

**OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE  
A MOŽNOSTI JEJICH UPLATNĚNÍ  
V ČESKÉ REPUBLICĚ**



KOLEKTIV AUTORŮ

**OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE  
A MOŽNOSTI JEJICH UPLATNĚNÍ  
V ČESKÉ REPUBLICE**

**Studie analyzující současný stav, předpoklady rozvoje  
do r. 2010 a výhled vzdálenějšího horizontu**

Praha 2003





# PŘEDMLUVA

---

Impulsem pro vznik studie, kterou jste právě otevřeli, bylo několik důležitých okolností.

Tou první je příprava zákona o využití obnovitelných zdrojů v ČR, započatá na konci r. 2002, která řeší volbu budoucích vhodných legislativních postupů pro vývoj v této oblasti energetiky až do r. 2010. Druhou je blížící se vstup ČR do EU a potřeba reflektovat záměry EU při zvyšování podílu energie vyráběné z obnovitelných zdrojů. Další, neméně důležitou okolností, je Státní energetická koncepce připravovaná s výhledem až do r. 2030.

ČEZ, a. s., má již mnohaleté zkušenosti s provozem obnovitelných zdrojů a jako největší domácí energetická společnost se samozřejmě intenzivně zajímá o jejich perspektivu a možnosti dalšího vývoje.

Autorská studie, která za podpory ČEZ, a. s., vznikla, si klade za cíl objektivně informovat o problematice výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů v České republice. Připomíná hydroenergetický potenciál, který je hlavním využívaným obnovitelným zdrojem, dokumentuje úskalí rozvoje větrné energetiky, fotovoltaiky a zejména postupný nárůst využívání různých forem biomasy. Zejména na budoucím širokém využití biomasy v energetice je založen záměr významného zvýšení využití obnovitelných zdrojů v ČR do r. 2010 deklarovaný na úrovních Ministerstva průmyslu a obchodu a Ministerstva životního prostředí a potvrzený též v rámci podpisu přístupových dohod pro vstup ČR do EU v r. 2004.

Pro vznik studie se podařilo získat reprezentativní zastoupení autorů, nezávislých odborníků a výrazných autorit v jednotlivých energetických oborech. Všichni se mohou podělit se čtenáři o nemalé zkušenosti s rozvojem obnovitelných zdrojů nejen v tuzemsku, ale i v zahraničí. V předkládané práci lze nalézt mnoho cenných a velmi zajímavých technických a ekonomických údajů z oblasti využívání obnovitelných zdrojů. Autoři popsali danou problematiku ze svého vlastního úhlu pohledu daného jejich odbornou pozicí a zázemím a předložené závěry vyjadřují jejich osobní mínění.

Na čtenářích pak je, aby na dalších stránkách posoudili, v jaké míře mohou obnovitelné zdroje efektivně přispět k výrobě elektřiny pro hospodářství České republiky v našich zeměpisných a klimatických podmínkách.

**Ing. Ladislav Štěpánek**

ředitel sekce Kancelář GR a představenstva  
ČEZ, a. s.

## Použité zkratky

AV ČR	Akademie věd ČR
ČEA	Česká energetická agentura
ČSÚ	Český statistický úřad
EHK EU	Evropská hospodářská komise Evropské Unie
EIA	Environmental Impact Assessment – posouzení vlivu na životní prostředí
ERÚ	Energetický regulační úřad
FV	fotovoltaika
FVS	fotovoltaický systém
HDP	hrubý domácí produkt
CHKO	chráněná krajinná oblast
IEA	International Energy Agency – Mezinárodní energetická agentura
MF	Ministerstvo financí
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MVE	malá vodní elektrárna
MW <sub>e</sub>	megawatt elektrický
MW <sub>t</sub>	megawatt tepelný
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
nn	nízké napětí
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development – Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
OZE	obnovitelné zdroje energie
PVE	přečerpávací vodní elektrárna
SFŽP	Státní fond životního prostředí
TSPEZ	tuzemská spotřeba palivoenergetických zdrojů
VaV	věda a výzkum
VE	vodní elektrárna nebo větrná elektrárna
vn	vysoké napětí
vn	velmi vysoké napětí
ŽP	životní prostředí

## Vybrané jednotky energie

J	joule, jednotka práce
GJ	gigajoule, rovno $10^9$ J
PJ	petajoule, rovno $10^{15}$ J
ktoe	kilo tons of oil equivalent, referenční jednotka primární energie, rovna $42 \cdot 10^{12}$ J
kWh	kilowatthodina, $1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ}$
MW(h)	megawatt(hodina), rovno $10^6$ W(h)
GW(h)	gigawatt(hodina), rovno $10^9$ W(h)
TW(h)	terawatt(hodina), rovno $10^{12}$ W(h)

<b>Obnovitelné zdroje energie v ČR</b>	<b>13</b>
<b>1. Úvod</b>	<b>13</b>
1.1. Systémy a mechanismy podpor výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů	16
1.2. Pohled do nedávné minulosti podpory obnovitelných zdrojů	16
1.3. Současná legislativa	17
Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií	18
1.4. Fiskální opatření podporující využití obnovitelných zdrojů energie	19
1.5. Současný stav – shrnutí	19
1.6. Formy podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů	20
Systém garantovaných cen (feed-in tariff)	20
Systém povinných kvót (Quota system)	20
<b>2. Stav podpory obnovitelných zdrojů ve členských státech Evropské unie</b>	<b>22</b>
Rakousko	22
Belgie	22
Dánsko	22
Finsko	23
Francie	23
Německo	23
Řecko	23
Irsko	23
Itálie	23
Nizozemí	23
Portugalsko	23
Španělsko	24
Švédsko	24
Spojené Království	24
<b>3. Budoucí česká legislativa</b>	<b>25</b>
3.1. Definice základních pojmů	25
3.2. Národní indikativní cíl výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie	27
3.3. Národní indikativní cíl užití obnovitelných zdrojů energie	27
3.4. Podpůrné schéma pro podporu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů	29
3.5. Prokazování původu elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů	30
3.6. Zjednodušení právních předpisů	30
3.7. Rozdělení nákladů na připojení	30
<b>4. Představa o vývoji podílu elektřiny z obnovitelných zdrojů</b>	<b>31</b>
Vodní energetika	31
Větrná energetika	31
Biomasa	31
Fotovoltaika a geotermální energetika	31
Komplexní pohled	31
Použité zdroje	32

<b>Další rozvoj hydroenergetiky</b>	<b>33</b>
<b>1. Úvod – využívání vodní energie</b>	<b>33</b>
1.1 Situace v oblasti využití hydroenergetického potenciálu na území České republiky	33
<b>2. Vodní toky – jejich hydroenergetický potenciál</b>	<b>34</b>
2.1. Současný stav ve využití hydroenergetického potenciálu u jednotlivých povodí	34
<b>3. Jiné možnosti využití hydropotenciálu</b>	<b>36</b>
3.1. Využití přehradních nádrží, retenčních nádrží a rybníků	37
3.2. Využití vodárenských objektů budovaných pro účely zásobování pitnou vodou	37
3.3. Rekonstrukce MVE se zastaralou technologií	38
<b>4. Vyhodnocení základních ukazatelů technického stavu starých provozovaných MVE</b>	<b>39</b>
<b>5. Realizace MVE</b>	<b>43</b>
5.1. Investice výstavby a provozu MVE	43
5.2. Překážky netechnického charakteru při realizaci MVE	44
<b>6. Problematika ekologie výstavby a provozu MVE</b>	<b>45</b>
<b>7. Obecný postup při zřizování MVE</b>	<b>47</b>
7.1. Přehled dokumentů vztahujících se k MVE	47
<b>8. Možnosti ve výběru technologie</b>	<b>49</b>
8.1. Přímoproudé turbíny	50
8.2. Spirální turbíny	50
8.3. Nová technologie pro extrémně nízké spády	50
<b>9. Domácí výrobci technologie pro MVE</b>	<b>51</b>
ČKD Blansko Engineering, a. s. (ČBE, a. s.)	51
MAVEL, a. s.	52
ČKD TURBO TECHNICS, spol. s r. o.	52
HYDROHROM, s. r. o.	53
CINK vodní elektrárny, a. s.	54
EXMONT – Energo, a. s.	55
Strojírny Brno, a. s.	55
ZIROMONT, spol. s r. o.	56
<b>10. Závěr</b>	<b>57</b>
Vodní elektrárny ČEZ, a. s.	57
Použité zdroje	58

<b>Větrná energie a její možnosti v ČR</b>	<b>59</b>
<b>Úvod</b>	<b>59</b>
<b>1. Některé technické charakteristiky větrných elektráren</b>	<b>59</b>
1.1. Malé větrné elektrárny	59
1.2. Velké větrné elektrárny	59
Regulace „stall“ a „pitch“	59
1.3. Větrné elektrárny s převodovkou a bez převodovky	60
Stožáry větrných elektráren	61
1.4. Větrná elektrárna Vestas V80 – 2,0 MW	61
1.5. Větrná elektrárna Enercon E66 – 1,5 MW	62
<b>2. Větrná energetika na území ČR do současnosti</b>	<b>63</b>
2.1. Velké větrné elektrárny na území ČR do současnosti	63



2. 1. 1.	Demontované větrné elektrárny	63
2. 1. 2.	Větrné elektrárny v provozu	64
2. 2.	Zhodnocení činnosti velkých větrných elektráren	67
<b>3.</b>	<b>Rozvoj větrné energetiky</b>	<b>68</b>
3. 1.	Větrná energetika na území Německa	68
	Větrná energetika na území státu Sasko	69
3. 2.	Větrná energetika v Rakousku	69
<b>4.</b>	<b>Větrný potenciál na území České republiky</b>	<b>70</b>
4. 1.	Energie větru	70
4. 2.	Proudění vzduchu a jeho variabilita	70
4. 3.	Metody pro určení pole rychlosti větru a jejich přesnost	71
4. 3. 1.	Statistický model VAS	71
4. 3. 2.	Dynamický model mezní vrstvy atmosféry	72
4. 3. 3.	Model WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program)	73
4. 3. 4.	Přesnost metod určujících průměrné pole rychlosti větru na území ČR	74
<b>5.</b>	<b>Větrný potenciál na území ČR a v jednotlivých regionech</b>	<b>76</b>
<b>6.</b>	<b>Předpověď výroby energie větrnými elektrárnami</b>	<b>77</b>
6. 1.	Nestabilita větrné energie	77
6. 2.	Numerické předpovědní modely	77
6. 3.	Přesnost předpovědi výroby elektrické energie	77
<b>7.</b>	<b>Větrné elektrárny a životní prostředí</b>	<b>78</b>
7. 1.	Výstavba větrných elektráren ve vztahu ke krajině	78
7. 2.	Hluk emitovaný větrnými elektrárnami	78
7. 3.	Větrné elektrárny a avifauna	79
7. 4.	Větrné elektrárny a šíření radiového a televizního signálu	79
7. 5.	Větrné elektrárny a krajinný ráz	80
7. 6.	Větrné elektrárny a produkce škodlivin	80
<b>8.</b>	<b>Závěr</b>	<b>81</b>
	Použité zdroje	81

---

## **Energetické využívání biomasy** **83**

<b>1.</b>	<b>Úvod</b>	<b>83</b>
<b>2.</b>	<b>Způsoby získávání, zpracování a využívání energetické biomasy</b>	<b>85</b>
<b>3.</b>	<b>Kombinované spalování biomasy a uhlí</b>	<b>88</b>
	Základní údaje instalovaných velkých průmyslových fluidních kotlů s cirkulací spalin ČEZ, a. s.	89
	Další velké fluidní kotle	89
<b>4.</b>	<b>Anaerobní digesce</b>	<b>89</b>
<b>4.</b>	<b>Výroba tepla z biomasy</b>	<b>91</b>
<b>5.</b>	<b>Kogenerace na bázi biomasy</b>	<b>92</b>
<b>6.</b>	<b>Nové přístupy a technologie při energetickém využití biomasy</b>	<b>93</b>
	Použité zdroje	94

---

## **Postupný rozvoj využití sluneční energie fotovoltaickou technologií** **95**

<b>1.</b>	<b>Úvod</b>	<b>95</b>
<b>2.</b>	<b>Popis současného stavu vývoje</b>	<b>95</b>

2. 1.	Fotovoltaika, solární články, solární panel	95
2. 2.	Fotovoltaické systémy a aplikace	96
2. 2. 1.	Energetická návratnost	97
2. 3.	Rozvoj fotovoltaiky ve světě	97
2. 3. 1.	Vývoj průmyslových aktivit	97
2. 3. 2.	Vývoj stavu fotovoltaických systémů	99
2. 3. 3.	Fotovoltaika v architektuře	99
2. 3. 4.	Motivační podpůrné nástroje	100
2. 3. 5.	Příklady z tuzemska	101
2. 4.	Vývoj a stav fotovoltaiky v ČR	102
2. 4. 1.	Průmysl, trh a výzkum v ČR	103
2. 4. 2.	Znalosti o fotovoltaice	104
<b>3.</b>	<b>Základní východiska a odhady potenciálů do roku 2010</b>	<b>105</b>
3. 1.	Souhrn cílů a vizí ve fotovoltaice v zahraničí	105
3. 1. 1.	Energetická politika v EU	105
3. 1. 2.	Ekonomické aspekty	106
3. 2.	Předpoklady rozvoje do roku 2010 v ČR	109
3. 2. 1.	Charakteristika slunečního záření v ČR	109
3. 2. 2.	Společnost a její potřeby	109
3. 2. 3.	Odhad teoretického potenciálu FV v ČR	109
3. 2. 4.	Předpokládaný vývoj do roku 2010 v ČR	111
<b>4.</b>	<b>Specifické problémy dané oblasti</b>	<b>112</b>
4. 1.	Vliv nerovnoměrné a decentralizované dodávky elektrické energie z FVS na elektroenergetickou síť	112
<b>5.</b>	<b>Souhrn</b>	<b>112</b>
	Použité zdroje	112

---

## **Ekonomické hodnocení využití obnovitelných zdrojů** **113**

<b>1.</b>	<b>Úvod</b>	<b>113</b>
1. 1.	Příčiny selhávání ekonomického pojetí světa	113
	Příčina první: hustota energie	113
	Příčina druhá: Paradox rohu hojnosti	113
	Příčina třetí: Přitažlivost kapitálu	114
	Příčina čtvrtá: Veřejná podpora	114
	Příčina pátá: Diskontování budoucnosti	114
	Příčina šestá: Deformované po(d)vědomí	114
	Příčina sedmá: Růst entropie – podcenění přírodních zákonů	115
	Strategie udržitelného rozvoje4 energetiky	115
1. 2.	Veřejná podpora	115
	Příklad komplexního hodnocení	116
	Externality	117
1. 3.	Ekonomické předurčení technologického rozvoje	119
	Závěrná technologie	119
	Ekonomický prostor pro využívání obnovitelných zdrojů energie	119
<b>2.</b>	<b>Problematika záměrů výstavby zdrojů OZE dle druhu energie</b>	<b>121</b>
<b>3.</b>	<b>Rozbor rizik určujících prvků rozvoje dle druhu zdroje</b>	<b>121</b>

Malé vodní elektrárny	124
Větrná energetika	124
Solární energetika	124
Využití energie biomasy	125
<b>4. Ekonomické hodnocení</b>	<b>126</b>
4. 1. Energetické plánování s nejnižšími náklady (least cost planning)	126
4. 2. Způsoby ekonomického hodnocení	127
Metoda prosté návratnosti	128
Metoda kapitálové hodnoty	128
Metoda vnitřního výnosového procenta	128
Cash flow	129
4. 3. Měrné investiční náklady technologií a nákladové křivky	130
4. 3. 1. Odhad měrných investičních nákladů pro ČR	131
Malé vodní elektrárny	131
Větrné elektrárny	131
Sluneční elektrárny	133
Výroba elektrické energie z biomasy	133
4. 4. Citlivostní analýza	134
<b>5. Možnosti šíření OZE v ČR</b>	<b>135</b>
Financování projektů OZE v EU	135
Financování z veřejných zdrojů v ČR	135
Stanovení nákladů Národního programu v oblasti využívání obnovitelných zdrojů energie	136
Schémata podpory elektřiny z OZE	137
<b>6. Systémy podpory výroby elektřiny z OZE</b>	<b>137</b>
<b>7. Závěr kapitoly</b>	<b>138</b>
Použité zdroje	140



# OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE V ČR

Ing. Jan Motlík, CSc.

## 1. Úvod

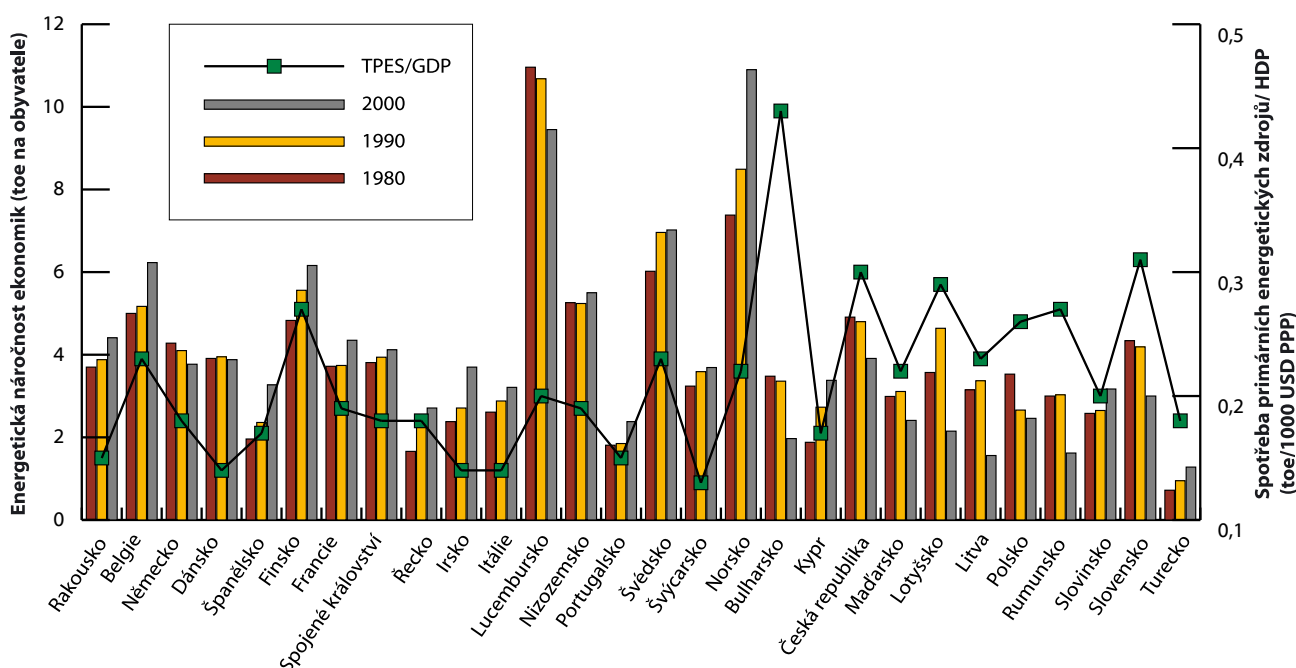
Lidstvo potřebuje pro uspokojování svých potřeb energií a s vývojem civilizace se nároky na množství energie stále zvyšují. Její využívání umožňují technologie, které transformují určité zdroje energie na užitečnější formy energie. Tou nejužitečnější, o které budeme zejména hovořit, je elektřina. U některých energií můžeme hovořit o dlouhé historii, např. u využívání vodní síly, větru a o spalování dřeva nebo trávy, a na dlouhou minulost můžeme navázat i jejich dlouhou budoucností. Bohužel, obdobně nemůžeme hovořit o zdrojích dnes nejčastěji používaných tj. fosilních palivech.

Prapůvodcem většiny energie na Zemi je sluneční záření nebo teplo zemského nitra. Energii vytvořenou v přírodě za miliony let se snaží lidstvo zužitkovat během několika staletí. Bohužel, výroba a spotřeba energie jsou velmi často spojeny s ekonomickými, sociálními a environmentálními problémy. Současný progresivní trend v energetické politice prosazuje vyrovnaný „energetický mix“, ve kterém každý druh zdrojů hraje svoji opodstatněnou roli, odvislou zejména od své pozice ve filosofii udržitelného rozvoje a nebo dnes také odvislou zejména od ekonomických ukazatelů. Není jednoduché a jednoznačné řešení pro vytvoření tohoto mixu, neboť každý zdroj má své výhody i nevýhody. Při současné energetické politice mohou se hrávat čím dál tím větší roli obnovitelné zdroje. Jak jsou charakterizovány? Obnovitelné zdroje jsou v měřítku lidstva dosud nevyčerpané formy energie Slunce a Země.

**Proč nejsou obnovitelné zdroje používány ve větším měřítku?** Odpověď je jednoduchá. Je jednodušší použít energetické konzervy s koncentrovanou energií ve formě fosilních paliv, které nám ze své minulosti poskytuje příroda. Lze říci, že z důvodu vysoké potřeby energie žijeme na úkor budoucích generací.

Když se podíváme na historii světové energetiky v posledních desetiletích, můžeme konstatovat, že svět nutily ke změně názoru na energetickou politiku šoky nebo krize na poli energetických zdrojů. Současné kontury začala světová energetická politika získávat po první ropné krizi v 70. letech. Priority energetické politiky procházely vývojem. Vyšší úroveň energetických technologií vedla k vytvoření širokého úsporného energetického programu. V 80. letech se dostala do popředí environmentální otázka. Bohužel, tento vývoj jsme nemohli v plné míře okusit a ani při této příležitosti získat přímé zkušenosti pro poměry České republiky. Vysokou energetickou náročnost našeho hospodářství ukazuje následující graf.

Energetická politika Evropské unie postavila do popředí otázku snížení závislosti na dovozu energií a environmentální problematiku, z čehož vyplynul, kromě jiného, i požadavek na maximální možné využití obnovitelných zdrojů. Ač všechny členské státy podnikly kroky k podpoře obnovitelných zdrojů, výsledek nebyl všude stejný. Proto vznikly další iniciativy, jejichž závěrem je ambiciózní úkol zdvojnásobení příspěvku obnovitelných zdrojů energie do energetické bilance primárních energetických zdrojů. I když se to zdá nadnesené, byla podpora obnovitelných zdrojů v posledních letech jedním z klíčových bodů energetické politiky Evropské unie. Souhlas s touto politikou potvrzuje průzkum nedávno provedený statistickým úřadem Evropské Unie Eurostat, ve kterém 90 % občanů Evropské unie považuje za jeden z prioritních úkolů svých vlád zvyšování podílu obnovitelných zdrojů energie na bilanci spotřeby energie.



Pozn. ke grafu: Při výpočtu potřeby primárních energetických zdrojů na HDP (vynesena na pravé ose y) byl použit kurz USD z roku 1995 a zahrnuta parita kupní síly (PPP)

Obecně lze cíle v této oblasti charakterizovat následovně:

- Dosažení co nejefektivnějšího a šetrného využívání primárních energetických zdrojů.
- Nutnost zvyšování ochrany klimatu a snižování zátěže životního prostředí z energetických procesů a vytváření podmínek pro plnění mezinárodních závazků.
- Snižování závislosti na dovozu energetických surovin (po ukončení těžby uhlí budeme v České republice skoro 100% závislí na dovozu energetických surovin).
- Zajištění postupného přechodu k udržitelné energetice a spotřebě, která je první ze tří hlavních priorit EHK OSN pro energetiku. Tato politika je definována tím, že při zachování nebo růstu produkce dochází ke snížení měrných toků vstupů a snížení výstupů zatěžujících životní prostředí (snížení emisí).

Mimo tyto základní cíle určené vztahem k životnímu prostředí existuje celá řada dalších hledisek. Můžeme z nich například uvést:

- Umožnění rozvoje zejména malých a středních podniků vyrábějících zařízení pro obnovitelné zdroje. České společnosti mají šanci vyrábět některé konkurenceschopné technologie pro velmi široký trh.
- Rozvoj obnovitelných zdrojů by mohl přispět k zvýšení pracovních příležitostí jak v primární výrobě, tak i v provozních a servisních službách.
- Nezanedbatelná není ani otázka péče o krajinu při pěstování biomasy.

Česká republika má vzhledem ke svým geografickým a dalším podmínkám předurčeno, že bude postupně patřit k teritoriím s nejdražší energií. Jinak tomu není ani u obnovitelných zdrojů. Nemáme významný hydroenergetický potenciál, protože ležíme na rozhraní několika povodí na jakési střeše Evropy, sluneční svit u nás nedosahuje parametrů jižních zemí a větrné poměry u nás také nejsou nejlepší. Je skutečností, že naše hospodářství je energeticky velmi náročné. Dosud se u nás málo šetří energií a obnovitelné zdroje jsou v ČR ještě stále využívány v malé míře.

Hospodaření s energií a větší využití obnovitelných zdrojů energie jsou dva zásadní problémy. Úspora energií řeší hříchy minulosti, kdy se vývoj ubíral zhoubnou cestou bezbřehého využívání energie. Tuto skutečnost si svět uvědomil před cca 30 léty při první ropné krizi a následně začal podnikat kroky k nápravě chybné politiky. V následujících letech bylo toto úsilí umocněno možným globálním nebezpečím působení vlivu antropogenních energetických procesů na podnebí planety. Druhým problémem je zatím nedostatečné globální využití obnovitelných zdrojů energie, jehož nárůst by měl přispět k definování budoucího trendu udržitelného rozvoje lidské společnosti.

Jako hlavní zdroje energie dnes slouží fosilní spalitelné materiály (uhlí, ropa, plyn) a štěpné (radioaktivní) látky. Energii, vytvořenou v přírodě za miliony let, se snaží lidstvo zužitkovat během několika staletí. Burcující údaje dokonce uvádějí, že v současné době na Zemi „vyrabujeme“ za rok to, co příroda tvořila dva miliony let. To by znamenalo, že v dohlednu je den, kdy již žádné fosilní palivo ke spálení nebude. Scénář ale může vypadat úplně jinak. Není vyloučeno, že se část zásob bude muset nechat nevytěžena v zemi v důsledku hrozícího globálního oteplování způsobeného emisemi skleníkových plynů. Toto oteplování je největším a nejhrozivějším globálním problémem životního prostředí. Je to nesrovnatelně větší a dlouhodobější problém, než kterým byly a jsou kyselé deště vyvolané emisemi  $\text{SO}_2$ . Hrozba je vyvolána zejména emisemi  $\text{CO}_2$  a dalšími skleníkovými plyny vzniklými při dobývání, zpracování a využití fosilních paliv.

Při diskusi o skleníkových jevech mluvíme o dvou rovinách problému. Prvním okruhem je častěji diskutovaný problém absorbované radiační energie, která je dána rozdílem vstupující a vystupující sluneční energie v atmosféře Země. Tato energie zůstává v atmosféře jako zachycené teplo. Druhým nemalým problémem jsou termoemise spojené s uvolňováním energií. Mnoho evropských zemí na svém území již překročilo ekologicky únosné hodnoty měrné uvolněné energie vztahené na plochu území. Vedle Německa, Nizozemska a Belgie je to také Česká republika. Energetický problém skleníkového jevu pro nás nespočívá jen v tom jaké elektrárny stavět pro další získání energií, tak jak se dnes u nás záležitost zjednodušuje. Průměrná fosilní či jaderná elektrárna v kondenzačním uspořádání vyrobí z primární energie cca z jedné třetiny elektřinu a dvě třetiny tepla z paliva odchází ve formě termoemisí do okolí. Jaká je současná a nejbližší skladba primárních zdrojů energie, výroby elektřiny a konečné spotřeby ukazují grafy na protější straně.

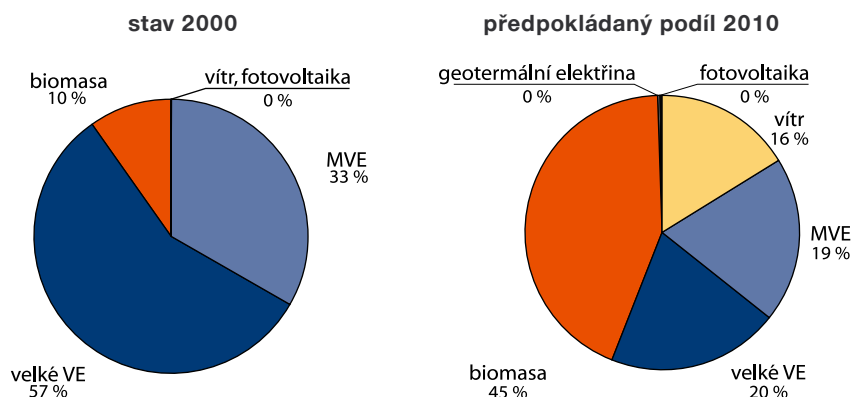
**Z grafů zjišťujeme, že naše požadavky z velké části uspokojuje uhlí.** Je nepopiratelnou skutečností, že jeho zásoby jsou omezené, a že je nutné hledat jiné zdroje. Řešením asi není zemní plyn, který mimo to, že je fosilním zdrojem, je také importovanou komoditou, která v sobě skrývá mimo závislosti na dovozu i problém očekávaného velkého cenového nárůstu. Dalším tématem k možné diskusi je současné používání jaderné energie. Výše uvedenou problematiku analyzuje tzv. Zelená kniha Evropské unie „Evropská strategie pro zajištění bezpečných dodávek energií“, která klade velkou důležitost vyššímu využívání obnovitelných zdrojů. Speciálně tuto záležitost do hloubky rozebírá tzv. Zelená a Bílá kniha Evropské unie „Obnovitelné zdroje energie – energie pro budoucnost“.

V posledních letech proběhlo několik zasedání konference smluvních stran Rámcové úmluvy OSN o změnách klimatu, jejichž úkolem je udržet při životě principy zakotvené v Kjótském protokolu. Hlavním úkolem je omezení skleníkových plynů, zvláště pak  $\text{CO}_2$ .

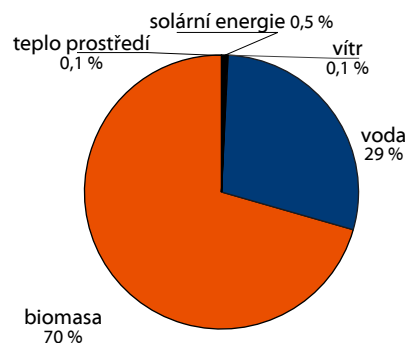
Svět sice mluví o úspěchu, ale reálný výsledek v omezení skleníkových plynů je třetinový v porovnání s představami z Kjóta. Ani pozice naší republiky není tak jednoznačně růžová, jak se často prezentuje. Naše komparativní výhoda plynoucí z velkého propadu průmyslové výroby po roce 1990 dostává trhlínu, jestliže se začne hovořit o příspěvku do fondů, do kterých by měly přispívat jednotlivé země podle objemu svých emisí skleníkových plynů.

Z fondů by měly být hrazeny projekty, které pomohou rozvojovým zemím jak snížit emise skleníkových plynů, tak i připravit se na zvládnutí negativních následků klimatických změn, protože to budou zejména tyto země, sdružené do skupiny G 77, které budou nejdříve ohroženy negativními důsledky globálního oteplení. Podle expertů by bylo žádoucí v historicky krátké době snížit emise o 60 až 80 %. Je to propastný rozdíl proti 2 % (redukováné cíle z Kjóta), které se předpokládají v současnosti. Velmi nepříjemnou pozici naší republiky, která přinese velké problémy při dalších vyjednáváních o snižování emisí skleníkových plynů, ukazuje graf na straně 16 (Emise CO<sub>2</sub> vztahované na HDP a počet obyvatel).

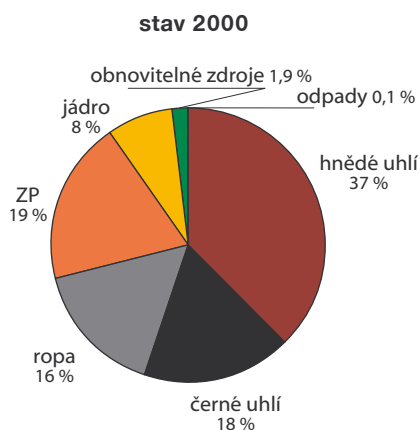
### Podíl výroby elektřiny z OZE na hrubé spotřebě elektřiny v ČR



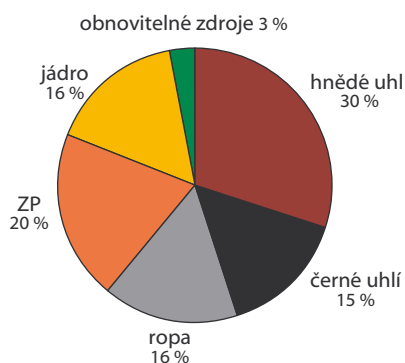
### Struktura energetických zdrojů pokrytá OZE v ČR



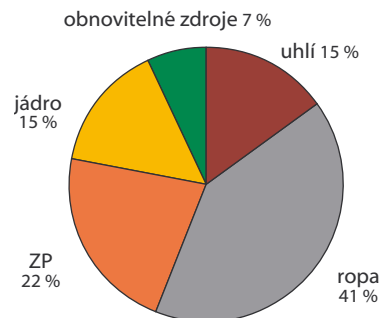
### Skladba spotřeby primárních energetických zdrojů v ČR



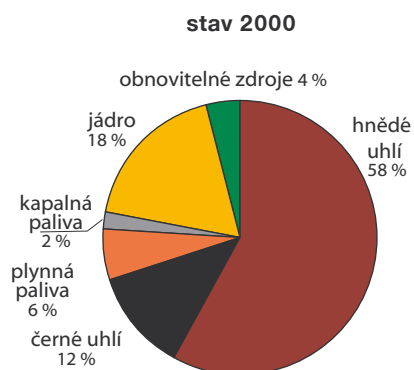
### předpoklad 2005



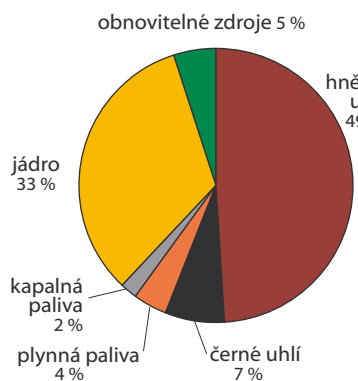
### Skladba primárních energetických zdrojů v EU současnost



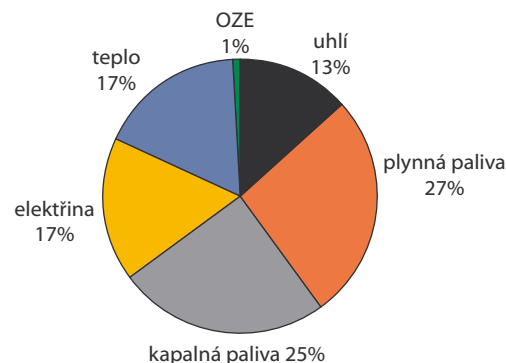
### Podíl zdrojů na hrubé výrobě elektřiny v České republice



### předpoklad 2005



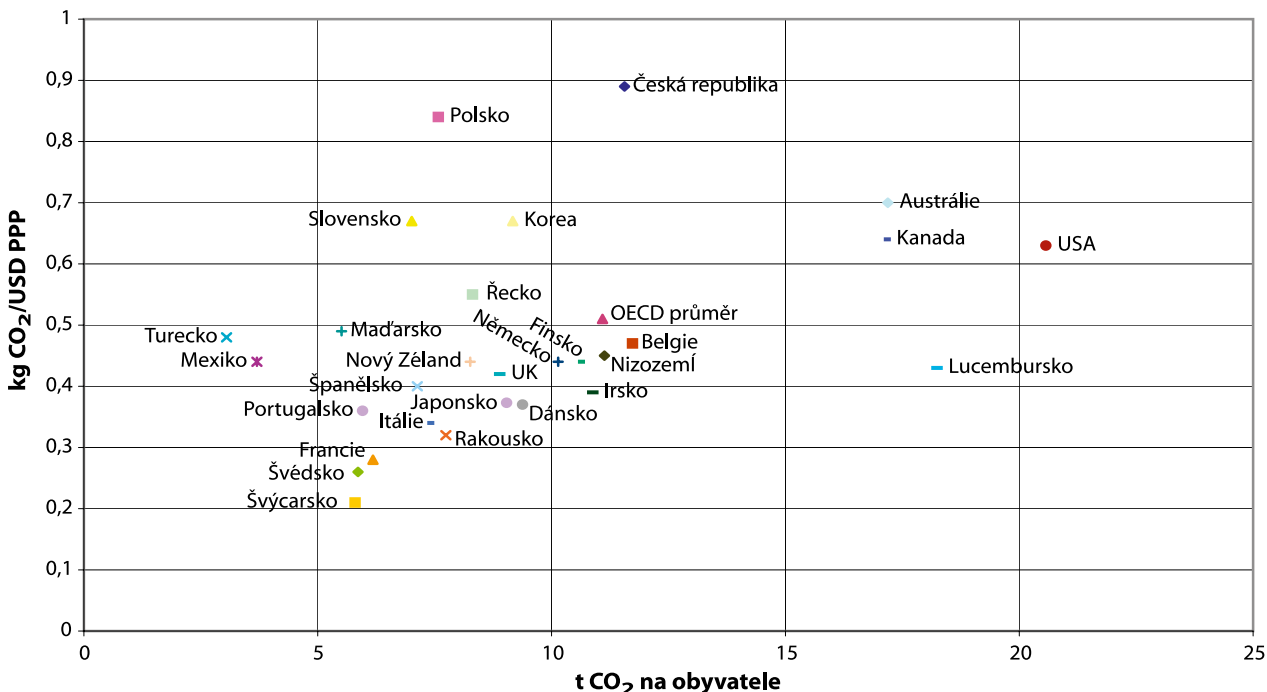
### Skladba konečné spotřeby paliv a energií v ČR - rok 2000



VE – vodní elektrárny, MVE – malé vodní elektrárny, ZP – zemní plyn

Česká republika, jak bylo uvedeno na začátku, nepatří mezi významné země ve využívání obnovitelných zdrojů energie. Česká republika má srovnatelné měrné emise CO<sub>2</sub> s průměrem zemí OECD, ale její energetická bilance je tradičně založena na vysoké spotřebě domácího uhlí a omezeném hydropotenciálu. Využití obnovitelných zdrojů energie v České republice představuje pouze necelá 2 % z objemu hrubé spotřeby primárních energetických zdrojů, zatímco Evropská unie dosahuje v průměru přes 6 % a jejím cílem je do roku 2010 dosáhnout 12% podílu.

**Emise CO<sub>2</sub> vztahované na paritu kupní síly (PPP) v rámci HDP a počtu obyvatel**



## 1.1. Systémy a mechanismy podpor výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů

Možné způsoby přímých a nepřímých podpor pro využívání elektřiny z obnovitelných zdrojů energie lze obecně rozdělit především z hlediska toho, zda snižují cenu elektřiny z pohledu investora, nebo zda zvyšují výkupní cenu elektřiny.

