Štěchovice I</b>	VE	2	22,5	1943–1944
<b>Štěchovice II</b>	PVE	1	45	1948–1996
<b>Vrané</b>	VE	2	13,88	1936
<b>Celkem:</b>		<b>35</b>	<b>1867,77</b>	

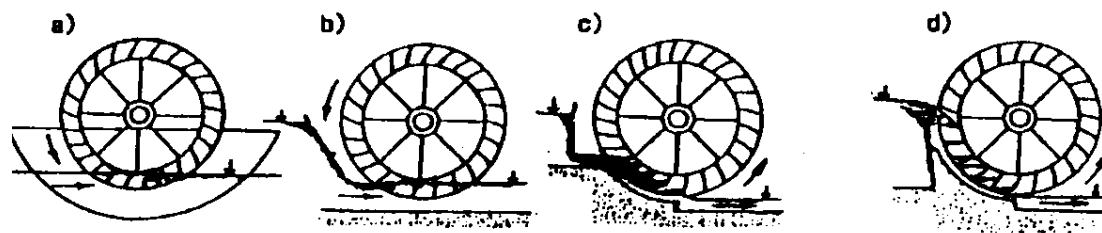
VE – vodní elektrárna, PVE – přečerpávací vodní elektrárna, MVE – malá vodní elektrárna



	<b>počet</b>	<b>instalovaný výkon (MW)</b>	<b>roční výroba (MWh)</b>	<b>roční výroba (MWh) na 1MW</b>	<b>roční výroba (MWh) na 1 MVE</b>
<b>1930</b>	<b>11000</b>	<b>150</b>	<b>200 000</b>	<b>1333</b>	<b>18</b>
<b>1980</b>	<b>135</b>	<b>10</b>	<b>30 000</b>	<b>3000</b>	<b>222</b>
<b>1985</b>	<b>250</b>	<b>20</b>	<b>80 000</b>	<b>4000</b>	<b>320</b>
<b>1990</b>	<b>900</b>	<b>65</b>	<b>170 000</b>	<b>2615</b>	<b>189</b>
<b>1995</b>	<b>1200</b>	<b>200</b>	<b>500 000</b>	<b>2500</b>	<b>417</b>
<b>2000</b>	<b>1352</b>	<b>268</b>	<b>660 000</b>	<b>2463</b>	<b>488</b>
<b>2001</b>	<b>1380</b>	<b>275</b>	<b>710 000</b>	<b>2582</b>	<b>514</b>

