



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Ing. Radim Janalík, CSc.
VŠB TU Ostrava
katedra energetiky

Využití energetických zdrojů

Energie

ENERGIE : co to vlastně je?

- Fyzikové ze 17.století definovali energii jako schopnost konat práci
První kdo použil slovo ENERGIE byl d'Alembert (v r.1785):
„V pohybujícím se tělese je jisté úsilí neboli ENERGIE, která u tělesa v klidu vůbec není“
- Základní vlastnost veškerých těles
- Je mírou veškerého pohybu
- Charakterizuje vnitřní stav hmotné soustavy
- Má základní význam pro všechny život a lidskou společnost
- Z pohledu fyziky : Schopnost vyvolávat určité změny
- Z pohledu techniky : Posuzování energie podle změny pohybu hmoty a dle fyz. a chemického stavu hmot
- Vyjadřuje se v jednotkách práce (forma energie ale může být různá)
základní jednotka: **1 J = síla 1 [N] . vzdálenost 1 [m]**

Energie

ENERGIE : Jiné používané jednotky

- **Základní jednotka ENERGIE: 1 J**
 - Využití na :
 - Zvednutí 1 kg hmoty do výšky 10cm
 - Ohřátí cca 0.3cm³ vody o 1°C
 - 1 J (malá jednotka) ⇒ V praxi používáme násobky (kJ, MJ, GJ, TJ, PJ, EJ atd.)
- **Jiné jednotky pro „energii“:**

1 Kcal	=	4.1867 kJ
1 kWh	=	3.6 MJ
1 BTU	=	1055.06 J
1 HPh	=	2.685 MJ
1 kpm	=	9.80665 J
1 tmp	=	29.3076 GJ
1 toe	=	42 GJ
1 eV	=	1.60206 ·10 ⁻¹⁹ J

Vztah energie a výkon ⇒ energie [J] = výkon [W] · čas [s]

Energie

Vztah mezi energií a hmotností

- v r.1905 A.Einstein odvodil vztah :

$$E = m \cdot c^2$$

- Je to tzv. kvantitativní vztah mezi látkovou a energetickou formou hmoty

- Energie každé hmotné soustavy je úměrná její hmotnosti

kde: E [J] - energie hmotné soustavy

m [kg] - hmotnost hmotné soustavy

c [m/s] - Einsteinova konstanta (rychlost světla ve vakuu)

$$c = 2.997925 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

⇒ Hmotné soustavě o hmotnosti 1kg odpovídá přibližně $9 \cdot 10^{16}$ J ($9 \cdot 10^7$ GJ)

⇒ Každá změna celkové energie hmotné soustavy je současně doprovázena

změnou hmoty této soustavy

⇒ Experimentální ověření je však částečně možné jen při jaderných reakcích

Energie

Možnosti využití energie

- **Přímé využití** nějakého energetického zdroje - pouze výjimečně
např. - využití tepelného záření slunce na ohřev libovolné látky
- využití tepla Země přímo na vytápění
- Obvykle určité zdroje energie měníme na vhodnější formu jejího využití
- **Druhy energií:**
 - **mechanická** a) projev pohybem hmoty (kinetická energie)
b) projev polohou hmoty (potenciální energie)
 - **tepelná** (pohyb molekul dané látky)
 - **chemická** (změna molekul hmoty)
 - **elektrická** (pohyb elektronů látky)
 - **energie pole** (změny elektrického, elektromagnetického nebo gravitačního pole)
 - **jaderná** (štěpení nebo slučování atomových jader)
- **Forma energie** : Je určena druhem a nositelem energie

Energie

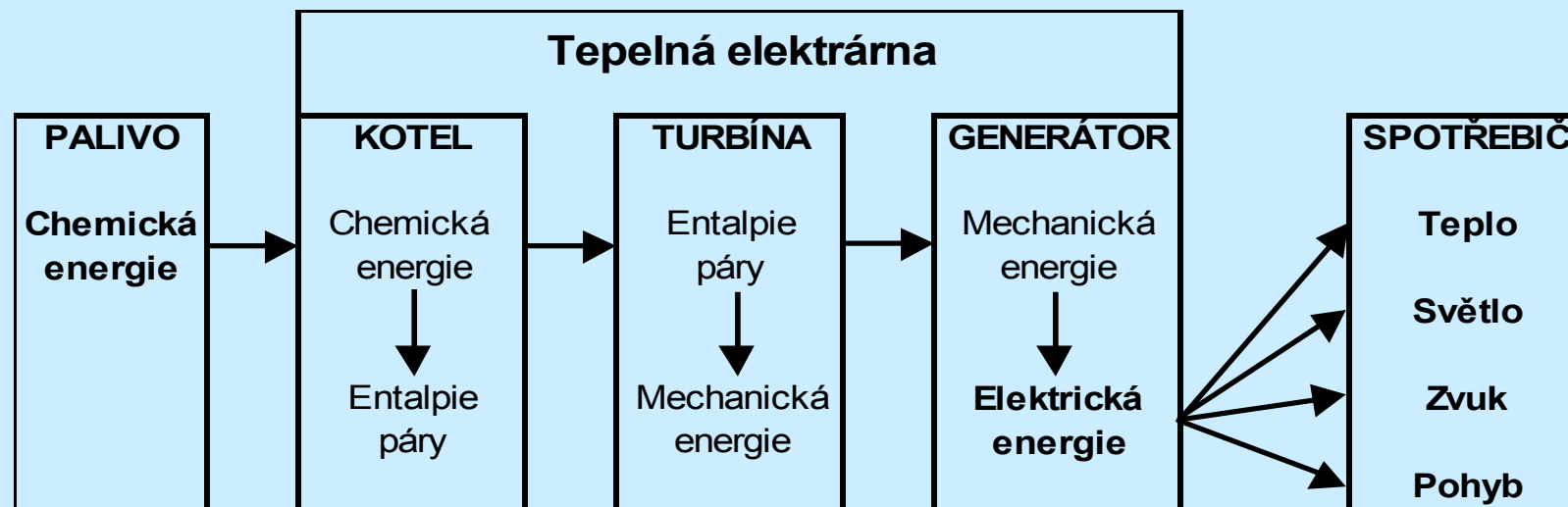
Přeměny energie

- **Přeměny energie** \Rightarrow **zákon zachování energie**
(základní fyzikální zákon)
(Při všech dějích, které se v přírodě odehrávají, mění se jen formy energie, její celkové množství zůstává stejné)
 - \Rightarrow Jednotlivé druhy energií (formy) je možno vzájemně přeměňovat
 - \Rightarrow Možnost měnit formy energie je pro lidstvo velmi užitečné
 - \Rightarrow energii určitého zdroje obvykle měníme na ušlechtilejší formu energie
- **Omezení přeměn energie** \Rightarrow **II.zákon termomechaniky**
 - \Rightarrow Nelze neomezeně převádět jednotlivé formy v jiné
Např.:
 - \Rightarrow **Mechanickou energii lze** převést na **tepelnou energii** neomezeně
 - \Rightarrow **Tepelnou energii nelze** převést na **mechanickou** neomezeně
 - \Rightarrow Mluvíme potom o ušlechtilých formách energie

Energie

Příklad přeměny energie

Energetika : Energetické přeměny v parní elektrárně

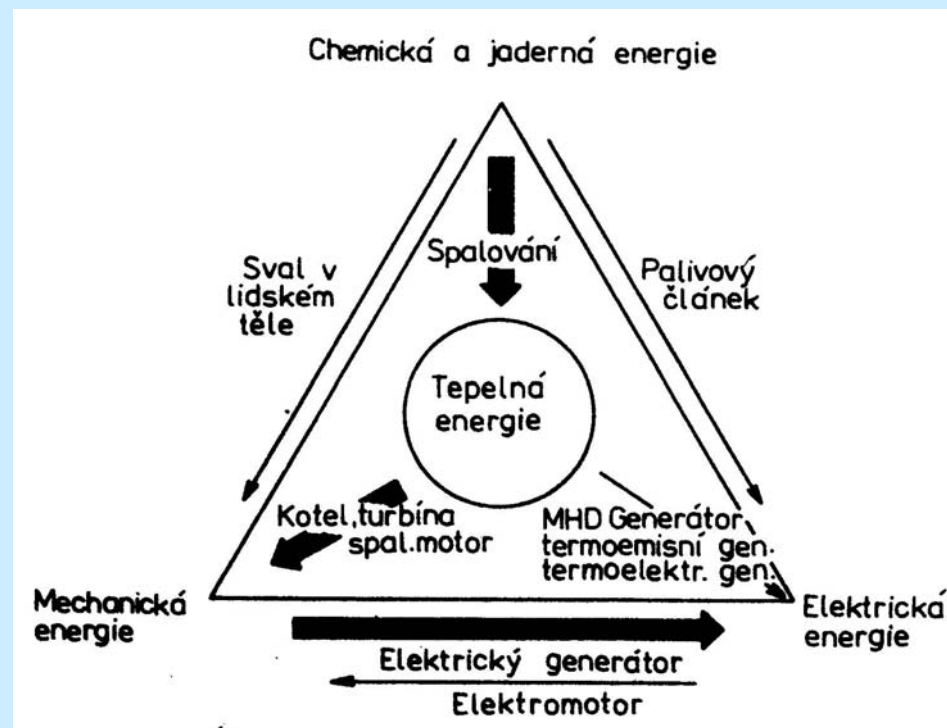


- 80 % elektrické energie získává lidstvo tímto způsobem

Energie

Trojúhelník přeměn energie

- Základní přeměny se kterými se setkáváme při přeměnách mezi chemickou, jadernou, mechanickou, tepelnou a elektrickou energií