Mezi mechanismy ovlivňující minimální cenu elektřiny patří zejména:

- nevratné dotace investičních výdajů (různé státní fondy a podpůrné programy),
- daňová zvýhodnění (např. daň z příjmu, nižší sazba DPH, daň z pozemků a nemovitostí),
- pružné odepisování investic do obnovitelných zdrojů,
- příznivé zdanění třetí strany financující obnovitelné zdroje,
- poskytování zvýhodněných úvěrů prostřednictvím různých státních fondů a podpůrných programů,
- financování výzkumu a vývoje zařízení, technologií a pilotních projektů (jde o nepřímou podporu snižující především riziko výrobců a zprostředkovaně i ceny dodávaných zařízení).

Mechanismy ovlivňující maximalizaci výkupní cenu elektřiny jsou zejména:

- stanovení povinnosti výkupu elektřiny z určitých zdrojů spolu s určením postupu pro stanovení minimální výkupní ceny, kdy postup umožňuje respektovat některé specifické vlastnosti vykupovaných zdrojů a z pohledu vykupujícího subjektu je cena vyšší, než za jakou by jinak mohl elektřinu na trhu opatřit,
- nařízení pro některé účastníky trhu odebírat určité množství elektřiny z obnovitelných zdrojů,
- informační kampaně propagující elektřinu z obnovitelných zdrojů spolu s možností odběratelů dobrovolně se rozhodnout pro spotřebu elektřiny z určitých zdrojů,
- daňová politika, která zvýhodní obnovitelné zdroje energie (OZE).

## 1.2. Pohled do nedávné minulosti podpory obnovitelných zdrojů

Zákon č. 222/1994 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích v § 18, odst. 1, písm. b) stanovoval, že dodavatel (držitel autorizace pro rozvod) je povinen, pokud je to technicky možné, vykupovat elektřinu vyráběnou z obnovitelných a druhotných zdrojů energie. V odst. 4 téhož paragrafu se stanovilo, že „cenu vykupované elektřiny ve smyslu odst. 1 stanoví cenové předpisy“ (následovala odvolávka na zákon č. 526/1990 Sb., o cenách, ve znění zákona č. 135/1994 Sb. Na základě zmocnění ze zákona č. 526/1990 Sb. vydávalo MF cenové výměry.



V těchto cenových výměrech byly ceny elektřiny vyrobené z obnovitelných a druhotných zdrojů (z MVE, větrných elektráren, solárních a geotermálních zdrojů energie a bioplynů) zařazeny mezi ceny regulované, přičemž forma regulace byla věcně usměrňování ceny. Tato forma regulace předpokládala, že při tvorbě cen budou do ceny výrobku promítnuty pouze ekonomicky oprávněné náklady pořízení, zpracování a oběhu zboží, přiměřený zisk a daň podle příslušných daňových zákonů. Bohužel, tato legislativa nebyla vůbec respektována a proto musely být podniknuty kroky řešící, alespoň částečně, tento problém. V lednu 1999 byla uzavřena dobrovolná dohoda s energetickými rozvodnými společnostmi o výši výkupních cen za elektřinu dodávanou do distribuční sítě. Cena vycházela z modelu standardních výkupních cen korigovaných ztrátami a byla v sítích vn 1,13 Kč/kWh a sítích nn 1,20 Kč/kWh.

Pro podporu obnovitelných zdrojů sloužil „Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie“. Tento program byl a je legislativně zakotven v podobě konkrétního programu na daný rok.

Podle usnesení vlády z prosince 1998 měl státní rozpočet pro rok 2000 vyčlenit pro účely programu částku o objemu 0,1 % hrubého domácího produktu, tj. asi 1,9 mld. Kč. Podobné usnesení vlády bylo i v následujícím roce, ale k naplnění těchto usnesení nedošlo.

### 1.3. Současná legislativa

Využívání obnovitelných zdrojů obecně a výroba elektřiny z nich jsou v České republice v současnosti upraveny ve dvou obecnějších zákonech – v zákoně č. 458/2000 Sb. (energetický zákon) a v zákoně č. 406/2000 Sb. (o hospodaření energií) – a v řadě podzákoných norem (vyhlášky, cenová rozhodnutí, usnesení vlády).

**Zákon č. 458/2000 Sb. – energetický zákon** upravuje podmínky následovně:

Obnovitelné zdroje energie jsou v energetickém zákoně definovány jednak věcně v § 2, odst. 2, písm. 12 jako „...zdroje, jejichž energetický potenciál se trvale a samovolně obnovuje přírodními procesy“ a jednak taxativně pro výrobu elektřiny v § 31 pro účely zákona jako:

- vodní energie do výkonu výroby elektřiny 10 MW<sub>e</sub>,
- sluneční energie,
- větrná energie,
- geotermální energie,
- biomasa a bioplyn.

**Výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů se týkají následující ustanovení, kterými zákon:**

- zprošťuje provozovatele přenosové soustavy (§ 24, odst. 10) a provozovatele distribučních soustav (§ 25, odst. 11) povinnosti zajišťovat všem účastníkům trhu s elektřinou neznevýhodňující podmínky v případě přenosu resp. distribuce elektřiny z obnovitelných zdrojů,
- zajišťuje výrobcům elektřiny z obnovitelných zdrojů právo k přednostnímu připojení svého zdroje elektřiny k přenosové soustavě nebo distribučním soustavám za účelem přenosu nebo distribuce (§ 31, odst. 2),
- stanoví provozovatelům distribučních soustav povinnost vykupovat elektřinu z obnovitelných zdrojů (§ 25, odst. 12) způsobem, stanoveným prováděcím právním předpisem,
- zmocňuje Ministerstvo průmyslu a obchodu k vydání vyhlášky (o způsobu výkupu elektřiny z obnovitelných zdrojů a z kombinované výroby elektřiny a tepla) podle § 25, odst. 12. (§ 98, odst. 7),
- stanoví, že odchylky výkonu obnovitelných zdrojů elektřiny z důvodu přirozené povahy těchto zdrojů nesmí být důvodem odmítnutí práva k přednostnímu připojení.

Z prováděcích vyhlášek, které byly k tomuto zákonu vydány Ministerstvem průmyslu a obchodu nebo Energetickým regulačním úřadem, se využití obnovitelných zdrojů týká:

- **Vyhláška MPO č. 252/2001** o způsobu výkupu elektřiny produkované z obnovitelných zdrojů a z kombinované výroby elektřiny a tepla.
- **Vyhláška ERÚ č. 438/2001**, kterou se stanoví obsah ekonomických údajů a postupy pro regulaci cen v energetice.

Ve vyhlášce Ministerstva průmyslu a obchodu č. 252/2001 Sb. (s novelou 539/2002 Sb.) o způsobu výkupu elektřiny z obnovitelných zdrojů a z kombinované výroby elektřiny a tepla:

- Ustanovení druhého odstavce § 1 říká, že výkup elektřiny je zajišťován provozovatelem té distribuční soustavy, ke které je výroba elektřiny připojena. U výroben připojených k přenosové soustavě je výkup elektřiny prováděn územně příslušným lokálním či regionálním provozovatelem distribuční soustavy.
- Odstavec 2 dále uvádí návod, jak stanovit výkupní cenu elektřiny z obnovitelných zdrojů.

Cena množství elektřiny vyrobené a odebrané z obnovitelných zdrojů se sjednává v souladu s pravidly cenové regulace podle zvláštního právního předpisu (cenový zákon), zohledňujíc snížené poškození životního prostředí vznikající spalováním fosilních paliv, s ohledem na druh a velikost výrobního zařízení, kvalitu dodávané elektřiny, místo a způsob připojení k elektrizační soustavě. Tato cena se vztahuje pouze na elektřinu prokazatelně vyrobenou z obnovitelných zdrojů a její zúčtovací místo se řídí místem provozovatele distribuční soustavy. V případě spalování palivových směsí se uplatnění regulované ceny vztahuje pouze na poměrnou část odpovídající podílu obnovitelné suroviny v palivu.

Vyhláška Energetického regulačního úřadu č. 438/2001 Sb. (s novelou č. 13/2003 Sb.), kterou se stanoví obsah ekonomických údajů a postupy pro regulaci cen v energetice, říká:

- V § 3, odst. 1, vyhláška vymezuje činnosti s regulovanými cenami v odvětví elektroenergetiky a konstatuje, že od 1. ledna 2002 mezi takové činnosti patří i výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů.
- V § 4, odst. 2, vyhláška stanovuje, že tato regulace se děje formou úředně stanovené ceny jako ceny minimální.
- V § 4, odst. 5, se stanoví, že cena za přenos elektřiny a ceny za distribuci elektřiny zahrnují mj. i složku související s krytím vícenákladů spojených s výkupem elektřiny z obnovitelných zdrojů.
- V § 5, odst. 1, se konstatuje, že minimální výkupní ceny elektřiny z obnovitelných zdrojů stanovuje ERÚ v souladu se způsoby uvedenými ve vyhlášce č. 252/2001 Sb.
- Paragraf 7 upravuje kompenzaci vícenákladů spojených s povinným výkupem elektřiny z obnovitelných zdrojů odkazem na přílohu č. 6. V této příloze se upravuje postup při stanovení příspěvku k ceně distribuce elektřiny dodané konečným zákazníkům. Jeho výše se stanovuje jako rozdíl mezi individuální nákupní cenou elektřiny v dané distribuční soustavě a celostátně jednotnou minimální výkupní cenou.

Klíčovým dokumentem pro podporu obnovitelných zdrojů je **Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu**, v konkrétním případě č. 1/2003, kterým se stanovují ceny elektřiny a souvisejících služeb s účinností od 1. 1. 2003.

Podle tohoto cenového rozhodnutí platí pro elektřinu dodanou výrobcem elektřiny z obnovitelných zdrojů do distribuční soustavy tyto minimální výkupní ceny (ceny neobsahují daň z přidané hodnoty 22 %).

Druh obnovitelného zdroje	Minimální výkupní cena [Kč/kWh]
MVE	1,50
Větrné elektrárny	3,00
Spalování biomasy	2,50
Spalování bioplynu	2,50
Využití geotermální energie	3,00
Využití slunečního záření	6,00

Pro měření a účtování dodávky elektrické energie (kWh) z malých vodních elektráren mohou být stanovena dvoutarifní pásma vysokého (VT) a nízkého (NT) tarifu. Cenu v pásmu VT a NT stanovuje provozovatel distribuční soustavy tak, aby byla dodržena vážená průměrná cena.

Pro zdroje, které dodávají do regionální distribuční nebo přenosové soustavy méně než 30 % celkové vyrobené energie za rok, se minimální výkupní cena snižuje o 50 %.

Minimální výkupní cena elektřiny je kromě zdrojů spalujících biomasu nebo bioplyn uplatňována za celkové skutečně vykázané množství elektřiny v kalendářním měsíci. U zařízení spalujících biomasu nebo bioplyn je tomu tak pouze tehdy, pokud toto množství je větší než sjednané množství o méně než 5 %, nebo menší o méně než 15 %. V opačném případě se snižuje minimální výkupní cena za vykázané množství elektřiny na 2 Kč/kWh.

## Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií

Vytváří zejména předpoklady k hospodárnému využívání energie a k ochraně životního prostředí. Zákon legalizuje "Národní program hospodárného nakládání s energií a využívání jejich obnovitelných a druhotných zdrojů", který se stává dokumentem vyjadřujícím cíle směřující ke snížení spotřeby energie, využití obnovitelných a druhotných zdrojů v souladu s hospodářskými a společenskými potřebami podle zásady trvale udržitelného rozvoje a ochrany životního prostředí.

Návrh Programu zpracovává na čtyřleté období Ministerstvo průmyslu a obchodu v dohodě s Ministerstvem životního prostředí a při tom vychází ze schválené Státní energetické koncepce a z podkladů, které obdrží od ústředních orgánů státní správy, a předkládá jej ke schválení vládě. K uskutečnění Programu mohou být poskytovány dotace ze státního rozpočtu na energeticky úsporná opatření. Národní program byl schválen usnesením vlády České republiky č. 1079 z 22. 10. 2001.

„Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie“ naplňuje "Národní program hospodárného nakládání s energií a využívání jejich obnovitelných a druhotných zdrojů" a je v souladu se Státní politikou životního prostředí České republiky.

Koncepci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie na příslušný rok schvaluje vláda (Program pro rok 2003 na základě Usnesení vlády České republiky č. 1083 ze 6. listopadu 2002) a financování programu je kryto z prostředků uvolněných ze státního rozpočtu – prostředků SFŽP.

## 1.4. Fiskální opatření podporující využití obnovitelných zdrojů energie

Podle zákona č. 586/1992 Sb. o daních z příjmů jsou od daně z příjmu osvobozeny:

- **příjmy z provozu:**

MVE do výkonu 1 MW<sub>e</sub>,  
 větrných elektráren,  
 solárních zařízení,  
 zařízení na výrobu a energetické využití bioplynu a dřevoplynu,  
 zařízení na jiné způsoby výroby elektřiny nebo tepla z biomasy,  
 zařízení na využití geotermální energie,

a to v kalendářním roce, v němž byly poprvé uvedeny do provozu, a v bezprostředně následujících pěti letech,

- **dotace** ze státního rozpočtu, z rozpočtu měst, obcí, vyšších územních samosprávných celků, státních fondů, z přidělených grantů nebo příspěvek ze státního rozpočtu na pořízení hmotného investičního majetku, na jeho technické zhodnocení, s výjimkou dotací a příspěvků, které jsou účtovány do příjmů (výnosů) podle zvláštního právního předpisu (zákon č. 563/1991 Sb.).

U DPH současná legislativa prakticky zlikvidovala snížené 5% sazby DPH pro některé komodity z oboru obnovitelných zdrojů a uvalila na ně 22% sazbu.

## 1.5. Současný stav – shrnutí

Hlavní zásady současného stavu podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů v České republice můžeme shrnout do následujících bodů:

1. Výrobce elektřiny z obnovitelných zdrojů má právo k přednostnímu připojení svého zdroje elektřiny k přenosové nebo distribuční soustavě.
2. Provozovatel distribuční soustavy, ke které je výrobní zařízení připojeno, je povinen vykoupit elektřinu vyrobenou z obnovitelných zdrojů za stanovenou minimální výkupní cenu.
3. Zvýšené náklady, vzniklé povinným výkupem elektřiny z obnovitelných zdrojů, se promítnou do ceny za distribuci elektřiny.
4. Minimální výkupní cena elektřiny z obnovitelných zdrojů je stanovena cenovým rozhodnutím Energetického regulačního úřadu jako minimální výkupní cena.

### Hlavní nevýhody současného stavu:

- Po právní stránce je současné legislativní úpravě v některých výkladech vytýkáno to, že Energetický zákon ve svém § 17 v odstavci 3 vymezuje působnost Energetického regulačního úřadu slovy „podpora hospodářské soutěže a ochrana zájmu spotřebitelů v těch oblastech energetických odvětví, kde není možná konkurence, s cílem uspokojení všech přiměřených požadavků na dodávku energií“. Jestliže ve stejném paragrafu v odstavci 6, písmeno e) je Energetickému regulačnímu úřadu svěřena pravomoc regulovat ceny, lze dovodit, že tak může činit pouze v rámci své působnosti, tj. s cílem podpořit hospodářskou soutěž a ochránit zájmy spotřebitelů, nikoliv však v zájmu prosazení energetické, environmentální či jakékoli jiné politiky státu.
- Z liberálního pohledu je současné právní úpravě vytýkáno, že není možné uložit nějakému subjektu povinnost vykupovat elektřinu na liberalizovaném trhu, aniž mu je zajištěna možnost takto nakoupenou elektřinu prodat. Tato skutečnost je někdy vykládána jako nesystémové opatření, které může vést k diskriminaci některých účastníků trhu. V současné době má provozovatel distribuční soustavy zajištěn „odbyt“ takto povinně nakoupené elektřiny pouze dodávkami pro chráněné zákazníky. S postupným zanikáním kategorie chráněných zákazníků však mohou vznikat problémy s prodejem takto nakoupené elektřiny.

**Největší problém současného systému je nejistota pro investory**, protože při stanovení minimálních výkupních cen není zaručeno, jak dlouho budou takto stanovené ceny platit. Nejistota o budoucím vývoji podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů má samozřejmě negativní dopad na hodnocení investorských rizik a tím i na výstavbu nových zdrojů.

## 1.6. Formy podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů

Ve světě existuje celá řada způsobů a postupů, kterými jednotlivé státy podporují výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů. Můžeme je rozdělit do dvou základních myšlenkových schémat či podpůrných systémů:

- Podpůrný systém garantovaných cen.
- Podpůrný systém povinných kvót.

### Systém garantovaných cen (feed-in tariff)

Systém garantovaných výkupních cen původně vznikl na monopolních trzích, kde existuje monopolní obchodník, který má exkluzivní právo prodávat elektřinu v daném regionu. Takovému obchodníkovi je možné stanovit povinnost vykupovat elektřinu za stanovené ceny a umožnit mu, aby zvýšené náklady na nákup elektřiny z obnovitelných zdrojů rovnoměrně rozdělil mezi konečné odběratele ve svém regionu.

Na liberalizovaných trzích však vznikají problémy. Zde již neexistuje jeden regionálně příslušný obchodník, nýbrž celá řada obchodníků, se stejnými právy a povinnostmi. Vzniká přirozená otázka, kterého znevýhodnit a zatížit povinnostmi výkupu.

Stávající úprava v České republice ukládá tuto povinnost výkupu distributorovi. Ten v budoucnosti nebude obchodníkem. Aby mohl provádět povinný výkup elektřiny z obnovitelných zdrojů, musel by buď mít licenci na obchod nebo pověřit prováděním tohoto obchodu nějakou jinou, příslušně vybavenou společností. Nicméně prodej elektřiny na liberalizovaném trhu je předmětem konkurence a tak ani distributorovi ani jím pověřené společnosti nelze zajistit dostatek zákazníků, kteří by povinně vykoupou elektřinu od něho dále kupovali.

Dalším problémem je zajistit, aby zvýšené náklady na výkup elektřiny z obnovitelných zdrojů byly rovnoměrně rozděleny na všechny konečné uživatele, bez ohledu na to, ke které distribuční soustavě jsou připojeni. To dnešní systém zaručuje.

Systém garantovaných výkupních cen lze různými způsoby modifikovat. Místo pevných výkupních cen je možné stanovit pro výrobce elektřiny příplatek k tržní ceně za prodanou elektřinu z obnovitelných zdrojů. Příplatek může být stanoven absolutní částkou k tržní ceně elektřiny nebo podílem z průměrné prodejní ceny, apod.

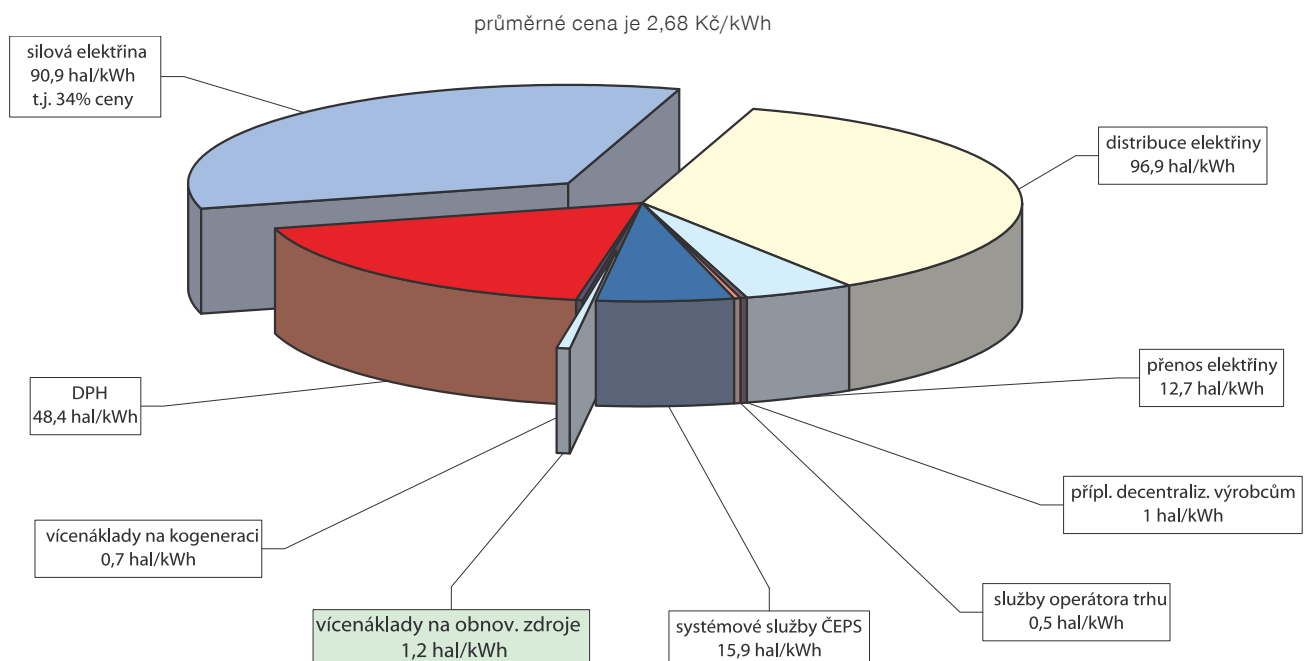
### Systém povinných kvót (Quota system)

Nutnost zajistit všem účastníkům trhu s elektřinou nediskriminované postavení znamená, že další povinnosti (např. povinnost výkupu elektřiny z obnovitelných zdrojů) je možno uvalit nikoliv pouze na vybrané účastníky trhu, ale pouze na jejich celé skupiny (např. na výrobce, obchodníky, zákazníky).

Systém povinných kvót vychází z myšlenky uložit povinnost vykupovat elektřinu z obnovitelných zdrojů celé skupině účastníků trhu, např. dodavatelům elektřiny (obchodníkům, kteří dodávají elektřinu konečným odběratelům). Protože počet těchto subjektů může být velmi vysoký, byl by však i příliš složitý a nákladný vyrovnávací mechanismus, který by zajišťoval rovnoměrné rozdělení zvýšených nákladů na nákup povinně vykoupené elektřiny mezi odběratele.

Ukázalo se výhodnější předepsat každému z dodavatelů (obchodníci, kteří prodávají konečným zákazníkům), jaké množství

**Skladba průměrné ceny elektřiny pro chráněné zákazníky v ČR (rok 2003)**



energie z obnovitelných zdrojů musí vykoupit, přesněji řečeno, jaký musí být podíl elektřiny z obnovitelných zdrojů na celkovém množství jí dodané elektřiny (povinná kvóta).

Myšlenka umožnit obchod s takovými povinnými kvótami je dalším tržně konformním opatřením – tak vznikají tzv. obchodovatelné kvóty, známější pod názvem obchodovatelné certifikáty. Princip obchodovatelných certifikátů lze popsat v několika následujících bodech:

1. Je stanovena minimální kvóta (podíl elektřiny z obnovitelných zdrojů na celkovém množství elektřiny).
2. Je stanovena povinnost dodržet minimální kvótu pro určitou skupinu účastníků trhu s elektřinou (dodavatelé, obchodníci, provozovatelé sítí, koneční odběratelé).
3. Výrobce elektřiny z obnovitelných zdrojů obdrží za výrobu elektřiny certifikáty, jejichž počet odpovídá množství takto vyrobené elektřiny.
4. S certifikáty je možno volně obchodovat.

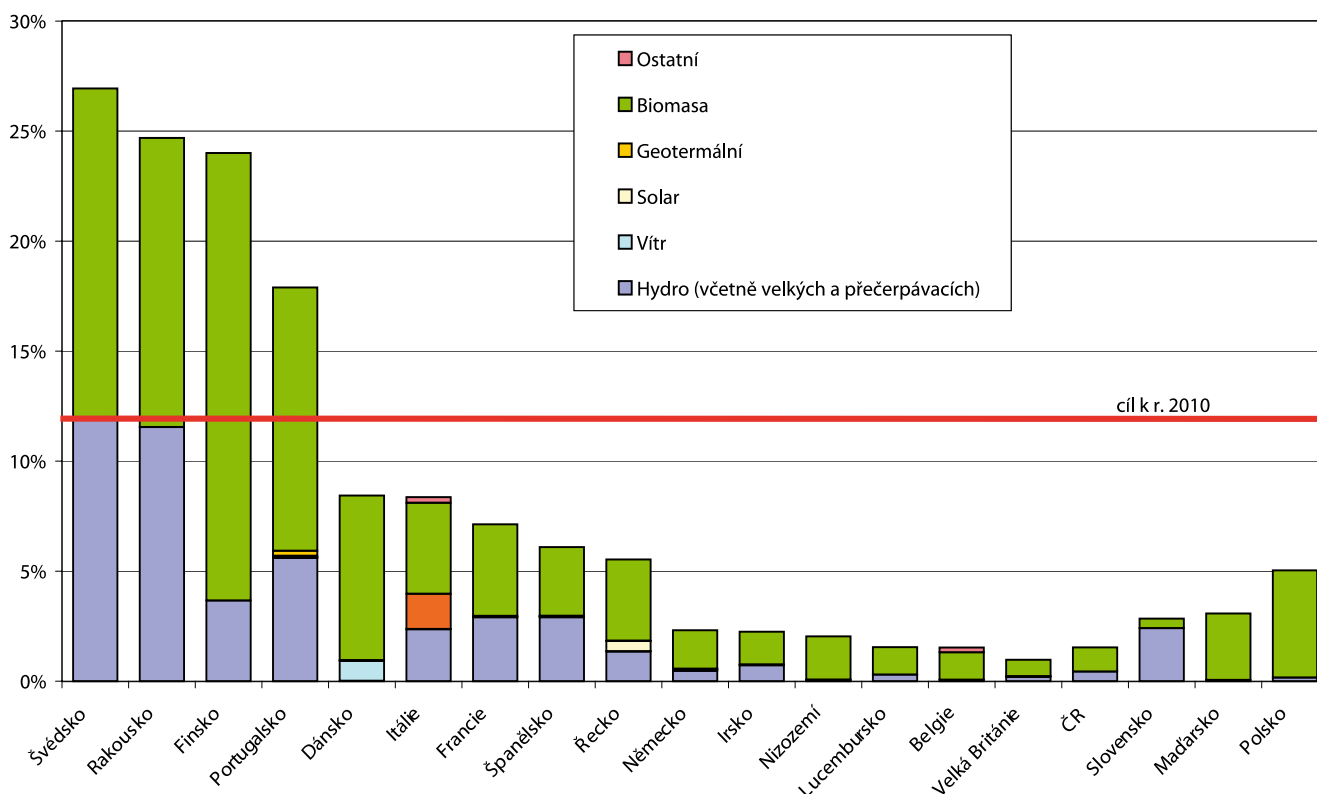
Obvykle budou výrobci elektřiny z obnovitelných zdrojů prodávat certifikáty svým odběratelům silové elektřiny. Výrobci tak budou tak mít dva druhy příjmů – příjmy z prodeje elektřiny a příjmy z prodeje certifikátů. V obou případech se bude jednat o prodej za tržní cenu – v prvním případě za tržní cenu elektřiny a ve druhém případě za tržní cenu certifikátů. Účastníci trhu, kteří jsou povinni dodržovat minimální kvótu totiž nemusí kupovat přímo elektřinu z obnovitelných zdrojů a potřebné množství certifikátů mohou získat právě obchodem s těmito certifikáty. Tím se vytvoří trh s certifikáty, na kterém budou nabízet ti účastníci trhu, kteří mají více certifikátů, než je stanovená povinnost, a poptávat ti účastníci trhu s elektřinou, kterým certifikáty chybí.

Jako výhoda tohoto systému je uváděna nejen jeho konformita s liberalizovaný trhem, ale také jeho flexibilita. Je možno jej nastavovat a přizpůsobovat nejrůznějším podmínkám a potřebám. Systém umožňuje:

- stanovit velikost minimální kvóty; tím je možno v jistých mezích regulovat míru využívání obnovitelných zdrojů,
- stanovit sankce za nedodržení minimální kvóty; tím je prakticky dána maximální cena certifikátů,
- stanovit skupinu účastníků trhu, která je povinna dodržet minimální kvótu,
- regulovat cenu certifikátů (např. minimální cenou),
- stanovit zvláštní kvóty pro různé druhy obnovitelných zdrojů,
- kombinovat certifikáty z obnovitelných zdrojů s certifikáty z jiných podporovaných zdrojů (kogenerace) nebo s certifikáty za úsporu emisí,
- rozhodnout o započítávání dovážené resp. vyvážené elektřiny z obnovitelných zdrojů,
- stanovit daňové úlevy místo povinné kvóty,
- stanovit další pravidla pro nakládání s certifikáty,
- stanovit časové období pro kontrolu stanovené kvóty (čtvrtletí, rok, apod.),
- stanovit délku platnosti certifikátů,
- půjčování certifikátů z roku na rok.

Administrace systému obchodovatelných certifikátů je náročnější a nákladnější záležitostí než v případě garantovaných výkupních cen.

#### Současný podíl obnovitelných zdrojů na hrubé spotřebě primárních energetických zdrojů



## 2. Stav podpory obnovitelných zdrojů ve členských státech Evropské unie

### Rakousko

Rakouská vláda zavedla v roce 1996 energetickou daň na elektřinu € 0,003/kWh a plyn € 0,0435/m<sup>3</sup> (plus 20% DPH), ze které se částečně podporuje výstavba zařízení, využívajících obnovitelné zdroje v jednotlivých zemích.

Podíl obnovitelných zdrojů na celkové spotřebě energie dosahuje 24,3%. Vodní elektrárny pokrývají asi 69% z celkové spotřeby elektřiny. Cílem stanoveným pro rok 2007 je zvýšení výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů ze současných 71 na 78%. Přitom podíl výroby elektřiny na velkých vodních elektrárnách zůstane přibližně stejný (62%). Výroba elektřiny na malých vodních elektrárnách nepatrně vzroste (v Rakousku je 4500 instalací MVE). Hlavní nárůst se očekává při výrobě elektřiny ve větrných elektrárnách a z biomasy (ze současných 0,7 na 4%). Další 3% budou pocházet z výroby elektrické energie z bioplynu.

V roce 2000 byly přijaty změny a doplňky energetického zákona EIWOG, jejichž výsledkem je 100% otevření trhu s elektrickou energií od října 2001. Z hlediska využití obnovitelných zdrojů je v EIWOG nejdůležitější povinnost výkupu elektřiny z tzv. eko-elektráren připojených na distribuční systémy za regulované ceny. Nové podíly vykoupené elektřiny z eko-elektráren na celkovém množství elektřiny dodané konečným spotřebitelům se mají zvyšovat podle následujícího schématu:

- alespoň 1% k 1. říjnu 2001
- alespoň 2% k 1. říjnu 2003
- alespoň 3% k 1. říjnu 2005
- alespoň 4% k 1. říjnu 2007

Zemské vlády uvalují na operátory distribučních soustav poplatky v případě nedosažení stanovené hranice. EIWOG 2000 vytvořil nové schéma obchodování se „zelenými certifikáty“, podle kterého se mělo dosáhnout, že dodavatelé elektřiny mají 8% z celkového dodávaného množství pokryto elektřinou vyrobenou v malých vodních elektrárnách (výkon do 10 MW). S certifikáty se mělo obchodovat na elektronickém trhu, který zabezpečuje Elektrizitäts-Control GmbH.

Prodaná elektřina je na účtu zhotoveném pro konečné zákazníky rozdělena podle podílu jednotlivých zdrojů (eko-elektřina, vodní, ze zemního plynu, atd.).

Dne 10. července 2002 byl přijat zákon 149/2002 „Ökostromgesetz“, který vstoupil v platnost od 1. 1. 2003.

#### Základní aspekty nového zákona

Jednotné tarify za dodávky elektřiny z obnovitelných zdrojů (dříve tarify určovaly jednotlivé spolkové země). Povinnost odběru je stanovena u těch instalací, které dodávají elektřinu nejméně v průběhu tří měsíců. Tarif za odběr elektřiny je určen na základě konsensu mezi ministerstvem hospodářství a devíti spolkovými zeměmi. Systém „obchodovatelných certifikátů“ malých vodních elektráren zkrachoval a byl nahrazen povinností výkupu prostřednictvím bilanční skupiny. Povinnost výkupu má v každé regulační zóně (Rakousko má tři regulační zóny) bilanční skupina vytvořená hlavním dispečerem zóny. Tato skupina přiděluje nakoupenou elektřinu na základě plánu dodávek jednotlivým obchodníkům s elektřinou. Za takto přidělenou elektrickou energii platí obchodníci fixní cenu 4,5 €/kWh bilanční skupině. Na pokrytí těchto nákladů se předpokládá zvýšení poplatku za použití sítě. Výška tarifu za vykoupenou elektrickou energii z obnovitelných zdrojů se určuje na základě výrobních nákladů a musí podpořit dosažení cíle navýšení výroby z obnovitelných zdrojů, které je zakotveno v zákoně. Přitom jsou rozdíly u tarifů mezi starými a novými instalacemi (po 1. 1. 2003). Tarify jsou garantovány nejméně na 13 let.

Dosavadní tarify stanovené jednotlivými zeměmi platí i nadále u starých instalací. Cílové množství elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů v roce 2007 podle energetického zákona (EIWOG) zůstává zachováno.

### Belgie

Nový energetický zákon stanovuje a zaručuje na federální úrovni minimální (pevné) výkupní ceny jednotlivých OZE.

### Dánsko

Podle energetického zákona mají výrobci elektřiny z obnovitelných zdrojů zaručen výkup své produkce. V uplynulých čtyřech letech se Dánsko snažilo zrealizovat kvóťový model s obchodovatelnými certifikáty, ale záměr se nezdařil.

V době minulých vlád se počítalo s tím, že 50% spotřeby elektrické energie v Dánsku bude do roku 2030 pokryto výrobou z obnovitelných zdrojů. Většina elektrické energie měla pocházet z větrných farem instalovaných v Severním moři (v roce 2030 se předpokládala kapacita větrných farem instalovaných v moři 4000 MW).

Dalšími rozvojovými programy v Dánsku je využití biomasy a geotermální energie. V letech 1997 a 2000 došlo k upřesnění programu s tím, že do roku 2005 má energie vyrobená z biomasy pokrýt 10% celkové spotřeby energie. Plán předpokládá, že do konce roku 2003 budou postaveny 2 až 3 velké teplárny spalující biomasu.

## Finsko

Ve Finsku provozují systém daňových úlev a silnou investiční podporu, která se zkoumá případ od případu. Například pro větrné elektrárny je typická podpora 40 %.

## Francie

Nový zákon pro elektřinu z obnovitelných zdrojů zakotvil pevné výkupní ceny.

## Německo

Tato země je školním případem použití systému povinného výkupu elektřiny z obnovitelných zdrojů za pevné výkupní ceny. Počátkem roku 2000 byl přijat nový zákon pro obnovitelné zdroje stanovující povinnost výkupu a výkupní ceny elektřiny. Provozovatel distribuční sítě je povinen vykoupit elektřinu z obnovitelných zdrojů za pevnou, celostátně stanovenou cenu.

Velmi široký je program pro vyšší využití větrné energie. Investoři si mohou odečíst investiční výdaje z daňového základu. Využití obnovitelných zdrojů je podporováno z prostředků jednotlivých spolkových zemí, poskytují se nízkouročené půjčky na výstavbu obnovitelných zdrojů energie. Ozývají se však i hlasy proti větrné energii.

V poslední době jsou uváděny ekonomické analýzy, které doporučují podporovat významně instalaci efektivních větrných farem, zjm. při mořském pobřeží a minimalizovat plošnou výstavbu větrných elektráren ve vnitrozemí, kde je k dispozici pouze průměrný až podprůměrný větrný potenciál.

## Řecko

Zaběhnutý systém kombinuje pevné výkupní tarify s mohutnou investiční podporou (30–50 %) rozpočtu investice.

## Irsko

Irsko doposud aplikuje model nabídkových systémů s následnými pevnými výkupními cenami.

## Itálie

Od roku 2003 aplikují systém zelených certifikátů, který se vztahuje na výrobce elektřiny, tzn., že každý výrobce elektřiny musí mít určené procento elektřiny z obnovitelných zdrojů. Pro certifikáty jsou vyhlášeny minimální ceny (8,42 €/kWh). S praktickou realizací jsou problémy.

## Nizozemí

Od 1. 4. 2003 jsou zavedeny pevné výkupní ceny. V Nizozemí navíc funguje mohutná daňová podpora.

## Portugalsko

Hlavním podpůrným nástrojem je investiční podpora (podle programu se poskytují na výstavbu obnovitelných zdrojů granty až do výše 50 % investičních nákladů a bezúročné půjčky až do výše 60 % investic), kombinovaná se systémem pevných výkupních cen.

### Současné průměrné výkupní ceny v Portugalsku

Obnovitelný zdroj	průměrná cena Kč/kWh
vítr	1,33–2,58
MVE	2,23
fotovoltaika < 5kW	12,70
fotovoltaika > 5kW	6,94

## Španělsko

Španělsko volilo systém pevných výkupních cen jako hlavní podpůrný mechanismus pro elektřinu z obnovitelných zdrojů. Energetický zákon 54/1997 a následné Královské dekrety zakotvily dva podpůrné systémy: normální a speciální.

1. „**Normální systém**“ zaručuje tři základní garance:

- právo připojení do sítě,
- standardní smlouvu na 5 let s vlastníkem sítě,
- jistou pravidelně revidovanou cenu za kWh.

Aktuální ceny z tohoto systému, který je preferován investory, jsou v níže uvedené tabulce.

2. „**Speciální systém**“ (nazývaný také systém pevného příplatku, nebo prémiového příplatku) nabízí cenu, která je složená ze dvou položek:

- z ceny silové elektřiny na poolu, která se promítá měsíčním průměrem (v r. 2002 byl průměr 3,8 €/kWh),
- prémiového příplatku odvislého od použité technologie a stanovovaného každoročně vládou.

Aktuální ceny z tohoto systému jsou v níže uvedené tabulce.

Prémii vyplácí přímo distributoři, kterým výrobci z obnovitelných zdrojů elektřinu dodávají, a tito distributoři obdrží odpovídající částku od Národní energetické komise (CME). Prémie je zákonem považována za náklad poplatný diverzifikaci výroby a zajištění bezpečnosti dodávek elektřiny a proto jsou tyto prémie všemi spotřebiteli placeny jako výdaje na systém.

### Porovnání systémů v roce 2002

Kč/kWh	systém „pevné výkupní ceny“	celkem v systému „prémiový příplatek“
<b>vítr</b>	1,97	2,13
<b>MVE</b>	2,00	2,16
<b>energetické rostliny</b>	1,94	2,09
<b>ostatní biomasa</b>	1,88	2,03
<b>fotovolta. &lt; 5kW</b>	12,40	12,66
<b>fotovolta. &gt; 5kW</b>	6,68	6,93
<b>ostatní</b>	2,00	2,16

## Švédsko

Od 1. 5. 2003 byl zaveden kvótový model s obchodovatelnými certifikáty. Praktické zkušenosti zatím nejsou známy.

## Spojené Království

Známý nabídkový systém NFFO byl v roce 2002 změněn na systém s obchodovatelnými certifikáty.

Součástí současné politiky podpory jsou „Renewable Obligation Certificates“. Tyto certifikáty získají společnosti, které vybudují nové obnovitelné zdroje. Výchozí cena byla 1 530 Kč/MWh.