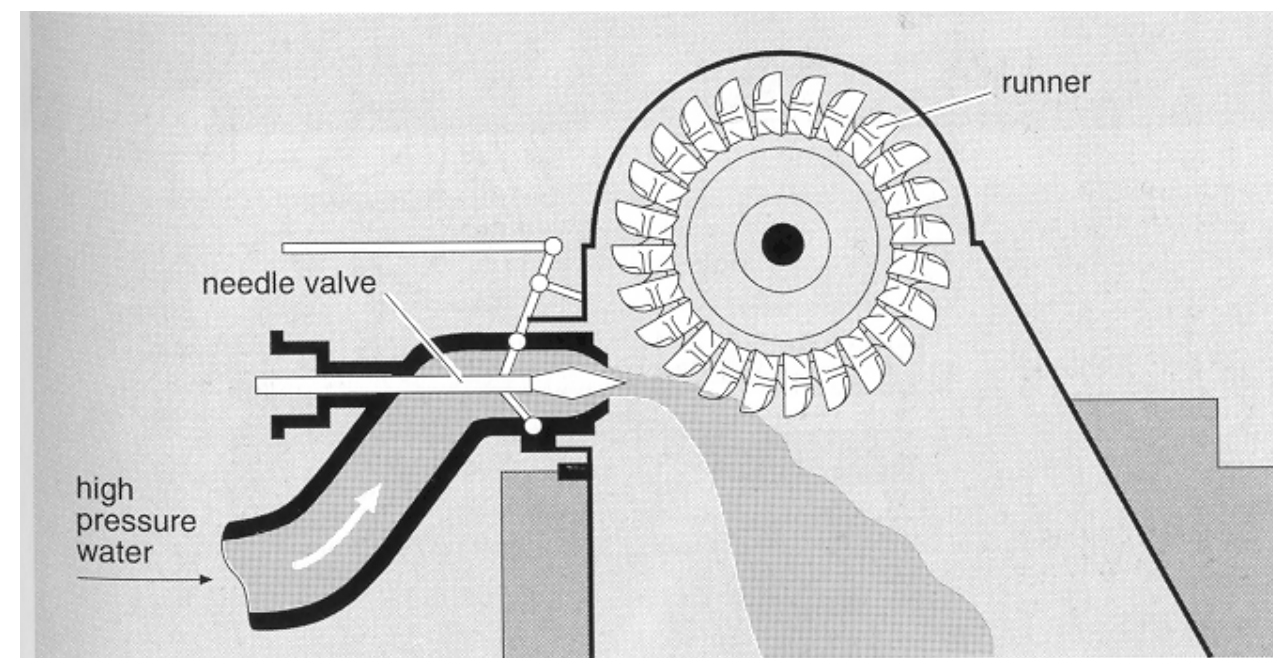
# Kinetická energie vodního toku

- rychlost proudění (spád toku)
- **rovnotlaké turbíny** (impulsní) pracující na rotačním principu
- Typy turbín: vodní kolo, Bánki, Pelton
- Obvodová rychlost lopatek musí být nižší než rychlost proudění vodního toku (nízko rychloběžné turbíny)
- Částečný ostřík (voda nezahltí celou turbínu)



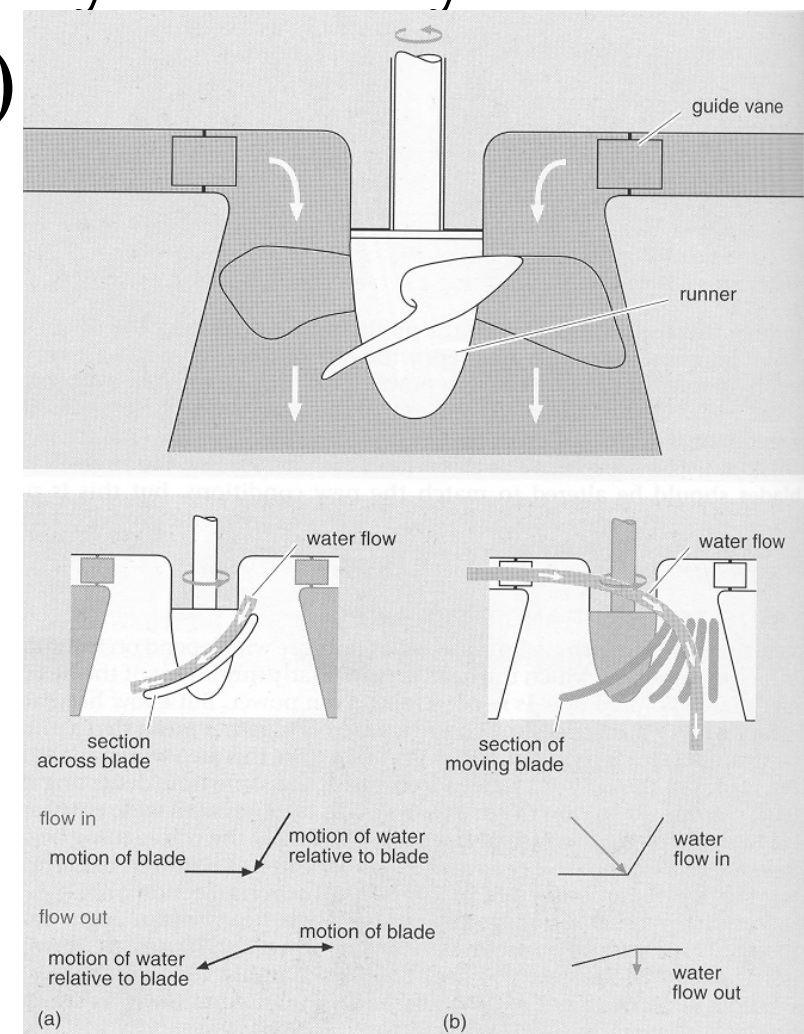
Obr. 7: Vodní kola lopatková

- a) kolo lodního mlýnu se spodním nátokem ( $H = 0,1 \text{ m}$ ,  $Q = 5,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $\eta = 0,2$ )  
b) kolo vstříkové se spodním nátokem ( $H = 0,2 - 0,9 \text{ m}$ ,  $Q = 5,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $\eta = 0,25 - 0,3$ )  
c) kolo se spodním nátokem ( $H = 0,6 - 1,5 \text{ m}$ ,  $Q = 4,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $\eta = 0,4 - 0,5$ )  
d) kolo se středním nátokem ( $H = 1,5 - 2,5 \text{ m}$ ,  $Q = 1,5 - 3,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $\eta = 0,55 - 0,65$ )