Energie

Přeměny energií a jejich účinnosti

PŘEMĚNA	Mechanická energie	Tepelná energie	Elektrická energie	Energie záření	Chemická energie	Jaderná energie
Mechanická energie	(30 - 93%)	(do 100%)	(98 - 99%)	Triboluminiscence	Mechanochemické procesy	Kosmické procesy
	Převody	Teplo třením	Elekt.generátory	Záření - brzdění		Srážky atom.jader
	Vodní turbíny	Kompres.chlazení	Alternátory			
	Hydraul. stroje	Tepelné čerpadlo	Piezoelektrický jev			
	Větrná kola					
Tepelná energie	(30 - 50%)	(cca 90%)	(cca 50%)	Tepelné zářiče	Endotermické	Nukleární reakce
	Tepelné a spalovací motory (parní stroj, parní a spal.turbína spalovací motory)	Tepelné výměníky	MHD generátory		chemické procesy	Termojaderné reaktory
		Radiátory	Termoelektrické a termoemisní články			
Elektrická energie	(90 - 98%)	(cca 95%)	(do 98%)	(cca 10%)	(do 90%)	(cca 50%)
	Elektromotory	Elektrické topidlo	Transformátory	Žárovky	Akumulátory	Urychlovače částic
	MHD čerpadlo	Termoelektrické chlazení	Usměrňovače	(až 50%)	Elektrolýza	
	Kmitající krystal		Tranzistory	Výbojky		
		atd.	Vysílací antény			
Energie záření	Tlak záření	(cca 60%)	(10 - 16%)	(do 20%)	(cca 1%)	Laserová fúze
		Solární kolektory	Solární články	Laser	Fotosyntéza	
		Mikrovlný ohřev	Fotobuňka	Fluorescence	Fotografie	
		Přijímací antény	Fosforescence			
Chemická energie	(10 - 25%)	(70 - 95%)	(60 - 80%)	Chemická lumíniscence	Chemická reakce	Chemonukleární procesy
	Svalová energie	Spalování	Elektrochemické a palivové články		Zušlechťování paliva	
	Raketový pohon	Exoterm. procesy				
Jaderná energie	štěpení jader	jaderný reaktor	Radioizotopové baterie	Radioaktivita (radioaktivní rozpad)	Chemonukleární procesy	Jaderná reakce
		jaderná fúze	Termoelektrické reaktory			

Energie a společnost

- Rozvoj lidstva → Souvisí s jeho schopností získávat energii
- Podstata samotného života je přeměna hodnotnější energie na méně hodnotnou
- Způsoby získávání energie člověkem
 - **Hmotové síly** (vítr, voda, ...)
 - **Molekulární síly** (spalování uhlovodíkových paliv)
 - **Jaderné energie** (štěpení jader, v budoucnosti jaderná fúze)
- Využití energetických zdrojů s větší hustotou
 - Pro člověka nové technické možnosti v různých oblastech
 - Např. přeměny molekul → rozvoj chemie
(Bez využití fosilních paliv by to nebylo možné)
 - Využití fosilních paliv však neumožnily přeměny prvků
 - Tyto přeměny prvků byly umožněny až při využití jaderné energie

Energie a společnost

Energetické potřeby člověka

- **Minimální fyziologická potřeba energie :** 120 W
tj. 10.5 MJ/den
 - cca 85 W (vnitřní tok energie v lidském těle)
 - cca 15 W (energie pro pohyb těla)
 - cca 20 W (aktivní práci)
- Toto je energie pouze pro přežití (nebyl by možný vývoj člověka)
- Předpoklad vývoje → objevení a využití „cizí energie“
- **Historický vývoj energetických potřeb jednoho člověka:**

– primitivní člověk (1 mil.let př.n.l.)	0.1 kW
– prehistorický člověk (100tisíc let př.n.l)	0.2 kW
– člověk v rozvoji zemědělství (500 let př.n.l.)	0.6 kW
– člověk ve 14.století (rozvoj dopravy a obchodu)	1.3 kW
– člověk na konci 19.století (rozvoj průmyslu)	3.0 kW
– Současná potřeba :- Průmyslově vyspělé země	6.0 kW
- Severní Amerika	13 kW
- Rozvojové země	1-1.5 kW

Energie a společnost

Vliv populačního přírůstku na světovou energetiku

- Vývoj počtu obyvatel ve světě :

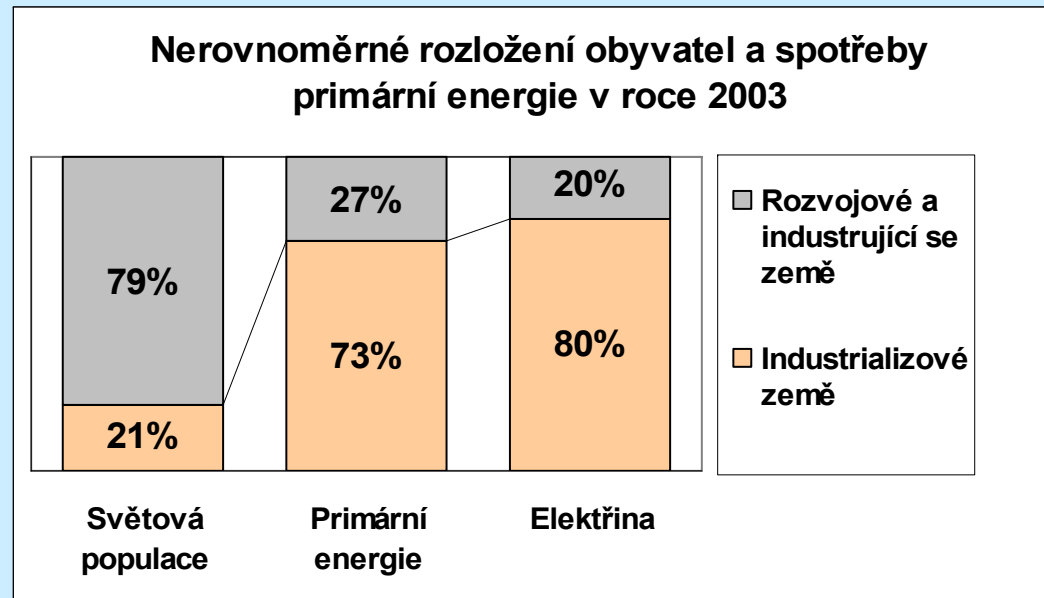
- r.0	260 mil.lidí
- r.1000	280 mil.lidí
- r.1500	430 mil.lidí
- r.1750	730 mil.lidí
- r.1900	1 670 mil.lidí
- r.1950	2 500 mil.lidí
- r.1960	3 000 mil.lidí
- r.1990	5 300 mil.lidí
- r.2000	6 000 mil.lidí
- Prognóza OSN : ještě cca 50 let bude růst populace (ale nerovnoměrný)

- r.2025	8 mld.lidí
- r.2050	9.3 mld.lidí (optimistická varianta)
	10.5 - 12 mld.lidí (pesimistická varianta)
- **Jaký to bude mít vliv na světovou energetiku?**

Energie a společnost

Vliv populačního přírůstku na světovou energetiku

- Stávající stav:



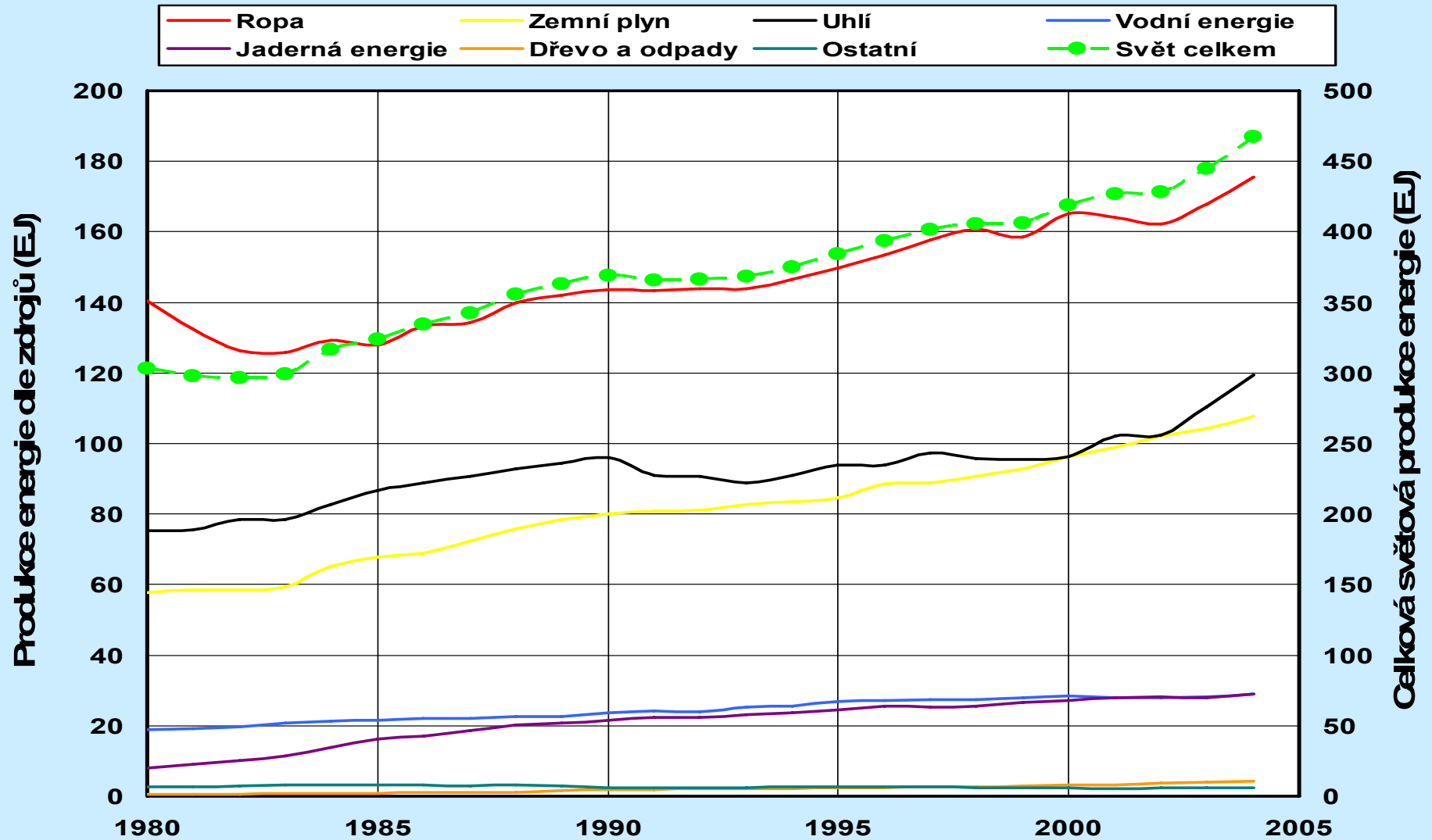
- Odhad vývoje energetické potřeby obyvatelstva do r.2040 až 2050 :