Druhým klíčovým instrumentem a zdrojem financí jsou „Climate Change Levy“. Tyto poplatky jsou dnes následující:

- LPG 0,36 Kč/kWh
- plyn a uhlí 0,69 Kč/kWh
- elektřina 2,16 Kč/kWh

Výrobci z obnovitelných zdrojů získávají za svoji výrobu osvobození od těchto poplatků „Levy Exemption Certificates“. Tyto certifikáty jsou distribuovány s prodejem silové elektřiny, jsou obchodovány a v konečné fázi jsou použity pro daňové odpočty. Na méně lukrativní výroby (fotovoltaika, energoploidy) jsou poskytovány granty.



### 3. Budoucí česká legislativa

Současný legislativní plán vlády má ve svém programu předložení návrhu zákona o podpoře energií z obnovitelných zdrojů s datem předložení prosinec 2003 a s předpokládanou účinností od 1. 5. 2004. Tento zákon bude zejména implementovat požadavky Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/77/EC o podpoře elektřiny z obnovitelných zdrojů v podmínkách jednotného trhu s elektřinou.

Obecně pro Směrnice Evropského parlamentu a Rady platí, že je závazná pro členské státy. O zajištění výsledku, kterého má být dosaženo, o formě a prostředcích transformace Směrnice do národního právního řádu členského státu rozhodují orgány patřícího státu. K její transformaci se vyžaduje vydání právního předpisu členského státu, popř. opatření orgánu tohoto státu. Avšak podle stálé judikatury Soudního dvora má Směrnice i před její transformací do národního právního řádu za určitých podmínek přímé účinky v daném státu.

**Požadavky na implementaci Směrnice 01/77/EC** do české legislativy, je možno shrnout do následujících bodů:

1. Definovat účel, smysl, resp. i poslání zákona.
2. Definovat obnovitelné zdroje a s tím související pojmy.
3. Navrhnout národní indikativní cíle pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie k roku 2010.
4. Vytvořit takové podpůrné schéma pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, které zajistí dosažení národních indikativních cílů.
5. Popsat a zabezpečit proces certifikace elektřiny z obnovitelných zdrojů energie.
6. Stanovit způsob, jakým budou zjednodušovány správní postupy povolenacích řízení pro výrobní zařízení vyrábějící elektřinu z obnovitelných zdrojů energie tak, jak je vyžadováno v článku 6 Směrnice.
7. Stanovit pravidla rozdělení nákladů na připojení zařízení, vyrábějících elektřinu z obnovitelných zdrojů, do sítě.

Zákon bude upravovat způsob podpory využití obnovitelných zdrojů elektřiny, tepelné energie a výkon státní správy při podpoře využívání obnovitelných zdrojů energie. Stanoví práva a povinnosti fyzických a právnických osob s tím spojené.

Účelem zákona je urychlit využití obnovitelných energetických zdrojů a zajistit vyšší podíl obnovitelných zdrojů energie na celkové spotřebě elektrické a tepelné energie v souladu s cíli Evropské Unie. Účelem zákona je přispět k šetrnému využívání přírodních zdrojů a k trvale udržitelnému rozvoji.

#### Cíle zákona:

1. Zvýšit podíl výroby elektřiny v zařízeních na bázi obnovitelných energetických zdrojů na hrubé spotřebě elektřiny v takovém rozsahu, aby v roce 2010 byla v České republice dosažena cílová hodnota 8 %.
2. Zvýšit podíl obnovitelných energetických zdrojů na primární spotřebě energetických zdrojů v takovém rozsahu, aby v roce 2010 byla v České republice dosažena cílová hodnota 6 %.
3. Přispět snížením emisí skleníkových plynů k ochraně klimatu.
4. Přispět snížením emisí ostatních škodlivin do prostředí k ochraně životního prostředí.
5. Přispět ke snížení závislosti na dovozu energetických surovin.
6. Přispět ke zvýšení diverzifikace a decentralizace zdrojů energie a tím ke zvýšení bezpečnosti dodávek energie.
7. Přispět ke zvýšení podnikatelské jistoty investic do obnovitelných zdrojů energie.
8. Podpořit vytvoření institucionálních podmínek pro zavádění nových technologií a k jejich proniknutí na trh jak v tuzemsku tak v zahraničí.
9. Využíváním biomasy přispět k péči o krajinu.
10. Podporou využívání obnovitelných zdrojů energie přispět k vyšší zaměstnanosti v regionech.

#### 3. 1. Definice základních pojmů

Pro účely zákona se rozumí:

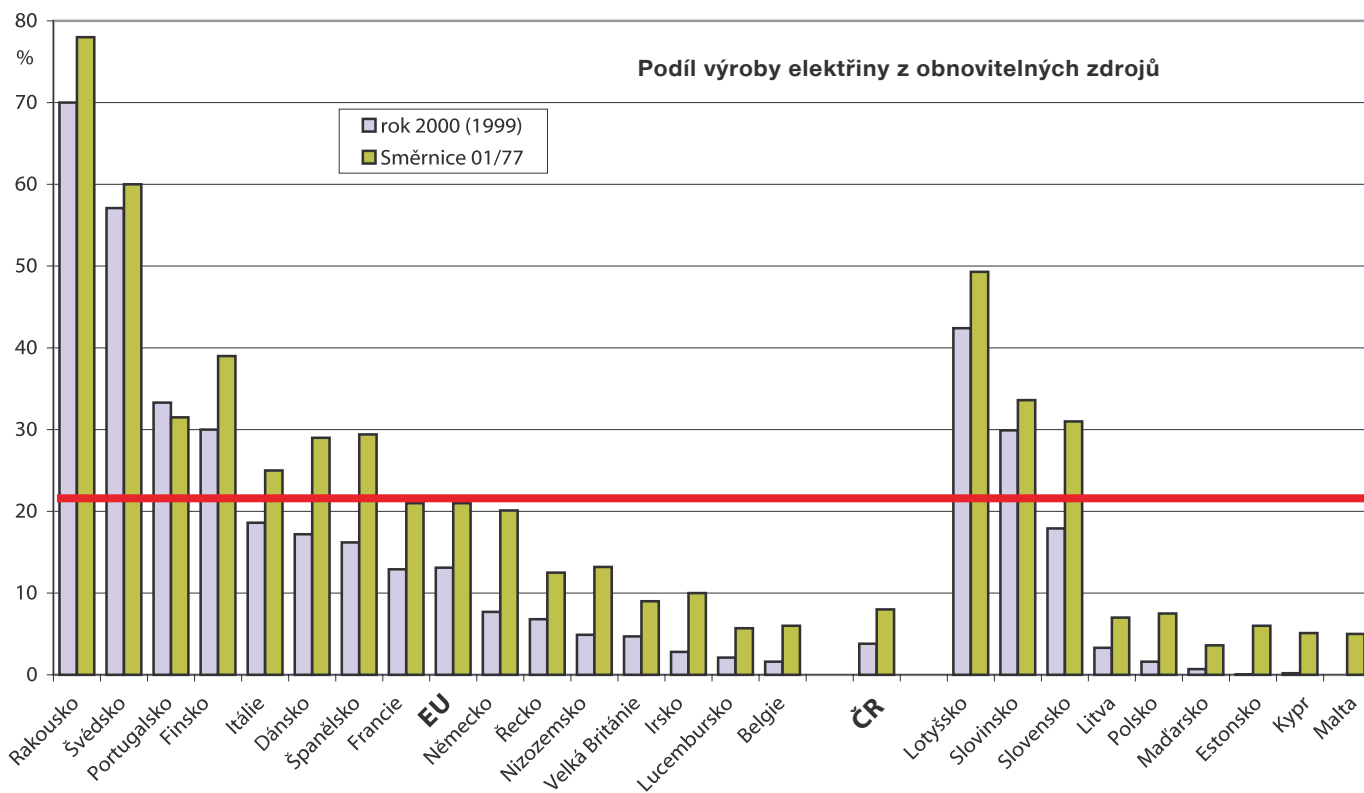
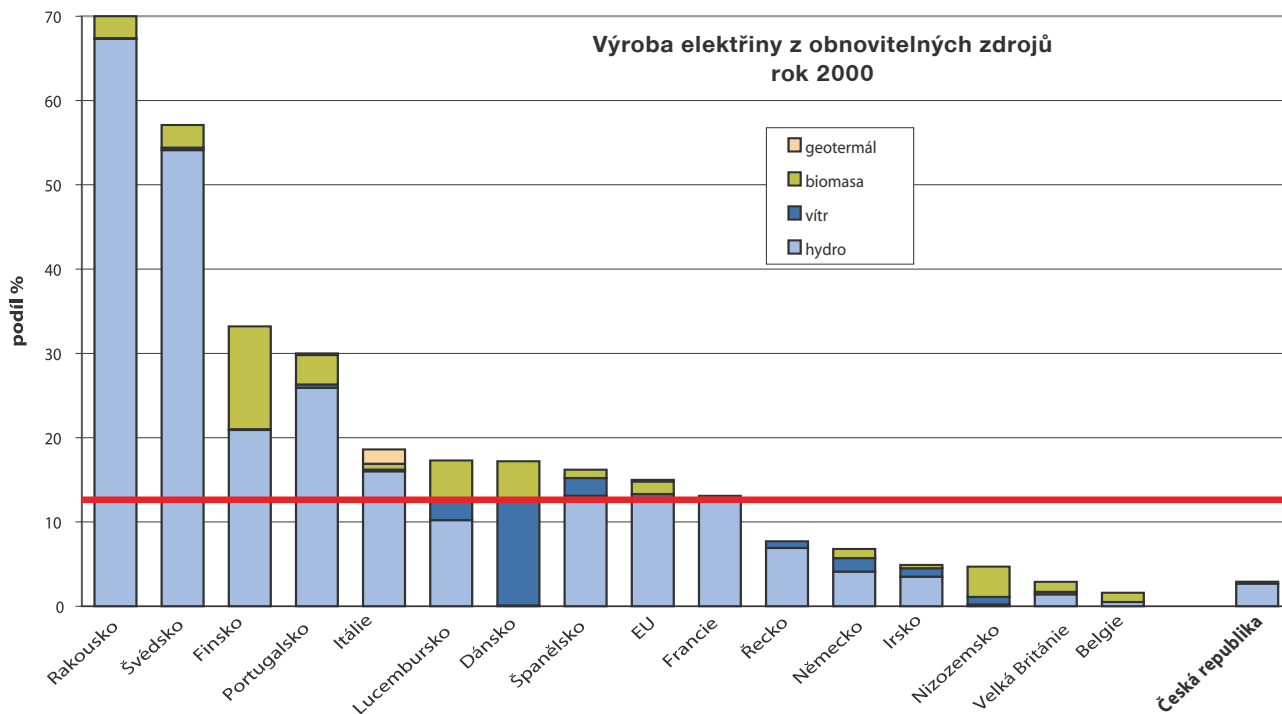
- **obnovitelnými zdroji energie** obnovitelné nefosilní zdroje energie (větrná energie, sluneční energie, energie okolního prostředí zejména geotermální energie, energie vody a biomasa),
- **biomasou** biologicky rozložitelná část výrobků, odpadů a zbytků ze zemědělství (včetně rostlinných a živočišných látek), lesnictví a souvisejících průmyslových odvětví, a rovněž biologicky rozložitelná část průmyslového a komunálního odpadu,
- **elektřinou vyrobenou z obnovitelných zdrojů** energie elektřina vyrobená v zařízeních, která využívají pouze obnovitelné zdroje energie a část elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů energie v hybridních zařízeních, která využívají i neobnovitelné zdroje energie, a to včetně obnovitelné elektrické energie používané k doplnění akumulacích systémů, ale s výjimkou elektrické energie vyrobené jako výsledek těchto akumulacích systémů,
- **spotřebou elektřiny** tuzemská výroba elektřiny, včetně výroby elektřiny samovýrobci, s připočtením dovozů a odečtením vývozů (hrubá tuzemská spotřeba elektřiny),
- **samovýrobce elektřiny** fyzická nebo právnická osoba vyrábějící elektřinu pro její vlastní užití ke své další výrobní či režijní činnosti,
- **tepelnou energií vyrobenou z obnovitelných zdrojů** energie tepelná energie vyrobená v zařízeních, která využívají pouze obnovitelné zdroje energie a část tepelné energie vyrobené z obnovitelných zdrojů energie v hybridních zařízeních, která využívají i neobnovitelné zdroje energie,

- **tuzemskou spotřebou primárních energetických zdrojů (TSPEZ)** pořízení primární energie v tuzemsku, s připočtením dovozů a odečtením vývozů a se započtením změny v zásobách energie,
- **novým zdrojem** i rekonstrukce stávajícího zdroje, která vede ke zvýšení výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů.

## Předmět podpory

Předmětem podpory jsou pro účely zákona technologie sloužící k využití obnovitelných energetických zdrojů. Jedná se o:

- vodní elektrárny do celkového instalovaného výkonu výroby 10 MW<sub>e</sub>,
- větrné elektrárny,
- geotermální elektrárny a výtopny, tepelná čerpadla,
- kolektory slunečního záření, fotovoltaické systémy, solárně termické elektrárny,
- zařízení využívající jako energetický zdroj biomasu – definice biomasy bude předmětem prováděcího právního předpisu (vyhláška Ministerstva životního prostředí).



### 3.2. Národní indikativní cíl výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie

Indikativní ukazatel (definice dle Směrnice 01/77/EC) podílu elektrické energie vyrobené z obnovitelných zdrojů energie na hrubé spotřebě elektrické energie pro Českou republiku je 8 % v roce 2010. Směrnice 01/77/EC v článku 3, odstavec 4, stanovuje globální indikativní cíl Evropské Unie ve výši 21% podílu elektrické energie, vyrobené z obnovitelných zdrojů energie na celkové spotřebě elektrické energie ve Společenství do roku 2010.

**Referenční hodnoty indikativních cílů členských států pro podíly elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů na hrubé spotřebě elektřiny (E) k roku 2010**

Země	OZE – E TWh stávající země 1997 přistupující 1999	OZE – E % stávající země 1997 přistupující 1999	OZE – E % 2010
<b>Belgie</b>	0,86	1,1	6
<b>Česká republika</b>	2,36	3,8	8
<b>Dánsko</b>	3,21	8,7	29
<b>Německo</b>	24,91	4,5	12,5
<b>Estonsko</b>	0,02	0,2	5,1
<b>Řecko</b>	3,94	8,6	20,1
<b>Španělsko</b>	37,15	19,9	29,4
<b>Francie</b>	66	15	21
<b>Irsko</b>	0,84	3,6	13,2
<b>Itálie</b>	46,46	16	25
<b>Kypr</b>	0,002	0,05	6
<b>Lotyšsko</b>	2,76	42,4	49,3
<b>Litva</b>	0,33	3,3	7
<b>Lucembursko</b>	0,14	2,1	5,7
<b>Maďarsko</b>	0,22	0,7	3,6
<b>Malta</b>	0	0	5
<b>Nizozemsko</b>	3,45	3,5	9
<b>Rakousko</b>	39,05	70	78,1
<b>Polsko</b>	2,35	1,6	7,5
<b>Portugalsko</b>	14,3	38,5	39
<b>Slovinsko</b>	3,66	29,9	33,6
<b>Slovensko</b>	5,09	17,9	31
<b>Finsko</b>	19,03	24,7	31,5
<b>Švédsko</b>	72,03	49,1	60
<b>Spojené království</b>	7,04	1,7	10
<b>Společenství</b>	355,2	12,9	21

Indikativní ukazatel pro Českou republiku je stanoven v souladu s dokumenty přijatými Českou republikou při podpisu smlouvy o přistoupení k Evropské unii.

### 3.3. Národní indikativní cíl užití obnovitelných zdrojů energie

Indikativní ukazatel podílu spotřeby obnovitelných zdrojů energie na tuzemské spotřebě primárních energetických zdrojů pro Českou republiku je 6,8 % v roce 2010.

Evropská unie si v Bílé knize (Energie pro budoucnost – obnovitelné zdroje energie) stanovila cíl zdvojnásobit podíl obnovitelných zdrojů na primární energetické spotřebě ze 6 na 12% v roce 2010.

Navrhovaná výše indikativního ukazatele je v souladu s národním indikativním ukazatelem pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů a předpokládá se i podstatné zvýšení výroby tepla z obnovitelných zdrojů, zejména z biomasy. Expertní ocenění možného naplnění indikativního cíle České republiky k roku 2010 je uvedeno v tabulkách.

## Obnovitelné energetické zdroje ČR – stav 2000

OZE	Celková hrubá spotřeba elektřiny z OZE			Celková spotřeba energie z OZE		Celková tuzemská spotřeba primární energie z OZE		
	GWh	%	PJ	GWh	PJ	GWh	ktoe	PJ
<b>vítr</b>	<b>1</b>	<b>0,0</b>	0,0	1	0,0	1	0	<b>0,0</b>
<b>MVE</b>	<b>680</b>	<b>1,1</b>	2,4	680	2,4	680	58	<b>2,4</b>
<b>velké VE</b>	<b>1 165</b>	<b>1,8</b>	4,2	1 165	4,2	1 165	100	<b>4,2</b>
<b>biomasa elektřina</b>	<b>200</b>	<b>0,3</b>	0,7	200	0,7	1 000*	86	<b>3,6</b>
<b>geotermální elektřina</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>	0,0	0	0,0	0	0	<b>0,0</b>
<b>fotovoltaika</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>	0,0	0	0,0	0	0	<b>0,0</b>
<b>biomasa teplo</b>				5 866	21,1	5 866	504	<b>21,1</b>
<b>teplo prostředí</b>				31	0,1	38**	3	<b>0,1</b>
<b>solární teplo</b>				100	0,4	100	9	<b>0,4</b>
<b>biopaliva motorová</b>				639	2,3	639	55	<b>2,3</b>
<b>celkem OZE</b>	<b>2 046</b>		7,4	8 682	31	9 490	816	<b>34</b>
<b>celkem spotřeba energie</b>	<b>63 450</b>					<b>1672</b>		
<b>podíl OZE %</b>	<b>3,2</b>					<b>2,0</b>		

\* účinnost termického cyklu 20 %, \*\* korekce – zahrnutí energie potřebné k využití tepla prostředí

## Obnovitelné energetické zdroje ČR – předpoklad r. 2010

OZE	Celková hrubá spotřeba elektřiny z OZE			Celková spotřeba energie z OZE		Celková tuzemská spotřeba primární energie z OZE		
	GWh	%	PJ	GWh	PJ	GWh	ktoe	PJ
<b>vítr</b>	<b>930</b>	<b>1,4</b>	3,3	930	3,3	930	80	<b>3,3</b>
<b>MVE</b>	<b>1 120</b>	<b>1,6</b>	4,0	1 120	4,0	1 120	96	<b>4,0</b>
<b>velké VE</b>	<b>1 165</b>	<b>1,7</b>	4,2	1 165	4,2	1 165	100	<b>4,2</b>
<b>biomasa elektřina</b>	<b>2 200</b>	<b>3,2</b>	7,9	2 200	7,9	8 800*	757	<b>31,7</b>
<b>geotermální elektřina</b>	<b>15</b>	<b>0,0</b>	0,1	15	0,1	100	9	<b>0,4</b>
<b>fotovoltaika</b>	<b>15</b>	<b>0,0</b>	0,1	15	0,1	15	1	<b>0,1</b>
<b>biomasa teplo</b>				15 373	55,3	15 373	1 322	<b>55,4</b>
<b>teplo prostředí</b>				2 002	7,2	2 502**	215	<b>9,0</b>
<b>solární teplo</b>				612	2,2	612	53	<b>2,2</b>
<b>biopaliva motorová</b>				2 558	9,2	2 558	220	<b>9,2</b>
<b>celkem OZE</b>	<b>5 445</b>		19,6	25 989	94	33 175	2 853	<b>119</b>
<b>celkem spotřeba energie</b>	<b>68 000</b>					<b>1750</b>		
<b>podíl %</b>	<b>8,0</b>					<b>6,8</b>		

\* účinnost termického cyklu 25 %, \*\* korekce – zahrnutí energie potřebné k využití tepla prostředí

### 3.4. Podpůrné schéma pro podporu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů

Návrh předpokládá do plného otevření trhu s elektřinou:

- Zachování ustanovení Energetického zákona o právu na přednostní připojení zdrojů vyrábějících elektřinu z obnovitelných zdrojů energie k přenosové soustavě nebo distribučním soustavám – § 31, odst. 2) a rovněž zachovat ustanovení o tom, že odchylky výkonu obnovitelných zdrojů elektřiny z důvodu přirozené povahy těchto zdrojů nesmí být důvodem odmítnutí práva na přednostní připojení – § 31, odst. 3).
- Zachování ustanovení Energetického zákona o právu na přednostní přenos elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů přenosovou soustavou – § 24, odst. 10), písm. e); toto ustanovení se nevztahuje na mezistátní profily.
- Zachování ustanovení Energetického zákona o právu na přednostní distribuci elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů distribuční soustavou – § 25, odst. 11), písm. d); toto ustanovení se nevztahuje na mezistátní profily.
- Zachování platnosti ustanovení Energetického zákona o povinném výkupu elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů až do úplného otevření trhu s elektřinou.
- Zavedení systému vydávání záruk původu zdroje elektřiny (certifikace) z obnovitelných zdrojů a to nejpozději od 1. 1. 2005 (případně od 30. 4. 2004).
- Zmocnění Energetického regulačního úřadu k vydávání a registraci certifikace zdroje na výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů.
- Zmocnění Státní energetické inspekce k provádění kontroly dodržování podmínek stanovených pro certifikaci na výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů a stanovení výše udělovaných pokut pro jednotlivé případy porušení ustanovení zákona o podpoře obnovitelných zdrojů energie.

Energetický regulační úřad v rámci své pravomoci o regulaci cen (§ 17, odst. 6, písm. e) Energetického zákona) bude stanovovat pro každý rok dopředu minimální výši výkupních cen elektřiny z OZE, a to diferencovaně podle jednotlivých typů obnovitelných zdrojů. Průměrný výnos z provozu výroby elektřiny podle jednotlivých typů obnovitelných zdrojů podle tohoto zákona musí umožňovat standardní ekonomickou návratnost projektů na využívání elektřiny z obnovitelných zdrojů a musí být zachován minimálně po dobu 10 let od uvedení zdroje do provozu.

Dále se navrhuje:

- Uložit Energetickému regulačnímu úřadu povinnost vyhodnocovat a zveřejňovat každoročně podíl výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a podle výsledků vyhodnocení přizpůsobit systém minimálních výkupních cen na další období tak, aby bylo dosaženo stanoveného národního indikativních ukazatele.
- Uložit Energetickému regulačnímu úřadu zveřejnit propočet očekávaných dopadů systému podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů na cenu elektřiny pro konečné zákazníky.
- Uložit dodavatelům – subjektům dodávajícím elektřinu konečným zákazníkům – povinnost uvádět v informacích poskytovaných konečným zákazníkům (viz Návrh novely Směrnice Evropské unie o vnitřním trhu s elektřinou, článek 3, bod 6) podíl elektřiny z obnovitelných zdrojů elektřiny na dodávané elektřině.
- Zmocnit Energetický regulační úřad k vydání (novelizaci) vyhlášek, kterými se stanoví podrobnosti o udělování certifikátů původu zdroje a předávání dat z měření skutečně vyrobené elektřiny z obnovitelných zdrojů.
- Pokuty udělené Státní energetickou inspekcí za porušení jiných ustanovení zákona o podpoře obnovitelných zdrojů jsou příjmem státního rozpočtu – Energetický zákon, § 95, odst. 4.
- Uložit ministerstvu průmyslu a obchodu vyhodnotit systém podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů do 31. 12. 2005 a předložit návrh zákonné úpravy podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů v plně liberalizovaném trhu s elektřinou, která by jednak respektovala případný jednotně doporučený systém podpory v rámci Evropské unie a poskytla záruky investorům, že průměrný výnos z provozu zdroje na výrobu elektřiny podle jednotlivých typů obnovitelných zdrojů, vyplývající z tohoto zákona, bude umožňovat standardní ekonomickou návratnost projektů na využívání výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů a bude zachován minimálně po dobu 10 let od uvedení zdroje do provozu.

Směrnice 2001/77/EC nestanovila jednotný či doporučený systém podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů, ale národní systémy podpory musí v souladu se Směrnicí umožnit dosažení stanovených národních indikativních cílů. Komise Evropské unie je však zavázána nejpozději do 27. 10. 2005 vyhodnotit zkušenosti, získané členskými státy s používáním různých systémů podpory a případně předložit návrh na sjednocení postupu v rámci Evropské unie.

Po posouzení dosavadních zkušeností zemí Evropské unie se systémy podpory a dosavadního systému podpory v České republice byla zkoumána možnost zavedení několika způsobů podpory, použitelných po úplném otevření trhu. Posouzeny byly zejména:

- systém regulovaných minimálních výkupních cen, vycházející ze současného systému, s tím, že po úplném otevření trhu by byl zaveden systém ekoobchodníka jako povinného výkupce,
- systém poskytování regulovaných příplatků k tržní ceně elektřiny,
- systém povinných kvót podílu elektřiny z OZE stanovený pro dodavatele elektřiny konečným zákazníkům s tím, že jak elektřina, tak vydávané certifikáty by byly předmětem volného obchodu na trhu,
- systém povinných kvót podílu elektřiny z OZE stanovených pro dodavatele elektřiny konečným zákazníkům s tím, že elektřina by byla volně prodejná na trhu, ale cena certifikátů by byla regulovaná jako minimální.

V současné době se jako nejperspektivnější ukazuje systém kvót s obchodovatelnými certifikáty s různou minimální hodnotou podle jednotlivých obnovitelných zdrojů. Tento systém bude doplněn možností použití povinného výkupu za stanovené ceny pro některé obnovitelné zdroje.

## 3.5. Prokazování původu elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů

Výrobci elektřiny z obnovitelných zdrojů jsou povinni prokázat způsobilost výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů formou certifikace obnovitelného zdroje.

Certifikace obnovitelného zdroje bude mít formu zvláštní přílohy k licenci na výrobu.

Zdroje požadující zařazení do podpůrného systému musí o certifikaci zdroje požádat.

K prokazování množství elektřiny, vyrobené z obnovitelných zdrojů, slouží certifikace původu elektřiny, kterou výrobci elektřiny z obnovitelných zdrojů energie demonstrují, že elektřina, kterou prodávají, je vyrobená z obnovitelných zdrojů energie.

Certifikace původu elektřiny musí uvádět zdroj energie, ze kterého byla elektrická energie vyrobená, datum a místo výroby a v případě vodních elektráren i kapacitu,

## 3.6. Zjednodušení právních předpisů

Možné změny českého práva budou projednány v rámci novel zákona stavebního, správního a životním prostředím.

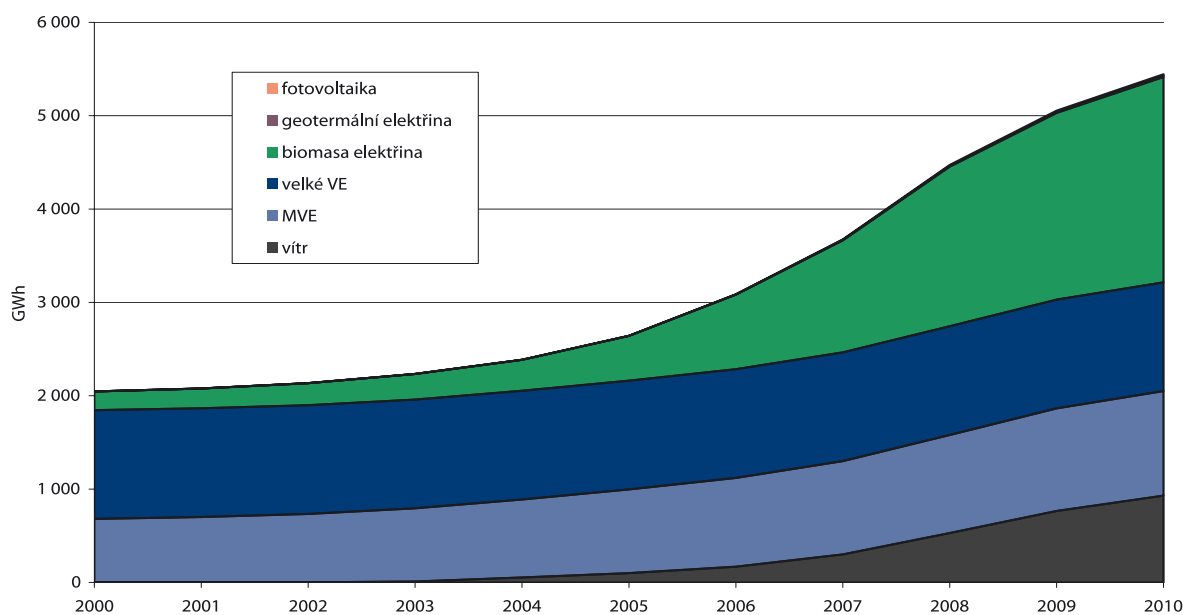
V současné době se pracuje na zmapování současné situace při povolování staveb obnovitelných zdrojů. Již nyní je však možné konstatovat, že situace je velmi špatná. Nemalý podíl na této situaci má i legislativa spojená s ochranou životního prostředí. Ministerstvo životního prostředí připraví na základě analýzy zkušeností materiál, který by měl představit řešení, jak současnou situaci řešit v souladu s článkem 6, Směrnice 01/77/EC. Předpokládá se, že tento materiál bude obsahovat přehled povolovacích procedur. U procedur, kde to bude uznáno za potřebné a možné, bude navržena legislativní úprava.

Z požadavků Směrnice vyplývá, že požadované zjednodušení administrativních procedur bude v podmínkách České republiky velmi složitá a tedy i dlouhodobá záležitost. Nelze tedy předpokládat, že tato problematika bude plně vyřešena v rámci připravovaného zákona o podpoře obnovitelných zdrojů. Je pravděpodobné, že tento zákon vytvoří pouze základní rámec a navrhne zjednodušení pouze některých postupů. Proces zjednodušení admin. procedur pak bude pokračovat i dále.

## 3.7. Rozdělení nákladů na připojení

Tato oblast je a bude kryta energetickým zákonem, předpisy a cenovými rozhodnutími. Při novelizaci energetického zákona a tvorbě souvisejících vyhlášek je třeba zlepšit vymahatelnost příslušných ustanovení. Náklady na připojení výroben elektřiny z obnovitelných zdrojů k síti jsou součástí podpory výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů, tj. zahrnutí vyvedení výkonu do celkových nákladů na výstavbu zdroje při výpočtu minimálních výkupních cen elektřiny.

Směrné cíle pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů v ČR podle Směrnice 2001/77/EU



## 4. Představa o vývoji podílu elektřiny z obnovitelných zdrojů

Evropská Směrnice 2001/77/EC požaduje, aby podíl elektřiny z obnovitelných zdrojů byl v roce 2010 v průměru 21 %. K naplnění tohoto cíle se od nás požaduje dosažení 8 %. I když se jedná o ambiciózní cíl, uvedená hodnota je dosažitelná. Podívejme se na jednotlivé skupiny obnovitelných zdrojů, jak jsou využívány a jaké jsou možnosti jejich dalšího využívání.

### Vodní energetika

Vodní energetika se dělí na dvě skupiny. Malé vodní elektrárny jsou elektrárny s instalovaným výkonem do 10 MW. S vyšším výkonem jsou velké vodní elektrárny. Malé vodní elektrárny vyrobí ročně v průměru 680 GWh elektřiny a velké včetně přečerpávacích 1 580 GWh. Výstavba dalších velkých vodních elektráren je nereálná vzhledem k dnešní ekologické situaci. U malých elektráren je počítáno s dosažením 1 140 GWh výroby v roce 2010.

V Evropské unii se počítá s malými přírůstkem výroby z malých vodních elektráren a to z 37 TWh na 55 TWh (výkon z 9,5 GW na 14 GW); v souhrnu s velkými vodními elektrárnami (jejichž výkon se zvyšuje z 82 GW na 91 GW a výroba z 307 TWh na 355 TWh; tj. o podstatně víc než u malých vodních elektráren), se podíl vodních elektráren na celkové výrobě elektřiny snižuje ze stávajících 13 na 12,4 % v roce 2010.

Současný evropský trend výstavby vodních elektráren zaostává proti předpokladům z Bílé knihy o obnovitelných zdrojích.

### Větrná energetika

Ve větrné energetice jsme na počátku jejího rozvoje. I když jsme v první polovině 90. let měli naději patřit mezi perspektivní výrobce, postupně jsme tuto pozici ztratili. Výroba ze stávajících 22 velkých větrných elektráren s instalovaným výkonem 8,7 MW je představována hodnotou cca 10 GWh. Při plánovaném nasazení je možné k r. 2010 počítat s výrobou 900 GWh.

Podle představ Bílé knihy se v Evropské unii počítalo se zvýšením ze 4 TWh na 80 TWh, čemuž odpovídá zvýšení podílu z 0,2 na 2,8 % očekávané celkové výroby elektřiny v roce 2010 (zvýšení výkonu z 2,5 na 40 GW).

Výstavba větrných elektráren vysoce převyšuje předpoklady z Bílé knihy.

### Biomasa

V biomase je u nás současná výroba elektřiny 200 GWh. U tohoto zdroje, kde počítáme s největšími nárůsty, je v r. 2010 počítáno v elektřině s 2 200 GWh.

V Evropské unii předpokládali u elektřiny zvýšení ze stávajících 22 TWh na 230 TWh, čemuž odpovídá zvýšení podílu z necelé 1 na 8 % očekávané celkové výroby elektřiny v roce 2010.

U biomasy je možné konstatovat, že předpokládaný objem naší výroby 2,2 TWh v roce 2010 není utopií, protože srovnatelná elektrizační soustava, jako je např. finská se současnou výrobou 70 TWh, má dnes výrobu z biomasy 8,6 TWh, a nizozemská soustava s výrobou 89 TWh má dnes již také 3,2 TWh.

### Fotovoltaika a geotermální energetika

U fotovoltaiky, která zaznamenává mohutný rozvoj, předpokládáme v roce 2010 výrobu 15 GWh elektřiny.

V Evropské unii se počítalo s nárůstem výkonu z 30 GW na 3000 GW a u výroby z 0,03 TWh na 3 TWh (podíl 0,1 % očekávané celkové výroby elektřiny v roce 2010). Skutečný vývoj je pomalejší, ale nabírá na tempu.

U geotermálních aplikací se u nás počítá s dosažením 15 GWh v roce 2010.

### Komplexní pohled

Úhrnem se u všech obnovitelných zdrojů chceme posunout z dnešních 2 % podílu na hrubé tuzemské spotřeby primárních energetických zdrojů (cca 1700 PJ) na 6,8 % ze zhruba stejného objemu v r. 2010 (podrobně viz expertní ocenění, které je uvedeno na str. 28).

Výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů je vztahována k hrubé domácí spotřebě elektřiny a je předpoklad, že ze současných 3,6 % ze 64 961 GWh vzroste na, z dnešního pohledu velmi ambiciózních, 8 % ze 68 000 GWh v r. 2010. Pro představu o jaká množství energie se jedná použijeme přirovnání s roční výrobou vodní elektrárny Orlík, která je cca 350 GWh, nebo při zjednodušeném pohledu můžeme uvažovat, že 1 % z hrubé domácí spotřeby elektřiny je představováno výrobou velkých vodních elektráren Orlík, Slapy a Lipno.

## Použité zdroje

Zelená kniha – Energie pro budoucnost – obnovitelné zdroje

Bílá kniha – Energie pro budoucnost – obnovitelné zdroje

Směrnice 2001/77/EC Podpora elektřiny z obnovitelných zdrojů v podmínkách jednotného trhu s elektřinou

Green Paper: Towards to European strategy for security of energy supply

Energetická politika ČR, MPO, Praha 1999

Návrh Státní energetické koncepce, MPO, Praha 2003

EREF: Missing targets, Brussels 2002

Danyel Reiche: Handbook RES in EU, Frankfurt n. M. 2002

Elektra ČVUT FEL: Výkup elektřiny z OZ, Praha 2001

EUROENERGY: Analýza možnosti uplatnění OZ v rámci elektroenergetiky ČR, Praha 2003

SEVEN: Návrh způsobu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů, Praha, 2003

Florian, M.: Analýza dotací v energetice, SEVEN, Praha 1999

SRC International: Národní studie energetické efektivity v ČR, Světová banka, Praha 1999

Státní politika životního prostředí, MŽP, Praha březen 1999

Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)

Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií

Zákon o elektřině z obnovitelných zdrojů – EEG, SRN 2000

Zákon o elektřině z obnovitelných zdrojů, Rakousko 2002

Materiály „EUROSTAT“

Materiály ERÚ



# DALŠÍ ROZVOJ HYDROENERGETIKY

Dipl. t. Libor Šamánek

## 1. Úvod – využívání vodní energie

Potřeba hledat nové, alternativní energetické zdroje a zdokonalovat obnovitelné zdroje již známé je stále naléhavější. Neustále se obnovujícím zdrojem energie je koloběh vody v přírodě. Nejběžnější způsob využívání je její přeměna v energii elektrickou. Právě takto získaná energie se jeví jako ekonomicky nejvýhodnější, když způsob její výroby je navíc ekologicky čistý. Dvacáté století znamenalo nevratně tvář země velkými vodními díly, jejichž realizace jak dnes víme nebyly ve všech případech nutné. Nyní se s ohledem na životní prostředí vracíme zpátky k „malým vodám“. Malé vodní elektrárny se zaručeným výkonem a vyráběnou energií, představují v souhrnu velký energetický zdroj a mohou tak ušetřit mnoho tuhých, plyných a kapalných paliv, která navíc škodí životnímu prostředí.

Přestože vodní energie patří k nejdéle využívaným energetickým zdrojům, měl vývoj jejího využití nerovnoměrný a poměrně pomalý průběh. Rozvoj techniky v této oblasti se na dlouhé období prakticky zastavil a její efektivnost se zvyšovala pouze velikostí vodních kol. Překonání tohoto stavu bylo podmíněno vynálezy, které postupně odstraňovaly některé nevýhody a těžkosti spojené s uplatněním vodní energie. První přetlaková turbína byla sestrojena v roce 1827, Francisova turbína v roce 1847, Peltonova turbína v roce 1880 a Kaplanova turbína v roce 1918. Další rozhodující podstatou rozvoje hydroenergetiky byl přenos elektrické energie na větší vzdálenosti, což přiblížilo zdroje vodní síly k místům spotřeby. První vodní elektrárna vyrábějící střídavý elektrický proud byla Niagara v USA, která byla uvedena do provozu v roce 1896.

Zcela zásadní význam pro rozvoj hydroenergetiky však měla až rozvíjející se elektrizační soustava. Ta umožnila rovnoměrně využít vyrobenou energii jak z velkých, tak i z malých zdrojů a vyrovnala nedostatek způsobený závislostí na měnícím se potenciálu vodních toků v jednotlivých ročních obdobích. Rozvinutá elektrizační soustava využívá možnosti rychlého najetí hydroagregátů v akumulacích elektrárnách při krytí zatížení ve špičkách a energie z průtočných elektráren pro pokrytí základního zatížení. K propojení izolovaně pracujících elektrizačních soustav došlo na území naší republiky až v polovině dvacátého století a připojení k centrálnímu evropskému energetickému systému až v posledních deseti letech.