# Potenciální (tlaková) energie

- Tlak výšky vodního sloupce
- **Přetlakové (reakční)** turbíny pracující na tlakovém (gravitačním) principu vyvolaném rozdílem výšky hladin
- Typy turbín: Kaplan, Francis, vrtulové turbíny
- Obvodová rychlost lopatek je několikanásobně vyšší než rychlost proudění vodního toku („rychlomězné turbíny“)
- Úplný ostřík (voda zahltí celou turbínu)



# Základní součásti vodního díla

- Vzdouvací zařízení (hráze, jezy)
- Přivaděče/náhon (beztlakové, tlakové)
- Česle
- Strojovna (objekt elektrárny)
  - Strojní část (turbína, uzávěry, převodovka, ...)
  - Elektro-část (generátor, rozvaděč, připojení)
  - Automatika (hladinová regulace, řídicí systém)
- Odpadní kanál



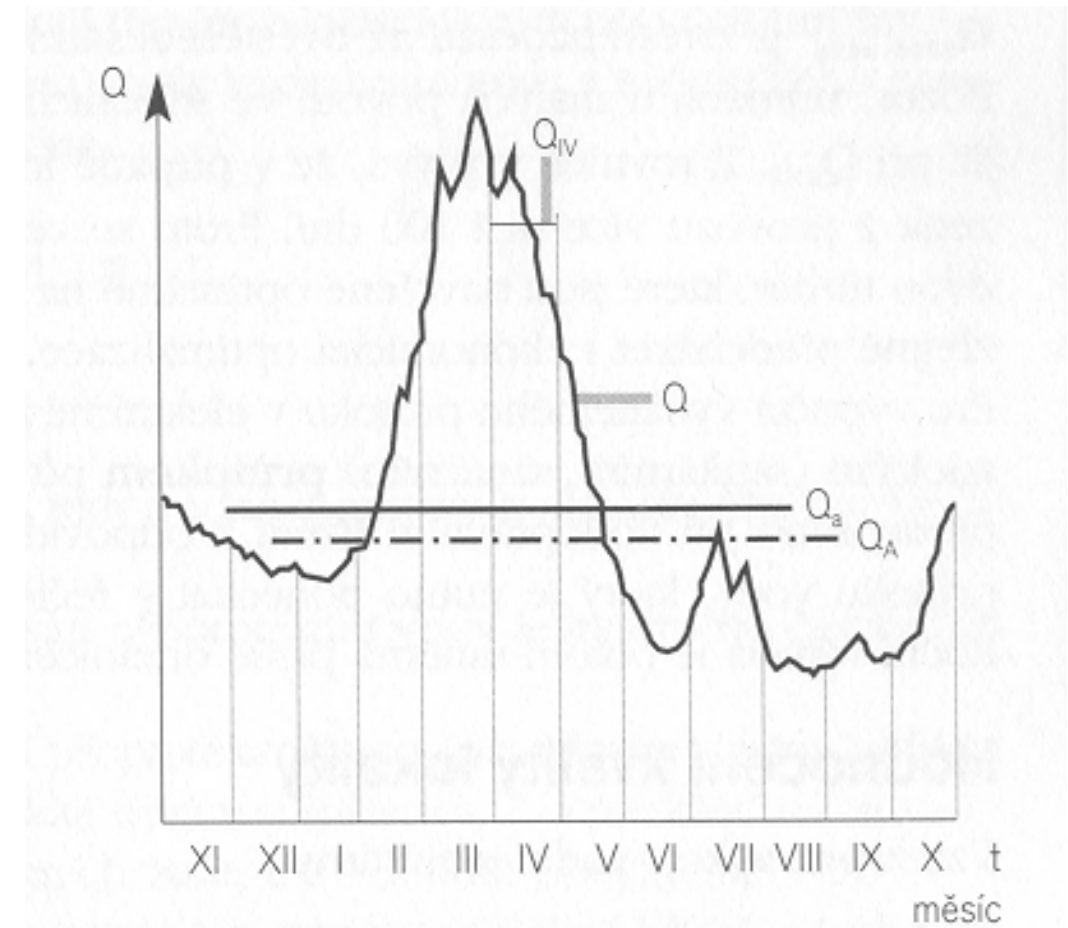
# Spád (H)