- Počet obyvatel ve světě : 12 mld.lidí
- Potřeba energie se sníží v USA na : 3 kW/obyvatele
- Potřeba v prům.vysp. zemích se sníží na: 3 kW/obyvatele
- Potřeba v rozvoj zemích se zvýší na : 3 kW/obyvatele

⇒ **To vše představuje celosvětovou potřebu energie : 36 TW**

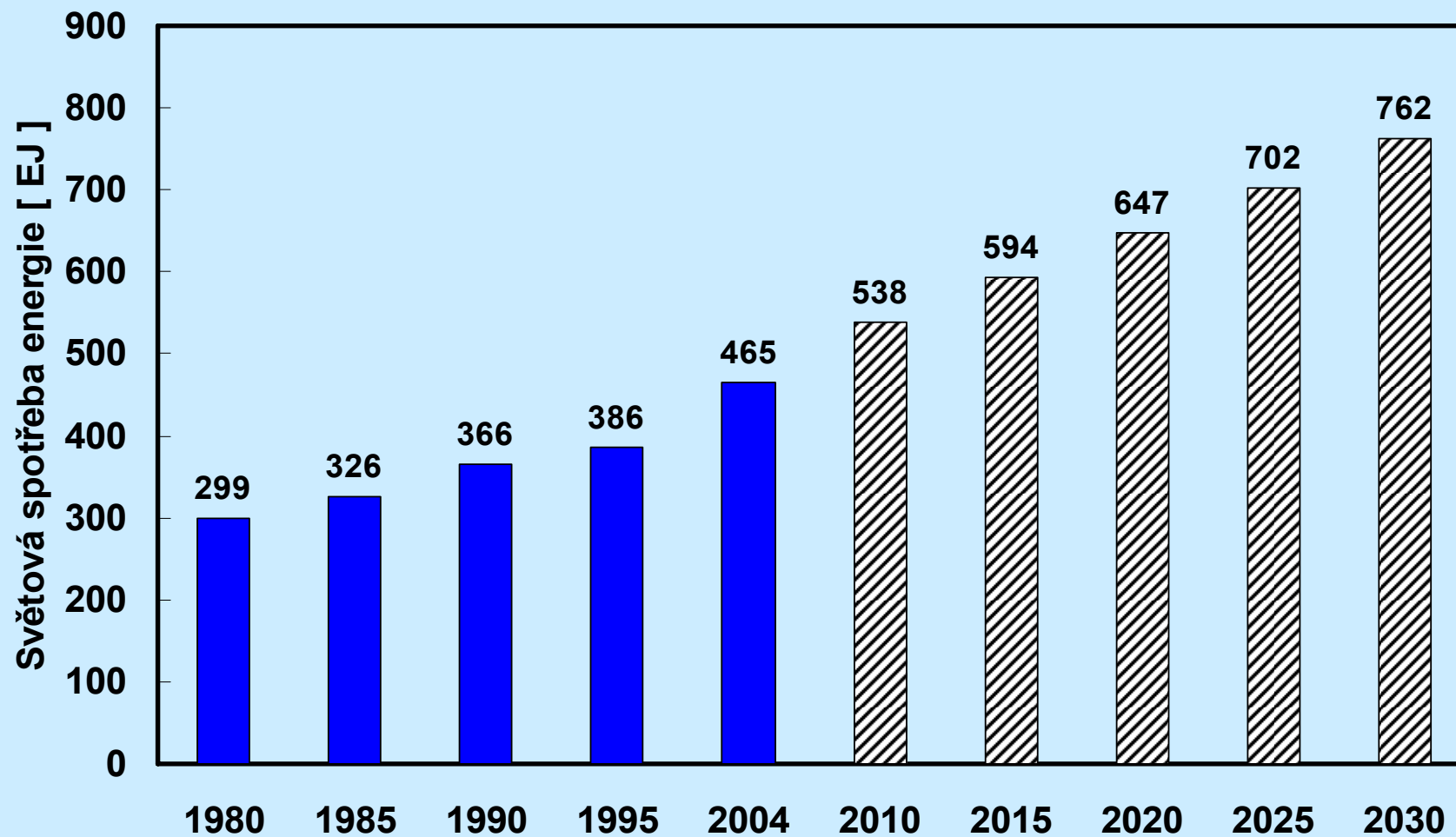
Zdroje energie ve světě

Světová produkce primární energie dle zdrojů



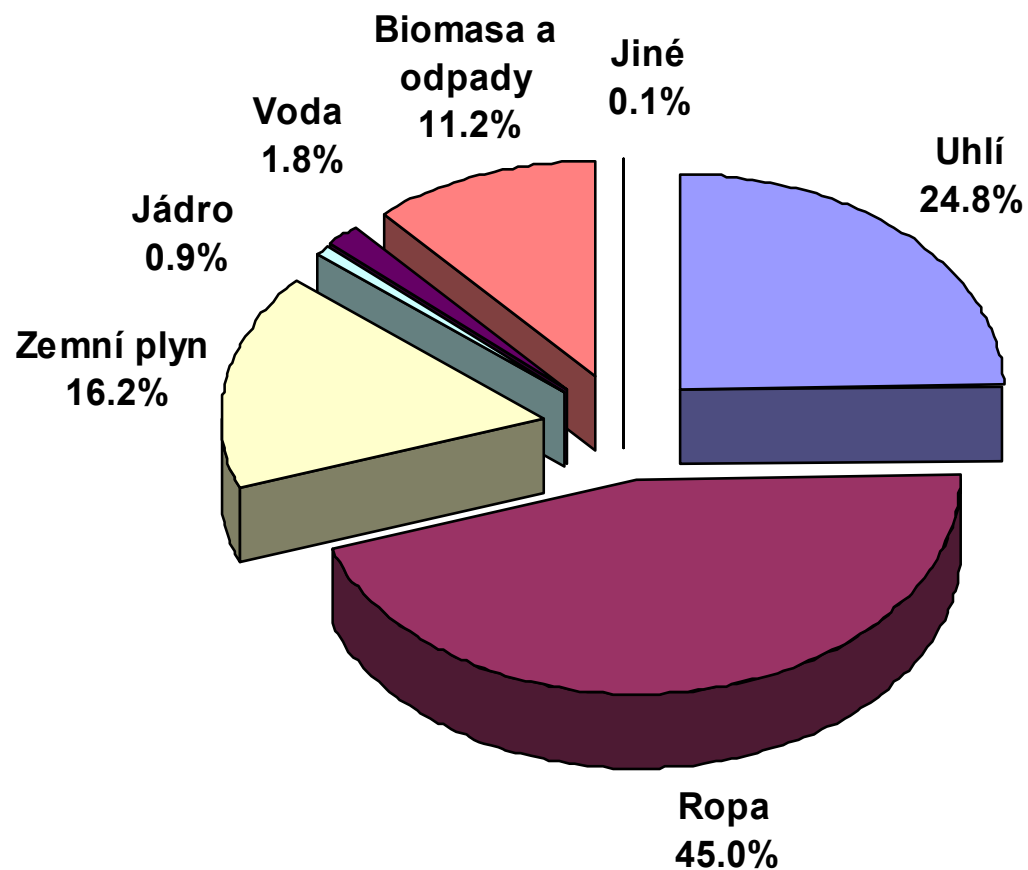
Zdroje energie ve světě

Vývoj celkové produkce primární energie a odhad do budoucnosti