Teprve v současné době jsou v plné míře splněny všechny rozhodující podmínky k úspěšnému využití i malých vodních energetických zdrojů – byly vyvinuty moderní vodní turbíny s vysokou účinností, spolehlivostí a hlavně ekologicky nezávadné. Máme moderní rozvinutou přenosovou elektrizační soustavu, která umožňuje přenos energie z kteréhokoliv zdroje ke spotřebiteli. Bylo by proto chybou tento čistý, stále se obnovující zdroj energie plně nevyužít.

### 1.1. Situace v oblasti využití hydroenergetického potenciálu na území České republiky

Převážná část hydro potenciálu, kterou bude ještě možno využít, je soustředěna na menších tocích, kde pro výstavbu velkých elektráren VE (nad 10 MW) již nejsou k dispozici příznivé podmínky. Ve stádiu úvah a studií je pouze výstavba přečerpávacích vodních elektráren (PVE), přičemž jejich realizace nemá také zatím konkrétní podobu.

Rozvoj hydroenergetiky v oblasti malých vodních elektráren, tj. do výkonu 10 MW (dále jen MVE), doznal v období od roku 1990 na území České republiky výrazného pokroku. V této souvislosti došlo také k významnému posunu v poměru energeticky využitých k dosud nevyužitým lokalitám, jinak řečeno v poměru energetického využití vodních toků. Hodnota uvádějí využití celého našeho hydropotenciálu (cca 1500 GWh), zhruba na 50 %, je v posledním období cca od r. 2001 upravována hlavně se zřetelem na hydrologické podmínky a skutečně ještě využitelný spád. Přijatelnější odhad počítá již se 70 % využitého potenciálu a pouze se 30 % k dispozici pro využití. Potenciál zbývající k využití má již výrazně horší hydrologické podmínky než potenciál využitý, z čehož vyplývá, že ekonomie u budoucích realizací se bude vyznačovat delší dobou návratnosti investic a tím i sníženým zájmem investorů. Zřejmě krajní mezí pro již méně ekonomické podnikatelské záměry se zřetelem na hydrologické podmínky je hranice spádu kolem hodnoty 2 m.

Z provedených šetření lze rozdělit dosud nevyužívaný hydroenergetický potenciál podle četnosti lokalit na vodních tocích se zřetelem na získání spádu do tří skupin:

- **spád větší než 5 m** četnost 10 %,
- **spád od 2 do 5 m** četnost 55 %
- **spád menší než 2 m** četnost 35 % (extrémně nízké spády)

Z tohoto pohledu je zřejmé, že obecně udávaná hodnota našeho využitelného potenciálu v MVE na úrovni 1500 GWh/r představuje teoreticky plné pokrytí vodních toků stávajícími a nově doplněnými vzdouvacími objekty, navazujícími svým vzduťm. V současné době však povolují rozhodující vodoprávní orgány stavby nových jezových stupňů jen velmi zřídka a ani perspektivně nelze uvažovat o jiných podmínkách (zvláště po nedávných povodních). Znamená to vyhledávat jezové stupně, které jsou dosud bez energetického využití, a lokality po bývalých vodních dílech, kde je možná obnova. Je také třeba hledat nové možnosti využití hydroenergetického potenciálu, aby pokračoval další rozvoj hydroenergetiky, což je právě tématem pro tuto publikaci (kap. 3).

## 2. Vodní toky – jejich hydroenergetický potenciál

Vodní toky na území České republiky jsou řízeny celkem pěti správami. Jsou to – Povodí Labe, Povodí Vltavy, Povodí Ohře, Povodí Moravy a Povodí Odry. Do konce roku 2000 měly charakter akciových společností a od roku 2001 jsou státními podniky. Vedou veškerou legislativu provozu, užívání a využívání toků v rozvodí těchto řek. Hydroenergetický potenciál je rozložen i využíván nerovnoměrně, což je způsobeno právě hydrologickými podmínkami na území republiky.

**Technicky využitelný hydroenergetický potenciál toků v ČR do 10 MW dělený podle dílčích povodí**

Povodí	Výkon MW	Výroba GWh/rok
<b>Labe</b>	114	420
<b>Vltava</b>	164	430
<b>Ohře</b>	78	300
<b>Odra</b>	56	100
<b>Morava</b>	100	250
<b>Celkem</b>	<b>512</b>	<b>1500</b>

### 2.1. Současný stav ve využití hydroenergetického potenciálu u jednotlivých povodí

V přehledu jsou uvedena v % využití stávajícího potenciálu z hlediska objemu výroby u vybraných toků.

**Povodí LABE:**

<b>Labe</b> 90 %	<b>Černá Nisa</b> 65 %	<b>Divoká Orlice</b> 70 %	<b>Doubrava</b> 65 %	<b>Chrudimka</b> 65 %
<b>Jizera</b> 85 %	<b>Kamenice</b> 80 %	<b>Loučná</b> 75 %	<b>Lužická Nisa</b> 80 %	<b>Novohradka</b> 65 %

V působnosti povodí Labe je v provozu 540 MVE, o celkovém instalovaném výkonu 110 MW. Převážná většina nejvýhodnějších lokalit je obsazena a energeticky využívána. Na středním úseku Labe jsou lokality obsazeny – v případech kde k realizaci nedošlo, se vyskytly technické komplikace, nebo realizace vycházela ekonomicky nevýhodně. Spády na nevyužitých lokalitách se pohybují v průměru od 1,2 do 2,5 m. Horní úsek Labe je využit téměř na 100 %. Na dolním úseku Labe pod Ústím nad Labem se připravuje výstavba dvou zdymadel, která budou dispozičně řešena tak, aby mohla být v budoucnu též využita energeticky. Na ostatních tocích by realizace nových vzdouvacích objektů byla velmi komplikovaná, především z hlediska ekologických požadavků.

**Povodí VLTAVY:**

<b>Vltava</b> 90 %	<b>Malše</b> 80 %	<b>Černá</b> 100 %	<b>Stropnice</b> 50 %	<b>Lužnice</b> 50 %	<b>Kamenice</b> 60 %
<b>Žirovnice</b> 60 %	<b>Nežárka</b> 60 %	<b>Hamerský potok</b> 30 %	<b>Nová řeka</b> 70 %	<b>Smutná</b> 50 %	<b>Otava</b> 40 %
<b>Ostružná</b> 50 %	<b>Volyňka</b> 40 %	<b>Blanice</b> 40 %	<b>Zlatý potok</b> 60 %	<b>Lomnice</b> 30 %	<b>Skalice</b> 30 %
<b>Brzina</b> 30 %	<b>Mastník</b> 30 %	<b>Sázava</b> 70 %	<b>Želivka</b> 50 %	<b>Trnava</b> 80 %	<b>Blanice</b> 50 %
<b>Mže</b> 40 %	<b>Radbuza</b> 40 %	<b>Úhlava</b> 50 %	<b>Berounka</b> 70 %	<b>Úslava</b> 20 %	<b>Klabava</b> 30 %
<b>Střela</b> 30 %	<b>Litavka</b> 30 %	<b>kanál Vraňany–Hořín</b> 15 %			

Lokality dosud nevyužité mají výrazně horší hydrologické podmínky. Jedná se převážně o využití velmi nízkých spádů, v rozmezí 1,2 až 2,5 m. Ekonomie investic na těchto lokalitách bude za současných podmínek jen stěží rentabilní.

## Povodí OHŘE:

<b>Bílina</b> 70 %	<b>Blšanka</b> 60 %	<b>Bystrá</b> 65 %	<b>Bystřice</b> 60 %	<b>Bílý Halštrov</b> 50 %	<b>Černá</b> 70 %
<b>Flájský potok</b> 80 %	<b>Chomutovka</b> 75 %	<b>Kamenice</b> 85 %	<b>Luční potok</b> 70 %	<b>Lužec</b> 75 %	
<b>Odrava</b> 60 %	<b>Ohře</b> 90 %	<b>Ploučnice</b> 90 %	<b>Rolava</b> 80 %	<b>Rotava</b> 75 %	<b>Skřiván</b> 70 %

O budování nových jezových stupňů na Povodí Ohře nelze uvažovat vzhledem k hydrologickým dispozicím toků. Také umělé zvyšování přelivných hran jezů pro dosažení vyšších spádů bude možné jen zřídka. V obvodu působnosti Povodí Ohře jsou až na malé výjimky téměř všechny využitelné lokality vyčerpány. Za současných ekonomických podmínek, kdy návratnost investic u nevhodnějších lokalit se pohybuje v desítkách let, nelze v budoucnu očekávat větší zájem o výstavbu malých vodních elektráren.

## Povodí ODRY:

<b>Odra</b> 50 %	<b>Opava</b> 55 %	<b>Moravice</b> 50 %	<b>Ostravice</b> 65 %	<b>Olše</b> 45 %
<b>Stonávka</b> 45 %	<b>Bělá</b> 60 %	<b>Morávka</b> 50 %	<b>Čeladěnka</b> 30 %	<b>Mohelnice</b> 45 %
<b>Č. Ostravice</b> 45 %	<b>Černý potok</b> 30 %	<b>Lučina</b> 30 %	<b>Lomná</b> 45 %	<b>Olešnice</b> 50 %

Vyššímu využití brání ohrožení velkými vodami a také přístup Správy toku, který je pro výstavby MVE málo vstřícný.

## Povodí MORAVY:

<b>Morava</b> 70 %	<b>Bečva</b> 70 %	<b>B. Rožnovská</b> 70 %	<b>B. Vsetínská</b> 60 %	<b>Moštěnka</b> 50 %	
<b>Olešnice</b> 50 %	<b>Strhanec</b> 90 %	<b>Bystřička</b> 50 %	<b>Hloučela</b> 70 %	<b>Boleloucký náhon</b> 100 %	
<b>Třebůvka</b> 50 %	<b>Stř. Morava</b> 80 %	<b>Oskava</b> 50 %	<b>Juhyně</b> 50 %	<b>Stanovice</b> 70 %	
<b>Mor. Sázava</b> 60 %	<b>Desná</b> 70 %	<b>Branná</b> 50 %	<b>Merta</b> 50 %	<b>Březná</b> 50 %	<b>Olšava</b> 40 %
<b>Dřevnice</b> 60 %	<b>Rusava</b> 40 %	<b>Dyje</b> 70 %	<b>Svratka</b> 80 %	<b>Svitava</b> 70 %	<b>Křetínka</b> 40 %
<b>Moravská Dyje</b> 50 %	<b>Želetavka</b> 40 %	<b>Jihlava</b> 60 %	<b>Oslava</b> 50 %	<b>Rokytná</b> 40 %	<b>Bělá</b> 50 %

Zbývající volné lokality pro energetické využití v Povodí Moravy jsou pouze na dolních tocích a vyznačují se až na malé výjimky velmi nízkými spády, převážně do 2 m. Některé lokality Povodí Moravy ve svých vyjádřeních pro energetické využití nedoporučuje v souvislosti s možným ohrožením při velkých vodách.

Z přehledu o obsazení vodních toků z hlediska energetického využití vyplynulo, že zhruba ze 2/3 jsou říční toky obsazeny (čemuž nemusí odpovídat optimální využití) – zbylá třetina volných lokalit na tocích již disponuje ekonomicky méně výhodným potenciálem (nízké a extrémně nízké spády).

Navíc výhodnější lokality ze zbytku si Správy toků rezervují pro vlastní investice, pro ostatní investory tak zbývá jen menší část potenciálu, ekonomicky méně zajímavá. Právě proto se do popředí zájmu dostávají tzv. jiné možnosti energetického využití a především i optimalizace velkého počtu starých provozovaných MVE.

## 3. Jiné možnosti využití hydropotenciálu

Mimo nejčastější a nejběžnější využívání energie stavbou nových MVE na vodních tocích se nabízejí i další možnosti pro získání energie:

1. využití retenčních nádrží a rybníků, případně jiných akumulčních nádrží, kde je možnost získání vhodného rozdílu hladin s málo se měnícím spádem a také průtočné množství vody vykazuje malé změny, vyrovnávané retenční nádrže,
2. využití vodárenských objektů, vybudovaných pro účely zásobování pitnou nebo užitkovou vodou, kde je možno získat téměř konstantní vysoké spády s průtoky bez větších změn,
3. rekonstrukce MVE se zastaralou technologií, což je více než polovina všech MVE, které jsou provozovány se soustrojími z let 1930 až 1950, kde jsou možnosti modernizací a optimalizací provozu získat další potenciál při nízké investici.

### 3. 1. Využití přehradních nádrží, retenčních nádrží a rybníků

V České republice je zhruba 20 000 rybníků o celkové ploše přes 50 tis. ha. Většinu z nich, o ploše cca 45 000 ha, obhospodařuje Český rybářský svaz a Státní rybářství. Jejich energetické využití je zatím minimální a naráží na množství dosud nevyřešených problémů. Již před více než 10-ti lety byla posuzována možnost energetického využití u zhruba 200 rybníků. Byl pořízen jejich seznam a ve spolupráci s tehdejší Svazem ochránců přírody bylo vypracováno několik studií, při nichž bylo posuzováno:

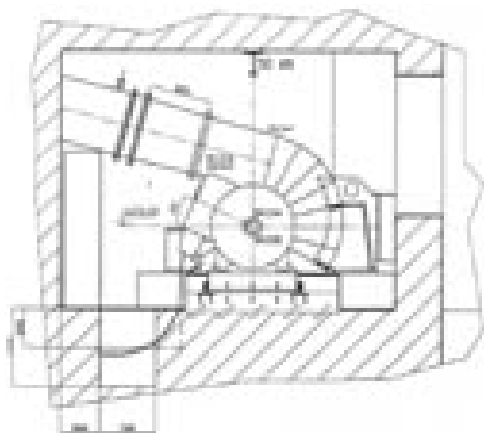
- vliv denního kolísání hladiny na vodní ptactvo,
- vliv kolísání hladiny na faunu a floru,
- jiná problematika budování MVE na rybnících.

Závěry provedených studií, které se zabývaly touto problematikou, vyjádřily zásadní hlediska pro budování MVE na rybnících, ze kterých vyplynula nutnost diferencovaného přístupu k instalaci MVE s ohledem na zabezpečení produkce ryb a nutnost před realizací zvažovat všechny ekologické i ekonomické aspekty.

Z 220 sledovaných rybníků bylo zatím energeticky využito zhruba 20%. MVE je možné podobně jako u derivačních MVE na tocích projektovat jako průtočné tam kde má rybník pravidelný odtok. U rybníků, které jsou doplňovány pouze v intervalech a voda má možnost rybník kanálem obtékat, bude MVE projektována jako akumulční, pro provoz pouze v energetických špičkách. U těchto MVE se špičkovým provozem je požadováno omezit max. kolísání hladiny do 10 cm, výjimečně však do 20 cm. Kolísání hladiny je závislé na mnoha okolnostech, hlavně však na dispozicích a velikosti nádrže. Charakteristické pro MVE na nádržích jsou tedy pouze malé změny spádu a také možnost vyrovnávání změn průtoku. Na technologii takových MVE potom nejsou kladeny nároky na regulovatelnost a je proto technicky jednodušší a tím i levnější. Předpokládaný využitelný výkon na cca 200 nádržích je odhadován na 4000 kW. Jinou možností může být využívání sanačního odtoku z provozovaných nádrží. Každá taková přehradní nádrž musí mimo svůj základní účel (vodárenský, energetický) zajišťovat také stanovený minimální odtok, zejména z hygienického hlediska, který se dá rovněž využít. Energetické využití tohoto průtočného množství vody je navíc velice ekonomické, vzhledem ke stavební připravenosti veškerého zařízení – vzdouvací a vtokový objekt, přívodní a odpadní potrubí včetně uzávěrů – takže investice zbývá pouze na připojení energetického zařízení. U těchto záměrů lze z poslední doby jako příklad uvést energetické využití sanačního průtoku u nádrží Mohelno a Lipno. U těchto projektů potom vychází velice zajímavá návratnost investic za 3–4 roky.

#### Příklad 1 – projekt realizovaný v roce 1999

Vyrovňovací nádrž Mohelno–Třebíč, využití sanačního průtoku připojením MVE na potrubní systém základové výpusti.

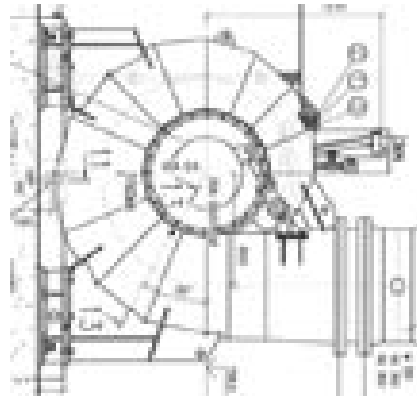


<b>Říční tok</b>	Jihlava, ř. km 59,2
<b>Roční výroba</b>	3 480 MWh
<b>Průtok</b>	od 0,2 do 2 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>
<b>Spád</b>	od 23 do 35,6 m
<b>Průtok</b>	Q <sub>max</sub> = 2 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>
<b>Spád návrhový</b>	H <sub>n</sub> = 30 m
<b>Instalovaná turbína</b>	Francis F 22

<b>Elektrický výkon</b>	P <sub>inst.</sub> = 577 kW
<b>Turbíny – počet</b>	1 ks
<b>Roční výroba</b>	E = 1 040 MWh
<b>Návratnost investic</b>	4 roky

## Příklad 2 – projekt realizovaný v r. 1999

Přehradní hráz, vodní nádrž Lipno, vodní tok Vltava (sanační průtok).



<b>Průtok</b>	$Q_n = 1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	
<b>Spád</b>	$H_n = 18,6 \text{ až } 20,7 \text{ m}$	
<b>Turbíny – počet</b>	1 ks	
<b>Elektrický výkon</b>	$P_{\text{inst}} = 301,5 \text{ kW}$	<b>Instalovaná turbína</b> Francis, horizontální – spirální, typ F 23
<b>Roční výroba</b>	$E = 2 \text{ 100 MWh}$	<b>Návratnost investic</b> 3 roky

## 3.2. Využití vodárenských objektů budovaných pro účely zásobování pitnou vodou

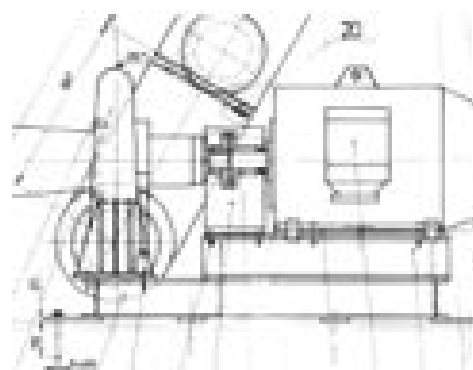
Tato možnost realizace MVE dlouho vyvolávala obavy z možné kontaminace vody ropnými produkty použitou technologií. Moderní technologie s použitím samomazných ložisek však i zde umožňuje energetické využití. První MVE byly již před téměř 20 lety instalovány na vodárenských nádržích např. Stanovice u Karlových Varů, nebo Řimov u Českých Budějovic. V současnosti jsou již využity desítky vodárenských nádrží a jejich další výstavba pokračuje – např. Křetínka (120 kW), Boskovice (100 kW), Hradiště SVČ (2400 kW), Jizerský vrch (160 kW), Teplice SVČ (110 kW), atp. Výhodou těchto realizací je vysoký spád s pravidelným režimem změn a jen málo se měnící průtok. Nejvýraznějším kladem těchto realizací je jednoduché zabudování do objektu a z toho plynoucí minimální investice na stavební část. Výsledkem je potom velmi příznivá návratnost investic. Budování MVE na vodárenských nádržích bude proto ze všech hledisek výhodné a prospěšné, když současně vyřeší i problematiku související hlavně se systémy pitné – upravené vody. Je proto nutno brát zřetel především na tyto technické problémy:

1. Zamezit jakékoliv možné kontaminaci vody (hydraulický okruh bez maziv), mazat pouze vodou.
2. Vyloučit spolehlivě hydraulické rázy v systému u jakýchkoliv přechodových stavů soustrojí.
3. Zabezpečit nepřerušovanou dodávku vody (řídící systém, který synchronizuje provoz vodárny a MVE).
4. Technologii nutno připojit do stávajících podmínek hydraulického systému vodárny.
5. Zabezpečit provoz soustrojí na možnost změny spádových poměrů.

Pokud bude při projektu brán maximální zřetel na výjimečnost těchto lokalit a budou splněny všechny uvedené technické problémy je možné předpokládat od provozovatelů vodáren větší zájem o takové využití MVE.

## Příklad 1 – projekt realizovaný v r. 1998

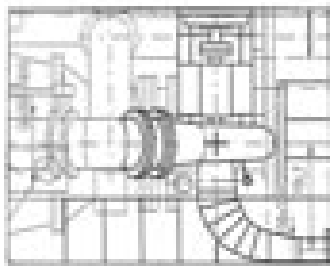
Místo instalace – vodojem v Ústí nad Labem, vodní tok Větruše.



<b>Průtok</b>	$Q_{\text{max}} = 0,225 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	
<b>Počet turbín</b>	1 ks	
<b>Spád návrhový</b>	$H_n = 73 \text{ m}$	<b>Instalované zařízení</b> turbína Francis, horizontální.
<b>Elektrický výkon</b>	$P_{\text{inst}} = 122,2 \text{ MWh}$	<b>Návratnost investic</b> 3 roky

## Příklad 2 – projekt realizovaný v r. 2002

Místem instalace je vodárenská nádrž Křetínka – Letovice. Levý obrázek dokumentuje rozpracovanost při instalaci MVE, půdorysné zobrazení vpravo pak připojení soustrojí do trubního systému pro vypouštění sanačního množství pod přehradou.



**Tok** Křetínka, ř. km 1,8  
**Průtok**  $Q_t \text{ max} = 1,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$   
**Spád návrhový**  $H_n = 22 \text{ m}$   
**Roční výroba** 1 050 MWh

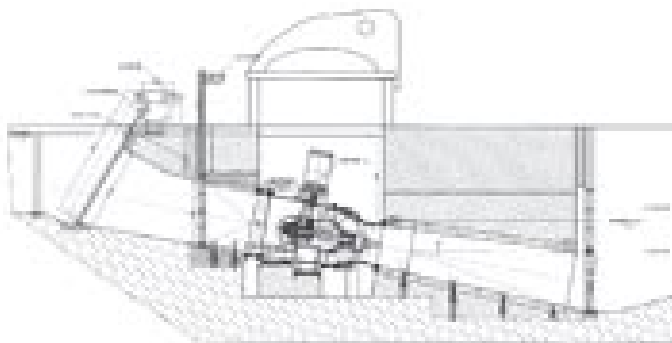
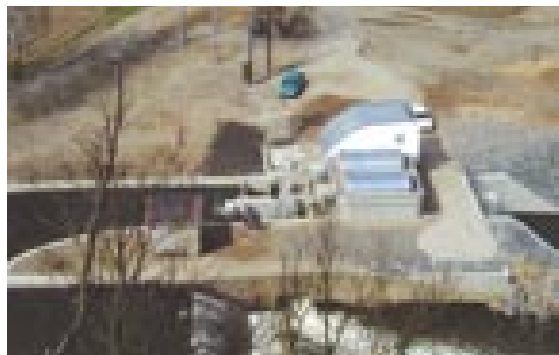
**Technologie** 2× Francisova turbína a 1× turbínové čerpadlo  
**El. výkon**  $P_{\text{inst}} = 210 \text{ kW}$   
**Návratnost investice** 9 roků

### 3.3. Rekonstrukce MVE se zastaralou technologií

Z celkového počtu zhruba 1 300 MVE je více než 60 % ještě stále osazeno původní zastaralou technologií z let 1920 až 1950, která vykazuje účinnosti v průměru o 15 % nižší než dnes moderní technologie. Je to téměř 800 MVE s původními turbínami Francis, Reiffenstein a Kaplan, často ještě s původními převody palečným soukolím, řemenovým převodem (převážně plochý řemen) a s původním kuželovým soukolím. U těchto turbosoustrojí se účinnost měřena na svorkách generátoru pohybuje v mezích od 60 do max. 80 %, podle technického stavu. Pokud uvažujeme v průměru u 800 MVE účinnost pouze 70 % což ve srovnání s dnešními moderními turbosoustrojími (účinnost běžně 85 %) představuje ztrátu 15 %. Tyto staré MVE také převážně nevyužívají optimálně ve své lokalitě hydropotenciál, vlivem nedokonalého provozního zabezpečení řídicím systémem (automatiky, hladinové regulace apod). Staré technologie již také často nesplňují ani ekologickou bezpečnost na říčním toku.

## Příklad 1 – projekt realizovaný v roce 2000

Příklad výstavby MVE v lokalitě původního vodního díla (Panovský mlýn) z r. 1928.

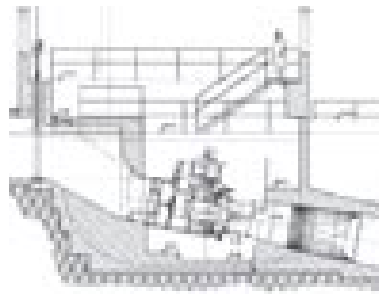


**Místo instalace** Ivančice, tok Jihlava  
**Dříve** elektrárna a mlýn s výkonem 37 kW  
**Elektrický výkon**  $P_{\text{inst}} = 334 \text{ kW}$   
**Roční výroba** 1 228 MWh

**Prostá doba návratnosti** 13 let  
**Spád návrhový**  $H_n = 2,85 \text{ m}$   
**Technologie** přímoproudé turbíny typu Kaplan  
**Hltnost turbíny**  $Q_{\text{max}} = 6,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

## Příklad 2 – projekt realizovaný v r. 2000

Příklad rekonstrukce v lokalitě bývalého vodního díla MVE Okrouhlice – Havlíčkův Brod.



<b>Tok</b>	Sázava ř. km 153,45	<b>Technologie</b>	přímoproudá turbína Kaplan
<b>Dříve</b>	mlýn a elektrárna s výkonem 53 kW	<b>Průtok turbínou</b>	$Q = 6,53 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
<b>Výkon</b>	$P_{\text{inst}} = 75 \text{ kW}$	<b>Spád návrhový</b>	2,4 m
<b>Roční výroba</b>	$E = 362 \text{ MWh}$	<b>Návratnost investic</b>	do 10 roků

## 4. Vyhodnocení základních ukazatelů technického stavu starých provozovaných MVE

Abychom se co nejlépe přiblížili hodnotě nevyužitého objemu výkonu a výroby na provozovaných MVE starých 50 a více let, zvolili jsme vzorek cca 120ti MVE, dříve v majetku ČEZ, a. s., které po privatizaci přešly do majetku různých subjektů. Přehled o hydrologických podmínkách, výkonech a výrobě těchto MVE je zpracován do příložených tabulek a vyhodnocen. Základní – původní hodnoty jsou z r. 1993 z posledního zpracovaného posouzení provozu a ekonomie MVE v resortu energetiky ČR před předáním Fondu národního majetku (privatizací).

Porovnávané hodnoty výkonu a výroby jsou získány od současných provozovatelů, nebo také vyhodnoceny ze stávajících hydrologických podmínek. Převážná většina těchto MVE z let 1920 až 1950 je provozována s původní technologií, i když je možnost, že u některých mohlo v poslední době dojít ke změnám, které tento přehled již nezaznamenal. Přesnost vyhodnocení proto může vykazovat chybu max. do 10 %, což pro tento účel je postačující. Vyhodnocení tabulek je nutno považovat za orientační, sloužící pro zvážení možných postupů k získání tohoto zatím nevyužívaného potenciálu.

Za současných hydrologických podmínek a technického stavu technologického zařízení na sledovaných MVE bylo v součtech dosaženo těchto výsledků:

<b>dosažitelný výkon sledovaných MVE</b>	<b>P dosaž. = 90,1 MW</b>
<b>roční výroba elektrické energie MVE</b>	$E_{\text{nyní}} = 305\,730 \text{ MWh}$
<b>možný optimální výkon podle hydrologických podmínek</b>	$P_{\text{možné}} = 108,6 \text{ MW}$
<b>možnost dosažení roční výroby v průměrně vodném roce</b>	$E_{\text{možnost}} = 404,4 \text{ MWh}$

Po rekonstrukcích, modernizacích, nebo jen optimalizaci provozu sledovaných MVE by došlo ke zvýšení celkového výkonu na těchto MVE o 18,5 MW a k průměrnému zvýšení výroby o 98 660 MWh. Hodnota těchto čísel by byla ještě zajímavější, pokud by se vyhodnotily investice na tyto rekonstrukce v porovnání s investicemi na novou komplexní výstavbu MVE. Přitom je zřejmé, že již zajištění lokalit o tomto potenciálu by nebylo v reálném časovém horizontu jednoduché.

Pokud se jeví rekonstrukce takového počtu MVE a hlavně její finanční zajištění příliš složitě, je třeba brát v úvahu, že i ne příliš nákladná základní modernizace MVE, nebo i důsledné seřízení pro optimální provoz, přinese nemalé zvýšení výroby. Také je nutno připomenout, že uvedený vzorek MVE je brán pouze z menší části, když celkový počet podobných MVE u nás provozovaných odhadujeme na 800.

Uvedené vyhodnocení využitelného potenciálu je pouze prvním informativním krokem – teprve širší ekonomické posouzení případných rekonstrukcí a případné zajištění podpor pro jejich zainvestování, může nastartovat rychlé zvyšování podílu výroby z našich obnovitelných zdrojů.

Číslo	Název MVE	Tok	Spád	Průtok	Výkon	Výroba	Rok instal.	Možný výkon	Možná výroba
REP			m	m <sup>3</sup> /s	kW	MWh		kW	MWh
1	Kostelec n. L	Labe	3,25	90	2100	10 000	1934	2300	12 000
2	Brandýs	Labe	3,25	90	2000	10 000	1934	2300	12 000
3	Tři Chaloupky	Labe	2,84	53	1120	6 000	1948	1200	6 000
4	Hradištko	Labe	2,9	80	1920	7 000	1953	1920	8 000
5	Kostomlátky	Labe	3,5	80	2450	10 000	1954	2500	12 000
6	Nymburk	Labe	2,7	92	1310	6 000	1924	1600	8 000
7	Poděbrady	Labe	2,5	60	1040	5 500	1917	1200	6 500
8	Starý Kolín	Labe	2,4	24	450	1 000	1914	470	1 800
9	Předměřice	Labe	7,6	34,2	1940	8 200	1953	2000	9 000
10	Smiřice	Labe	8,9	34,2	2400	10 700	1952	2500	13 000
11	Hradec Král. I	Labe	3,9	30	750	2 800	1926	900	3 500
12	Jaroměř I	Labe	1,8	8,4	100	350	1930	120	500
13	Jaroměř II	Labe	2,1	6	90	350	1930	100	400
14	Srnojedy	Labe	3,6	75	1960	6 500	1947	2200	8 000
15	Přelouč	Labe	3,5	85	1750	6 000	1927	2000	7 500
16	Les Království	Labe	17,6	7	1120	5 800	1922	2000	10 800
17	Vrchlabí	Labe	4,2	4	120	400	1923	135	550
18	Pardubice	Labe	3,9	62	1350	6 000	1978	1900	8 000
19	Maršov	Úpa	10,5	4	300	700	1921	340	1 000
20	Havlovice	Úpa	2,6	6,5	140	450	1943	140	600
21	Mířejovice	Vltava	3,9	150	3500	17 000	1924	5000	22 000
22	České Vrbné	Vltava	6	37	1440	6 000	1985	1600	7 500
23	Sokolský ostr.	Vltava	3,4	28	720	2 500	1930	760	3 500
24	Polka	Vltava	16	4	420	1 000	1912	500	2 000
25	Františkov	Vltava	26	1,6	330	600	1928	330	1 200
26	Kadaň	Ohře	8,8	31	2200	5 000	1972	2200	7 000
27	Tršnice	Ohře	1,8	5	70	350	1930	70	350
28	Vršovice	Ohře	2,5	18	390	1 400	1939	390	1 600
29	Libochovice	Ohře	2,5	12	180	300	1900	200	800
30	Benešov	Ploučnice	2,3	6,5	100	400	1924	120	500
31	Rudolfov I	Černá Nisa	180	0,72	850	1 200	1926	1000	3 000
32	Rudolfov II	Černá Nisa	9,5	0,72	50	140	1927	55	200
33	Rudolfov III	Černá Nisa	11	0,6	50	120	1921	55	200
34	Andělská Hora	Lužická Ni.	9,7	1,8	150	800	1907	150	800
35	Jablonec n. Nis	Lužická Ni.	36,6	1,8	440	1 350	1911	500	1 800
36	Meziboří	Fláje	245	3,6	6600	8 000	1960	6600	11 000
37	Kačov	Jizera	3,2	24	400	1 500	1920	540	2 000
38	Rožátov	Jizera	1,9	19	210	600	1917	250	1 000
39	Bakov	Jizera	2,6	20	300	1 200	1922	400	1 600
40	Ptýrov	Jizera	2,8	22,5	450	1 300	1926	500	2 000
41	Hněvousice	Jizera	3,7	12	340	1 400	1912	360	1 500
42	Hubálov	Jizera	2,1	14	200	600	1939	240	1 000
<b>S O U Č E T</b>					<b>43800</b>	<b>156 510</b>		<b>49 645</b>	<b>201 700</b>

Rozvodný podnik	STE	SČE	JČE	VČE
-----------------	-----	-----	-----	-----



Číslo	Název MVE	Tok	Spád	Průtok	Výkon	Výroba	Rok instal.	Možný výkon	Možná výroba
REP			m	m <sup>3</sup> /s	kW	MWh		kW	MWh
1	Kořenov I	Jizera	29,5	4,25	850	2 000	1928	1 000	3 500
2	Kořenov II	Jizera	6	4,14	170	400	1918	200	800
3	Spálov	Jizera	23,1	12	1 900	8 500	1926	2 200	10 000
4	Turnov I	Jizera	3,3	14,3	300	900	1921	370	1 400
5	Turnov II	Jizera	2,8	13,4	260	500	1938	300	1 200
6	Mokropsy	Berounka	1,7	7,2	100	280	1934	100	400
7	Řevnice	Berounka	1,5	12	110	500	1932	140	600
8	Zadní Třebáň	Berounka	1,7	10	100	500	1934	130	580
9	Černošice	Berounka	1,7	15	120	430	1919	200	800
10	Darová	Berounka	2,9	18	220	1 000	1926	400	1 400
11	Krhanice	Sázava	5,7	11	400	2 000	1923	500	2 000
12	Nespeky	Sázava	1,7	9,4	130	500	1930	130	550
13	Městečko	Sázava	1,8	14	130	550	1947	200	800
14	Rataje	Sázava	1,4	9	80	320	1915	100	400
15	Albrechtice	Orlice	2,7	26,1	400	1 200	1925	500	2 000
16	Hradec Král. II	Orlice	2,9	18,8	390	450	1938	430	1 700
17	Hradec Král. III	Orlice	2,3	35	450	1 500	1949	600	2 400
18	Pastviny I	Divoká Orlice	27	12	2 730	5 000	1938	3 000	10 000
19	Pastviny II	Divoká Orlice	5	5	190	600	1947	200	1 000
20	Litice	Tichá Orlice	23,5	4,4	720	3 000	1932	820	4 200
21	Týniště	Bělá	5,2	1,4	53	150	1927	60	240
22	Krčín	Metuje	2,6	4	80	300	1942	85	400
23	Hronov	Metuje	3,2	2,3	50	200	1909	55	250
24	Práčov I	Chrudimka	92	10	1 200	13 000	1952	7 400	15 000
25	Práčov II	Chrudimka	7,8	4	280	700	1954	280	1 000
26	Seč	Chrudimka	38	9,5	3 000	4 000	1956	3 050	6 000
27	Vydra	Vydra	239	3,7	5 400	20 000	1939	6 500	26 000
28	Čeňkova pila	Vydra	9,3	1,6	90	400	1912	120	550
29	Černé Jezero	Černé Jezero	274	0,8	1 400	800	1930	1 600	1 500
30	Bystřice	Úhlava	5,2	2,35	70	300	1916	95	400
31	Hracholusky	Mže	27	11,5	2 500	8 000	1964	2 500	11 000
32	Stod	Radbuza	2,3	3,5	40	200	1914	65	300
33	Železná Ruda	Řezná	25	0,24	45	180	1932	50	220
34	Radešov	Otava	4,25	3,3	110	580	1930	110	700
35	Písek II.	Otava	1,9	30	315	1 500	1951	400	2 000
36	Soběnov	Černá	59,3	3,5	1 230	4 000	1924	1 600	6 000
37	Dívčí Kámen	Křemežský p.	26	0,9	150	400	1939	180	700
38	Blanice	Blanice	5,1	2,7	112	500	1940	110	500
39	Husinec	Blanice	26	2,5	490	1 500	1953	520	2 000
40	Protivín	Blanice	2,4	2,1	32	190	1937	40	220
<b>S O U Č E T</b>					<b>26 397</b>	<b>87 030</b>		<b>36 340</b>	<b>120 710</b>

Rozvodný podnik	STE	ZČE	JČE	VČE
-----------------	-----	-----	-----	-----

Číslo	Název MVE	Tok	Spád	Průtok	Výkon	Výroba	Rok inst.	Možný výkon	Možná výroba
REP			m	m <sup>3</sup> /s	kW	MWh		kW	MWh
1	<b>Rožmberk</b>	<b>Lužnice</b>	5,4	6	260	700	1922	<b>260</b>	<b>1 000</b>
2	<b>Metel</b>	<b>Nežárka</b>	1,8	5,5	75	100	1941	<b>80</b>	<b>320</b>
3	<b>Šindelna</b>	<b>Nežárka</b>	2,2	2,5			1896		
4	<b>Devět Mlýnů</b>	<b>Nežárka</b>	2,1	3,5	60	140	1941	<b>60</b>	<b>240</b>
5	<b>Soběslav</b>	<b>Nežárka</b>	1,8	4,6			1906		
6	<b>Dírná</b>	<b>Dírenský p.</b>	5	0,4			1936		
7	<b>Želivka</b>	<b>Želivka</b>	35	8,7	2 160	5 000	1925	<b>2 400</b>	<b>8 000</b>
8	<b>Harta</b>	<b>Smědá</b>	15	3,66	300	1 200	1906	<b>400</b>	<b>1 600</b>
9	<b>Víska</b>	<b>Smědá</b>	10	5,24	360	1 200	1936	<b>410</b>	<b>1 600</b>
10	<b>Mikulovice</b>	<b>Bělá</b>	4	3,2	70	350	1914	<b>100</b>	<b>500</b>
11	<b>Kružberk I.</b>	<b>Moravice</b>	75	7	3 800	13 000	1963	<b>4 200</b>	<b>15 000</b>
12	<b>Kružberk II.</b>	<b>Moravice</b>	4,3	2,7	100	300	1963	<b>100</b>	<b>400</b>
13	<b>Hor. Václavov</b>	<b>Moravice</b>	9,8	1,3	90	270	1930	<b>100</b>	<b>400</b>
14	<b>Brantice</b>	<b>Opavice</b>	2,8	5	80	320	1938	<b>110</b>	<b>500</b>
15	<b>Krnov</b>	<b>Opavice</b>	2	6	70	250	1939	<b>90</b>	<b>350</b>
16	<b>Červený Dvůr</b>	<b>Desná</b>	3,8	7	120	300	1926	<b>200</b>	<b>700</b>
17	<b>Loučná</b>	<b>Desná</b>	17	1,7	220	700	1923	<b>230</b>	<b>900</b>
18	<b>Loštice</b>	<b>Třebůvka</b>	2,7	2,8	50	150	1942	<b>60</b>	<b>220</b>
19	<b>Mohelnice</b>	<b>Morava</b>	3,5	13,5	270	900	1938	<b>320</b>	<b>1 200</b>
20	<b>Nové Mlýny</b>	<b>Morava</b>	3,2	28	580	800	1933	<b>650</b>	<b>2 000</b>
21	<b>Háj</b>	<b>Morava</b>	3	13,2	300	1 200	1932	<b>300</b>	<b>1 500</b>
22	<b>Březová</b>	<b>Morava</b>	2	7	120	250	1934	<b>250</b>	<b>800</b>
23	<b>Litovel</b>	<b>Morava</b>	2,5	12	200	340	1937	<b>240</b>	<b>800</b>
24	<b>Strž-Kroměříž</b>	<b>Morava</b>	4,4	64	2 140	9 000	1923	<b>2 200</b>	<b>10 000</b>
25	<b>Spytihněv</b>	<b>Morava</b>	4,2	60	1 920	6 500	1951	<b>2 600</b>	<b>10 000</b>
26	<b>Veselí n. M.</b>	<b>Morava</b>	2,8	22	280	1 500	1926	<b>700</b>	<b>3 000</b>
27	<b>Lýsky</b>	<b>Bečva</b>	3,2	4,2	100	300	1907	<b>100</b>	<b>400</b>
28	<b>Vsetín</b>	<b>Bečva</b>	7,2	3	160	500	1935	<b>170</b>	<b>650</b>
29	<b>Znojmo</b>	<b>Dyje</b>	14,3	12	1 350	4 500	1967	<b>1 400</b>	<b>5 000</b>
30	<b>Březina</b>	<b>Svratka</b>	2,8	4,8	120	400	1940	<b>120</b>	<b>500</b>
31	<b>Kníničky</b>	<b>Svratka</b>	18	18	3 100	8 200	1940	<b>3 100</b>	<b>9 000</b>
32	<b>Komín</b>	<b>Svratka</b>	3,2	9,4	200	350	1923	<b>300</b>	<b>900</b>
33	<b>Vír II</b>	<b>Svratka</b>	13	8	740	1 600	1951	<b>800</b>	<b>2 200</b>
34	<b>Zboněk</b>	<b>Svitava</b>	3,8	2	60	200	1912	<b>60</b>	<b>250</b>
35	<b>Svitávka</b>	<b>Svitava</b>	2,2	2	40	120	1922	<b>40</b>	<b>150</b>
36	<b>Mostiště</b>	<b>Oslava</b>	31	1,5	380	1 200	1961	<b>380</b>	<b>1 400</b>
37	<b>Poušov</b>	<b>Jihlava</b>	3,5	4	80	350	1932	<b>115</b>	<b>500</b>
<b>S O U Č E T</b>					<b>19955</b>	<b>62190</b>		<b>22645</b>	<b>81 980</b>

Rozvodný podnik	SME	SČE	JČE	JME
-----------------	-----	-----	-----	-----

## 5. Realizace MVE

Pořizovací náklady MVE zaznamenaly v posledních letech značný nárůst. Na tomto vývoji se v rozhodující míře podílely náklady na technologickou část. Na tuto část investic je proto nutno soustředit pozornost. Cenu zařízení je třeba důsledně odvozovat z materiálové náročnosti, pracnosti a přiměřeného zisku. Také počet navrhovaných soustrojí a jejich výkon je nutno pečlivě zvažovat a optimalizovat s ohledem na pořizovací náklady. Výše ročních odpisů technologického zařízení musí odpovídat jeho skutečné životnosti. Technická úroveň a stupeň regulovatelnosti soustrojí může právě i v lokalitách s nízkými spády umožnit vyšší provozní využití MVE v průběhu roku a tím částečně nebo i zcela vykompenzovat vyšší náklady na 1 MW provozem s vysokou účinností výroby.