- **Hrubý (celkový) spád ( $H_b$ ):** určen rozdílem hladin při nulovém průtoku vodní elektrárnou (výšková nivelace)
- **Užitný (čistý) spád (H):** započítává hydraulické ztráty, reprezentuje skutečně využitelný spád

# Průtok (Q)

(Český hydrometeorologický ústav, či správy povodí)

- **Průtok:** průtočné množství vody v daném profilu
- **dlouhodobý průměrný průtok ( $Q_a$ )**
- **N-leté průtoky**
- **M-denní průtoky**
- **roční průtoková závislost (30 dní):**

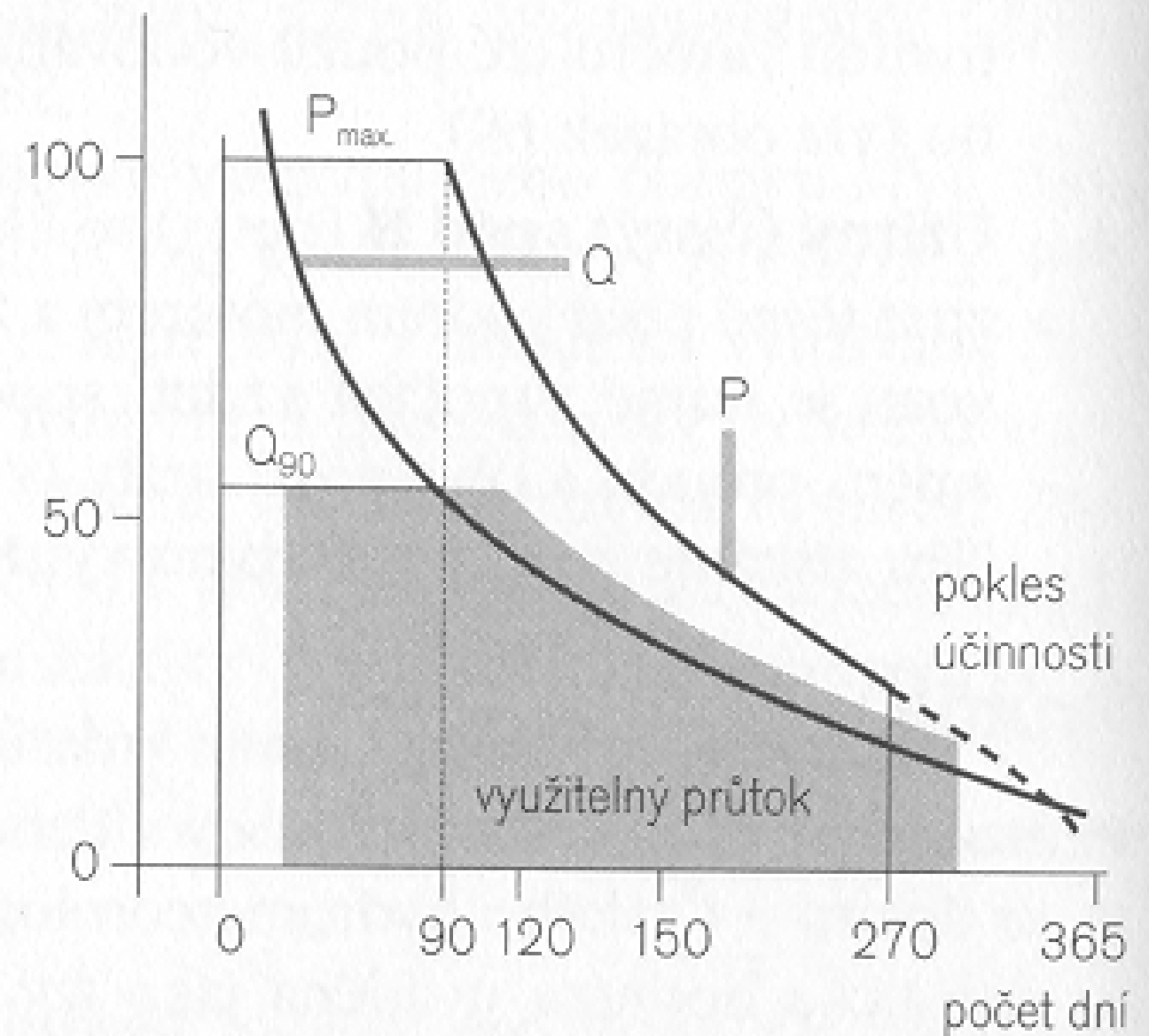
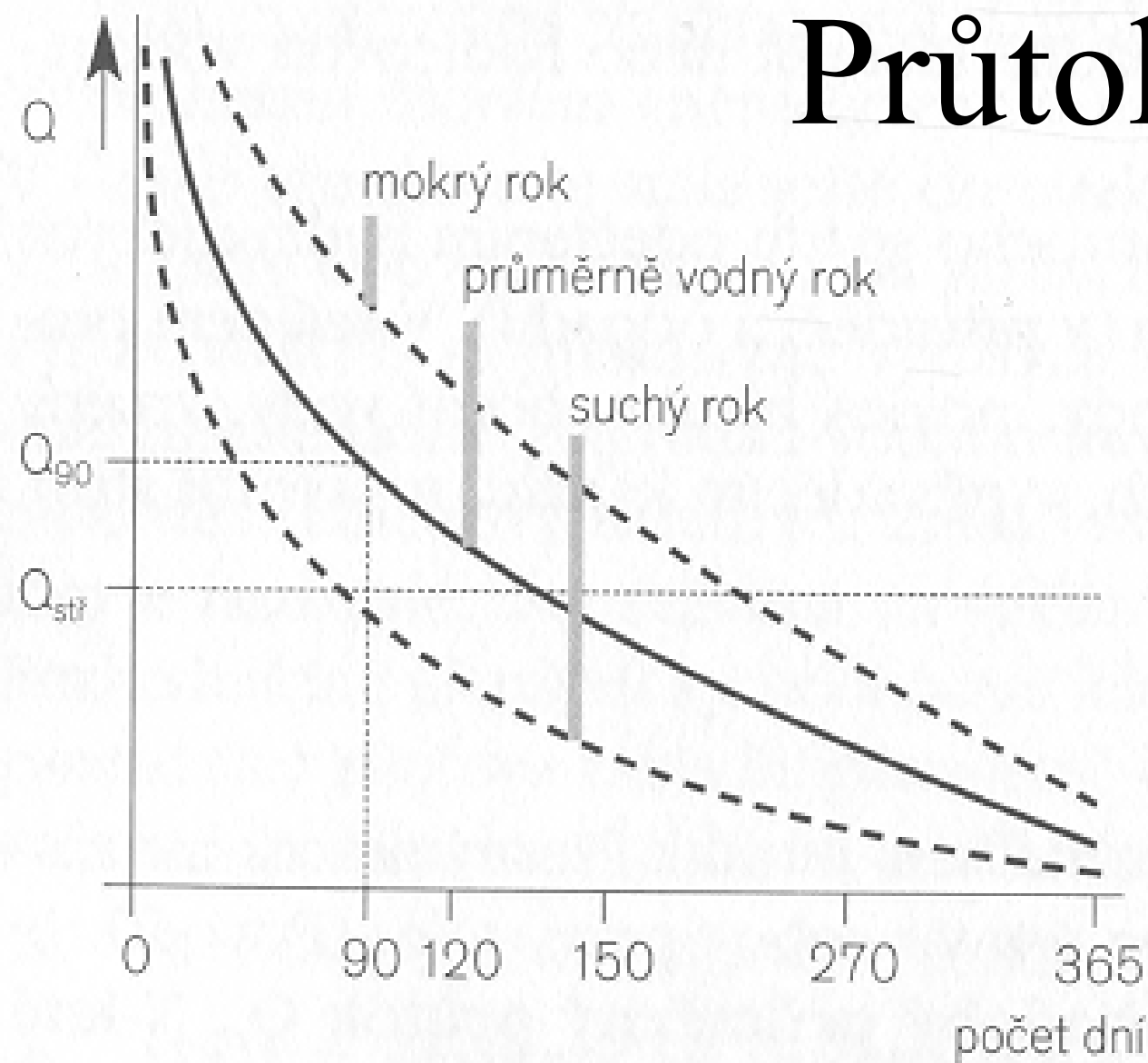