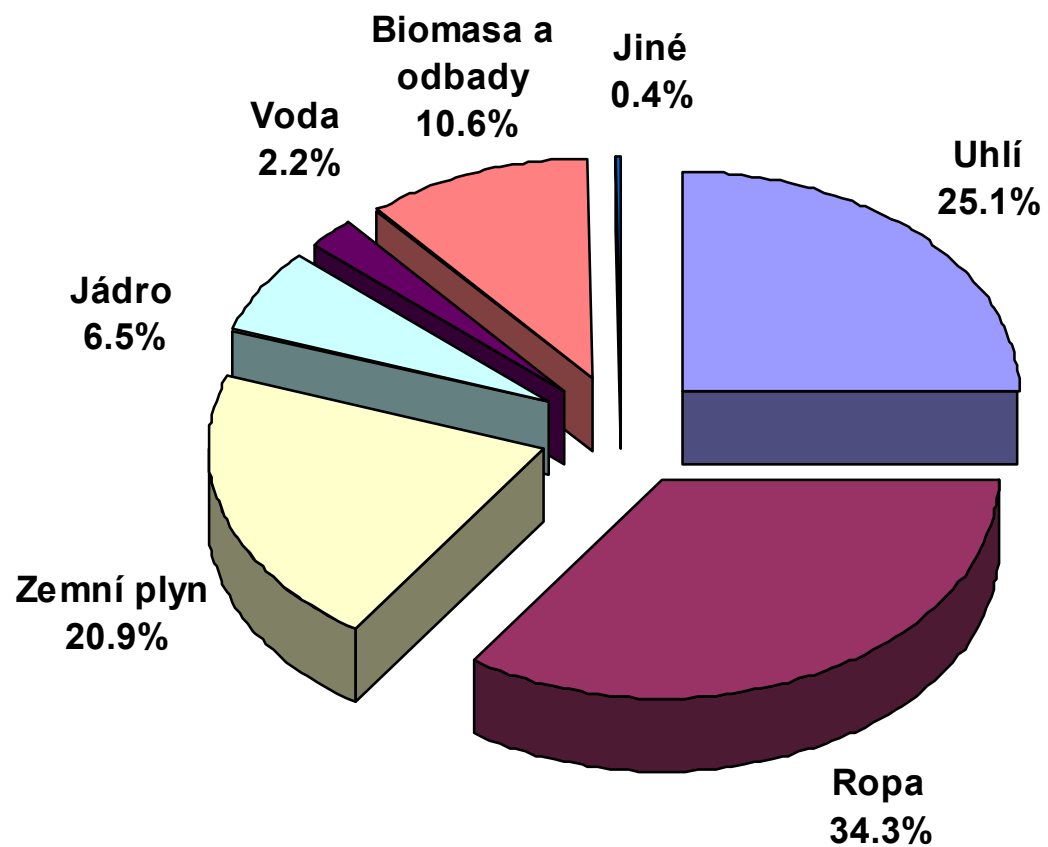
Zdroje energie ve světě

Podíl jednotlivých zdrojů energie na celkové světové produkci :
r. 1973



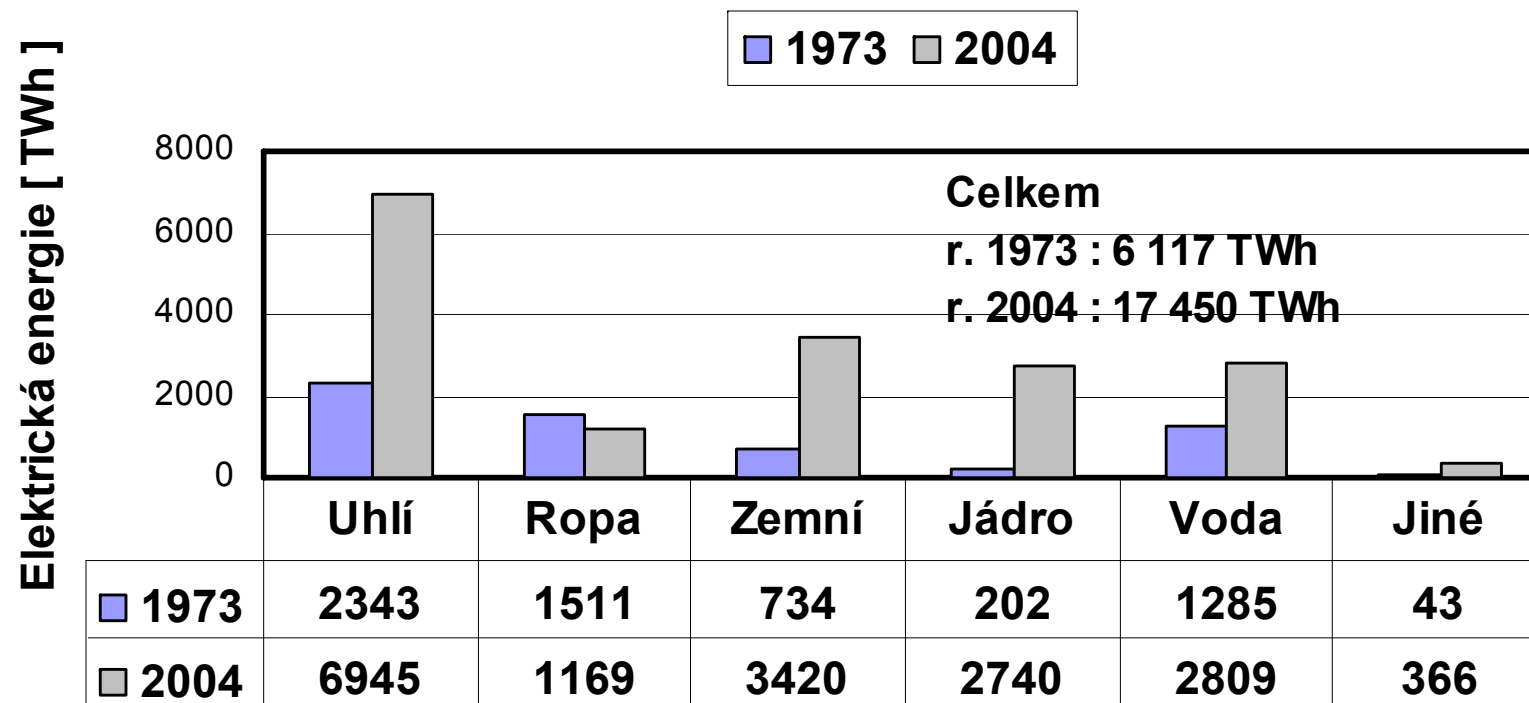
Zdroje energie ve světě

Podíl jednotlivých zdrojů energie na celkové světové produkci :
r. 2004



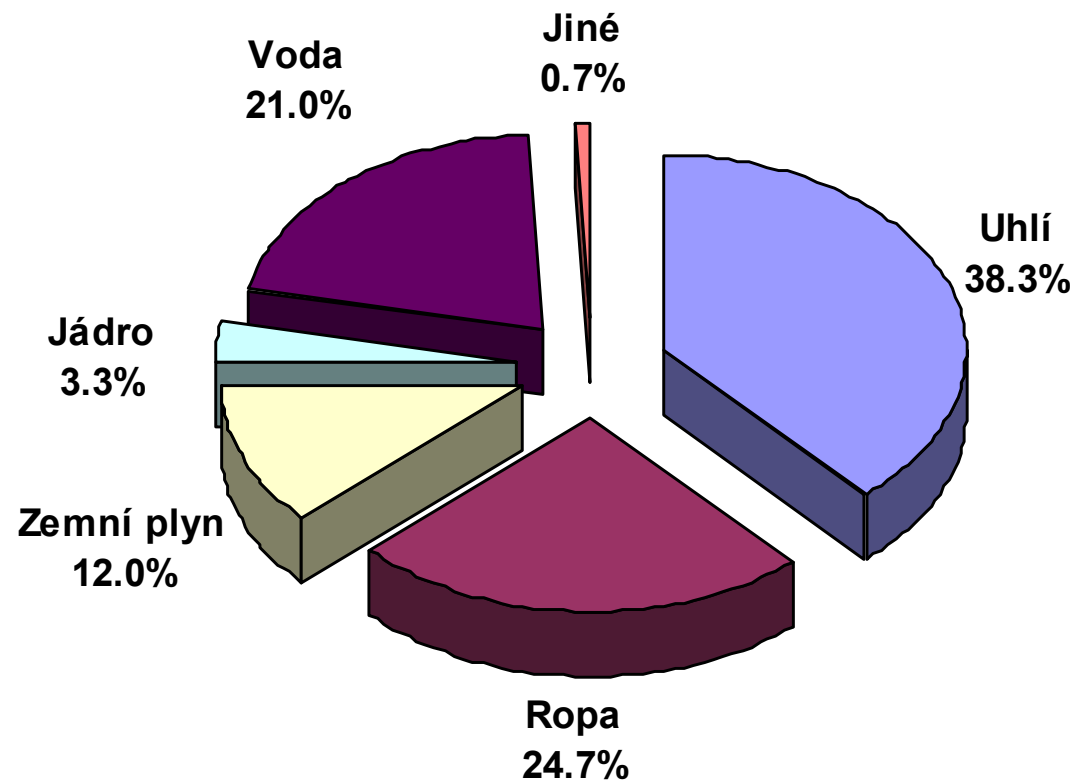
Zdroje elektrické energie ve světě

Obr.č.E1 : Podíl jednotlivých zdrojů energie na celkové produkci elektřiny ve světě v r.1973 a 2004 v TWh