**Je zřejmé, že efektivnost provozu MVE v rozhodující míře ovlivňuje:**

- výše nákladů na pořízení technologie,
- hydrologické podmínky – spád a průtok,
- výše poplatků z provozu vodních děl, údržby vodních toků a vzdouvacích zařízení,
- správná údržba a provádění oprav,
- spolehlivost a kvalita zařízení – stupeň jeho bezobslužnosti,
- tarifní sazba elektrické energie, cena paliv a dodávaného tepla, výkupní cena elektrické energie, dodávané do veřejné energetické sítě.

### 5.1. Investice výstavby a provozu MVE

Pro investiční výstavbu, která bude realizována, platí příslušné předpisy a vyhlášky přípravy a realizace investic a reprodukce základních prostředků. Skladba investičních nákladů je potom zřejmá z jednotlivých položek projektové dokumentace. Pořizovací náklady obnovy nebo nové stavby MVE se dělí na náklady na pořízení přípravných akcí, náklady na projektovou dokumentaci a na investiční náklady realizace. Náklady na pořízení díla se člení na část:

#### stavební

- vzdouvací zařízení,
- přiváděcí část (otevřený nebo krytý náhon, potrubí apod.),
- objekt elektrárny,
- odpadní část (převážně otevřený odpadní kanál),
- stavební část pro provedení elektro-připojení,

#### technologickou

- strojní část (uzávěry, turbína, převodovka, technolog. příslušenství),
- elektro-část (generátor, rozvaděč, elektro vývody, připojení),
- automatika (hladinová regulace, řídicí a zabezpečovací systém).

**Výše investičních nákladů**, které výrazně ovlivňují rozhodnutí o ekonomické výhodnosti akce, závisí na způsobu pořízení tohoto energetického zdroje. Přitom rekonstrukce, nebo obnova MVE, vycházejí téměř vždy ekonomicky výhodněji, nežli komplexně nová stavba MVE. Při nové komplexní stavbě je velmi náročné vybudování vzdouvacího zařízení, případně i celé derivace toku. Náklady na vybudování tělesa jezu jsou často rozhodující pro efektivnost celé investice. Proto bývá výhodnější soustředit se na lokality, kde v minulosti vodní dílo existovalo, a bylo z různých důvodů zrušeno, nebo odstraněno, přičemž tam často zůstaly funkční jezy, náhony a odpady, i když dnes neudržované a poškozené (bývalé mlýny, pily, katry, hamry apod.).

Při nové realizaci rozhoduje o nákladech i **vhodně volená velikost** instalovaného zdroje, která musí být optimální k hydroenergetickému potenciálu v uvažované lokalitě. Dále může rozhodovat dispoziční řešení (koncepce), které je nutno volit s ohledem na minimalizaci nákladů. Z ekonomických důvodů se také uvažuje vždy o bezobslužném provozu, což vyžaduje určitý stupeň úrovně plně automatického zařízení. Rozsah zařízení automatiky a tím i její cena přitom závisí na provozovateli a na tom, jakou bude mít možnost kontrolovat provoz MVE. Plně automatické zařízení je sice investičně dražší, ale při poloautomatickém provozu dochází k častějším výpadkům výroby.

Také **provedení elektročásti**, které může zajistit provoz paralelní s veřejným rozvodem (asynchronní provedení), nebo v provedení se soustrojím schopným samostatného chodu do vydělené sítě (synchronní provedení), ovlivňuje investice. Rozdíl může být až o 30 % vyšší v neprospěch synchronního systému.

Výše investičních nákladů bývá tedy ovlivňována technickou náročností a rozsahem instalovaných částí, dále stavebními a dispozičními podmínkami v lokalitě a také úrovni zabezpečení automatickým provozem. Ekonomie provozu je potom závislá na účinnosti a spolehlivosti výroby.

**Ekonomická rozvaha** při realizaci MVE by měla být pečlivě provedena na počátku každého podnikatelského záměru a měla by být součástí projektové přípravy před zahájením stavby.

## 5.2. Překážky netechnického charakteru při realizaci MVE

Překážky netechnického charakteru je možno rozdělit dle své povahy do čtyř oblastí:

- překážky legislativní,
- překážky související se zvláštním charakterem lokality,
- překážky majetko právní,
- překážky ekonomické.

**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 související se zvláštním charakterem lokality** – jedná se o skutečnosti plynoucí ze zvláštních předpisů, které platí v chráněných územích – oblastech, předpisů týkajících se ochrany zemědělského půdního fondu a ochrany lesů. V některých oblastech se uplatňují omezující faktory, vyplývající ze zákona o rybníctví. Také se již často požaduje nutnost posuzovat projekt stavby MVE i z hlediska dopadu na životní prostředí. Úpravy toků zasahujících zásadně do reliéfu dotčené krajiny se nepovolují.

**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.

Současná struktura ve vlastnictví provozovaných elektráren je následující:

- elektrárny ve vlastnictví ČEZ, a. s.,
- elektrárny ve vlastnictví jednotlivých rozvodných podniků,
- elektrárny, které přešly v privatizaci a restituci do vlastnictví jiných subjektů,
- elektrárny nově postavené po privatizaci stávajících MVE různými subjekty.

**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 návratností investic MVE je dnes zhruba 12 až 15 roků a nejsou výjimky kdy původní projekt vychází s více než 15ti letou návratností.

Příčinou tohoto stavu jsou zejména:

- 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.

Je však nutno připomenout možnosti státních podpor a nízkourokových půjček od České energetické agentury a Státního fondu životního prostředí. Tyto pochopitelně může získat pouze část žadatelů.

## 6. Problematika ekologie výstavby a provozu MVE

Je skutečností, že v současné době se značná část ekologů, přírodovědců i jiných odborníků příbuzných oborů (a pod jejich vlivem také značná část veřejnosti) staví negativně k vodohospodářské výstavbě a především k výstavbě hydroenergetických děl. Předmětem mimořádné pozornosti a často tvrdé kritiky se stává zejména výstavba vodních nádrží s prioritním hydroenergetickým využitím. Tato kritika je motivována obavami z ohrožení, znehodnocení popř. i likvidace cenných přírodních komplexů v dotčených oblastech, především tzv. říčních fenoménů s množstvím živočišných a rostlinných druhů. Vzniká situace, která je v kontextu s ekologickými problémy rozvoje energetiky, průmyslu a dopravy u nás ne zcela vyřešena.

Většina vodohospodářů považuje historicky za své základní poslání péči a ochranu přírodního a životního prostředí. Připomeňme si ale, že po velmi dlouhé období se společnost – nejen u nás, ale i v jiných průmyslově vyspělých státech – prakticky nezajímala o problémy, které dnes zahrnujeme pod pojem ekologické. Jediným uznávaným kritériem byla ekonomická efektivnost, přičemž jakákoliv snaha o uplatnění ekologických hledisek byla ignorována.

Dnes se postavili do čela těchto snah ekologové – profesionálové i transformovaní z jiných oborů. Vodohospodáři tím získali potenciální spojence, současně se však dožili překvapení. Nemálo ekologů místo společenství proti ničení životního prostředí v globálním měřítku obrátilo svoji pozornost proti vodnímu hospodářství a vodohospodářské a hydroenergetické výstavbě. Nezbyvá než trpělivě objasňovat rozdílné přístupy k řešení ekologických problémů, vyplývající zřejmě z původního rozdílného profesního zaměření, věcně je konfrontovat, hledat kompromisy a nalézat optimální řešení.

Je samozřejmým pravidlem, že při každém návrhu a realizaci vodohospodářského a hydroenergetického díla je třeba vždy dbát vedle optimálního technického řešení i na jeho citlivé začlenění do okolního přírodního nebo urbanizovaného prostředí. Správně navržené vodní dílo nemůže vést k trvalé devastaci nebo dokonce likvidaci přírodního prostředí, ale k jeho vhodné transformaci (na rozdíl od mnohých jiných soustředěných nebo liniových inženýrských staveb, jako jsou sídliště, továrny, dálnice apod.). Bylo by omylem zamítat vodohospodářskou výstavbu proto, že v minulosti došlo v některých případech a z jakéhokoliv důvodu k chybám, většinou ve sféře realizace. Na druhé straně je ovšem nezbytné ve spolupráci s příslušnými odborníky předem řešit všechny související ekologické problémy tak, aby výsledné efekty byly celkově pozitivní a ovlivnění přírodního prostředí minimální.

Ekologické otázky lze rozdělit v podstatě do dvou skupin: na otázky dotýkající se člověka a na otázky dotýkající se přírody, zejména její fauny a flóry. Vodohospodáři jsou zcela konformní s odhodláním ekologů chránit a zachovat vybrané přírodní komplexy s cennými říčními fenomény a ekosystémy, nicméně ze všech druhů fauny kladou na první místo člověka a jeho přežití. Otázky ochrany prostředí nejsou překážkou při využívání vodních zdrojů, je však nutno brát v úvahu jak hledisko ekologické, tak sociálně ekonomické. Obě vedou sama o sobě zpravidla k rozporným závěrům. Proto je nutno volit kompromisní řešení. Na projektech se mají podílet zástupci všech zainteresovaných skupin.

Potřeba a spotřeba vody roste ve všech vyspělých zemích i u nás. Vzhledem k naší geografické poloze, značně nerovnoměrným srážkám a velmi omezeným zdrojům podzemní vody, bylo a je u nás umělé zadržování vody v nádržích naprostou životní nutností. Jakmile přesáhne naléhavá potřeba vody maximální vydatnost vodních zdrojů, stává se výstavba dalších nádrží nevyhnutelná, a to přes některé nepříznivé důsledky pro okolí (zatopení území, kolísání hladiny, abraze břehů, změna teplotního režimu apod.). Pro zásobování vodou jsou tedy nádrže nenahraditelné. Úkolem návrhu je ovšem nalézt ekologicky nejméně citlivou lokalitu a nepříznivé důsledky vyloučit nebo alespoň minimalizovat.

Rozumíme-li pod pojmem ekologické aspekty souhrn činitelů ovlivňujících přírodní prostředí i životní prostředí lidí, lze je členit na lokální a globální.

**Lokální aspekty**, jako je vliv nádrže na faunu a flóru v dané lokalitě, ovlivňování režimu podzemních vod, kvality povrchových vod atd., jsou zajiště neopomenutelné. Za dominantní však považujeme **aspekty globální**, které u hydroenergetických děl vyplývají z výhod využívání vodní energie v porovnání s jinými technicky dosažitelnými energetickými zdroji, jimiž jsou u nás tepelné a jaderné elektrárny. Uvedeme alespoň některé z nich.

### Vodní elektrárny – představují čistý zdroj energie, neboť:

- neznečišťují ovzduší kouřem, oxidy síry a dusíku, těžkými kovy, atp.,
- nedevastují a neznečišťují krajinu (těžba uhlí, uranu, jejich doprava),
- neznečišťují povrchové ani podzemní vody (těžba uranu, uhlí),
- jsou bezodpadové (popílek, radioaktivní odpad),
- jsou nezávislé na importu surovin ze zahraničí (ropa, plyn, uhlí, obohacený uran),
- jsou pro široké oblasti vysoce bezpečné,
- neničí trvale přírodní prostředí (trvalý zábor půdy), pouze jej transformují (vytvářením vodních ploch),
- pružným pokrýváním spotřeby a schopností akumulace energie zvyšují efektivnost elektrizační soustavy,
- vysokým stupněm automatizace přispívají k vyrovnávání změn na tocích a do určité míry i napomáhají při odvádění velkých vod,
- vytvářejí nové možnosti pro revitalizaci dotčeného prostředí – prokysličováním vodního toku.

Za hlavní pozitivní ekologický aspekt vodních elektráren lze označit skutečnost, že každá kilowatthodina vyrobená v této elektrárně ušetří přibližně 1 kg uhlí v tepelné elektrárně.

Většina z uvedených aspektů platí i právě pro malé vodní elektrárny (MVE), jejichž výstavba a rekonstrukce je dnes všeobecně podporována, i když občas naráží na nesouhlas těch nejpřísnějších ekologů. Ve prospěch MVE však hovoří mnoho závažných argumentů, jako:

- jsou navrhovány a využívány vesměs jako průběžné bez akumulacních nádrží, takže nenarušují říční regiony, o jejichž zachování usilují ekologové zejména v chráněných krajinných oblastech,
- navrhují a budují se u stávajících jezů, které byly postaveny v minulosti (někdy velmi dávno) a dnes již tvoří nedílnou součást přírodního nebo urbanizovaného prostředí,
- přednostně se instalují v lokalitách zrušených mlýnů a elektráren, kde se nejedná o zásah do přírodního prostředí, ale naopak o obnovu původního rázu krajiny,
- energeticky využívají sanitární průtoky a odběry vody pro zásobování vodou, popřípadě jiné vodohospodářské účely,
- navrhují a budují se na výpustných zařízeních rybníků, z nichž dosud odtékala voda nevyužitá.

Nicméně i v těchto případech je třeba při návrhu, realizaci a zejména v provozu respektovat příslušná ekologická hlediska a kritéria, aby se odstranily nebo minimalizovaly negativní vlivy na některé rostlinné a živočišné druhy v konkrétní lokalitě (např. omezení kolísání hladiny rybníků apod.). V každém případě je nutné návrh MVE předem konzultovat s příslušnými odborníky, a to již ve stadiu výběru lokality a návrhu hlavních parametrů.

Aby pojem čisté výroby elektrické energie, jak se MVE prezentují, byl vždy skutečně potvrzován, je třeba mít věc ekologie v souvislosti s vodními toky stále na zřeteli. Týká se to již výběru lokality, projektové dokumentace, vlastního provádění stavby a hlavně při provozu dodržování všech zákonů a vodoprávních nařízení. Nejčastěji diskutovanou problematikou bývá:

**Kontaminace vody ropnými produkty** – u nových technologií se předpokládá maximální využití samomazných ložisek a používání ekologicky nezávadných maziv na bázi rostlinných olejů. Také u starších, dožívajících technologií je vždy možné opatření, které nepřipustí ekologický problém.

**Dodržování odběru sjednaného množství vody** – nevhodnějším opatřením je používání spolehlivých automatik ve spojení s hladinovou regulací, aby byl co nejvíce vyloučen někdy nevhodný vliv obsluhy na provoz.

**Odstraňování naplavenin vytažených z vody** – podle směrnice MŽP musí provozovatel MVE zajistit odvoz a likvidaci všech z vody vytažených naplavenin, v žádném případě je nelze vracet pod MVE zpět do říčního toku.

**Akustický projev MVE** – pokud by MVE za provozu narušovala nepřipustným hlukem prostředí v lokalitě (týká se spíše starších zařízení), je nutno upravit provoz, nebo provést opatření pro odhlučnění na náklady MVE.

**Vhodné začlenění do reliéfu krajiny** – již ve fázi projektové dokumentace je nutno vždy dodržet typ objektu a způsob provedení, jak bylo předepsáno stavebním úřadem, nebo urbanistou, aby stavbou nebyl narušen místní krajinný řád.

Dalo by se říci, že malá vodní elektrárna, pokud je správně provozována dle příslušných směrnic, nemůže škodit, naopak přispívá životnímu prostředí nejen výrobou čisté energie, ale i tím, že čistí a provzdušňuje vodu a často pomáhá k celkové revitalizaci lokality.

## 7. Obecný postup při zřizování MVE

Zájemce o vybudování malé vodní elektrárny musí při jejím zřizování učinit zhruba následující kroky, které je možno rozdělit přibližně do tří základních oblastí:

### Předprojektová příprava

V rámci předprojektové přípravy musí zájemce posoudit možnosti realizace MVE a připravit podklady nutné pro získání povolení k jejímu zřízení. V této etapě zájemce musí:

- vytipovat vhodnou volnou lokalitu a vyřešit otázku koupě či pronájmu,
- zaevidovat se jako zájemce o stavbu MVE na odboru životního prostředí příslušného úřadu,
- ověřit hydrologické podmínky vytipované lokality,
- ověřit si dle možností nutné podmínky, které bude v dané lokalitě na základě zvláštních předpisů pravděpodobně nutno splnit při realizaci (omezení vyplývající z předpisů týkajících se ochrany půdního fondu, ochrany lesa, ochrany životního prostředí, některá omezení vyplývající z vodního a stavebního zákona apod.),
- opatřit si technicko-ekonomickou studii energetického využití lokality s návrhem technologického zařízení a s odhadem celkových investic a návratnosti stavby,
- získat povolení k nakládání s vodami u vodohospodářského orgánu a zajistit podmínky pro získání stavebního povolení. (V průběhu vodoprávního řízení jsou zájemci sděleny podmínky, které je nutno při výstavbě vodního díla splnit a zájemci je uděleno povolení k vybudování vodního díla s platností na dva roky. Současně s vodoprávním řízením probíhá i územní řízení).

### Zpracování projektu a získání stavebního povolení

Konečným cílem této etapy je získání stavebního povolení na příslušném stavebním úřadu. Zájemce o výstavbu MVE musí podniknout následující kroky:

1. Dohodnout možnost připojení MVE do sítě a dohodnout podmínky výkupu vyrobené elektřiny.
2. Vybrat nejvhodnější technologii a výrobcu zařízení.
3. Zajistit si projektovou dokumentaci.
4. Získat stavební povolení.

Následuje **Technická realizace díla**.

## 7. 1. Přehled dokumentů vztahujících se k MVE

### Zákony

458/2000 Sb. – o podmínkách podnikání a výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů energetický zákon.

406/2000 Sb. – ze dne 25. října 2000 o hospodaření s energií. Definice státní energetické koncepce, obnovitelných zdrojů, energetického auditu apod.

254/2001 Sb. – ze dne 28. června 2001 o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) ve znění zákona č. 76/2001 Sb. Řídicí zákon pro výstavbu a provoz vodních elektráren.

401/2000 Sb. – o zadávání veřejných zakázek.

### Vyhlášky

154/2001 Sb. – vyhláška Energetického regulačního úřadu ze dne 23. dubna 2001, kterou se stanoví podmínky udělování licencí k podnikání v energetických odvětvích.

213/2001 Sb. – vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu ze dne 14. června 2001, kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetického auditu.

214/2001 Sb. – vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu ze dne 14. června 2001, kterou se stanoví vymezení zdrojů energie, které budou hodnoceny jako obnovitelné.

438/2001 Sb. – vyhláška Energetického regulačního úřadu ze dne 4. prosince 2001, kterou se stanoví obsah ekonomických údajů a postupy pro regulaci cen v energetice. Podklad pro stanovení regulovaných zvýhodněných výkupních cen energie z obnovitelných zdrojů.

252/2001 Sb. – vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu ze dne 28. června 2001, o způsobu výkupu elektřiny z obnovitelných zdrojů a kombinované výroby elektřiny a tepla. – Zásadní dokument!

## **Ostatní dokumenty:**

195/2001 Sb. – Nařízení vlády ze dne 21. května 2001, kterým se stanoví podrobnosti obsahu územní energetické koncepce.

63/2002 Sb. – Nařízení vlády ze dne 16. ledna 2002 o pravidlech pro poskytování dotací ze státního rozpočtu na podporu hospodárného nakládání s energií a využívání jejích obnovitelných a druhotných zdrojů.

Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů pro rok 2003. Aktualizuje se každý rok, zajišťuje ČEA (Česká energetická agentura).

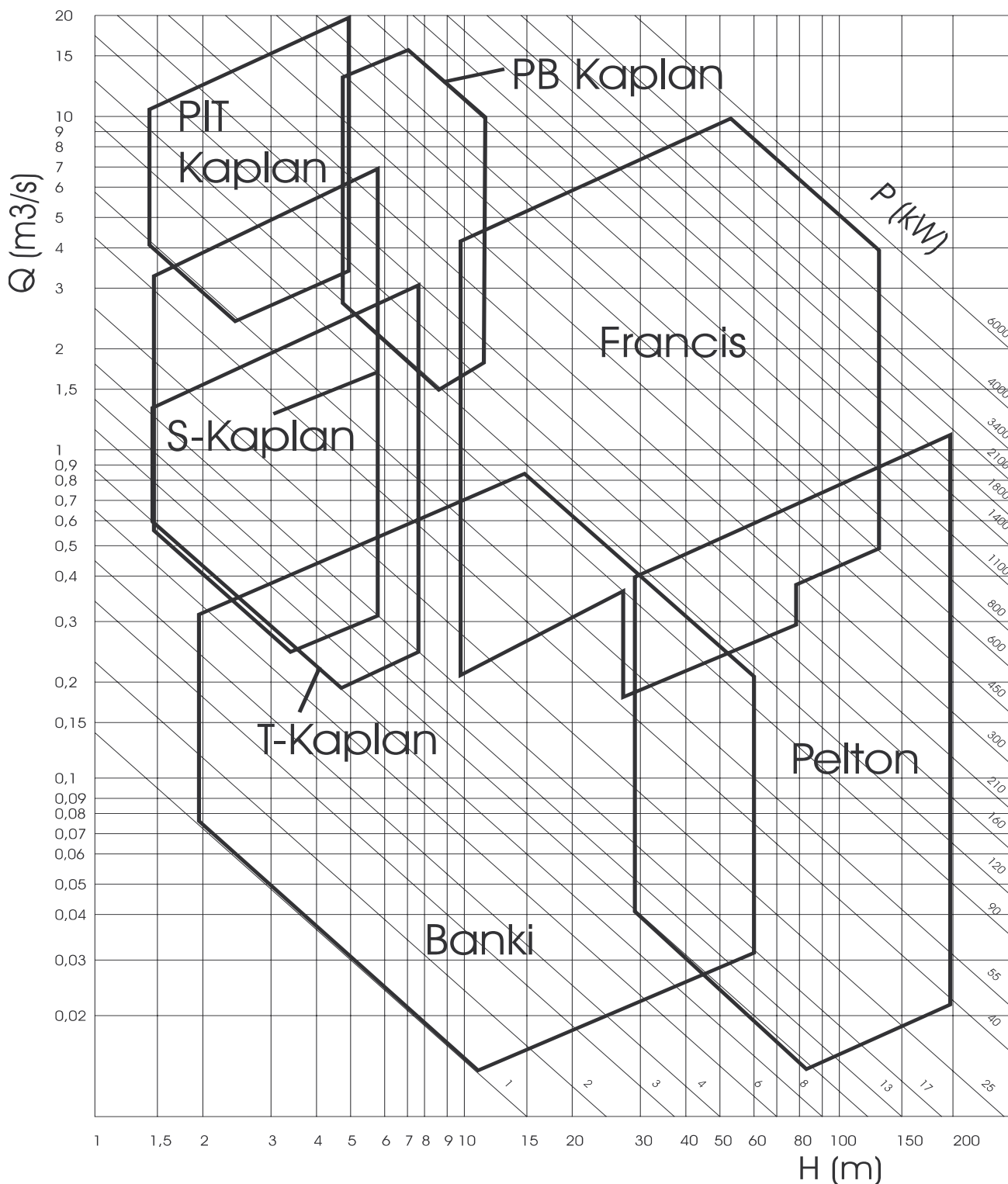
Cenové rozhodnutí ERÚ (Energetický regulační úřad) č. 1/2003, ze dne 28. listopadu 2002, kterým se stanovují ceny elektřiny a souvisejících služeb.



### 8. Možnosti ve výběru technologie

I když problematiku výběru technologie je vždy vhodné přenechat odborníkům, projektantům MVE, je také užitečné umět se orientovat alespoň v zásadních podmínkách, k čemuž slouží základní charakteristika typů turbín podle průtoků a spádů (následující graf). Teorie vodních turbín je v současnosti již na takovém stupni vývoje, že lze jen stěží pro běžné průtoky a spády očekávat výraznějšího zdokonalení a zvýšení účinnosti. Vývoj směřuje k prefabrikaci jednotlivých částí MVE, zejména v instalaci kompaktních soustrojí, čímž se podstatně omezí rozsáhlé a nákladné montáže přímo na lokalitě. Firmy zabývající se výrobou obvykle nabízejí ucelené řady turbín, z nichž se vybírá ta, která bude nejlépe vyhovovat parametřům lokality. Při tom je vždy třeba provádět výběr v soutěži mezi minimálně třemi, ale spíše pěti a více dodavateli.

**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)**



Vyvětlivky: PIT, PB, S a T jsou pouze různá konstrukční provedení Kaplanovy turbíny

## 8.1. Přímoproudé turbíny

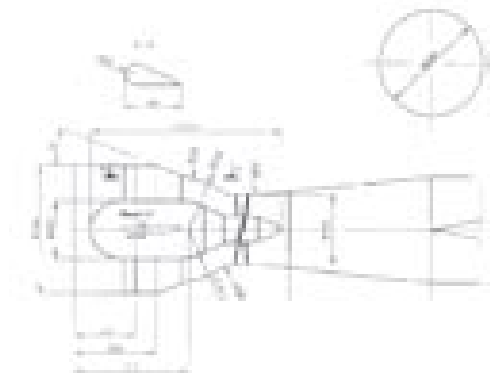
Přímoproudé turbíny jsou pro použití z hlediska jejich cenové rentability a snížení investičních nákladů velmi zajímavé a tudíž oblíbené. Uplatňují se zejména u lokalit s menším spádem a relativně velkými průtoky. Jejich hydraulický profil má určité technicko-ekonomické přednosti a především umožňuje značné snížení stavebních nákladů na instalaci turbosoustrojí MVE. Osově symetrický hydraulický profil přímoproudého soustrojí využívá diagonální nebo axiální rozvaděč a axiální oběžné kolo. Výška soustrojí má příznivý vliv na stavební řešení elektrárny se zřetelem na založení stavby, řešení vývařišť a dispozici strojovny. Při instalaci přímoproudé turbíny je proto možné očekávat snížení stavebních nákladů o 25 až 30 %, odrážející se ve snížení celkových nákladů na výstavbu MVE o 15 až 20 %. Koncepte přímoproudé turbíny může mít několik variant (s obtékaným generátorem, šachtová, S – turbína, šikmé uspořádání).

## 8.2. Spirální turbíny

Pro střední a vyšší spády se uplatňují Francisovy spirální turbíny v horizontálním provedení. Turbína má tlakovou spirálu a regulovatelné rozváděcí lopatky s čepy uloženými v samomazných pouzdrech. Na spirálu je napojena savka tvarovaná z ocelového plechu. Před turbínu se umísťuje provozní uzávěr. Ke spojení turbíny s asynchronním, nebo synchronním generátorem se používá řemenový převod, nebo převodovka. Turbína bývá automaticky řízena hydraulickým regulačním agregátem, nebo také elektrohydraulickým regulátorem otáček pomocí tlakového oleje.

## 8.3. Nová technologie pro extrémně nízké spády

Také pro řešení problematiky extrémně nízkých spádů skončil v uplynulém roce na VÚT–EÚ, odboru hydraulických strojů v Brně, vývoj nového typu vodní turbíny, zaměřený na zpracování velmi nízkých spádů a poměrně značných průtoků. Jedná se o zcela nové řešení vrtulové turbíny s dvoulopatkovým oběžným kolem bez rozvaděče, které bude regulovatelné měnou otáček. Tento vývoj je zaměřen právě na typ stroje který v oblasti velmi nízkých spádů a vysokých průtoků dosáhne dobrých účinností při nízkých výrobních nákladech.



Základní hydraulická koncepce stroje dostala název „Vírová turbína“. Jedná se v celosvětovém měřítku o zcela novou koncepci, která byla zapsána na patentovém úřadě dne 22. 1. 2001 pod č. PÚV 10767. Laboratorní zkoušky na zkušební VUT Brno byly ukončeny a připravuje se instalace první demonstrační turbíny na díle, kde by absolvovala další ověřovací a komplexní zkoušky. Věřím, že právě tato turbína by mohla hlavně svojí nízkou pořizovací cenou, vedle již osvědčených přímoproudých turbín (třílopatkových), vyřešit energetické využití zbývajícího potenciálu s extrémně nízkými spády, kterých je u nás z nevyužití části cca 35 %.

## 9. Domácí výrobci technologie pro MVE

Výběr vodních turbín a celý další široký sortiment technologie pro vodní elektrárny zajišťuje pro tuzemskou poptávku více než desítkou firem, z nichž některé si již vytvořily reference v Evropě i jinde ve světě, kde úspěšně konkurují renomovaným zahraničním výrobcům. V následující části jsou uvedeni nejznámější naši výrobci, jejichž nabídky se úspěšně prosazují na tuzemském a převážně na zahraničním trhu.

### ČKD Blansko Engineering, a.s. (ČBE, a.s.)

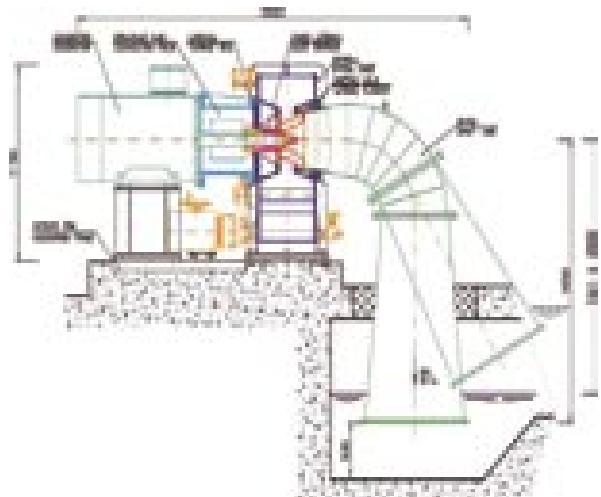
Naše největší a nestarší firma s tímto zaměřením, nabízí pro MVE turbíny Kaplanovy, Francisovy, Peltonovy, Reiffenstein, Deriaz a čerpadlové turbíny, vše v různém uspořádání a velikostech. Dále realizuje dodávky všech zařízení a příslušenství pro energetiku a vodní stavby. Jsou to hydraulické regulační agregáty, česle, čisticí stroje česlí, stavidla, hradidla, potrubní uzávěry, ocelové konstrukce vzdouvacích zařízení, servis a opravy zařízení vodních elektráren, prakticky vše v souvislosti s výstavbou, provozem i servisem pro VE i MVE. Konstrukce řešení a materiály vyhovují ekologickým požadavkům. Mimo vodních turbín dodává také akumulární čerpadla a všechny typy hydraulických uzávěrů. ČKD Blansko Engineering, a.s., (dále jen ČBE) je obchodním partnerem, který dokáže zajistit širokou škálu integrovaných služeb v oblasti technologie dodávek pro vodní energetiku a vodní stavby. Velký důraz je kladen na zjištění a řízení kvality podle mezinárodních norem. Společnost vlastní certifikát ISO 9001.

#### ČBE dále nabízí:

- projektové studie a vypracování projektových dokumentací,
- hydraulické výpočty a návrhy vodních strojů,
- modelové zkoušky vodních turbín a čerpadel ve vlastní hydraulické zkušebně,
- seizmické, vibrační a únavové zkoušky, kalibrace měřidel průtoků a tlaků,
- montážní práce, montážní dozor, řízení a vedení stavby,
- uvedení dodaných zařízení do provozu, měření a zkoušky na díle,
- rekonstrukce a inovace instalovaných vodních strojů a hydrotechnických zařízení.

Společnost je schopna dodávat zařízení špičkových parametrů, splňující požadavky na našem i světovém trhu. Díky zkušeným a kvalifikovaným pracovníkům, kteří mají k dispozici potřebné technické vybavení, si firma za dobu své existence vytvořila vlastní kvalitní know-how na vysoké úrovni, které umožňuje realizaci dodávek pro vodní elektrárny, jež vyhovují náročným požadavkům provozovatelů na spolehlivost, bezpečnost a ekologii provozu.

Z celého sortimentu turbín pro malé vodní elektrárny lze uvést výrobek z poslední doby, který svou prodejní cenou, kvalitou provedení a technickou úrovní může konkurovat srovnatelným výrobkům. Jedná se o mikroturbínu Reiffenstein, která je určena pro výrobu elektrické energie v malých a domácích elektrárnách.



#### Technický popis navrženého řešení:

- Kompatibilní ekologické řešení soustrojí je horizontální, dodávané jako komplet turbína s generátorem na společném rámu.
- Oběžné kolo je na společném hřídeli s asynchronním generátorem, s ocelovou svařovanou spirálou čtyřhranného profilu, regulační lopatkou a s nerezovým oběžným kolem svařované konstrukce.
- Regulační lopatka turbíny je ovládána elektrickým servopohonem. Havarijní zavření lopatky je řešeno pomocí páky se závažím a elektricky řazené zubové spojky.
- Půdorysná plocha soustrojí je 2550 × 1300 mm a výška soustrojí 1150 mm. Hmotnost soustrojí bez generátoru je cca 1500 kg – oběžná kola se nabízejí v průměru 250 mm, 300 mm a 350 mm.
- Asynchr. generátor má hřídel upraven pro uchycení oběžného kola, ložisek, ucpávky. Je vybaven snímačem otáček.

## **MAVEL, a. s.**

Vyrábí, dodává a uvádí do provozu se zajištěním následného záručního a pozáručního servisu kompletní technologické celky s turbinami typu Kaplan, Francis, Pelton a Bánki, včetně jejich modifikací, v rozsahu výkonů od 2 kW do 20 MW.

Dodávaná zařízení splňují požadavky na vysokou účinnost a spolehlivost. Jsou vybavena regulačními prvky včetně elektročástí s digitálními řídicími systémy, zabezpečujícími bezobslužný provoz v různých typech provozních režimů.

Výrobní program zahrnuje rovněž dodávky pomocných zařízení. Hydraulicky ovládané ocelové jezové klapky, malé automatické jezové klapky, hradící segmenty, hydraulicky ovládané čisticí stroje česlí a stavidlové konstrukce. Sortiment nabídky doplňují vtokové uzávěry, montážní vložky, rotační rozvaděče tlakového oleje, hydraulické rozběhové a regulační spojky.

Nedílnou součástí jsou i realizace generálních oprav a rekonstrukcí vodních elektráren, vodohospodářských celků či dodávky speciálních ocelových konstrukcí nejen pro hydroenergetiku.

Mavel vyrábí také velmi jednoduché vrtulové turbíny pro energetické mikrozdroje. Turbíny se vyrábějí ve dvou velikostech: TM3 s průměrem oběžného kola 300 mm a TM5 s průměrem 550 mm. Jsou to násoskové turbíny s litinovou komorou a plechovou svařovanou sací rourou, jejichž rozměr je upraven podle podmínek v dané lokalitě. Rozváděcí i oběžné lopatky jsou pevné, neregulovatelné, nebo na přání s přestavitelnými lopatkami oběžného kola.

Rozváděcí kolo je pevné, nepřestavitelné. Vyrábějí se oběžná kola s několika profily otevření tak, aby pro dané průtočné poměry bylo možné zvolit optimální variantu. Turbíny pracují s asynchronními motory v generátorovém chodu – tedy vždy v součinnosti s energetickou sítí. Mikrosoustroj s násoskou je uváděno do provozu pomocí vlastního elektromotoru. Při zapnutí do sítě pracuje turbína jako čerpadlo (cca 15 s) a po zaplnění násosky vodou, soustrojí přechází automaticky do turbínového chodu, v němž elektromotor pracuje jako generátor. Soustrojí se odstavuje zavzdušněním násosky.