▲ Obrázek 72 ▲ Průběh průtoku v roce a schematické znázornění průměrného ročního a průměrného měsíčního průtoku

M [dní]	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]	2,70	1,90	1,50	1,20	1,00	0,85	0,75	0,60	0,50	0,40	0,34	0,25	0,18

M [dní]	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	2,70	1,90	1,50	1,20	1,00	0,85	0,75	0,60	0,50	0,40	0,34	0,25	0,18

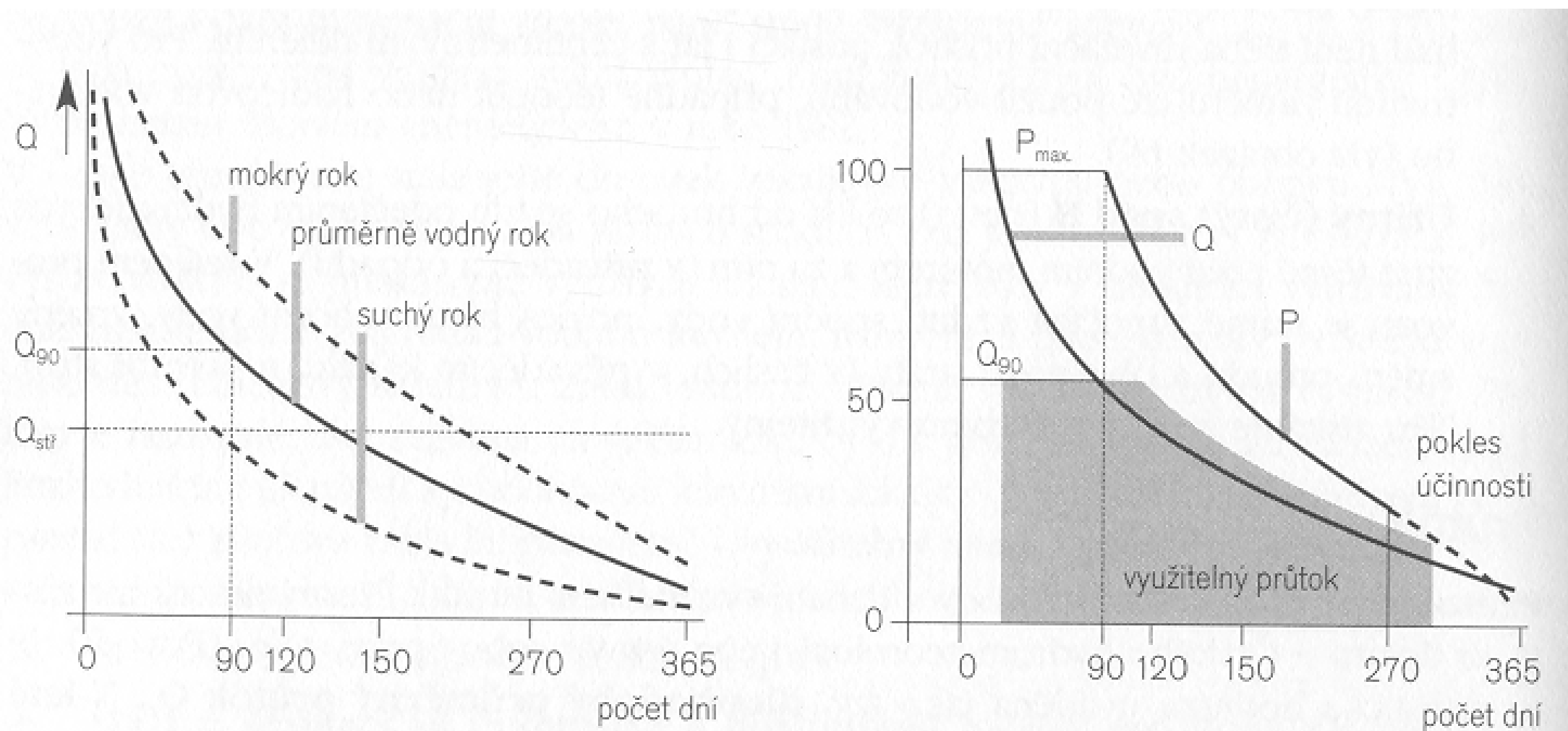
# Průtok



▲ **Obrázek 70** ▲ *Roční odtoková závislost a výkon dosažený v průběhu roku; vliv na roční výrobu elektrické energie v důsledku nuceného nevyužití toku: čára překročení průtoků, ztráta při nízkých průtocích, ztráta při povodňových průtocích*