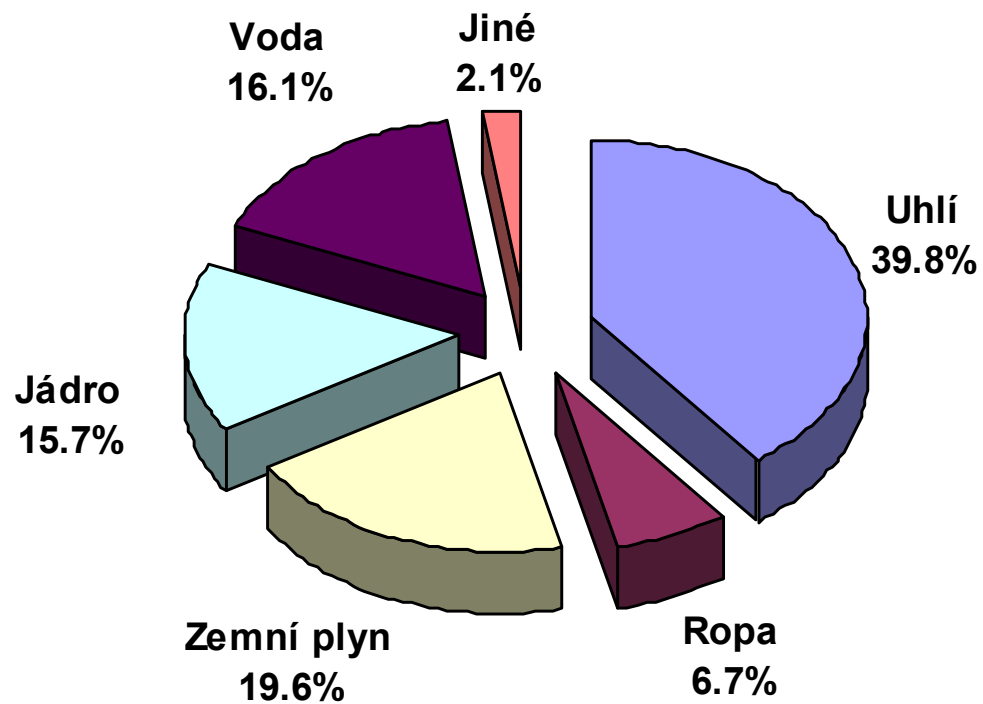
Zdroje elektrické energie ve světě

Obr.č.E2 : Podíl jednotlivých paliv na produkci elektřiny ve světě v r.1973



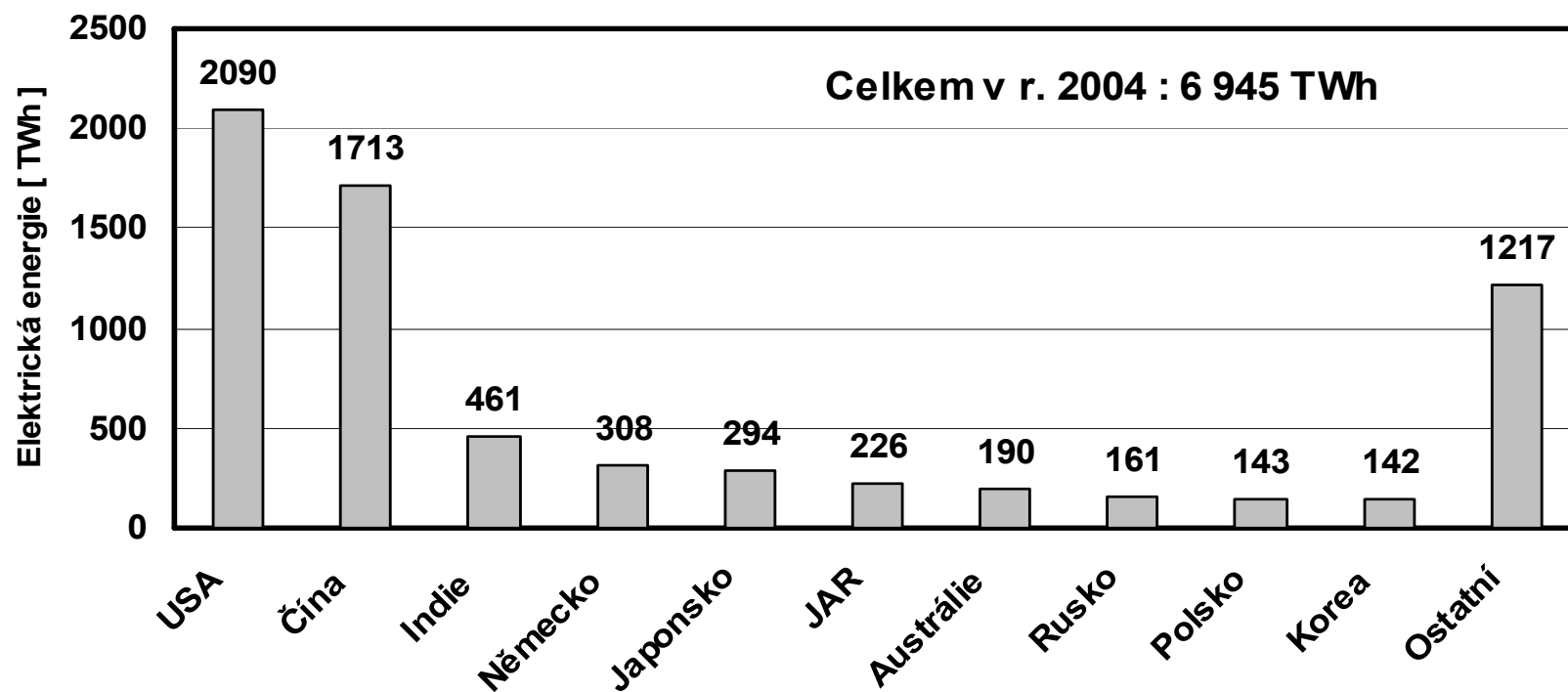
Zdroje elektrické energie ve světě

Obr.č.E3 : Podíl jednotlivých paliv na produkci elektřiny ve světě v r.2004



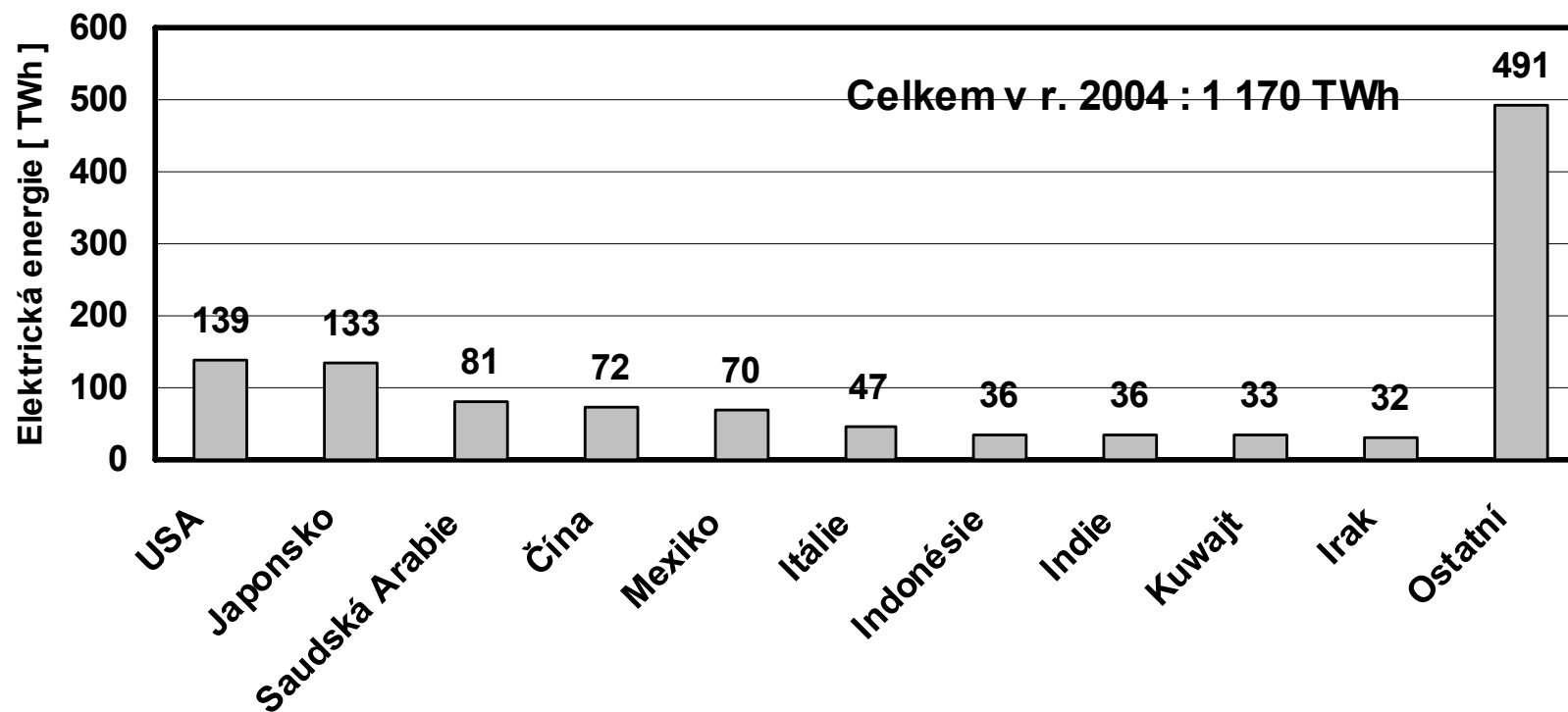
Zdroje elektrické energie ve světě

Obr.č.E11 : Produkce elektřiny z uhlí v jednotlivých státech v r. 2004