Turbíny MAVEL se vyrábějí od roku 1983 původně jako turbíny METAZ u fy. METAZ v Týnci nad Sázavou. Těchto strojů pracuje u nás spolehlivě cca 700 kusů, na spádech od 2 do 6 m. Jsou vhodné např. do lokalit, kde nahrazují původní vodní kolo na svrchní vodu. Zde se pak pouze vybuduje opěrná zeď, čímž vznikne kašna. V ní se poměrně jednoduchým způsobem instaluje turbína MAVEL. Současný výrobce MAVEL, a. s., dodává kompletní soustrojí včetně generátoru a elektrického rozvaděče.

Podmínkou omezující nasazení těchto jednoduchých turbín je pokud možno konstantní průtok a jen málo se měnící úroveň horní hladiny. Účinnost těchto strojů se pohybuje od 72 do 80 %, což jsou solidní hodnoty pro tuto velikost a pro použitou technologii výroby. Typ MAVEL TM3 lze ekonomicky nasadit od spádu 3 m a průtoku 0,3 m<sup>3</sup>/s, typ MAVEL TM5 od spádu kolem 2 m a průtoků asi 0,8 m<sup>3</sup>/s. Horní hranicí spádu u obou velikostí je hodnota 6 m.

Pohyblivé části turbíny jsou samomazné (dolní vodící ložisko), nebo se zabezpečením proti úniku maziva – mimo kontakt s říční vodou (horní závěsné ložisko). Tím jsou tyto turbíny ekologicky nezávadné, způsobilé i pro provoz ve vodárenských přivaděčích.

Vhodnost instalace turbín MAVEL do dané lokality však vždy musí posoudit projektant, popř. výrobce turbíny.

V oblasti turbín jsou však hlavním programem firmy MAVEL přímoproudé Kaplanovy turbíny, které se vyznačují dlouhou životností, vysokou účinností v široce regulovaném provozním pásmu pro spády od 2 do 12 metrů a s průměry oběžných kol od 1050 mm do 2000 mm.

## **ČKD TURBO TECHNICS, spol. s r. o.**

Nabízí výrobu energetického zařízení včetně montáže, opravy i rekonstrukce vodních turbín. V oblasti pro malé vodní elektrárny zajistí komplexní dodávky technologie včetně instalace na díle (montáž a uvedení do provozu). Dále nabízí generální opravy a rekonstrukce vodních turbín včetně regulace elektrických rozvaděčů a souvisejících dalších prvků pro MVE jako česlová pole, čisticí stroje česlí a stavidlové tabule.

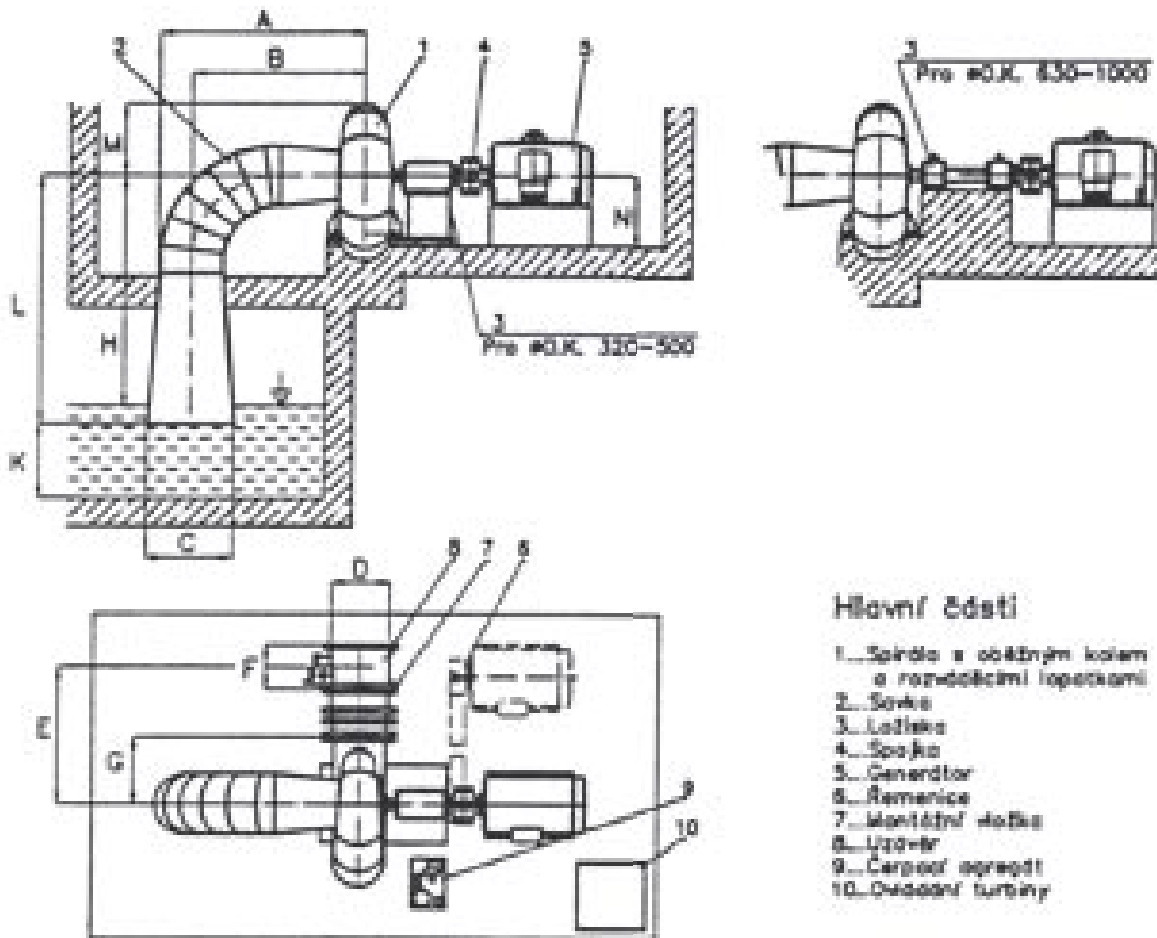
Nabízené vodní turbíny jsou typu Kaplan, Francis, Pelton a Bánki, v rozsahu výkonu od 8 kW do 160 kW u menších typů a u větších až do výkonu cca 4MW. U menších typů je nabídka podpořena velmi vhodnou typovou standardizací a u větších umožňuje individuální přístup pro vhodnou volbu soustrojí. Kompletní soustrojí jsou vybavena úplnými regulačními zařízeními a digitálními řídicími systémy, které vyhovují ve spojení jak s asynchronními, tak i se synchronními generátory – pro paralelní provoz s veřejnou energetickou sítí, i pro provoz se sítí vydělenou – samostatnou.

Firma poskytuje investorům technickou pomoc formou studií proveditelnosti technologie, kapacitní výpočty, posuzování technického stavu technologie a hydrodynamických jevů v potrubních přivaděčích. Dále poskytuje technickou projekci do úrovně prováděcích plánů, kompletaci provozních souborů a vše v součinnosti s dodávkou MVE „na klíč“.

I když firma nabízí velice široký sortiment všech typů turbín, patří vedle ČBE k našim největším producentům spirálních turbín Francis. Jejich typickým výrobkem jsou horizontální Francisovy spirální turbíny, které se již osvědčily jak na tuzemském trhu, tak i v zahraničí.

Uvedené Francisovy spirální turbíny se uplatňují v širokém rozsahu pro střední a vyšší spády převážně v horizontálním provedení. Turbína má tlakovou spirálu a regulovatelné rozváděcí lopatky, s čepy uloženými v samomazných pouzdrech. Na spirálu je napojena savka, tvarovaná z ocelového plechu. Před turbínu se umísťuje provozní uzávěr. Ke spojení turbíny

s asynchronním nebo synchronním generátorem se používá řemenový převod nebo převodovka. Turbína bývá automaticky řízena hydraulickým regulačním agregátem, nebo také elektrohydraulickým regulátorem otáček pomocí tlakového oleje. Tyto turbíny se nabízí v průměrech oběžných kol od 300 do 1000 mm.



## HYDROHROM, s. r. o.

Firma se zabývá výrobou vodních turbín a patří po ČKD Blansko k nejstarším, ale také k největším co do počtu vyrobených celků se 150 realizovanými projekty a téměř 300 vyrobenými turbínami. Vyrábí turbíny vlastní konstrukce na jejichž vývoji spolupracuje s renomovanými odborníky z ČVUT.

Turbíny typu Kaplan jsou vyráběny v provedení přímoproudém – vertikálním s automatickou regulací oběžného a rozváděcího kola. U těchto turbín je provozním uzávěrem uzavíratelné rozváděcí kolo. Přímoproudé turbíny jsou dodávány i v provedení „Semi – Kaplan“, s pevným rozváděcím a regulovaným oběžným kolem. Provozním uzávěrem tohoto typu bývá i stavidlový nebo klapkový uzávěr ovládaný gravitační silou. Turbíny HYDROHROM jsou určeny převážně pro paralelní chod s energetickou sítí v automatickém bezobslužném provozu, s ovládním podle hladinové regulace. Podle velikosti spádu jsou turbíny individuálně vybavovány nejvhodnějším typem oběžného kola z hlediska kavitací a dosažení maximálních možných účinností. Volba typu oběžného kola umožňuje stavebně jednoduché řešení strojovny také tím, že oběžné kolo a podlaha strojovny jsou umístěny nad úrovní dolní hladiny. HYDROHROM nabízí turbíny s oběžnými koly o průměru od 600 do 2200 mm. Konstrukce turbín splňuje požadavky na bezpečný provoz z hlediska ochrany životního prostředí.

Mimo přímoproudých Kaplanových turbín vyrábí firma také turbíny typu Pelton, vhodné pro použití na spádech od 30 m až do 400 m a s výkony do 1000 kW. Tyto turbíny jsou také vhodné zejména pro energetické využití na vodovodních řadech, kde splňují požadavky na ekologicky bezpečný provoz.

Firma HYDROHROM dodává kompletní technologické vybavení včetně elektrické části a regulace. Silnoproudá část ve standardním provedení potom obsahuje všechny ochrany sítě podle požadavku ČSN, DIN.

Regulaci řízení soustrojí zabezpečuje mikropočítačová jednotka s následujícími funkcemi:

- hladinová regulace,
- automatické fázování generátoru při synchronních otáčkách a odstavení při nulovém výkonu,
- hlídání poruchových stavů (zpětný výkon, proudová nesymetrie, průběžné otáčky, apod.),

- řízení souběhu více soustrojí a jejich přepínání,
- funkce záznamu dat s cca 2500 záznamy,
- provozní deník,
- spojení až 63 řídicích jednotek na společnou sběrnici,
- přímé připojení vzdáleného terminálu,
- připojení sériové tiskárny,
- dálkové monitorování a ovládání pomocí telefonního, nebo GSM modemu – možnost zaslání SMS na běžný telefon a možnost ovládání pomocí SMS,
- vizualizace stavu soustrojí řídicím systémem Promotic, snadná modifikovatelnost podle potřeb provozovatele (např. řízení čistícího stroje česlí).

Turbíny HYDROHROM (provedení S) lze také jednoduchým způsobem instalovat do kašen po starých Francisových turbínách. Pro osazení se provede pouze vhodná čelní zeď. Do větší kašny lze takto osadit vedle sebe i dvě nové turbíny.



HYDROHROM neustále rozšiřuje svoji nabídku – jsou realizovány turbíny stále větších rozměrů a výkonů. Původní výroba turbín typu Kaplan byla rozšířena o turbíny Pelton a Francis. Firma také nabízí široký sortiment všech komponentů souvisejících s provozem MVE. Firma zajišťuje podle požadavku zákazníků dodávky kusových zařízení (rekonstrukce MVE) i komplexní realizace MVE na klíč. Nejvíce rozšířený typ turbíny HYDROHROM – HH 860, se vyznačuje svou jednoduchostí a přizpůsobivostí podmínkám stavby.

## CINK vodní elektrárny, a. s.

Nosným programem firmy je turbína vyvinutá na principu rovnotlaké turbíny BANKI, která byla množstvím nových vývojových prvků (patentovaných) již od prvopočátku brána jako turbína typu CINK.

Nabízí výrobu a montáž MVE na klíč. Firma je mj. specializována na instalace MVE do vodárenských systémů pitné vody. Již od počátků výroby byly tyto turbíny vyvíjeny pro použití v systémech s pitnou vodou. Mají potřebná výkonová data a kvalitu společně s ekologickou nezávadností a bez přerušování zajišťují dodávky vody. Cinkova turbína je typem průtočná s patentovaným radiálně uzavíracím regulačním segmentem a plně funkční savkou. Díky tomu tyto turbíny dosahují vysokých účinností.



Regulační segment Cinkovy turbíny je poháněn elektrickým motorem a není tudíž potřebná hydraulika. Tím je zaručeno, že pitnou vodu nelze ohrozit žádným ropným produktem. Turbína má též patent na těsnicí systém ložisek, při využívání biologických mazacích tuků.

Cinkova turbína je rovněž při srovnatelném výkonu menší než turbína typu Francis. Turbína může být proto instalována do malého prostoru, což je výhodné při zabudování do stávajících objektů. Zajímavou specifikací konstrukce těchto turbín je také přísávání vzduchu do vnitřního prostoru turbíny za účelem omezení kavitací, což na výtok z turbíny působí jako provzdušňovač vody. Cinkovy turbíny jsou instalovány již na 270 místech v 15 zemích.

V nabídce firmy CINK je kompaktní přenosné zařízení MIKROTURBO. Je vhodné jako vlastní zdroj elektrické energie v místech mimo dosah elektrické sítě. Je k použití také jako záložní zdroj elektrické energie. Přívod vody je možno provádět ocelovým nebo plastovým potrubím, případně i textilní hadicí. Mikroturbína je rovněž konstruována se zřetelem na životní prostředí a je vybavena atestem pro použití v systémech s pitnou vodou.

Z další nabídky jsou to turbíny typu Kaplan řešené jako stavebnice z jednotlivých částí, aby bylo možné kombinací vytvořit více modifikací podle potřeby a požadavků zákazníka. Průměry oběžných kol jsou v řadě od 1 m do 2,8 m se třemi až šesti lopatkami. Pro pohon regulace turbíny je použita vysokotlaká hydraulika umístěna mimo kontakt s proudící vodou. Těsnění hřídele proti vodě je bezúdržbové, mechanickou ucpávkou. Použité materiály jsou od litiny až po konstrukční nerezovou ocel, podle dispozic. Dále je nabízena spirální turbína Francis v horizontálním i vertikálním provedení. Pohon regulace je hydraulický, umístěný mimo průchod proudící vody. Pro vodárenské provozy je regulace elektrická.

Pro vysoké spády nad 100 m firma nabízí turbíny typu Pelton, v provedení vertikálním i horizontálním. U obou provedení je konstrukčně umožněno upevnění oběžného kola turbíny přímo na prodloužený hřídel generátoru. Turbínová skříň je svařována z plechů. Použité materiály se liší podle provedení a požadavků zákazníka od litiny, po konstrukční a nerezovou ocel. Sortiment nabídky je doplněn výrobou kalových čerpadel MAPE 50, 100, 150. Dodává též kompletní elektrotechnologie k MVE a příslušenství: stavidla, česle, čistící stroje, atp.

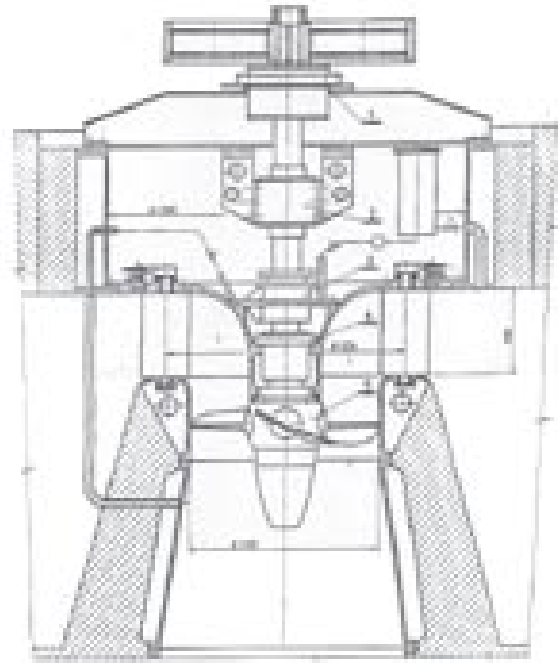
## EXMONT – Energo, a. s.

Nabízí opravy, rekonstrukce, montáže a výrobu energetických zařízení. V oblasti pro malé vodní elektrárny zajistí komplexní dodávky technologie (na klíč), včetně instalace na díle. Dále nabízí generální opravy, rekonstrukce vodních turbín, hydraulických regulátorů a výrobu elektročástí, včetně všech souvisejících dalších prvků pro MVE. Výrobní program společnosti je široký, z nabídky vybíráme:

- Kaplanovy kašnové turbíny KTE, vertikální se čtyřlopatkovým oběžným kolem, které se připojuje pomocí převodovky, nebo řemenovým převodem na asynchronní, nebo synchronní generátory.
- Plynulá regulace lopatek RK i OK se vzájemnou vazbou umožňuje provoz soustrojí v oblasti 30 % až 100 % návrhového průtoku s vysokou účinností.
- Provoz soustrojí je řízen hladinovou regulací s hydraulickým agregátem, která řídí otevření turbíny v závislosti na okamžitých hydrologických podmínkách a současně zajišťuje spolehlivé odstavení soustrojí v případě havarijních stavů (porucha sítě, nedostatek průtoku vody, atp.).
- Konstruktivní řešení zajišťuje ekologicky nezávadný provoz soustrojí.
- Na požádání lze připravit soustrojí ve zjednodušeném provedení s pevnými, nebo pouze za klidu přestavitelnými lopatkami oběžného kola turbíny.  
Turbíny se dodávají ve standardním provedení oběžného kola v průměrech OK = 800 mm, 1000, 1300, 1600, a 2000 mm, pro rozsah spádů od 2 do 8 m.
- Kaplanovy přímoproudé turbíny PIT – s generátorem v šachtě, jsou navrženy pro stejné průměry oběžných kol a navazují tak na standardně vyráběné typové řady vertikálních Kaplanových turbín.

Možnosti regulace a technické provedení je u obou typů shodné.

- Lopatky rozváděcího a oběžného kola jsou uloženy v samomazných ložiskách, hřídel turbíny je uložena ve valivých ložiskách. Oběžné kolo je z nerezového materiálu. Výhodou horizontálního uspořádání je sací trouba – má nižší ztráty a vyžaduje nižší stavební náklady.
- Na přání zákazníka je možno dodat i přímoproudé turbíny kolenové, tzv. „S“ turbíny.



Nabídka firmy dále uvádí:

- turbíny Francisovy, Peltonovy a Bánkiho,
- řetězové a cévové čisticí stroje,
- nízkootáčkové asynchronní generátory,
- silové části regulátorů MVE i VE,
- klapkové a kulové uzávěry turbín,
- chladič zařízení, vzduchové a olejové systémy,
- další příslušenství potřebné k provozu MVE i VE,
- doplňková zařízení, tj. stavidla, hradidla, česle.
- Lopatky, čepy vyvařením nebo nástřikem, kluzná kompozitová ložiska a hydraulické regulátory.

## Strojírny Brno, a. s.

Strojírny Brno nabízejí veškerou činnost týkající se vodní energetiky. Zabezpečují výrobu malých technologických celků, opravy a repase vodních turbín. K dalšímu programu patří výroba hydrotechnických zařízení, speciálních armatur, hydraulických agregátů a další technologie související s MVE.

Přehled o činnosti firmy:

- Konzultační, konstrukční, projekční a servisní činnost v oblasti MVE.
- Komplexní dodávky technologického zařízení MVE.
- Projektování a výstavba vakových jezů.
- Výroba Kaplanových turbín – přímoproudé, v provedení S, s průměry oběžného kola do 2100 mm a pro spády do 8 m.
- Vertikální turbíny kašnové, nebo spirální s průměry oběžného kola od 400 do 2500 mm a pro spády do 45 m.
- Výroba Francisových turbín – horizontální, nebo vertikální spirální s průměry oběžného kola do 1200 mm.
- Výroba Peltonových turbín – horizontální i vertikální jedno až pětidýzové, s průměry oběžného kola od 400 do 800 mm a pro spády až 600 m.
- Dále nabízí uzávěry – klapky závažové, kuželové uzávěry, rozstřikovací uzávěry a dilatační vložky, čisticí stroje česlí, hrazení vtoků a výtoků.

Vývojová a výzkumná činnost je založena na úzké spolupráci s VUT Brno – katedrou hydraulických strojů. Probíhá výzkum na vývoji turbín pro velmi nízké spády a velké průtoky. Jedná se zejména o optimalizaci Kaplanových třílopatkových turbín. Dalším směrem vývoje je použití vodicích ložisek oběžných kol mazaných filtrovanou vodou, což má jednoznačný vliv na ekologii provozu MVE.

K nejčastějším výrobkům firmy patří turbíny typu Kaplan a z posledních zajímavých nabídek to je turbína MINI. Je určena pro zpracování i nejmenších průtoků, s možností využití v širokém rozsahu spádů. Jedná se o Kaplanovu turbínu, která může být umístěna v betonové kašně, nebo i v plechové spirální skříní.

Uspořádání soustrojí může být horizontální, nebo i vertikální. Turbíny se používají na přímé spojení s generátorem, také je možné spojení pomocí řemenového převodu, nebo převodovky. Rozvaděč a oběžné kolo jsou ovládány hydraulicky, agregát je součástí soustrojí. Na přání je možné pro ovládání použít elektrické servomotory. Elektrický rozvaděč s řídicím systémem umožňuje provoz turbíny podle hladinové regulace.



Z hlediska stavební části je koncepční řešení jednoduché, proto jsou turbíny vhodné také pro použití při rekonstrukci starých objektů – při zachování původní turbínové kašny. Turbíny se vyrábějí ve čtyřech velikostech průměru oběžného kola a to 400 mm, 500 mm, 600 mm, a 700 mm.

## **ZIROMONT, spol. s r. o.**

Navrhuje, vyrábí a dodává technologická zařízení pro MVE – konkrétně se společnost zaměřila na přímoproudé vodní turbíny s oběžným kolem typu Kaplan. Turbíny se vyznačují především velkou hltností při daném spádu, menšími zástavbovými rozměry a řadou možných variant jejich umístění ve strojovně elektrárny. Plášť turbíny s vnitřním ložiskovým a ucpávkovým tělesem, diagonálním rozvaděcím kolem a komorou oběžného kola je řešen jako kompaktní celek včetně štítu pro upevnění generátoru. Tvar pláště je navržen tak, aby ztráty prouděním byly co nejmenší. K zachycení hmotnosti turbíny včetně generátoru je plášť na spodní části opatřen tuhým podstavcem.

Soustrojí se dodává v tomto provedení regulace:

- rozvaděcí i oběžné kolo automaticky regulované,
- oběžné kolo automaticky regulované, rozvaděcí kolo pevně nastavené,
- rozvaděcí kolo automaticky regulované, oběžné kolo pouze za klidu přestavitelné.

U všech variant je automatická regulace provedena hydraulicky. U typů s automatickou regulací rozvaděcího kola plní toto kolo též funkci provozního rychlouzávěru pro okamžité odstavení turbíny. Turbíny jsou určeny k pohonům asynchronních generátorů pracujících paralelně s veřejnou energetickou sítí. Přenos výkonu na hřídel generátoru a požadovaný převodový poměr je řešen zcela zakrytovaným plochým ozubeným řemenem, který se vyznačuje vysokou účinností, tichým chodem a schopností přenosu velkých výkonů.

Turbína i generátor jsou připojeny na samostatný elektrorozvaděč s množstvím silových řídicích a bezpečnostních prvků, včetně mikropočítače, který zajišťuje automatický bezobslužný provoz celého zařízení v závislosti na množství protékající vody. Hlavní náplní je zdokonalování a vývoj řešení vedoucí k co nejefektivnějšímu využití vodního potenciálu příslušné MVE v průběhu celého roku. Na zakázku taktéž nabízí konstrukční a projekční práce v oboru MVE. Pro nová i repasovaná zařízení MVE navrhuje a dodává hydraulická ovládání RK i OK, řemenové převody, hřídelová uložení, ucpávky a elektrorozvaděče s řídicí automatikou atp.



## 10. Závěr

Z obsahu kapitoly o využití MVE vyplynulo, že výhodnější a současně i větší část našeho hydroenergetického potenciálu je již obsazena, tj. využita. Dá se také říci, že v ČR je stále ještě hydropotenciál čekající doposud na využití, avšak jeho technické parametry jsou již výrazně méně ekonomicky výhodné pro realizaci. Jedná se o lokality s nízkými spády, v lepším případě od 2 do 5 m a s extrémně nízkými spády do 2 m. Lokality se spády vyššími budou k dispozici jen velmi zřídka, hlavně u vodárenských zařízení, kde však budou pro realizaci obtížnější podmínky legislativní a ekologické. Vzhledem k tomu, že máme velmi dobré technologické zabezpečení od množství našich výrobců, kteří prakticky nabízejí všechny typy turbín, všech modifikací a velikostí (viz kap. 8 a 9), je předpoklad, že bude možné využít i lokality s extrémně nízkými spády, i když je zřejmé, že příští realizace se budou vyznačovat delší dobou návratnosti vložených investic a tím pádem i nižšími ekonomickými výsledky.

Nelze také opomenout, že z celkového počtu našich MVE (cca 1 350) je více než 60 % osazeno zastaralou technologií z let 1920 až 1950 (nejčastěji 1930 až 1940), které vykazují účinnosti o 10 až 20 % nižší, než dnes moderní technologie. Vyhodnocení (viz kap. 4) provozu zastaralých, neekonomicky provozovaných MVE ukázalo nevyužitý potenciál v rozsahu výkonu  $P = 18,5 \text{ MW}_e$  a ušlou roční výrobu téměř 100 000 MWh<sub>e</sub>.

Lze také říci, že mnoho starších MVE nevyužívá v dané lokalitě hydropotenciál jak vlivem účinnosti turbíny, tak i vlivem nedokonalého technického provozního zabezpečení (automatiky, rozsah regulace, hladinové regulace). Optimální využití našich toků nelze řešit pouze plným obsazením všech lokalit, ale také technickou úrovní všech provozovaných MVE. Zde by bylo vhodné zmapovat zastaralé, již dožitě technologie, zpracovat studie na jejich modernizaci a přímo realizovat rekonstrukce výměnou těch technologií, které často nesplňují ani ekologickou bezpečnost na říčním toku. Podstatou pro tato řešení však bude zajištění investic, nejlépe zaměřením státních podpor na tyto akce.

Vzhledem k účelovému zaměření příspěvku na situaci v problematice MVE je přiměřené se alespoň na tomto místě krátce zmínit o využití hydropotenciálu ČR největšími provozovateli vodních elektráren obecně. Zde se největší výkon soustřeďuje na vltavskou přehradní kaskádu, kde jsou instalovány elektrárny v lokalitách Lipno, Orlík, Kamýk, Štěchovice a Vrané (celkový výkon 706 MW). V rámci ČEZ, a. s., je však zastoupeno i celkem sedm MVE (instalovaný výkon celkem 18,4 MW). Dalšími významnými provozovateli MVE jsou Hydročez, který provozuje osm MVE na Labi, Moravě a Svatce (instalovaný výkon celkem 14 MW) a regionální distribuční společnosti, např. ZČE spolu s VČE, které vlastní dohromady devět MVE (instalovaný výkon celkem 28,2 MW). K ostatním větším provozovatelům MVE patří fa Energo-Pro a jednotlivé akciové společnosti Povodí.

V České republice mají obnovitelné zdroje cca 3% podíl na hrubé spotřebě el. energie (kryto převážně hydroenergetikou). Podle posledních závazků přijatých v rámci EU 15 by průměrná hodnota podílu OZE na hrubé spotřebě elektřiny měla v EU dosáhnout, a to k roku 2010, zvýšení ze současných 13,9 na 22 % (směrnice EU č. 01/77/EC). Česká republika přijala pro sebe ambiciózní cíl téměř trojnásobného zvýšení tohoto podílu OZE ze současného stavu až na 8 % k roku 2010.

### 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

## Použité zdroje

Pažout, F.: Malé vodní elektrárny. SNTL, Praha 1990

Firemní literatura výrobců technologie pro MVE, 1990–2002

Šamánek, L.: Provoz a ekonomie MVE, 1993

Sborník mezinárodního semináře Obnovitelné zdroje energie 1996

Obnovitelné zdroje, FCC PUBLIK, 2001

Směrný vodohospodářský plán ČSR, 1989

Hromada, Štefan: Možnosti využití hydroenergetického potenciálu MVE, výzkumná zpráva EGÚ, 1984

Evidence vodohospodářských děl z hlediska energetického využití v ČSR, VÚV Praha, 1984

Šamánek, L.: Studie potenciálu malé vodní energetiky a možnosti jeho využití, TC AVČR, Praha 2002

Seznam a mapa vodních děl, Finanční zprávy, Praha 1933

Ověřování hydraulických vlastností turbín, TS-HYDRO, spol. s r. o., 1993–2002

Šamánek, L.: Možnosti rozvoje hydroenergetiky v oblasti MVE, zpráva ČEZ, a. s., Praha 2002

# VĚTRNÁ ENERGIE A JEJÍ MOŽNOSTI V ČR

RNDr. Josef Štekl, CSc.

## Úvod

Využívání větrných elektráren na výrobu energie dodávané do rozvodných sítí je ve světě a zvláště na území ČR velmi mladá technická oblast. Intenzivní zájem o využití větrné energie se projevil na začátku sedmdesátých let minulého století. Je to období, kdy si společenství průmyslových zemí uvědomilo nebezpečí ekologické krize v globálním rozsahu a intenzivně začalo hledat cesty k jejímu překonání. Hrozba krize je spojena jak s možností vyčerpání neobnovitelných zdrojů, tak s produkcí skleníkových plynů a s napjatým stavem absorpční kapacity přírodních systémů pro odpadní látky, produkované při výrobě elektrické energie. Dalším důležitým impulsem pro rozvoj větrné energetiky bylo embargo zemí OPEC na vývoz ropy do průmyslově vyspělých zemí. Embargo bylo vyhlášeno na podzim roku 1973. Tehdy některé ohrožené země začaly pod tlakem prudkého zvýšení světových cen veškeré energie chápat omezenost klasických energetických zdrojů energie v širokém měřítku. V rámci Evropy k průkopníkům konstrukce větrných elektráren patřily Dánsko a SRN.

## 1. Některé technické charakteristiky větrných elektráren

### 1.1. Malé větrné elektrárny

Mimo zájem této studie jsou malé větrné elektrárny, k nimž se řadí turbíny s výkonem menším než 40 kW. Tato limitní hranice, která se mění s vývojem technologie, se může u některých autorů od uvedené hodnoty odlišovat. Ukazuje se, že využití malých větrných elektráren s výkonem kolem 10 až 15 kW, které mají průměry rotorů od čtyř do osmi metrů a staví se na stožárech s výškou 15 až 20 m, je rentabilní pro rodinné či rekreační domy při průměrné roční rychlosti větru v 10 m kolem 4,5 m/s a rychlostech vyšších. Výstavba malé větrné elektrárny v tak vysokém větrném potenciálu se musí velmi důkladně zvážit, protože se jedná o zásobu větrné energie vhodnou pro stavbu velké větrné elektrárny. Při nižších rychlostech větru se stavba malé větrné elektrárny doporučuje v případech, kdy není k dispozici jiný zdroj energie, dále při preferenci vyššího komfortu (vytápění chalup a chat) a při provozování větrné elektrárny jako „užitečného koníčka“. Podrobnější analýzu lze nalézt ve zprávě Štekl et al. (2002).

### 1.2. Velké větrné elektrárny

Působením aerodynamických sil na listy rotoru převádí větrná turbína kinetickou energii větru na rotační mechanickou energii. Aerodynamické síly vznikají podél rotorových listů, které musí mít speciálně tvarovaný profil, velmi podobný profilu křídla letadla. Se vzrůstající rychlostí vzdušného proudu rostou vztahové síly s druhou mocninou rychlosti větru a energie vyprodukovaná generátorem s třetí mocninou, což si vynucuje velice efektivní a rychle pracující regulaci výkonu rotoru, aby se zabránilo mechanickému a elektrickému přetížení větrné elektrárny.

### Regulace „stall“ a „pitch“

Jak uvádí např. zdroj Wind Energy Information Brochure (1993), současné větrné elektrárny používají dva různé aerodynamické regulační principy přizpůsobení výkonu na nominální výkon generátoru:

- rotory s pevně nastavenými listy s autoregulací výkonu (stall control),
- rotory s nastavitelnými listy (pitch control)

V minulosti se používala pro většinu malých a středních větrných elektráren jednoduchá „stall“ regulace, ale s rostoucí velikostí větrných elektráren dává výrobci přednost „pitch“ systému, který umožňuje větší měrou ovlivnit provoz větrných elektráren.

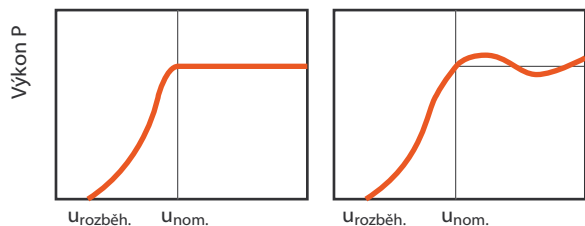
„Pitch“ regulace představuje aktivní systém, který pracuje se vstupním signálem o výkonu generátoru. Vždy, když je překročen nominální výkon generátoru, změní listy rotoru úhel nastavení vůči natékajícímu proudění, čímž dojde ke zmenšení hnacích aerodynamických sil a zmenšení využití výkonu turbíny. Pro všechny rychlosti větru větší než „nominální rychlost“, která je nutná pro dosažení nominálního výkonu, nastaví se úhel náběhu tak, aby turbína dávala právě nominální výkon.

Větrné elektrárny s „pitch“ regulací jsou více sofistikované než turbíny se „stall“ regulací, protože nastavení listů rotoru se mění průběžně. „Pitch“ regulace má následující výhody:

1. dovoluje aktivní kontrolu výkonu v celém rozsahu rychlosti větru,
2. zajišťuje vyšší produkci energie ve stejných podmínkách vůči „stall“ regulaci,
3. jednoduchý start rotoru turbíny změnou nastavení úhlu náběhu,
4. nepotřebuje silné brzdy pro náhlé zastavení rotoru,
5. snižuje zatížení listů rotoru při zvýšení rychlosti větru nad „nominální rychlost“,
6. výhodná poloha rotorových listů s ohledem na nízké zatížení v případech extrémních rychlostí větru,
7. nižší hmotnosti rotorových listů a tím i hmotnosti celé větrné elektrárny.

Typický průběh výkonové křivky ve větrných elektrárnách s „pitch“ regulací je zřejmý z obr. 1.

## Charakteristické výkonové křivky při regulaci „pitch“ a „stall“ (obr 1 a 2)



**Turbíny regulované režimem „stall“** jsou mnohem jednodušší než turbíny s režimem „pitch“, protože nemají technický systém měnící nastavení listů rotoru. V porovnání s „pitch“ regulovanými větrnými turbínami má regulace výkonu „stall“ principiálně následující výhody:

- jednoduchá konstrukce,
- nenáročná údržba s ohledem na menší počet pohyblivých částí,
- vysoká spolehlivost regulace výkonu.

Charakteristický průběh výkonové křivky větrné elektrárny s regulací výkonu „stall“ je znázorněn na obr. 2.

V nastupující generaci megawattových větrných elektráren se většina výrobců orientuje na „pitch“ systém regulace. „Stall“ systém používají někteří výrobci u větrných elektráren ve výkonové kategorii podstatně nižší než je megawatt.

V posledních letech se objevila kombinace obou systémů, tzv. „aktivní stall“.

## 1.3. Větrné elektrárny s převodovkou a bez převodovky

Vedle tradiční technologie s mechanickou převodovkou, zajišťující převod nízké rychlosti rotoru na mnohem vyšší rotační rychlost konvenčních generátorů, se začaly vyrábět větrné elektrárny bezpřevodkové. Doposud se oba typy větrných elektráren úspěšně uplatňují na mezinárodním trhu. Oba typy mají své výhody i nevýhody. Rozhodnutí, zda vyrábět větrné elektrárny bez nebo s převodovkou, je věcí filosofie jednotlivých výrobců, přičemž velký význam mají tradice značky, vývojové cíle a ekonomická analýza.

V konstrukci větrných elektráren se objevilo nové bezpřevodkové řešení, které je založeno na využití nízkorychlostních multipólových generátorů, které však mají velké rozměry, což může způsobit jisté problémy v transportu, zejména v megawattové třídě. Na druhé straně se významně sníží počet strojních částí. Není potřebná rozměrově velká převodovková skříň, odpadají spojovací prvky, je zmenšený počet rotujících prvků, zjednodušila se gondola a konec konců je jednodušší údržba. Jak při „stall“, tak při elektricky řízené „pitch“ regulaci i při elektricky řízeném systému natáčení gondoly, není zapotřebí hydraulických olejů, což je nesporná výhoda pro provoz i údržbu. Argument, že speciální generátory, vyráběné jen pro větrné elektrárny v malých sériích jsou drahé ve srovnání s klasickými generátory, není ve skutečnosti na místě. Se vzrůstajícím výkonem a velikostí větrných elektráren se klasické generátory a převodovky vyrábějí rovněž v malých počtech, což znamená, že výhoda nižší ceny s ohledem na sériovou výrobu není pravděpodobná.

Tradiční konstrukce větrných elektráren vychází z využití hnacího hřídele, ložisek, převodovek a spojek. Všechny tyto části jsou principiálně normální strojní součástky, které mohou být dodávány specializovanými výrobci. To může garantovat vysokou kvalitu výrobků při nízkých cenách a možnost výměny dodavatele subkomponentů s cílem zvýšit kvalitu nebo snížit cenu. Se současnými výrobními standardy převodovek nepředstavuje však hluk způsobený převodovkou důvod ke konstrukci větrných elektráren bez převodovek. V současnosti jsou převodovky schopné dosáhnout dvaceti let životnosti, přičemž výměna mazacího oleje nemusí být častá. Celé soustrojí uvnitř gondoly je rozděleno na kompaktní části, které i v megawattové třídě dovoluji snadný transport a montáž na stanovišti.

## Stožáry větrných elektráren

Jak vyplývá z firemních nabídek, jsou nejrozšířenější stožáry (věže) větrných elektráren v podobě mírně kónických ocelových tubusů. Se zvětšováním výkonu turbín se zvyšují stožáry, a to v současné době na 100 až 120 m. Z toho důvodu se v nabídce dodavatelů objevily stožáry betonové (např. Enercon 4,5 MW u Magdeburgu) a věže v podobě příhradové konstrukce.

Příhradové stožáry jsou často nepříznivě hodnoceny pro svůj „neestetický“ vzhled a řada ochranářů jim dala punc, že poškozují ráz krajiny. Této kritice oponují jiní, kteří tvrdí, že příhradové stožáry v krajině mají vůči tubusovým následující přednosti:

- transparentnost, která způsobuje, že příhradové stožáry zvláště při pohledu z větší dálky lépe splývají s krajinou,
- nepatrná reflexe dopadajícího světla,
- vhodnost zasazení do určitého rázu krajiny jako je např. lesní prostředí,
- začlenění do krajiny, kde jsou již instalovány stavby tohoto charakteru (např. stožáry elektrického vedení).