# Dimenzování MVE a hodnocení lokality

- Dimenzace na  $Q_{90d}$  až  $Q_{180d}$  ( $Q = Q_{90d} = q * Q_a$ ;  $q = 1.15 / 1$  až  $1.2 /$ )
- turbíny jsou schopny pracovat při průtocích, které odpovídají cca 1/3 jejich navržené kapacity (tedy od  $Q_{90d}$  do  $Q_{250d}$ - $Q_{260d}$ )
- minimální hygienický (sanační) průtok –  $Q_{330d}$  až  $Q_{364d}$ )



▲ Obrázek 70 ▲ Roční odtoková závislost a výkon dosažený v průběhu roku; vliv na roční výrobu elektrické energie v důsledku nuceného nevyužití toku: čára překročení průtoků, ztráta při nízkých průtocích, ztráta při povodňových průtocích

# Dimenzování MVE a hodnocení lokality

## Výkon vodní elektrárny:

$$P(W) = \rho * g * Q * H * \eta_c$$

$$\rho = 1000 \text{kg/m}^3, g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$Q(\text{m}^3/\text{s}) = Q * 0.8 \text{ (sanační korekce)}$$

$$H(\text{m}) = H_b * 0.9$$

$\eta_c$  ... celková účinnost

$$P(\text{kW}) = k * Q * H$$

$k$  ... konstanta zahrnující účinnost  
(5-7 pro MVE, 8-8.5 pro S-V VE)

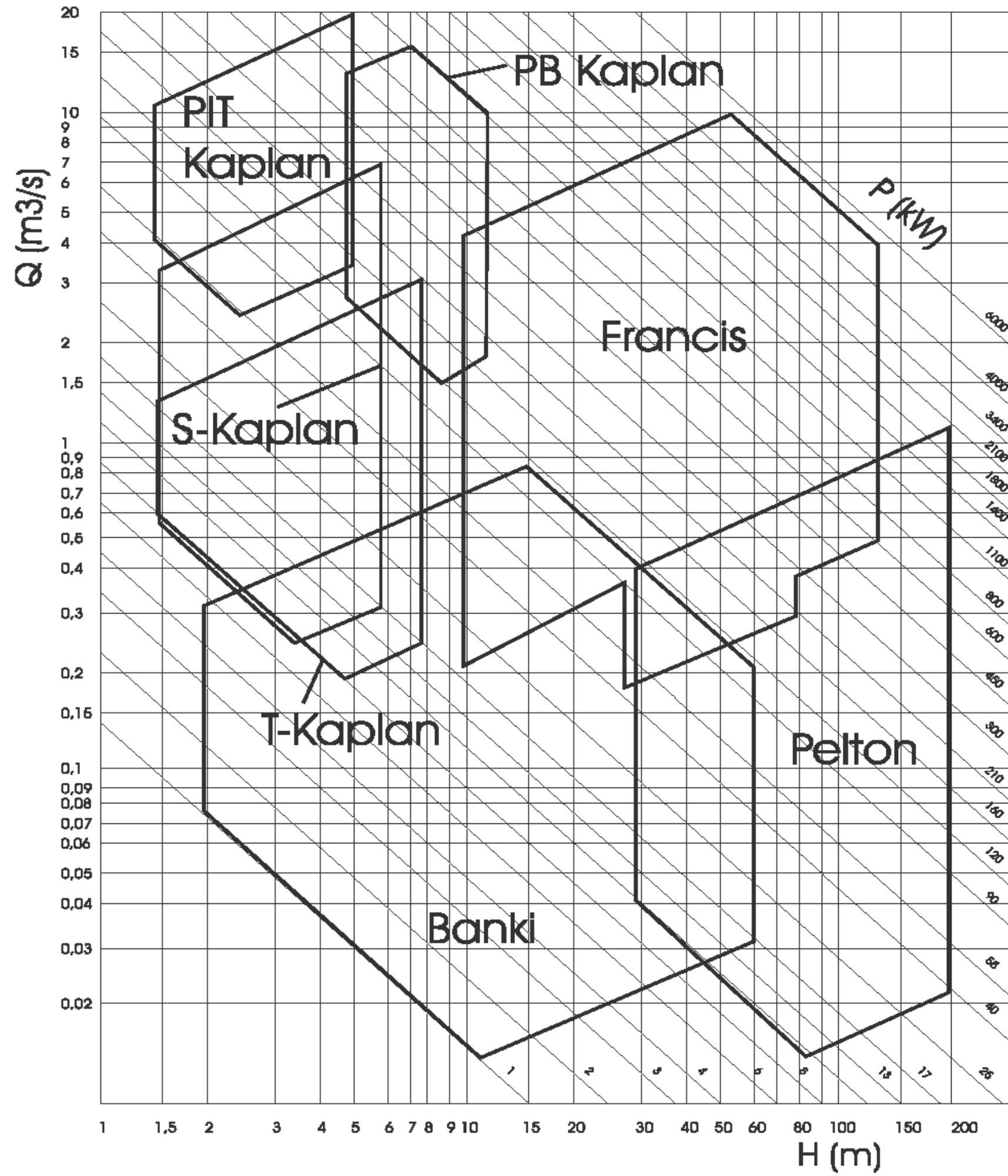
## Výroba elektrické energie:

$$E (\text{kWh/rok}) = P(\text{kW}) * T \text{ (počet provozních hodin za rok)}$$

obvykle 4500-5000 hodin

Základní charakteristika vodních turbín, jejich dosažitelný výkon P a vymezení oblastí jejich použití v závislosti na dispozicích vodního zdroje (Q znamená průtok turbínou, H je spád)

ČKD Turbotechnics s. r. o.



## „Vírová turbína“ (patentováno 22. 1. 2001 pod č. PÚV 10767)

- modifikace Kaplanovy turbíny
- regulace změny otáček pomocí frekvenčního měniče
- účinnost (80 %) zvyšuje „vír“
- V oblastech velmi nízkých spádů a vysokých průtoků dosáhne dobrých účinností při nízkých výrobních nákladech.



# Překážky rozvoje MVE v ČR

**Překážky legislativní** – v současné době již nejsou tak výrazné, zásluhou přijatého vodního zákona a nového energetického zákona, kde však chybí některé prováděcí předpisy s výkladem.

Vodohospodářské orgány schvalují stavbu bez větších problémů tam, kde je v provozu stávající vodohospodářské dílo (jez), nebo i tam, kde v minulosti bylo. Výstavba MVE v lokalitách, kde vodní dílo nikdy nebylo, je povolována jen velmi zřídka a nebo po splnění náročných technických a legislativních podmínek.

**Překážky majetkoprávní** – v uplynulých letech došlo u mnoha lokalit ke změnám majitelů v souvislosti s proběhlou privatizací a restitucí. Přesuny majetků souvisejících s privatizací byly sice ukončeny již v roce 1998 a větší přesuny při restitucích by již také měly být ukončeny, ale v menší míře může ještě dojít k ojedinělým změnám majetku. Také došlo k určitým změnám v souvislostech se zestátněním správ toků – hlavně v souvislostech s úhradou za využívání státních majetků.

**Překážky ekonomické** – nejvíce ovlivňují výstavby MVE. Za současných podmínek je u nás jen velmi obtížné realizovat MVE s optimální dobou návratnosti, tj. pod 10 roků. Nejčastější dobou návratnosti investic MVE je dnes zhruba 12 až 15 roků a nejsou výjimky kdy původní projekt vychází s více než 15ti letou návratností.

- vysoké úrokové míry úvěrů,
- neochota peněžních ústavů poskytnout dlouhodobé úvěry (více než 10 roků),
- nízké výkupní ceny elektrické energie,
- zvyšující se ceny technologií, stavebních částí i služeb pro MVE.

Možnost pro část žadatelů získat státní podpory a nízkouúrokové půjčky od České energetické agentury a Státního fondu životního prostředí. (OZE, ČEZ 2003)