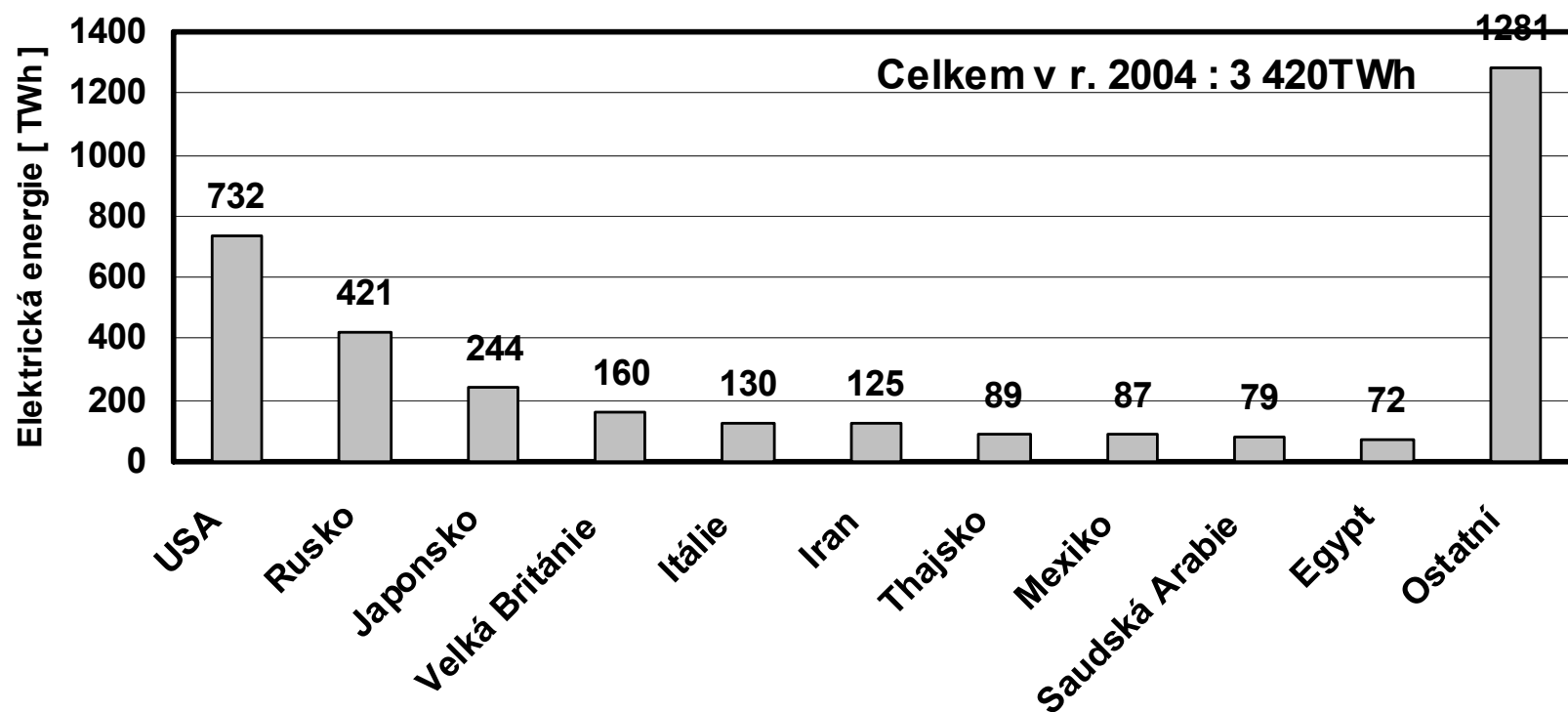
Zdroje elektrické energie ve světě

Obr.č.E12 : Produkce elektřiny z ropy v jednotlivých státech v r. 2004



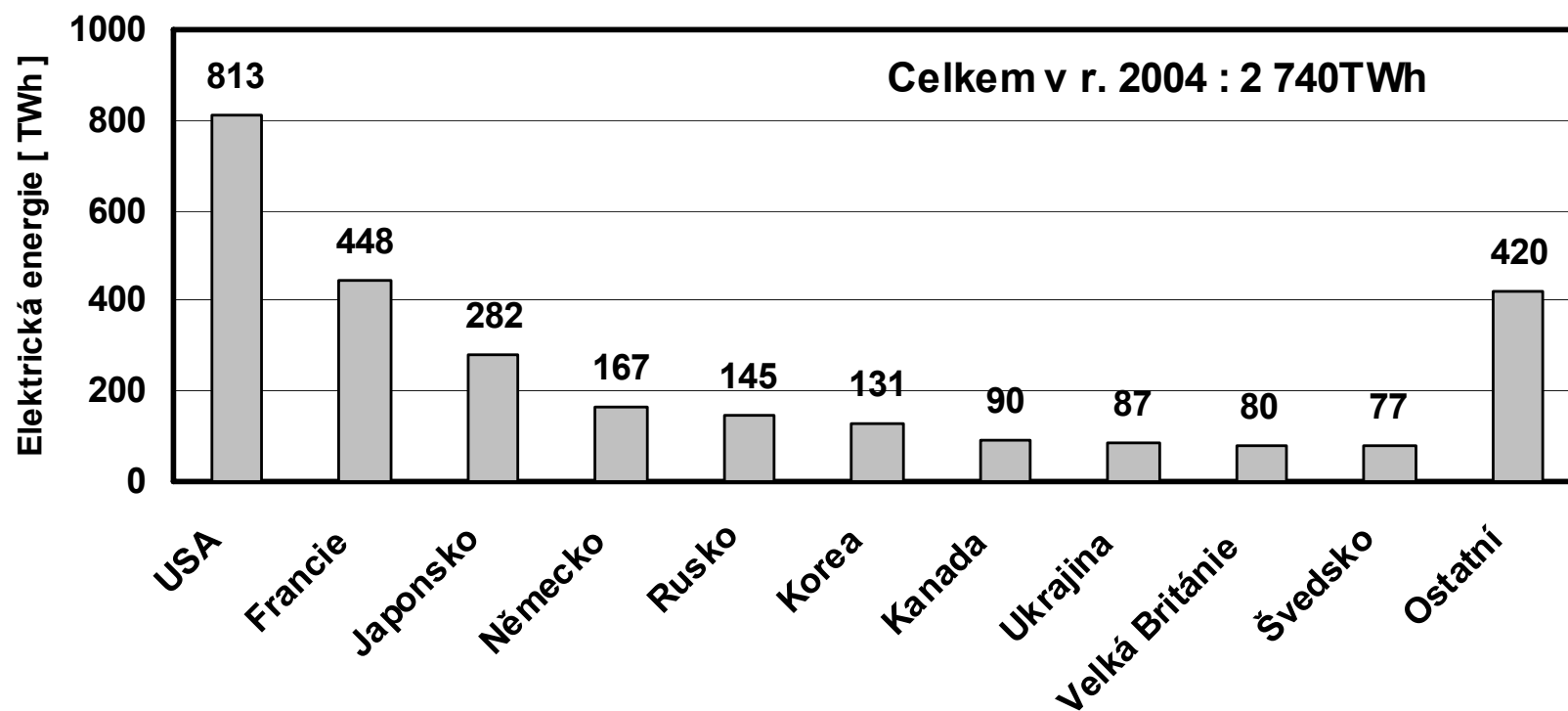
Zdroje elektrické energie ve světě

Obr.č.E13 : Produkce elektřiny ze zemního plynu v jednotlivých státech
v r. 2004



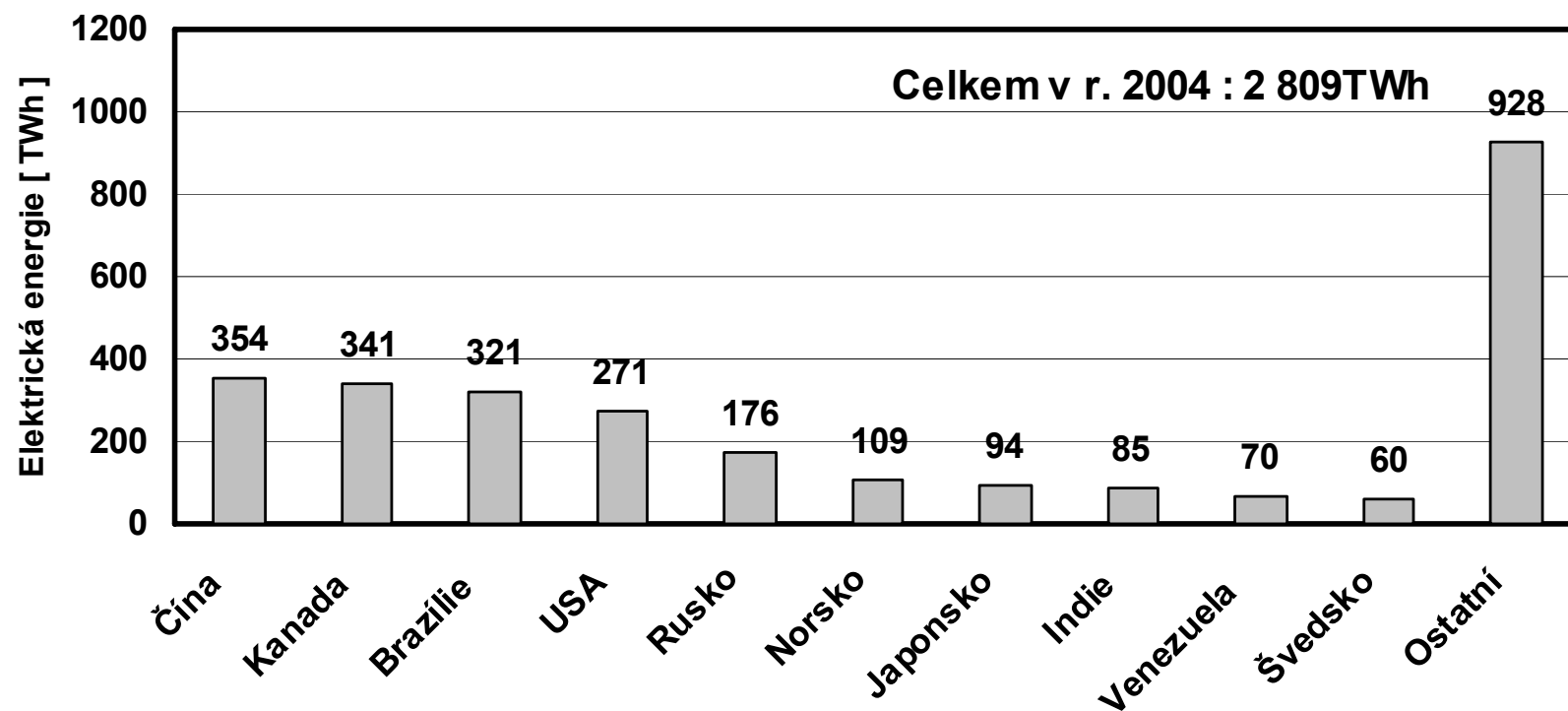
Zdroje elektrické energie ve světě

Obr.č.E14 : Produkce elektřiny z jaderné energie v jednotlivých státech
v r. 2004