**Základové bloky příhradového stožáru větrné elektrárny (obr. 3)**



Další předností příhradových věží oproti tubusovým je výrazně menší spotřeba oceli, což vede k tomu, že při stejných nákladech lze postavit příhradový stožár o 20 % vyšší než tubusový.

Montáž příhradového stožáru i doprava jeho dílů je jednodušší, což je významná přednost při stavbě větrných elektráren v horských podmínkách. Při povrchové úpravě příhradového stožáru pozinkováním v ohni je zaručena životnost 40 let, čímž odpadá nátěr, který je nutný na ocelových tubusových stožárech.

Čtyři betonové bloky, na nichž je příhradový stožár postaven, jsou méně náročné na zábor plochy než je tomu u tubusových stožárů – viz obr. 3. Existuje technologie, která umožňuje s využitím konstrukce příhradového stožáru, bez účasti jeřábu, zvednout strojovnu do pracovní polohy, což je vidět na obr. 4.

**Zvedání strojovny bez jeřábu s využitím konstrukce příhradového stožáru (obr. 4)**

### 1.4. Větrná elektrárna Vestas V80 – 2,0 MW

Zvolili jsme větrnou elektrárnu Vestas V80 – 2,0 MW jako představitele skupiny větrných elektráren s převodovkou. Jedná se o typ větrné elektrárny s moderní technologií a řadí se svým výkonem do kategorie největších.

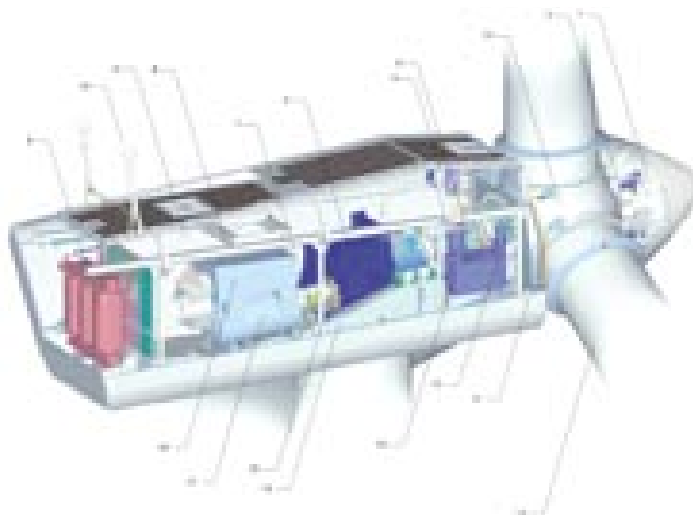
Hlavní segmenty strojovny a rotorové hlavy jsou uvedeny na obr. 5. Rotor je vybaven zařízením OptiSpeed, které umožňuje, aby rotor pracoval s variabilním počtem otáček. Větrná elektrárna je regulována naklápěním listů trojlístého rotoru (pitch) pomocí zařízení OptiTip, což je zvláštní regulační systém naklápění listů firmy Vestas, kdy úhel nastavení listů je vždy optimálně přizpůsoben příslušným větrným podmínkám. Tímto je optimalizována výroba energie i hladina hluku. Mechanická energie je od rotoru přenášena hlavní hřídelí přes převodovku na generátor.

Přenos výkonu z převodovky na generátor se uskutečňuje pomocí kompozitní spojky. Generátor je speciální, čtyřpólový, asynchronní s vinutým rotorem. Při vyšších rychlostech větru zajišťuje OptiSpeed systém a regulace naklápění OptiTip, aby odevzdávaný výkon ležel nezávisle na hustotě vzduchu v oblasti jmenovitého výkonu. Při nízkých rychlostech větru optimalizují systémy OptiTip a OptiSpeed výkon nastavením počtu otáček a vhodného úhlu listů rotoru.

Zabrzdnění větrné elektrárny je prováděno nastavením listů rotoru do praporu. Parkovací brzda je na vysokorychlostní hřídeli převodu. Veškeré funkce větrné elektrárny jsou kontrolovány a řízeny řídicími jednotkami na bázi mikroprocesorů. Změny úhlu nastavení jsou aktivovány hydraulickým systémem, který umožňuje pohyb listů rotoru axiálně až o 95°. Čtyři elektricky poháněné převodovky zajišťují nastavení osy gondoly do směru větru.

## Vybraná technická data:

<b>průměr rotoru</b>	80 m
<b>plocha rotoru</b>	5 027 m <sup>2</sup>
<b>počet otáček</b>	16,7 U/min
<b>výška tubusu</b>	60 – 67 – 78 – 100 m
<b>startovací rychlost</b>	4 m/s
<b>nominální rychlost</b>	15 m/s
<b>rychlost zabrzdění</b>	25 m/s
<b>hmotnost gondoly</b>	61 t
<b>hmotnost rotoru</b>	34 t
<b>Hmotnost tubusu</b>	
<b>60 m</b>	110 t
<b>67 m</b>	130 t
<b>78 m</b>	170 t
<b>100 m</b>	220 t



**Větrná elektrárna Vestas V80 (obr. 5)**

- |                       |                         |                        |
|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| 1 řízení listů rotoru | 8 servisní jeřáb        | 15 základní rám        |
| 2 pitch válec         | 9 transformátor         | 16 otáčivý věnec       |
| 3 hlavní hřídel       | 10 rotorová hlava       | 17 OptiSpeed generátor |
| 4 chlazení oleje      | 11 ložisko listu rotoru | 18 chlazení generátoru |
| 5 převodovka          | 12 list rotoru          | 19 anemometr           |
| 6 VMT Top řízení      | 13 aretace              |                        |
| 7 disková brzda       | 14 hydraulická jednotka |                        |

## 1. 5. Větrná elektrárna Enercon E66 – 1,5 MW

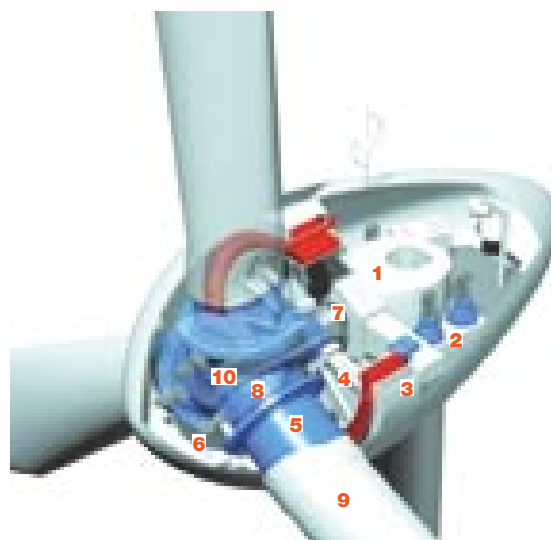
Na evropském trhu první místo v prodeji zaujímá německá firma Enercon, která vyrábí bezpřevodkovkové větrné elektrárny. Větrnou elektrárnu Enercon E66 – 1,5 MW uvádíme jako představitele tohoto konstrukčního směru – viz obr. 6. Koncepce těchto strojů vychází ze zmenšení počtu hnacích soustrojí, když rotor je přímo spojen s multipólovým generátorem, který má otáčky shodné s otáčkami rotoru. Tento konstrukční princip umožňuje redukovat ztrátu energie mezi rotorem a generátorem, snížit hlukové emise od mechanických částí stroje, snížit pravděpodobnost opotřebení mechanických částí, snížit ztrátu energie třením v převodovce, odbourat potřebu oleje a pravidelné výměny oleje v převodovce. Připojovací systém Enercon zabezpečuje splnění požadavků vstupu do sítě z generátoru, který je založen na principu synchronního stroje. Firma Enercon vyvinula rotory pracující režimem „pitch“, které, jak uvádí výrobce, mají vysokou účinnost, dlouhou životnost a malou emisi hluku. Tato poslední přednost vychází z typicky zakřivených špiček listů rotoru, jak je vidět z obr. 6a.

## Vybraná technická data:

<b>průměr rotoru:</b>	66 m
<b>plocha rotoru:</b>	3 421 m <sup>2</sup>
<b>počet otáček:</b>	proměnlivý 10–20,3 U/min
<b>výška tubusu:</b>	67–98 m
<b>startovací rychlost:</b>	2,5 m/s
<b>nominální rychlost:</b>	13,0 m/s
<b>rychlost zabrzdění:</b>	25,0 m/s
<b>hmotnost rotoru:</b>	39 t



**Tvar špičky listu rotoru větrné elektrárny Enercon E 66 (obr. 6a)**



**Větrná elektrárna Enercon E66 (obr. 6)**

- |                              |                            |
|------------------------------|----------------------------|
| 1 nosič strojovny            | 6 motor pro natáčení listu |
| 2 motor pro natáčení gondoly | 7 čep osy                  |
| 3 stator generátoru          | 8 hlava rotoru             |
| 4 rotor generátoru           | 9 list rotoru              |
| 5 adaptér pro natáčení listu | 10 hlavní ložiska          |

## 2. Větrná energetika na území ČR do současnosti

Na území České republiky, obdobně jako v jiných evropských státech, se v minulosti energie větru využívala ve větrných mlýnech. Historicky je doloženo postavení prvního větrného mlýna na území Čech, Moravy a Slezska v roce 1277 v zahradě Strahovského kláštera v Praze (Pokorný).

Největší rozkvět větrného mlynářství v Čechách byl ve 40. letech 19. století, zatímco na Moravě a ve Slezsku až koncem 70. let 19. století. Z práce Pokorného (1973) vyplývá, že na území Čech je dokumentována existence 198 větrných mlýnů. Práce Buriana (1965) dokládá existenci 681 větrných mlýnů na území Moravy a Slezska. Celkem tedy bylo na území České republiky 879 historicky doložených větrných mlýnů.

Další etapou využití větrné energie na území Čech, Moravy a Slezska bylo období větrných turbín pohánějících vodní čerpadla. Časově je toto období spojeno s prvním dvacetiletím 20. století. Největším výrobcem větrných motorů byla firma Antonín Kunz v Hranicích na Moravě, pozdější Sigma, n. p. (Jaroš).

První českou obsáhlou monografií o větrných motorech a elektrárnách v rozsahu 368 stran byla práce Kašpara (1948). S velkým časovým odstupem (1991) byl vydán překlad z ruštiny od autora Šeftera s názvem „Využití energie větru“. Poslední monografie, zabývající se tematikou větrných motorů a elektráren od Rychetníka et al., vyšla v roce 1997. Na tomto místě je třeba uvést, že od roku 1994 vydává Česká společnost pro větrnou energii dvakrát ročně odborný časopis Větrná energie, jehož poslední číslo je v pořadí již osmnácté ([www.sweb.cz/csve](http://www.sweb.cz/csve)). Zvláště významná jsou monotematická čísla, jako např. Meteorologie ve větrné energetice (1997).

Výroba velkých větrných elektráren v České republice začala koncem 80. a začátkem 90. let minulého století. Z iniciativy ředitele závodu Mostárny ve Frýdku–Místku, jenž byl součástí Vítkovických železáren, připravil tým konstruktérů technologicky výrobu větrných elektráren s výkonem 75 kW. Bylo vyrobeno několik kusů, z nichž jeden, stále jako nefunkční, přežívá v Božím Daru v Krušných horách. Postupně se přešlo k výrobě větrných elektráren s výkonem 315 kW, z nichž je v provozu jediná, a to v Mladoňově u Šumperka.

Konstruktérské zkušenosti, získané v závodech Mostárny, měly významný podíl na vzniku společností, zabývajících se výrobou větrných elektráren. V roce 1993 vznikla společnost ENERGOVARIS, která vyrobila dva kusy EWT 315 kW a jednu větrnou elektrárnu EWT o výkonu 630 kW. Tyto větrné elektrárny jsou stále v provozu. Ve stejném roce vznikla společnost EKO, která vyrobila 5 ks větrných elektráren E-400 kW, z nichž čtyři jsou v provozu na Novém Hrádku. Podrobnější informace jsou v článku Štekl (2001).

Mluvíme-li o výrobcích větrných elektráren nesmíme pominout českou výrobu listů rotorů, které byly instalovány jak např. na strojích E-400 kW, tak i na celé řadě malých větrných elektráren. Jde o firmu FORTE Mostkovice, a. s.

Poslední větrná elektrárna české výroby byla postavena v roce 1996. České společnosti, které se zabývaly výrobou větrných elektráren, neměly vzhledem k nedostatku finančních prostředků vývojové zázemí, nemohly zajistit etapu zkušebního provozu a proto jejich výrobky vykazovaly značnou poruchovost. V důsledku nízké výkupní ceny elektrické energie z větrných elektráren, která se v té době pohybovala v rozmezí 0,9 až 1,13 Kč/kWh, se nevytvořil český trh s větrnými elektrárnami. Nebyl možný ani export těchto zařízení, protože nebyla certifikována.

Z těchto důvodů uvedené společnosti zanikly a tehdejší předstih České republiky, např. před Rakouskem, v instalovaném výkonu ve větrných elektrárnách po roce 1995 jsme rychle ztratili. Zánikem společností, které vyráběly větrné elektrárny, vznikly těžkosti s údržbou a opravami instalovaných turbín.

Nezájmem státních orgánů o novou vznikající výrobní oblast, pro kterou byly v naší republice rozvinuté technologie výroby řady komponent pro větrné elektrárny, přišly průmyslové podniky o nezanedbatelný počet pracovních míst.

### 2.1. Velké větrné elektrárny na území ČR do současnosti

V České republice se po roce 1989 projevil zvláštní fenomén v dynamice rozvoje větrné energetiky. Můžeme říci, že jde o český paradox. Tento fenomén má v evropském kontextu výjimečné postavení. Zatímco ve státech západní Evropy probíhá nárůst ročně instalovaných výkonů větrných elektráren exponenciální řadou, v České republice podobný trend bylo možno pozorovat v období let 1990–1995.

Po tomto roce má vývojová křivka klesající tendenci. Do konce roku 1995 byly na území ČR vybudovány 24 větrné elektrárny (uvažujeme-li výkon nejméně 50 kW) s celkovým okamžitým výkonem 8220 kW. Hodnoceno ke konci roku 2001, demontováno bylo pět větrných elektráren (Bílý Kříž, Frýdek-Místek, Hory-Jenišov, Strabenice, Boršice) s celkovým výkonem 925 kW a mimo provoz bylo 11 větrných elektráren s celkovým výkonem 4920 kW.

#### 2.1.1. Demontované větrné elektrárny

Větrná elektrárna TACKE 60 kW na **Bílém Kříži** v Moravskoslezských Beskydech měla v CHKO povolení k provozu pouze na dva roky. Provoz byl zahájen v roce 1992.

Větrná elektrárna Vítkovice 75 kW v lokalitě **Hory-Jenišov**, postavená v roce 1992, nebyla zkolaudována a patrně neměla dostatečný větrný potenciál. Podle modelu VAS (Větrný atlas – viz kap. 4.3. 1., str. 72) je průměrná roční rychlost větru ve výšce 10 m 3,6 m/s.

Větrná elektrárna Vítkovice 315 II o výkonu 315 kW ve **Strabenicích u Kroměříže**, vybudovaná v roce 1993 byla po poškození vichřicí demontována. Podle modelu VAS byla v lokalitě průměrná roční rychlost větru v 10 m pouze kolem 4,0 m/s, tedy patrně tam byla nedostačující zásoba větrné energie.

Větrná elektrárna EKOV 400 kW v **Boršicích u Buchlovic** byla vybudována v roce 1994. Po řadě technických závad a vykradení části stroje, která byla při opravě uložena vedle sloupu, byla celá větrná elektrárna v roce 1997 demontována. Průměrná roční rychlost větru v 10 m kolem 4,0 m/s nezaručovala dostatečnou zásobu větrné energie.

Do kategorie demontovaných větrných elektráren nelze formálně zařadit turbínu Vítkovice 75 kW v Božím Daru, která byla do provozu uvedena na podzim roku 1992, jde však o zařízení, které je dlouhodobě mimo provoz. Po mnoha technických peripetiích bylo zařízení odstaveno z provozu v roce 1994. Snad proto, že větrná elektrárna působí jako charakteristická kulisa obce, nebylo dosud zařízení demontováno.

## 2. 1. 2. Větrné elektrárny v provozu

V blízkosti renovovaného větrného mlýna v **Kuželově u obce Hrubá Vrbka** (býv. okres Hodonín) – viz obr. 7 – byla v roce 1990 postavena větrná elektrárna dánské výroby DWP-D150 kW. Tato turbína s určitou prodlevou, kdy byl vlastník JZD v konkurzu, byla a je v provozu. Největší roční výroba do roku 1999 byla zaznamenána v roce 1993, a to 220 kWh. Inspirací pro volbu lokality mohl být zmíněný větrný mlýn. Software VAS udává průměrnou roční rychlost větru ve výšce 10 m kolem 4,0 m/s, tedy nijak vysoký větrný potenciál.

Lokalita **Mravenečník v Hrubém Jeseníku** na hřebenu Medvědí hory patří svou nadmořskou výškou 1150 m k nejvýše položeným větrným elektrárnám v Evropě. V roce 1993 zde byla vybudována větrná elektrárna Wind World W-2500 o výkonu 250 kW. Posléze, kdy ČEZ, a. s., začal v této lokalitě budovat středisko obnovitelných zdrojů energie (přečerpávací vodní elektrárna, sluneční panely), byla v roce 1995 postavena EWT-315 a v roce 1996 EWT 630 kW; obě elektrárny od českého výrobce ENERGOVARs.

Provozovatel se mj. musel zabývat značnými problémy, jako např. odcizení řídicího systému z dánské elektrárny, přičemž výrobní firma již zanikla, zpřetrhání v zemi uložených kabelů povodní v roce 1997, dlouhodobý „ladící provoz“ turbíny EWT 630 kW a odstranění rezonování tubusu při určitém rozsahu rychlosti větru. Což se projevilo na výrobě. V období 1999 až 2002 v průměru za rok vyrobily větrné elektrárny WindWorld 43,9 kWh, EWT-315 123,7 kWh a EWT-630 139,4 kWh.

V roce 1992 vybudoval soukromý investor na vrcholu kopce 585 m v blízkosti obce **Mladoňov** větrnou elektrárnu Vítkovice VE 315/1 o výkonu 315 kW. Tato elektrárna vykazovala časté poruchy, v roce 1994 byla odstavena a na podzim roku 1995 byla nahrazena novým typem VE 315/1 o výkonu 315 kW s řadou agregátů zahraniční výroby. Nový typ byl zprovozněn v lednu 1996. Od té doby je provoz nepřetržitý s přestávkami na opravy (táhla ovládaní aerobrzd, závady převodovky otoče, elektromechanický pohon otoče byl nahrazen hydraulickým). Výroba energie v období 1–10/1998 byla 250 MWh.

V **Nové Vsi v Horách (Krušné hory)** byla začátkem roku 1994 postavena větrná elektrárna italského výrobce WEST s označením MEDIT 320 kW. Její produkce byla překvapivě vysoká, až 40 MWh za měsíc. Po ročním provozu pro nevyjasněné majetkoprávní vztahy a platební neschopnost byla větrná elektrárna zhruba do roku 2000 mimo provoz. Byla vícekrát vykradena. Po generální opravě je turbína od začátku roku 2003 v provozu. Koncem června 2003 byla nainstalována v sousedství větrná elektrárna o výkonu 1,5 MW od výrobce Re power, typ MD-70.



Na vrcholu poutní hory **Hostýn** (735 m) vybudovala v dubnu roku 1994 Matice svatohostýnská větrnou elektrárnu Vestas V27-225 kW. Římskokatolická duchovní správa Svatý Hostýn provozuje tuto turbínu dosud. Skutečná roční výroba se pohybuje mezi 300 až 400 MWh. V listopadu 1999 dosáhla výroba až 65 MWh. K této turbíně je třeba doplnit, že stavba byla realizována i přes silné protesty pracovníků ochrany krajiny na okresní i ministerské úrovni.

**Velká Kraš u Vidnavy** (býv. okres Jeseník) je lokalita, kde v září roku 1994 postavila obec větrnou elektrárnu Vestas V29-225 kW. Tento typ elektrárny je vybaven dvěma generátory, přičemž slabší o výkonu 50 kW je určen pro nižší rychlosti větru (rozběhová rychlost 2,5 m/s). V roce 1995 vyrobila větrná elektrárna 281,2 MWh. Do roku 1998 byla průměrná roční výroba 248,7 MWh.

**Větrná elektrárna RE power, MD-70 15 MW v Nové Vsi v Horách, situovaná na vrcholu Strážného vrchu (obr. 8, autor Zelinka)**



**Větrná elektrárna Kuželov DWP-D 150 v ploché pahorkatině předhůří Bílých Karpat (obr. 7, autor B. Koč)**



Dosud největší farma u nás, a to šest větrných elektráren Vestas V39–500 kW, byla postavena v **Ostružné** (býv. okres Šumperk) – viz obr. 9. Stavba byla realizována v roce 1994 v nadmořské výšce 720 m. Při provozu do konce roku 1997 se projeví nepříznivé vlivy námrazy a zásah blesku, který v roce 1997 poškodil rozvodnu a elektrické zařízení jednotlivých větrných elektráren. Zmíněné meteorologické vlivy však nebyly hlavním důvodem, proč farma vyráběla méně než polovinu očekávané roční výroby. Příčinu lze hledat jak ve vzájemném umístění jednotlivých turbín, hlavně však v chybném určení průměrné rychlosti větru a z toho vypočtené zásoby větrné energie. Nízká výkupní cena energie a proti předpokladu nižší výroba byly důvodem, že vlastník se dostal do platebních potíží a na farmu byl vyhlášen konkurz. Od roku 2002, kdy nový vlastník provedl po odstávce potřebné opravy, je farma větrných elektráren v provozu. V období 1995 až 1998 farma šesti větrných elektráren v průměru za rok vyrobila zhruba 2000 MWh.

Zhruba 200 m od okraje města **Nový Hrádek** (býv. okres Náchod) na kopci s výškou 578 m postavila v létě r. 1995 firma ALVYEN s.r.o. na základech původně budovaných pro VE 315-Vítkovice, a.s., čtyři větrné elektrárny EKOV-400 kW. Jednalo se o provozně neodzkoušená zařízení, kdy řada problémů byla odstraňována během montáže a uvádění do provozu. Mimo jiné docházelo k významnému „přetáčení“ elektrárny. Zkušební provoz farmy byl povolen stavebním úřadem Náchod do 30. 9. 1997, nebyl však realizován pro závady a vysokou úroveň hlukové emise. Postupně se vlastníkem farmy stala VČE, a.s., Hradec Králové, která provedla řadu konstrukčních úprav a celkovou repasi. Na podzim r. 2002 byl úředně povolen pouze denní provoz farmy z důvodu překročení limitu hlukové emise v nočních hodinách.

## Zkušební polygon v lokalitě Dlouhá Louka

Neklid v blízkosti obce **Boží Dar** v Krušných horách je lokalita, kam byla přemístěna v roce 2001 větrná elektrárna EWT 315 kW z Dlouhé Louky. Tato větrná elektrárna ve vlastnictví ČEZ, a.s., byla v provozu od listopadu 1993 do prosince 2000 a měla pouze povolení na dočasný provoz.

Pracovníci Ústavu fyziky atmosféry AV ČR prováděli na této „demonstrační“ větrné elektrárně speciální měření, mj. i na meteorologickém stožáru s výškou 48 m. Významné bylo i určení vlivu námrazy na provoz větrné elektrárny. Výsledky byly publikovány ve výzkumných zprávách a řada z nich i v časopise *Větrná energie*. Výzkumný polygon **Dlouhá louka** byl formou věcného daru převeden na ústav fyziky atmosféry AV ČR a dále na něm pokračují stožárová měření. Protože se jednalo o první větrnou elektrárnu EWT 315 kW, projevila se řada technických závad (hlavní převodovka, tlakové mazání, vinutí generátoru, úroveň hlukové emise, únik oleje z hydrauliky atd.). V období 1994–1999 bylo dosaženo nejvyšší roční výroby v roce 1995, a to 303 MWh, přičemž očekávaná roční výroba, určená na základě ročního měření rychlosti větru, byla 525 MWh. Vysvětlení této disproporce vychází ze skutečnosti, že větrná elektrárna pracovala pouze 34,3 % z celkové doby, přičemž pouze 11,3 % výpadku bylo vyvoláno slabým větrem. Po přemístění je elektrárna EWT 315 kW ve zkušebním provozu od března 2003.



**Větrná elektrárna Fuhrländer FL 100 u Protivanova v ploché vyvýšenině Dražanské vrchoviny (obr. 10, autor B. Koč)**

V prosinci roku 2002 byla u obce **Protivanov** na Dražanské vrchovině (680 m n.m.) postavena větrná elektrárna Fuhrländer FL 100 – viz obr. 10. Elektrárna má generátor se dvěma vinutími, a to 20 a 100 kW. Startuje při rychlosti 2,5 m/s, jmenovitého výkonu dosahuje při rychlosti větru 12 m/s. Třílístý rotor má průměr 21 m a regulaci stall. Výška tubusu je 33 m. Na nedalekém radio-komunikačním stožáru prováděli pracovníci ÚFA AV ČR roční měření. Ve výšce 40 m nad zemí byl stanoven roční průměr rychlosti větru v hodnotě 5,8 m/s a určena předpokládaná roční produkce 192 MWh.

U obce **Jindřichovice pod Smrkem** (410 m n.m.) ve Frýdlantském výběžku dodaly v polovině května 2003 první kilowatthodiny do sítě dvě větrné elektrárny výrobce Enercon E-40 s nominálním výkonem každé 600 kW – viz obr. 11. Výška tubusu je 65 m, průměr rotoru je 44 m. Rozběhová rychlost větru je 2,5 m/s, nominální výkon je dosažen při rychlosti větru 13 m/s. Jedná se o bezpřevodkovou větrnou elektrárnu s mnohapólovými prstencovými synchronními generátory. Při provozu dosahuje rotor 18 až 34 otáček za minutu.

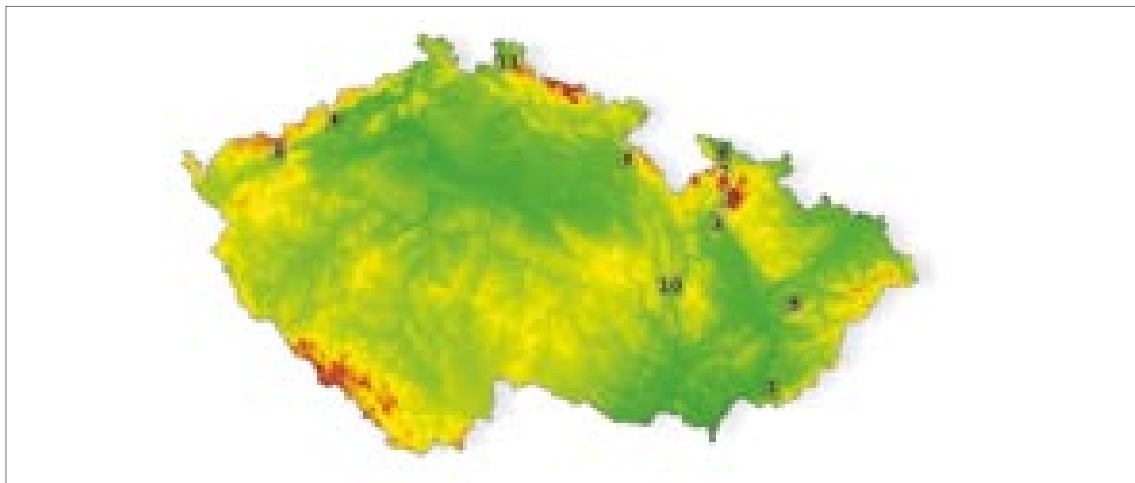


**Jedna ze šesti větrných elektráren Vestas V 35 – 500 v lokalitě Ostružná v členité vrchovině Hrubého Jeseníku (obr. 9, autor B. Koč)**



**Větrná elektrárna Enercon E-40 u Jindřichovic pod Smrkem (obr. 11, autor B. Koč)**

## Větrné elektrárny s výkonem nad 50 kW v České republice - stav k 30. červnu 2003 (obr. 12)



Tabulka: Základní informace o větrných elektrárnách - klíč k obrázku 12

Ozn.	Místo	Typ, výroba, země původu	Nominální výkon	Ukončení stavby	Vlastník
1.	Kuželov, (Bílé Karpaty, býv. okr. Hodonín)	DWT 150 kW, Danish Wind Technology, Dánsko	150 kW	1990	obec Velká nad Veličkou
	Boží Dar, (Krušné Hory, býv. okr. Karlovy Vary)	VE 75-1, Vítkovice, ČR	75 kW	1992	obec Boží dar
2.	Mravenečník, (u Loučné n. Desnou, Hrubý Jeseník, bývalý okr. Šumperk)	Wind World, W 2500, Dánsko	200 kW	1993	ČEZ, a. s., Praha
		EWT 315, ČR	315 kW	1995	ČEZ, a. s., Praha
		EWT 630 ČR	630 kW	1995	ČEZ, a. s., Praha
3.	Mladoňov, (bývalý okr. Šumperk)	VE 315-1, Vítkovice, ČR	315 kW	1993	R. Nuzík v r. 2002 VE odprodal
4.	Nová Ves v Horách, (Krušné Hory, bývalý okr. Most)	Medit 320, West, Itálie	320 kW	1994	EKOENGINEERING, a. s., Brno
5.	Hostýn, (bývalý okr. Kroměříž)	Vestas 225, Dánsko	225 kW	1994	Matice svatohostýnská, Bystřice p. Hostýnem
6.	Velká Kraš, (Žulovská pahorkatina, bývalý okr. Šumperk)	V 29-225 kW, Vestas, Dánsko	225 kW	1994	obec Velká Kraš
7.	Ostružná, (Hrubý Jeseník, bývalý okr. Šumperk)	V 39-500 kW, Vestas, Dánsko	6 × 500 kW	1994	VE Ostružná s. r. o.
8.	Nový Hrádek, (Orlické Hory, bývalý okr. Náchod)	E 400, EKO, ČR	400 kW	1995	Východočeská energetika, a. s.
9.	Boží Dar - Neklid, Krušné Hory, bývalý okr. Karlovy Vary)	EWT 315, Energovars, ČR	315 kW	2002	Projekty ELEKTRO, s. r. o. Chrudim
10.	Protivanov, (Drahanská vrchovina, bývalý okr. Prostějov)	Fuhrländer, FL 100, Německo	100 kW	2002	Pravoslavná akademie, Vilémov
11.	Jindřichovice p. Smrkem, (Frýdlandský výběžek, bývalý okr. Liberec)	Enercon, E 66, Německo	2 × 600 kW	2003	obec Jindřichovice p. Smrkem
12.	Nová Ves v Horách (Krušné Hory)	RE Power MD-70 Německo	1,5 MW	2003	WindTech, a. s., Brno

## 2.2. Zhodnocení činnosti velkých větrných elektráren

Výrazný rozvoj větrné energetiky v ČR v období 1990–1995 byl v hlavní míře motivován předpokladem podnikatelů, že bude uvolněna regulace cen elektrické energie (což vyplývalo z vládního prohlášení) a že výstavba větrných elektráren bude podporována obdobným způsobem jako v Dánsku a Německu. Celá řada podnikatelů v době, kdy mohli volně cestovat, se osobně přesvědčila o „kouzlu“ větrných elektráren.

Druhá motivující okolnost vyplývala z nabídky větrných elektráren české výroby. Tyto nabídky byly mimořádně ekonomicky lákavé. Např. větrná elektrárna VE 75 kW ze závodu Mostárny ve Frýdku–Místku se, včetně montáže a uvedení do provozu, nabízela za 2 mil. Kčs, z toho 0,4 mil. Kčs až po dvouletém provozu, a to v případě dodržení výkonových parametrů. Větrná elektrárna VE 315 kW se nabízela za 5 mil. Kč s platbou 0,5 mil. Kč za podmínek obdobných jako u stroje VE 75 kW. Tyto údaje se vztahují k 30. 7. 1992.

Obvyklá cena větrných elektráren stejné výkonové kategorie byla kolem 8–9 mil. Kč. Tato, na první pohled velká přednost větrných elektráren české výroby, se postupně proměnila v brzdu rozvoje. Větrné elektrárny byly instalovány aniž byly ověřeny zkušebním provozem, neprošly atestačním měřením, deklarované výkonové křivky nebyly ověřeny. Jednotlivé agregáty strojovny, které dodala řada výrobců, byly na místě smontovány a prohlášeny za funkční větrnou elektrárnu. Např. větrné elektrárny VE 75 kW nebyly uvedeny do trvalého provozu vůbec, větrné elektrárny EWT a EKOV prodělaly trnitou cestu odstraňování řady technických závad. Celkově lze konstatovat, že 29 % ze všech 24 větrných elektráren postavených do roku 1995 patřilo do skupiny s nevyhovující nebo vysoce poruchovou technologií.

Po roce 1990 se větrná energetika začala rozvíjet bez jakéhokoliv odborného zázemí a bez potřebných legislativních norem. Podnikání ve větrné energetice vyžaduje odborné znalosti potřebné pro určení větrného potenciálu konkrétní lokality, znalosti potřebné pro správné umístění turbíny v terénu, znalosti o poli hlukových emisí, znalosti z oblasti silnoproudu, z činnosti automatického řízení, znalosti o možných klimatických vlivech na větrnou elektrárnu, znalosti stavebního zákona a dalších.

Řada podnikatelů některé nebo velkou část těchto požadavků ignorovala. Potenciál větrné energie se určoval z pocitu starousedlíků, z existence větrného mlýna v minulosti, z vlastního měření anemometrem vyrobeným „nadšeneckým“ konstruktérem a bez cejchovního ověření. Neexistovala a dosud neexistuje legislativa vymezující organizace oprávněné ke zhotovení posudku zásoby větrné energie v určité lokalitě.

Není vyloučeno, že někteří podnikatelé, aby získali úvěr pro investici, vyvinuli tlak na umělé zvyšování údajů o potenciálu větrné energie u projektantů. Celkově bylo ze všech hodnocených 24 elektráren 21 % těchto zařízení postaveno v lokalitách s nedostatečnou zásobou větrné energie.

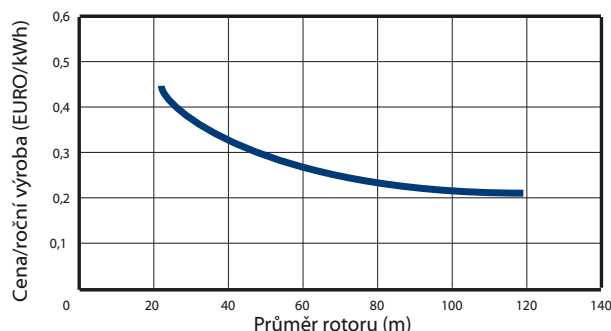
Nezbytná legislativní vyjádření, která by měla zabránit opakování chyb z rozvoje větrné energetiky v období 1990–1995 se do této doby nenaplnila. Nedostatek odborné literatury, která je nezbytná pro začínající podnikatele, se snaží vyplnit Česká společnost pro větrnou energii časopisem Větrná energie.

## 3. Rozvoj větrné energetiky

Po zhruba dvacetiletém technickém vývoji větrných elektráren dosahují jejich parametry hodnot, které se daly sotva očekávat. Vývoj jednotlivých komponent větrných elektráren je však limitován ekonomickou rentabilitou. Jedním ze základních ukazatelů technického vývoje je hmotnost stroje a rotoru.

Energetický přínos je určen v první řadě plochou rotoru a dále je ovlivněn instalovaným výkonem a výškou rotoru nad terémem. Roční vyrobené množství energie větrnými elektrárnami stoupá s rotorovou plochou. Spolu s tím však stoupá hmotnost a nároky na materiál, aby turbína měla požadovanou životnost. Protože můžeme očekávat, že se cena zpracovaného kilogramu hmotnosti při navrhovaném tradičním způsobu řešení u větrných elektráren podstatně nemění s velikostí turbíny, musí se vyrobit při každém průměru rotoru alespoň stejné množství energie na kilogram a rok, aby byla dodržena ekonomičnost.

Molly (2000) publikoval zajímavý graf (napravo obr. 13), který vyjadřuje závislost poměru ceny větrných elektráren vůči roční výrobě elektrické energie na průměru rotoru. Výpočet byl proveden pro průměrnou roční rychlost větru ve výšce 10 m za předpokladu Rayleighova rozdělení rychlosti větru a pro vertikální profil je použit exponent 1/7. Interpolovaná křivka do průměru rotoru 70–80 m ukazuje výhodnou relaci ceny větrných elektráren při stoupajícím průměru rotoru.



**Prodejná cena větrných elektráren vztažená na roční výrobu elektrické energie v závislosti na průměru rotoru (obr. 13, podle Mollyho)**

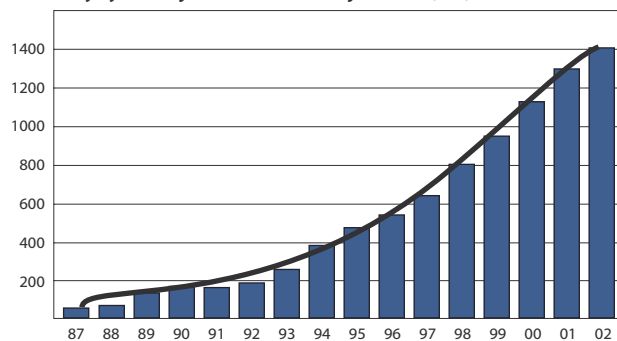
**Některé charakteristické parametry větrných elektráren v období od roku 1980 s extrapolací do roku 2005 (zdroj BWE)**

Rok	1980	1985	1990	1995	2000	2005
<b>jmenovitý výkon [kW]</b>	30	80	250	600	1500	5000
<b>průměr rotoru [m]</b>	15	20	30	46	70	115
<b>výška stožáru [m]</b>	30	40	50	78	100	120
<b>roční výroba [MWh]</b>	35	95	400	1250	3500	17000
<b>přibližná cena tis. eur</b>	55	125	250	570	1650	?

### 3.1. Větrná energetika na území Německa

Ke konci roku 2002 bylo na území Německa instalováno 13 759 větrných elektráren s celkovým výkonem 12 001 MW. Od roku 1990 má trend růstu instalovaného výkonu exponenciální charakter (Ender). Německo zaujímá instalovaným výkonem první místo na světě, následuje Španělsko (4830 MW), USA (4685 MW), Dánsko (2880 MW), Itálie (785 MW), Holandsko (688 MW), Velká Británie (552 MW) a další země. V evropských státech, začleněných v EU, bylo ke konci roku 2002 celkem 23 056 MW. Největší nárůst mezi léty 2001 a 2002 vykázalo Portugalsko (48 %), Rakousko (48 %) a Holandsko (46 %).