Zdroje elektrické energie ve světě

Obr.č.E15 : Produkce elektřiny z vodní energie v jednotlivých státech v r. 2004



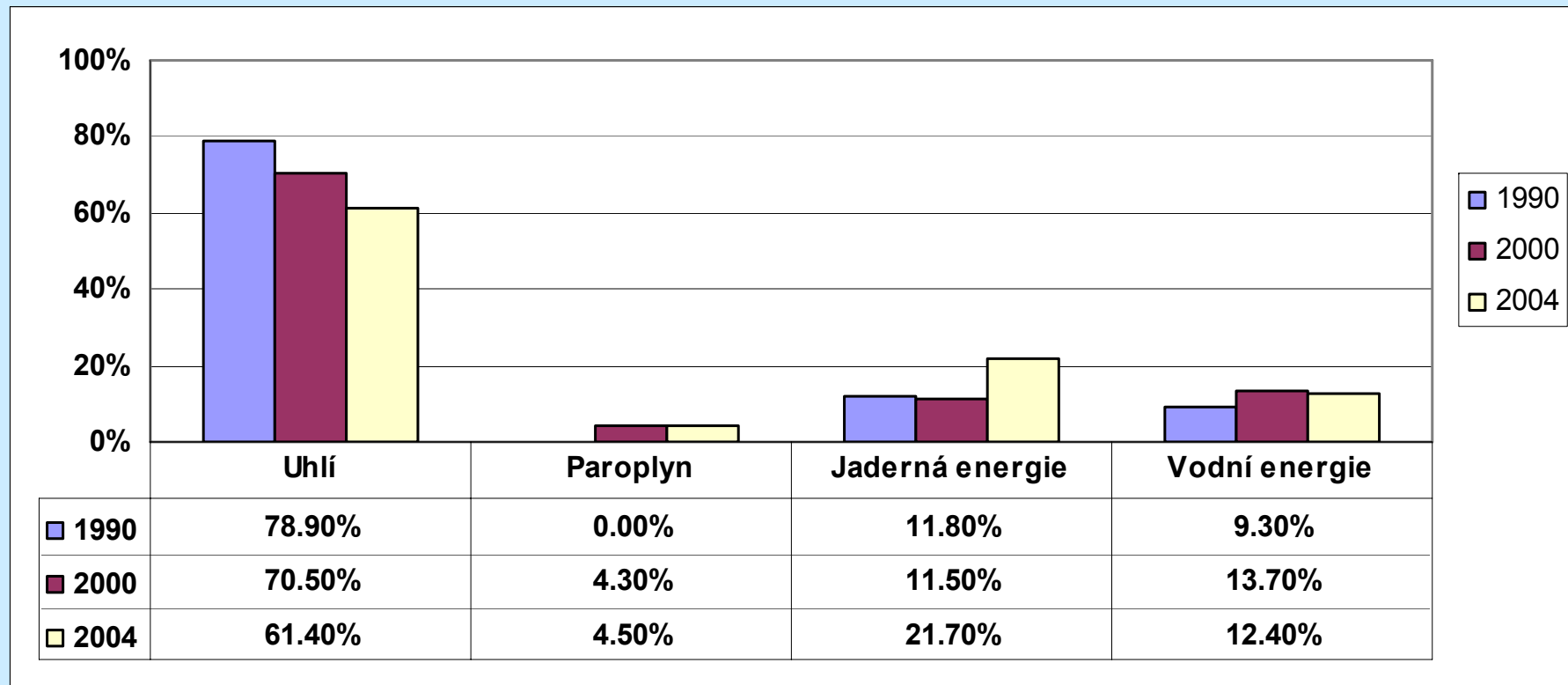
Elektrická energie ve ČR

Instalovaný výkon v ČR

- **17 300 MW_{el}**
- **Rozdělení dle výrobců :**
 - ČEZ : 12 153 MW_{el} 70.1 %
 - Nezávislí výrobci 3 185 MW_{el} 18.4 %
 - Závodní elektrárny 1 991 MW_{el} 11.5 %
- **Rozdělení dle typu elektrárny :**
 - Parní elektrárny 10 637 MW_{el} 61.4 %
 - Jaderné elektrárny 3 760 MW_{el} 21.7 %
 - Vodní elektrárny 2 148 MW_{el} 12.4 %
 - Paroplynové a spalovací 775 MW_{el} 4.5 %
 - Alternativní zdroje 9 MW_{el} 0.05 %

Elektrická energie ve ČR

Vývoj struktury zdrojů od r.1990

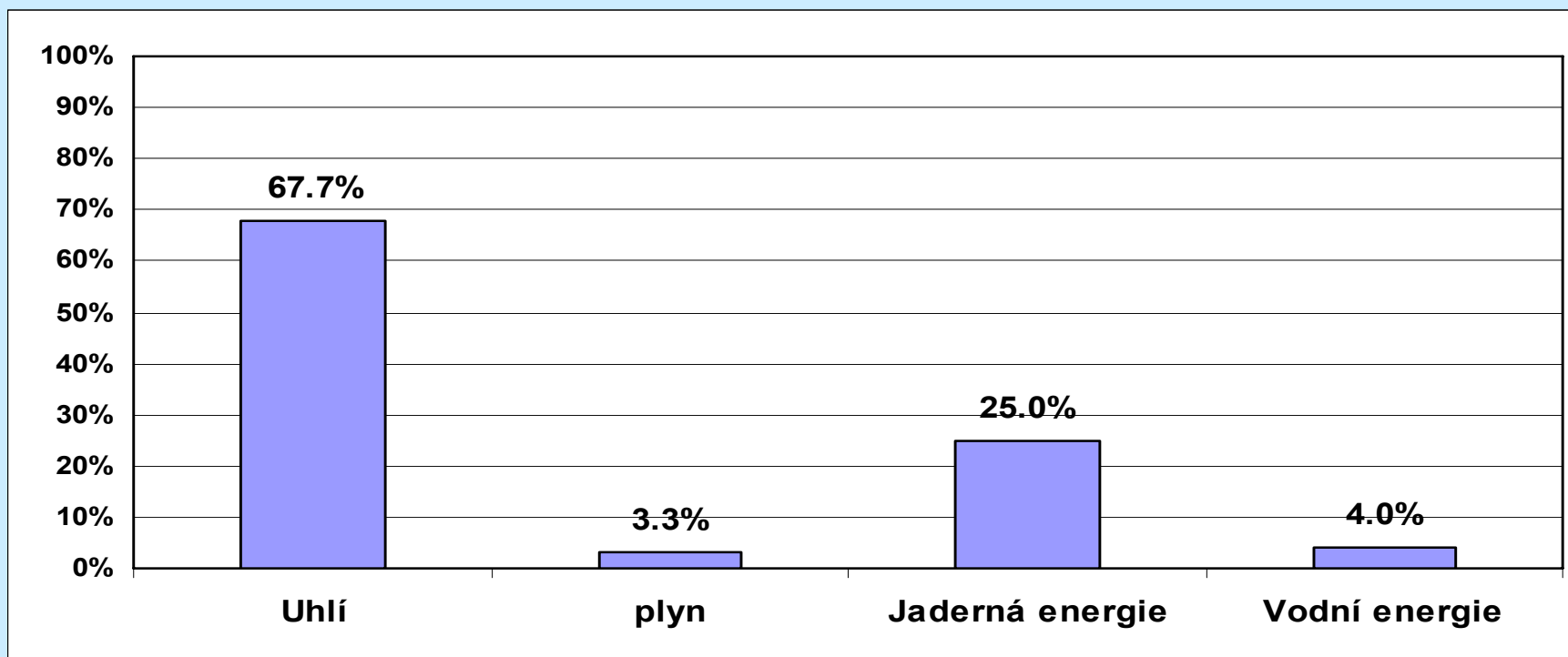


Podíl jednotlivých zdrojů na instalovaném výkonu elektrické energie v ČR

Elektrická energie ve ČR

Vyrobená elektrická energie v ČR

- Celkem v r.2004 bylo vyrobeno : **77 900 TWh** elektrické energie
- Průměrný výkon při výrobě elektrické energie byl **8 031 MW_{el}**



Podíl jednotlivých zdrojů na výrobě elektrické energie v ČR v r.2004

Elektrická energie ve ČR

Vývoj výroby elektrické energie od r.1938

- r.1938
 - bylo zabráno 90 elektráren
(tj. 45 % tehdejšího energetického potenciálu státu)
 - po říjnu 1945 - bylo znárodněno 1350 různých závodů o celkovém výkonu 1 480 MW
- po znárodnění byla velká část průmyslových podniků a důlních elektráren převedena do sektoru energetiky
- bylo započato s výstavbou velkých parních a vodních elektráren
- postupně se přešlo od výstavby jednotek 32 MW k bloků 50 až 55 MW

Elektrická energie ve ČR

Vývoj výstavby parních elektráren od r.1952

- 1952 : 1.blok 50 MW_{el}
(bloky o výkonu 50 až 55 MW (elektrárny Hodonín, Opatovice, Tisová, Poříčí, Mělník))
- Bloky 100 - 110 MW_{el}
 - 1960 : Elektrárna Tisová Prototypy bloků 100 MW
 - 1964 : Elektrárna Tušimice I 6 bloků 110 MW
 - 1968 : Elektrárna Pruněřov I 6 bloků 110 MW
 - 1969 : Elektrárna Ledvice 4 bloky 110 MW
 - 1971 : Elektrárna Mělník II 4 bloky 110 MW
- Bloky 200 MW_{el}
 - 1967 : Elektrárna Levice Prototyp bloku 200 MW
 - 1971 : Elektrárna Počeradý I 4 bloky 200 MW
 - 1975 : Elektrárna Tušimice II 4 bloky 200 MW
 - 1976 : Elektrárna Dětmarovice 4 bloky 200 MW
 - 1977 : Elektrárna Počeradý II 2 bloky 200 MW
 - 1978 : Elektrárna Chvaletice 4 bloky 200 MW
- Bloky 210 a 500 MW_{el}
 - 1981 : Elektrárna Mělník III 1 blok 500 MW
 - 1982 : Elektrárna Pruněřov II 5 bloků 210 MW

Elektrická energie ve ČR

Vývoj výstavby parních elektráren od r.1952

Hlavní charakteristické prvky budovaných zdrojů :

- Zdroje 50 MW řazení kotlů a turbín sběrníkové
- Zdroje od 55 MW blokové uspořádání (kotel - turbína)
- Zdroje 100 a 110 MW kotle bubnové i průtočné
přehřívání páry (540°C)
- Zdroje 200 MW kotle průtočné
- Zdroj 500 MW průtočný kotel s povzbuzenou cirkulací
oběh.čerpadly

- Použité parametry páry a koncepce - odpovídaly úrovni vyspělých států
(v době výstavby)
- Nebyl však zachycen trend ve vyspělých státech v 70. a 80. letech
 - ve světě legislativně zavedeny emisní limity
 - realizace účinných odlučovačů tuhých částic
 - realizace odsíření a potlačení produkce NO_x

Elektrická energie ve ČR

Vývoj parních elektráren po r.1990

- **r.1991 - vydán zákon o ochraně ovzduší (zákon č.309/91 Sb.)**
 - stanoveny emisní limity (CO, NO_x, SO₂, TZL)
 - termín pro jejich dosažení byl 31.12.1998
- **ekologický program v ČR byl do tohoto termínu realizován rozsáhlý**
 - odsíření cca 6 000 MW na 32 blocích
 - pro většinu bloků byla použita „mokrá vápencová vypírka“
 - kde nebyla rentabilní obnova původních kotlů - výstavba fluidních kotlů
 - tyto rozsáhlé ekologické programy se týkaly zejména společnosti ČEZ
 - společnost ČEZ investovala do ekologizace 46 mld.Kč.
 - výsledek ekologizace (v porovnání s r.1990):
 - snížení emisí SO₂ a popílku o 90 %
 - snížení emisí NO_x o 50 %
- **životnost odsiřovacích technologií je cca 15 let**
 - od r.2010 dožívání prvních odsířených bloků
 - okolo 2015 dožívání posledních odsířených bloků

Elektrická energie ve ČR

Budoucnost výroby elektrické energie v ČR

- **Instalovaný výkon v r.2004 - 17 329 MW_{el}**
 - V současnosti toto množství výkonu dostačuje (umožňuje i export)
 - Vzhledem k rostoucí poptávce - za cca 10 let nemusí tento výkon dostačovat
- **Nutno počítat s obnovou starých, ale i výstavbou nových zdrojů**
 - Názory zastánců obnovitelných zdrojů energie (vodní energie, biomasa, větrná energie, sluneční energie, atd.) o spáse naší energetiky je nutno brát s rezervou
 - Skutečnost : jednoduchá a rychlá náhrada za fosilní zdroje dnes neexistuje !!!!!
 - Využití těchto zdrojů energie ve větším měřítku až za desítky let
 - Základ české energetiky v několika desítkách let - **uhelná a jaderná energetika**
 - Pro ČR je jediným reálným stabilním zdrojem energie pro výrobu elektrické energie **uhlí**
 - jediný vlastní dostupný primární energetický zdroj
 - ekonomicky i technicky dostupný v několika příštích 10ti letech
 - hlavní zaměření na hnědé uhlí (zatím výhled do r.2035-2040)

Plány obnovy uhelných elektráren v ČEZ

a) udržení limitů těžby HU (mírnější varianta) : investice cca 90-100 mld.Kč

b) prolomení limitů těžby HU : investice cca 140-150 mld.Kč

(Vládní usnesení č.444 z r.1991, stanovující ekologické těžební limity v podhůří Krušných hor)

- **ETU II :**

- začátek realizace r.2007
- 4 x 200 MW_{el}
- životnost nejméně na 25 let
- uhlí z dolu „Libouš“ (horší kvalita, nižší výhřevnost, vyšší obsah síry)

- **EPRU II :**

- 5 x 210 MW_{el}
- uhlí z dolu „Libouš“
- ⇒ vyčerpání kapacity dolu „Libouš“ společně s ETU II

Elektrická energie ve ČR

Výroba el. energie z vodní energie v ČR

- **Rozdělení vodních elektráren a jejich instalovaný výkon v r.2005 :**
 - do 1 MW **123.2 MW** (využití 32 %)
 - 1 - 10 MW **153.5 MW** (využití 54 %)
 - 10 a více MW **742.8 MW** (využití 20 %) slouží jako primární rychlé zálohy
 - Orlík (4 x 91 MW)
 - Lipno I (2 x 60 MW)
 - Slapy (3 x 48 MW)
 - přečerpávací **1145 MW**
 - Dlouhé stráně (2 x 325 MW)
 - Dalešice (4 x 112.5 MW)
 - Štěchovice (1 x 45 MW)
- **Využití VE : krytí všech druhů DDZ (zejména špičkového)**
- **Velmi nízké provozní náklady**

Elektrická energie ve ČR

Krytí DDZ při výrobě elektrické energie v ČR

- **Základní zatížení**
 - Průtočné vodní elektrárny
 - Tepelné elektrárny
 - Jaderné elektrárny (JEDU, JETE)
- **Proměnné zatížení (pološpičkové)**
 - Částečné zvýšení výkonu v TE a VE
 - Najetí dalších zdrojů TE a VE v rezervě
 - Špičkové VE
- **Špičkové zatížení**
 - Turbínový provoz PVE
- **Využití přebytku el.energie v noci**
 - Čerpadlový provoz PVE

Elektrická energie ve ČR

Shrnutí výroby elektrické energie v ČR

- **soběstačnost - cca 25 % produkce se vyváží**
- **v r.2005 : výroba 76 GWh, spotřeba 57.5 GWh**
- **více než 90 % produkce je z uhelných a jaderných elektráren**
- **dle některých odhadů lze vyrovnání výroba a spotřeby očekávat v letech cca 2015**
- **vzhledem k energetické situaci v sousedních státech nebude možné elektrickou energii dovést**
 - Maďarsko (v současnosti dováží 18 % vlastní spotřeby)
 - Rakousko (dováží špičkovou elektřinu)
 - Polsko (do r.2015 bude muset uzavřít minimálně 3 500 MW inst.výkonu uhelných elektráren - nevyhovují ekologickým požadavkům)
 - Slovensko (do r.2009 přijde asi o 20 % instalovaného výkonu)
 - Německo (je zde snaha uzavřít jaderné elektrárny)

Elektrická energie ve ČR

Příklad nahrazení 1000 MW_{el} jiným zdrojem

- **Spalování uhlí**
 - 2-6 mil.tun paliva (dle kvality)
 - produkce 6 500 000 tun CO₂
 - produkce 960 tun CO₂/GWh
- **Spalování plynu**
 - 2-3 mld.m³ plynu
 - produkce 480 tun CO₂/GWh
- **Spalování oleje**
 - 1 500 000 tun topného oleje
 - produkce 730 tun CO₂/GWh
- **Spalování biomasy**
 - pěstování biomasy na ploše 6 000 km²
- **Větrné elektrárny**
 - Zastavěná plocha 100 km²
- **Sluneční elektrárny**
 - Plocha kolektorů cca 50 km²
- **Jaderná elektrárna** (35 t paliva, plocha cca 4 km²)

Elektrická energie ve ČR

Měrné náklady podle typu elektráren (Kč/kWh)

náklady :	celkové	investiční opravy	provozní
JE Temelín	0.992	0.783	0.209
Hnědouhelný blok	1.028	0.616	0.410
Černouhelný blok	1.259	0.639	0.620
Plynový blok, kombi.cyklus	1.581	0.393	1.153
Vodní elektrárna 10MW	1.743	1.743	0
Spalování biomasy	2.741	0.675	2.066
Spalovací turbína, ZP	3.482	1.758	1.727
Větrná elektrárna	4.271	4.271	0

Elektrická energie ve ČR

	Spotřeba	Výroba	Vývoz
2005	57.7 GWh	76.6 GWh	19 GWh (25 %)
2000	52.3	67.7	
1995	52.2	56.9	
1993	47.8	55.0	
1990	53.0	58.1	