**Průměrný výkon na jednu instalovanou jednotku (kW)**



**Že technologie větrných elektráren směřuje stále k větším výkonům je zřejmé z tohoto grafu. Průměrný výkon větrných elektráren, instalovaných v Německu v roce 2002, byl 1394,7 kW (obr. 14, podle Endera).**

zdůraznit, že od roku 1990 se náklady na výrobu a investiční náklady na větrnou elektrárnu snížily zhruba o polovinu. Na tomto místě je třeba dodat, že dosud největší větrná elektrárna Enercon 112 s výkonem 4,5 MW byla uvedena do zkušebního provozu v srpnu 2002 nedaleko Magdeburgu. Tento prototyp má výšku stožáru 124 m a průměr rotoru je 112 m. Rotor s prstencovým generátorem váží 500 t.

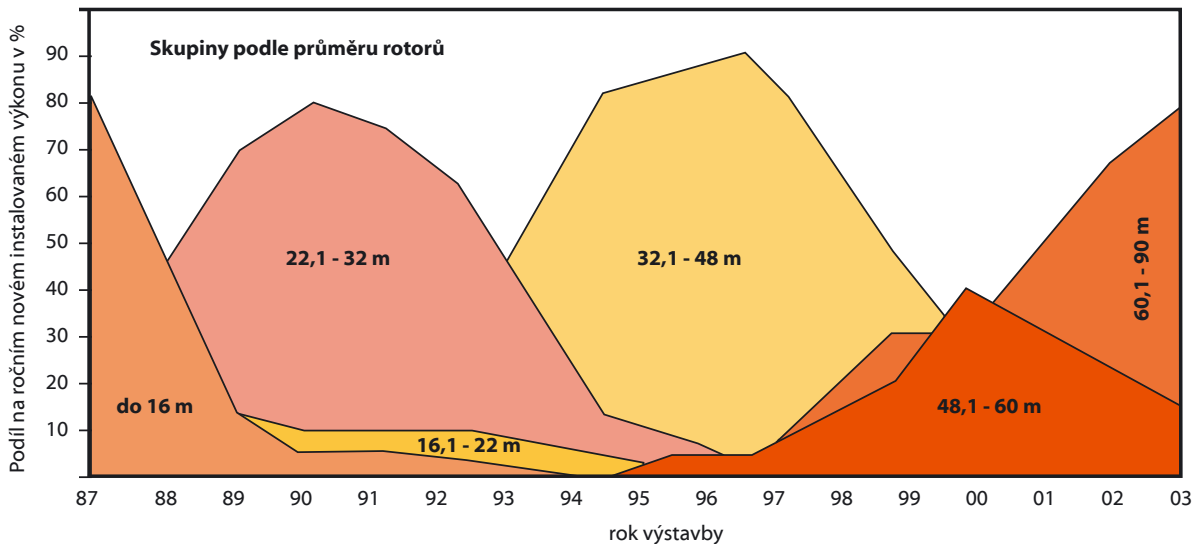
Roční výroba energie z větrných elektráren na území Německa v roce 2002 byla 23 110 GWh. Elektrická energie z větrných elektráren pokrývala 4,7 % celkové spotřeby. Na území státu Schleswig–Holstein, kde je největší hustota větrných elektráren (99 kW/km<sup>2</sup>) to však bylo 28,7 % z celkové spotřeby.

Obdobně jako na obr. 14 je vidět technický rozvoj větrných elektráren, vyjádřený podílem jednotlivých tříd průměru rotorů v období 1987–2002 z obr. 15. V roce 1990 instalované větrné elektrárny měly převládající průměr rotorů 22,1–32 m, v roce 1995 to již bylo 32,1–48 m, v roce 2002 převládaly průměry rotorů na instalovaných větrných elektrárnách ve třídě 60,1–90 m.

Větrné elektrárny jsou stále větší a výkonnější. Nutno však

Mezi výrobci větrných elektráren v procentuálním zastoupení na celkovém instalovaném výkonu zaujímala na území Německa v roce 2002 první místo firma Enercon (34 %), následuje Vestas (18 %) a další. Tyto údaje jsou známkou o výkonnosti strojů, o jejich spolehlivosti, úrovni servisní služby apod. ve vztahu k ceně výrobků. Větrná energetika vytvořila v Německu zhruba 45 000 pracovních míst.

**Podíl jednotlivých tříd velikostí větrných elektráren podle průměru rotoru na nově instalovaném výkonu v jednotlivých letech na území Německa. Průměry rotorů malých větrných elektráren jsou 0–16 m, středních větrných elektráren jsou 16,1–22 m, 22,1 až 32 m, 32,1–48 m a velkých větrných elektráren jsou 48,1–60 m a 60,1–90 m (obr. 15, podle Endera)**



Mimořádně dynamický rozvoj větrné energetiky v Německu vycházel především z politické vůle. Spolková republika Německo se podle Kjótského protokolu zavázala snížit emise skleníkových plynů o 21 % oproti roku 1990. Spolková vláda si klade za cíl do roku 2005 snížit emise oxidu uhličitého oproti roku 1990 o 25 % a v období let 2000–2010 alespoň zdvojnásobit podíl obnovitelných zdrojů energie na celkové spotřebě elektřiny. Od dubna 2000 vstoupil v platnost zákon o přednostním využívání obnovitelných energií. Tento zákon ukládá provozovatelům sítí povinnost přednostního odběru proudu z obnovitelných zdrojů, stanovuje pevnou výkupní cenu za elektřinu z větrných elektráren a stanovené minimální výkupní ceny platí po dobu 20 let. Model referenčního výnosu v tomto zákoně zohledňuje různý větrný potenciál odlišných lokalit.

### Větrná energetika na území státu Sasko

Porovnávat možnosti rozvoje větrné energetiky v České republice je možno se státy, které mají obdobné klimatické podmínky. Z toho důvodu uvedeme některé údaje ze státu Sasko. Na začátku 90. let minulého století bylo na základě projektu saského Ministerstva životního prostředí a rozvoje země provedeno na řadě lokalit perspektivních pro výstavbu větrných elektráren stožárové měření směru a rychlosti větru (Kuntzsch, Daniels). V této zprávě autoři předpokládají možnost výstavby 2500 větrných elektráren o výkonu 500 kW na 530 lokalitách, tedy instalovaný výkon 1250 MW. Ke konci roku 2002 bylo v provozu 600 větrných elektráren s celkovým výkonem 533,5 MW. V roce 2002 bylo ve státě Sasko vybudováno 83 větrných elektráren s instalovaným výkonem 117,5 MW. Průměrný výkon, připadající na jednu větrnou elektrárnu v roce 2002, byl 1416 kW.

### 3.2. Větrná energetika v Rakousku

Ke konci roku 2002 bylo v Rakousku v provozu celkem 170 větrných elektráren s výkonem 139 MW a roční výrobou energie 320 GWh. Větrná energie pokrývá 0,6 % celkové spotřeby elektrické energie. Proti roku 2001 se objem instalovaného výkonu zvýšil o 45 MW. V budoucnu se největší přírůstky instalovaných výkonů očekávají na východě Rakouska, kde jsou příznivější podmínky pro stavbu a provoz větrných elektráren. Pro příštích 5 let se zde očekává nových 400–600 MW.

Příznivé větrné poměry jsou v severním předhůří Alp ve výškách 800–1200 m. Technický potenciál je však omezen hustým výskytem obydlí a ztíženými podmínkami pro stavbu a provoz větrných elektráren. Předpokládá se, že výstavba se soustředí do zalesněných prostor a dosáhne v příštích letech hodnot 100–200 MW (Winkelmeier). Celkem se v Rakousku v nadcházejících pěti letech dá očekávat přírůstek 600–800 MW a výroba proudu z větrné energie v roce 2007 asi 1500–2000 GWh (3 až 4 % celkové spotřeby elektrické energie).

## 4. Větrný potenciál na území České republiky

### 4.1. Energie větru

Pod hustotou výkonu větru  $P$  (wind power density) rozumíme výkon, který by bylo možno získat stoprocentním využitím kinetické energie větru proudícího jednotkovou plochou kolmou na směr proudění. Lze ho určit podle vztahu,

$$P = \frac{1}{2} \rho u^3 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

kde  $\rho$  je hustota vzduchu a  $u$  je rychlost větru.

Hustota výkonu větru proudícího plochou  $S$  [m<sup>2</sup>] kolmou na směr proudění je určena vztahem

$$P_s = \frac{1}{2} S \rho u^3$$

kde se za  $S$  dosazuje plocha rotoru větrné elektrárny. Výkon odebraný proudícímu vzduchu rotorem turbíny  $P_s$  je určen vztahem

$$P_s = \frac{1}{2} c_p S \rho u^3$$

kde  $c_p$  je součinitel výkonu, který je závislý na tom, v jaké míře rotor snižuje rychlost protékajícího vzduchu. Výkonový součinitel má maximum  $c_{p,max} = 0,593$ .

Závislost výkonu větru na hustotě vzduchu je v reálné atmosféře vyjádřena funkcí nadmořské výšky a dále je funkcí neperiodického střídání teplých a studených vzduchových hmot (Štekl, Zacharov). Orientačně lze říci, vezme-li se za základ výkon větrné elektrárny v úrovni hladiny moře, že ve výšce 500 m bude výkon nižší o 5 %, ve výšce 800 m o 7 % a ve výšce 1200 m o 11 %.

Výkon, který může produkovat větrná turbína, udává výkonová křivka (viz obr. 1 a 2), která je základní indikací každého typu větrné elektrárny.

Z uvedených vztahů vyplývá, že výkon větrné elektrárny je závislý mimořádně citlivě na rychlosti větru. Je zřejmé, že i chyby určené rychlosti větru při hodnocení větrného potenciálu se z toho důvodu mohou nepříznivě promítnout do výsledku.

### 4.2. Proudění vzduchu a jeho variabilita

Proudění vzduchu je výsledkem působení řady sil, kde dominantní význam má síla tlakového gradientu. Dále se zmiňme o Coriolisově síle, odstředivé síle a v mezní vrstvě atmosféry o síle tření, vyvolané strukturou zemského povrchu a v nezanedbatelné míře se uplatňují teplotní pole, vyjádřené horizontálním a vertikálním gradientem.

Tlakový gradient jako bezprostřední příčina proudění vzduchu je v našich zeměpisných šířkách určován základními složkami všeobecné cirkulace atmosféry, tj. cyklónami a anticyklónami. Tyto tlakové útvary podmiňují cirkulace v makroměřítku (rozsah 1000–3000 km), přičemž doba jejich trvání leží v mezích 2 až 3 dnů (cyklóny) až 5–6 dnů (anticyklóny). Existence cyklón je spojena s atmosférickými frontami, které mají mezorozměr 100–1000 km. Tyto objekty s dobou trvání desítek hodin ovlivňují proudění sice krátkodobě, ale významným způsobem se podílí na četnosti výskytu silných větrů (Štekl, Hošek). V oblasti atmosférických front se zesiluje rychlost větru a pod bouřkovými mraky se projevuje na relativně malých plochách (několik až několik desítek km<sup>2</sup>) zesílení větru trvajících řádově minuty až desítky minut s nárazy větru nad 30 až 40 m/s. Cyklóny a s nimi spojené atmosférické fronty se během svého životního cyklu přemísťují, obdobně tak, i když pomaleji, se přemísťují anticyklóny. To vyvolává neperiodické změny rychlosti větru, což způsobuje kolísavou výrobu elektrické energie z větru. Vedle neperiodických změn rychlost větru vykazuje změny periodické, vyjádřené denním a ročním chodem (Štekl, Sokol, Zacharov).

Proměnlivý vliv cyklón a anticyklón vyvolává na území ČR kolísání i průměrné roční rychlosti větru. V hodnoceném období 1961–1990 variabilita ročních průměrných hodnot výkonu větru se pohybovala, vztaheno k třicetiletému průměru, maximálně až o 30 % (Štekl, Jež).

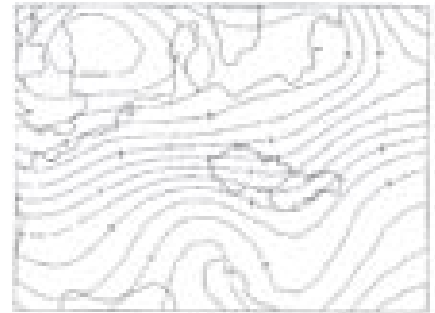
Ve vrstvě atmosféry, kde se projevuje vliv zemského povrchu na pohyb vzduchu a která je označovaná jako mezní vrstva atmosféry (průměrná výška kolem 1000 m), vyvolává členitost zemského povrchu deformace proudění. V principu jde o obtékání a přetékání orografických překážek (návětrná, závětrná strana), přičemž zvláštní případ je zesílení proudění v zúženém profilu mezi dvěma překážkami, které se označují jako dýzový efekt. Nejjednodušší případ je deformace proudění v okolí izolované hory, pokud možno s kruhovým půdorysem. Nad vrcholem takové „ideální“ kuželovité hory dochází ke zvýšení rychlosti větru až o 80 % (Troen, Petersen).

Aplikabilní výsledky jsou i z modelování deformace proudění izolovaným horským hřebenem. Složitější situace nastává, kdy jednotlivé orografické překážky nemají „ideální“ tvar a když se vzájemně ovlivňují. Horizontální a vertikální rozsah deformací je úměrný rozměru deformaci vyvolávající horské překážky. Deformace směru a rychlosti proudění mohou mít horizontální rozměr od řádu metrů (budovy, skupiny stromů), až po několik set kilometrů (např. horský masiv Alp).

Síla tření je úměrná parametru drsnosti zemského povrchu  $z_0$ . Zcela nepatrný parametr drsnosti je nad vodní hladinou ( $z_0 = 0,0001$  m), zemědělská krajina má  $z_0 = 0,5$  m, zástavba pak má  $z_0 = 1,2$  m.

Názornou představu o průměrné rychlosti větru nad střední Evropou získáme z obr. 16. Tento obrázek byl převzat z práce (Sokol, Štekl) a vyjadřuje prostřednictvím zprůměrovaných termínových objektivních analýz polí rychlostí větru za období 1994–1998 charakter proudění ve výškách kolem 780 m. V prvním přiblížení o tomto proudění můžeme říci, že není ovlivněno třením a deformacemi překážek, které jsou nižší než 780 m. Výchozími daty byla radiosondážní měření. Z citované práce vyplývá několik principiálních závěrů důležitých pro větrné poměry na území ČR.

Průměrná rychlost větru ve výšce kolem 780 m ubývá v poledníkovém směru od severu k jihu, a to v ročním průměru o 0,77 m/s na 100 km, což znamená, že nejjižnější části Čech mají oproti nejsevernějším polohám ve zmíněné výšce menší průměrnou rychlost větru o 2 m/s, gradient průměrné rychlosti větru je v zimní části roku větší a to 1,2 m/s na 100 km/h, v teplé části roku je menší a to 0,5 m/s na 100 km, podle odhadu je nad jihozápadními Čechami ve výšce kolem 780 m vlivem alpského masivu zeslabena průměrná roční rychlost větru zhruba o 1 m/s.



**Průměrné rychlosti větru [m/s] v hladině 925 hPa (nad ČR zhruba 780 m n. m.) nad střední Evropou (obr. 16, autoři Štekl, Jež)**

## 4.3. Metody pro určení pole rychlosti větru a jejich přesnost

Pro určení pole průměrné rychlosti větru se používají matematicko-fyzikální modely, které lze rozlišit podle metody řešení (statistické, dynamické) a podle kroku sítě, ve kterém model pracuje. Základním zdrojem vstupních údajů jsou meteorologická, případně účelová měření směru a rychlosti větru. Vysoká kvalita měření na stanicích a jejich hustota podmiňují úspěšnost každé metody.

V první řadě se vyžaduje reprezentativní umístění meteorologických stanic v krajině, což znamená, že měření vystihuje režim pole složek větru v širším okolí a není ovlivněno místními zvláštnostmi. Pro zpracování s naším cílem mají přirozeně největší význam stanice, které mají vrcholovou expozici, případně expozici na rovině či planině. Méně vhodné jsou stanice, které mají svahovou expozici a nevhodné jsou stanice umístěné v kotlinách nebo údolích.

Z celkového počtu 210 řad měření na území ČR v období 1961–1990, z kterého jsme vycházeli, bylo 20 % s vyšší mírou reprezentativnosti a 18 % stanic bylo nerepresentativních (Sobišek). Měření stanic, které bylo kratší než uvedené třicetiletí, bylo před výpočtem redukováno na vhodnou délku řad (Štekl, Jež). Nepřesnosti výpočetních metod v okrajových částech území republiky byly potlačeny použitím stanic v příhraničních oblastech. Tato měření byla redukována na použité třicetiletí. Soubor měření byl rozšířen o 15 účelových měření, která byla provedena na německé a české straně Krušných hor (Kuntsch, Daniels). Slovník stanic, které byly použity, dosáhl čísla 255.

### 4.3.1. Statistický model VAS

V letech 1993–1994 byl v Ústavu fyziky atmosféry AV ČR vyvinut statistický model VAS (Větrný atlas), který vycházel z metody objektivní analýzy meteorologických prvků (Sokol). Metoda považuje polohy meteorologických stanic nebo jiných míst měření rychlosti a směru větru za body trojrozměrného prostoru s kartézskými souřadnicemi  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Naměřené nebo přepočítané hodnoty rychlosti, případně směru větru lze považovat za funkční hodnoty nějaké neznámé funkce nejméně tří proměnných.

Cílem je interpolace naměřených hodnot do ostatních bodů tohoto prostoru, přičemž jejich souřadnice  $x$ ,  $y$  mohou být libovolné v rámci výpočetní oblasti a souřadnice  $z$  je limitována nadmořskou výškou bodu směrem dolů a fyzikální oprávněností interpolace směrem nahoru. Interpolace je založena na popisu interpolované veličiny pomocí jejich hodnot a hodnot jejich derivací podle souřadnice  $z$  v tzv. referenční hladině. Předpokládá se, že interpolovaná veličina je lineární funkcí souřadnice  $z$ , tj. že derivace podle  $z$  jsou konstantní v  $z$ , ale obecně různé v každém bodě  $x$ ,  $y$ . Interpolace ve vertikálním směru bude mít vyšší stupeň spolehlivosti uvnitř mezní vrstvy atmosféry a je ovlivněna zásadně rozdílnými parametry drsnosti na blízko ležících stanicích.

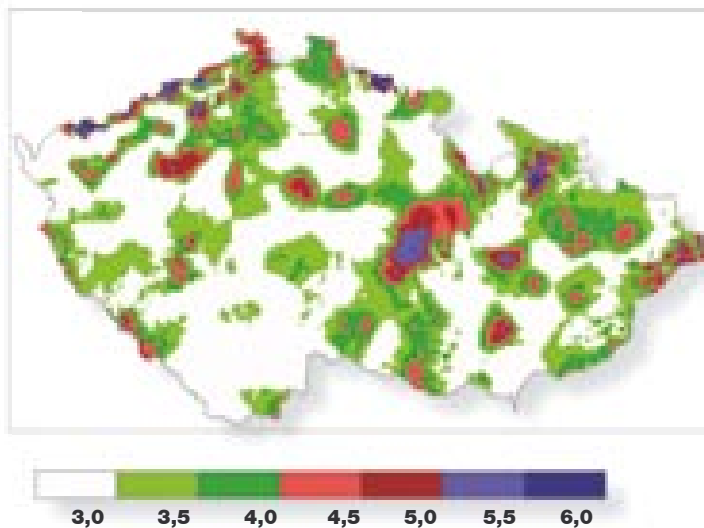
Metoda interpolace vychází z následujících předpokladů:

- Naměřené hodnoty jsou reprezentativní pro okolí stanice, tj. zahrnují v sobě vliv drsnosti terénu, orografické, případně další vlivy charakteristické pro širší okolí stanice.
- Parametr drsnosti a vliv orografie se mění spojitě v horizontální rovině i ve vertikálním směru.

- Hustota stanic je taková, že jejich okolí, pro která jsou měření reprezentativní, pokrývají celé území ČR.
- Vstupní data tvoří údaje směru a rychlosti větru ve výšce 10 m nad terénem, eventuálně při jiné výšce měření mocninným vztahem transformované na výšku 10 m. Při interpolaci se pracuje se sférou vlivu, kdy váha stanic se exponenciálně zmenšuje se vzrůstající vzdáleností. Při výpočtech byl použit digitální popis zhlazené orografie území ČR se čtvercovým krokem 2 km.

Výstupem modelu byl soubor základních charakteristik pro každý čtverec o straně 2 km na území ČR. Jedná se o průměrnou roční rychlost větru ve výšce 10 m, pravděpodobnou chybu, profil rychlosti větru do výšky 70 m pro čtyři typy parametru drsnosti. Pro kopce s pološířkou menší než 4 km a s převýšením 50 až 300 m nad okolním terénem umožňuje model provést korekci výsledku. Při zadání typu větrné elektrárny a výšky tubusu umožňuje model provést výpočet roční výroby elektrické energie.

V letech 2001 až 2002 byl J. Ježem (Štekl a kol.) popsán model aplikován na data z období 1961 až 1990 – viz kap. 4.3. – a dostal označení VAS 2. Model VAS 1 vycházel z měření v období 1989 až 1992. Průměrné roční rychlosti větru na území ČR, určené modelem VAS 2, jsou na obr. 17. K porovnání je k dispozici mapa průměrné rychlosti větru, určená modelem VAS (publikace „Meteorologie ve větrné energetice“, autor Štekl).



**Průměrné roční rychlosti větru m/s na území ČR podle modelu VAS 2 (obr. 17, autoři Jež, Sokol, Štekl)**

## 4.3.2. Dynamický model mezní vrstvy atmosféry

V roce 1990 byl autorem popsán 3rozměrný, nehydrostatický a nestacionární model mezní vrstvy, který byl vyvinut v UFA AV ČR (Svoboda). Třírozměrné modelování proudění vzduchu je po teoretické stránce nejdokonalejší a zároveň nejsložitější metodou k popisu proudění nad komplexním terénem. V reálné situaci se však musí řada fyzikálních procesů parametrizovat, čímž se řešení pouze přibližuje skutečnému stavu.

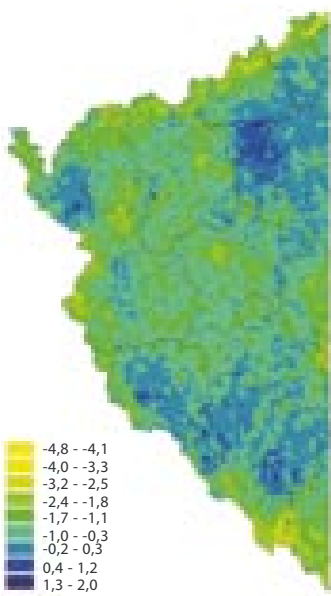
Pro zjednodušení se procesy méně významné zanedbávají. Důvodem ke zjednodušení jsou limitované možnosti výpočetní techniky. Proto byly vyvíjeny zjednodušené verze řešení hydrodynamických rovnic. Konečné výsledky řešení může ovlivnit správná volba výpočetní oblasti. Horizontální kroky výpočetní sítě musí být tak malé, aby umožňovaly popsat terénní útvary, jejichž vliv chceme popsat. Dále výpočetní oblast musí být dostatečně velká, aby chyby z okrajových podmínek nepronikaly do výpočetní oblasti.

Vzhledem k možnostem výpočetní techniky byla pro účely porovnání jednotlivých modelů zvolena výpočetní oblast, pokrývající západní polovinu Čech – viz obr. 18. Zemský terén byl aproximován s krokem sítě 1 km – viz obr. 19. Vertikální osa obsahovala 26 nerovnoměrně rozložených kroků (první krok u zemského povrchu byl 2 m, maximální krok byl 200 m).

Vzhledem k tomu, že absolutní hodnota modelem vypočtené rychlosti větru může být zatížena chybami, způsobenými okrajovými podmínkami, chybami vyvolanými zjednodušenými tvary fyzikálních rovnic a chybami výpočetní metody, autor použil modelové výpočty pouze k určení změn vektoru větru, které se vyskytují mezi různými body terénu. Tento postup, označený jako idea referenční stanice, počítá rozdíly mezi jednotlivým bodem výpočtu a referenční stanicí a tyto spočtené rozdíly se aplikují na změřené veličiny v referenční stanici.

K úspěšné realizaci této metody je nezbytná dostatečně dlouhá, homogenní řada měření na referenční stanici, která má reprezentativní polohu, charakterizující široké okolí. Odvozená časová řada se pak zpracovává standardními statistickými metodami. Výsledné pole průměrných ročních rychlostí větru, získaných modelem PIAPBLM, budeme hodnotit prostřednictvím pole rozdílů rychlostí větru ve čtvercích o straně 1 km mezi modelem WASP (kap. 4.3.3.) a modelem PIAPBLM v kap. 4.4. – viz obr. 18.

**Průměrné roční rychlosti větru [m/s] určené modelem WASP – PIAPBLM ve čtvercové síti o straně 1 km (obr. 18, autoři Hošek, Svoboda)**





### 4.3.3. Model WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program)

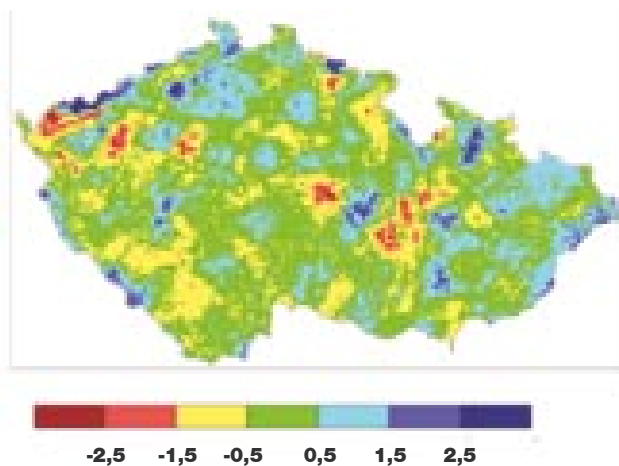
Tato kapitola vychází z publikace Hoška (2000). Po roce 1987 se především ve státech západní Evropy a dalších státech velmi rozšířilo používání modelu WAsP pro výpočet zásob větrné energie v jednotlivých lokalitách. Program představuje model proudění v přízemní vrstvě atmosféry, složený z dílčích modelů postihujících různé účinky zemského povrchu na větrné charakteristiky.

Postup určení větrného potenciálu daného místa se skládá z několika kroků. Nutným vstupem je řada měření rychlosti a směru větru z blízké meteorologické stanice nebo meteorologického stožáru, popis okolní orografie vrstevnicemi a klasifikace území z hlediska drsnosti povrchu. Nejprve je řada měření zjednodušena Weibullovým rozdělením. Poté je vyhodnocena poloha meteorologické stanice a naměřená data jsou „očištěna“ od vlivu drsnosti povrchu, jejich změn a vertikální členitosti terénu. Tak jsou určeny klimatické charakteristiky platné regionálně při standardních podmínkách – plochý homogenní povrch bez překážek. Opačným procesem, opět s použitím popisu reliéfu a rozložení parametru drsnosti, lze dostat odhad podmínek charakterizujících jakýkoliv bod oblasti.

Metoda umožňuje velmi účinně zahrnout vliv drsnosti povrchu, což se děje určením parametru drsnosti ve dvanácti směrech v okolí 10 km, a to jak meteorologické stanice, tak vypočítávané lokality. Charakteristiky proudění, vyjádřené Weibullovým rozdělením, jsou „očištěny“ od vlivů způsobených různou drsností terénu pomocí konstrukce vertikálního profilu rychlosti větru v neutrálním teplotním zvrstvení.

Do parametru drsnosti lze zahrnout jen převládající efekt velkého množství menších překážek přibližně stejné velikosti, rovnoměrně rozmístěných na zemském povrchu. Pokud se v blízkosti stanice nachází samostatná překážka, jako např. budovy, pás stromů apod., umožňuje model WAsP určit zeslabení proudění vlivem blízkých překážek při popisu polohy, velikosti a porozity překážek. K vyhodnocení vlivu terénu slouží numerický model proudění jako součet speciálních funkcí. Při zemském povrchu vychází výpočet z rovnosti mezi vertikální změnou potenciálu a vertikální složkou terénem vynuceného proudění.

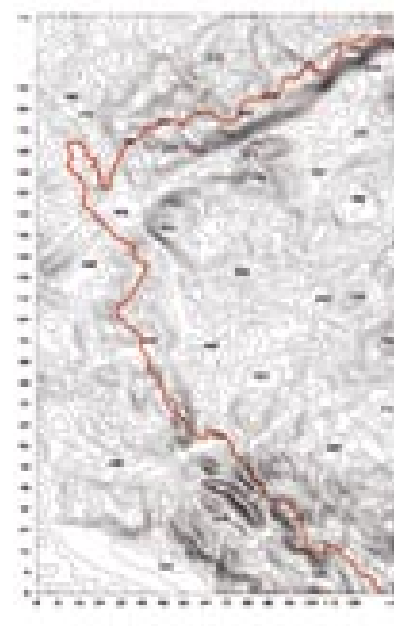
Vyhodnocování vlivu orografie je v programu WAsP považováno za největší zdroj chyb. Odhady zesílení rychlosti větru na vrcholu 1 až 2 km dlouhého kopce se sklonem svahu do 30 %, mají typickou chybu kolem 10 % (Troen, Petersen, 1989). Pro strmější svahy se chyba zvětšuje. Model také podhodnocuje snížení rychlosti na závětrné straně kopce.



K přednostem programu WAsP patří zahrnutí vlivu parametru drsnosti, i když musí být subjektivně určován, rychlost výpočtu a řada aplikačních možností. Ke slabším stránkám modelu WAsP patří i to, kromě zmíněných nepřesností při členitém terénu s velkým sklonem svahů, že nevystihuje změny proudění vyvolané orografickými tvary většího měřítka.

Velkou výhodou modelu WAsP je, díky spektrálním metodám, menší náročnost na dobu výpočtu oproti modelům pracujícím s metodou konečných diferencí.

**Rozdíly průměrné roční rychlosti větru, určené modely VAS 2 (obr. 17) – WAsP ve čtvercové síti o straně 1 km. Pro bílé plochy nebyly k dispozici výpočty modelu WAsP ( obr. 20, autoři Hošek, Jež)**



**Vrstevnice terénu západních Čech po 25 m (obr. 19)**

## 4.3.4. Přesnost metod určujících průměrné pole rychlosti větru na území ČR

Z předcházejícího textu jsou zřejmé přednosti a slabá místa uvedených metod. Je zřejmé, že výsledky teoretických modelů jsou zatíženy chybami. Určení potenciálu větru z toho důvodu bude proto zatíženo chybou, která bude v jednotlivých čtvrcích funkcí řady proměnných.

V práci Štekl a kol. (1994) byla určena přesnost statistické interpolační metody VAS. Přesnost metody byla testována tak, že ze souboru vstupních dat byla postupně vyřazena vždy jedna stanice, provedena interpolace a výsledek interpolace v daném bodě byl srovnán s vyřazeným měřením. Výsledky byly statisticky zpracovány a rozděleny podle nadmořské výšky stanic v intervalech po sto metrech. Statistické zpracování sestávalo z výpočtu průměrné chyby (PRUM), střední kvadratické chyby (RMSE) a absolutní hodnoty maximální chyby (MAX) – viz tabulka.

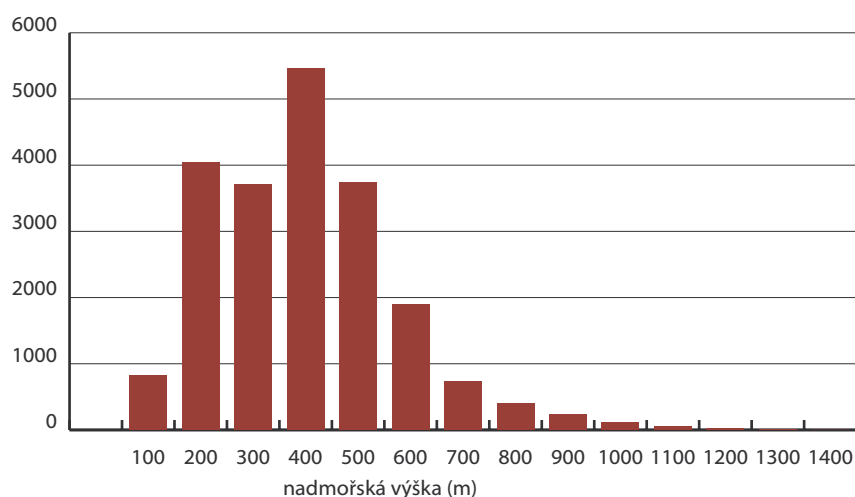
**Tabulka 5.1: Chyby metody VAS m/s v závislosti na nadmořské výšce m. Průměrná chyba (PRUM), střední kvadratická chyba (RMSE), maximální odchylka v absolutní hodnotě (MAX)**

Nadmořská výška m	PRUM	RMSE	MAX
0–300	-0,59	1,06	2,7
301–400	-0,35	0,90	2,4
401–500	-0,10	0,84	2,0
501–600	0,16	0,61	1,3
601–700	0,07	0,35	0,6
701–800	0,18	1,02	1,7
801–1000	0,62	1,42	2,4
1001–2000	-1,09	1,84	3,0

Z hlediska využití větrné energie si pozornost zaslouží nadmořské výšky nad 500 či 600 m. V této oblasti lze výsledky rozdělit na interpolaci do výšky 800 m a nad 800 m. V rozmezí 500 až 800 m jsou výsledky velmi přijatelné z hlediska přesnosti a zároveň nevykazují systematické odchylky. Přesnost metody ve výškách nad 800 m se snižuje a narůstají systematické chyby.

Četnostní zastoupení stometrových intervalů nadmořských výšek na území ČR – viz obr. 21 – naznačuje váhový podíl jednotlivých výšek na průměrných hodnotách chyb. Převaha četností nadmořských výšek pracovních čtverců o straně 1 km významnou měrou podmiňuje i histogram rozdílů průměrných ročních rychlostí větru, určených modely VAS 2 a WAsP – viz obr. 22. Maximum četnosti je při hodnotě rozdílů - 0,1 m/s, což odpovídá stavu, že převážně model VAS 2 dává mírně nižší rychlosti větru než model WAsP. Ve většině případů rozdíly leží v rozmezí  $\pm 2,5$  m/s.

### Absolutní četnost nadmořských výšek v ČR (obr. 21)



Přijmeme-li za vynikající shodu mezi výsledky modelů VAS 2 a WAsP hodnotu rozdílu průměrných ročních rychlostí do  $\pm 0,5$  m/s, pak tato podmínka byla splněna v 59 % případů. Ze statistického hlediska se jedná o úspěšný výsledek. Poněkud méně příznivý výsledek ukazuje obr. 23, na kterém je znázorněna závislost rozdílů průměrných ročních rychlostí větru mezi modely VAS a WAsP na nadmořské výšce. Průměrné rozdíly mezi modely do nadmořské výšky 600 m leží v rozmezí

$\pm 0,3$  m/s a mají náhodný charakter. Od nadmořské výšky 600 m však rozdíly dostávají systematický ráz s trendem růstu od 0,5 m/s v 700 m na 2,3 m/s ve výšce 1200 m.

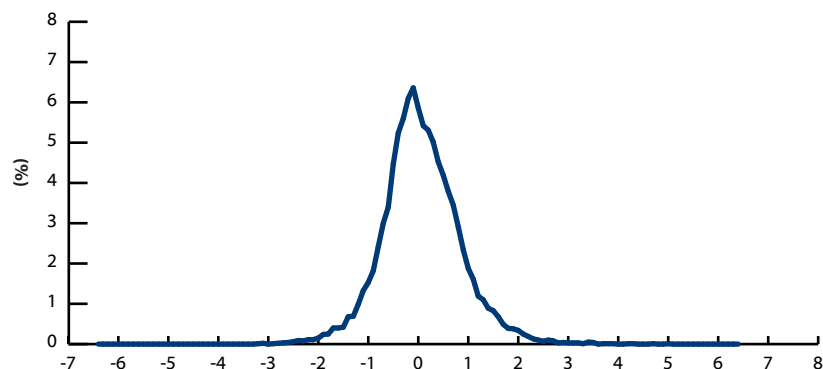
Výsledky porovnání rozdílů rychlostí větru, určených modelem VAS 2 a WAsP pro čtverce o straně 1 km na území ČR v generalizované podobě uvádí tab. 5. 2.

**Tabulka 5. 2: Závislost rozdílů průměrných ročních rychlostí větru určených modely VAS 2 a WAsP na typech terénu, jeho vertikální členitosti a nadmořských výškách.**

Typ terénu	Vertikální členitost (m)	Nadmořská výška (m)	Max VAS 2 – WAsP (m/s)
roviny, nížiny			
vzdálené od hor		do 400	$\pm 0,2$
ploché pahorkatiny	75–150	400–600	$\pm 0,2$
ploché vrchoviny	150–200	600–750	$\leq 0,5$
členité vrchoviny	200–300	750–900	$\leq 0,9$
ploché hornatiny	300–350	900–1200	$\leq 2,0$
členité hornatiny	450–600	1200–1600	$\leq 2,3$

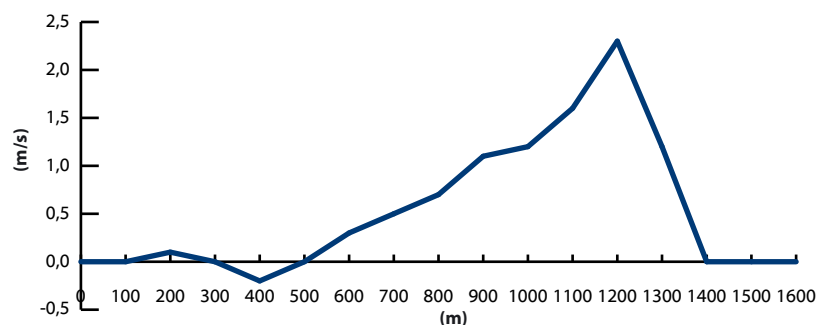
Plošné rozložení rozdílů průměrných ročních rychlostí větru, určených modely WAsP a PIAPBLM ve čtvercové síti bodů o straně 1 km na území západní poloviny Čech, ukazuje obr. 18. Systematicky vyšší hodnoty rychlosti větru dává WAsP vůči modelu PIAPBLM v nížinné oblasti vymezené městy Kadaň, Žatec, Podbořany s maximem nad Nechranickou přehradou (vliv parametru drsnosti), nad východní částí bývalého okresu Cheb a v podhůří Šumavy a Českého lesa. Naopak ve vrcholových partiích Krušných hor, Doupovských hor, Českého lesa, Šumavy a Brd (viz obr. 19) jsou rychlosti větru podle modelu WAsP podstatně nižší (o 3,2 až 4,8 m/s) než rychlosti větru podle modelu PIAPBLM.

**Histogram rozdílů pr. ročních rychlostí větru [m/s] na plochách čtverců o straně 1 km na území ČR, modely VAS 2 – WAsP (obr. 22)**



Z uvedených výpočtů vyplývá, že modelový výpočet průměrné rychlosti větru v intervalu nadmořských výšek 500 až 750 m dává všemi ověřovanými modely obdobné výsledky s přijatelnou chybou. Pro větší nadmořské výšky, vzhledem ke značné vertikální členitosti terénu, se chyba výpočtu všech modelů zvětšuje a přesahuje se zvětšující se výškou významně hodnotu 1 m/s. U modelu WAsP se projevuje systematické podhodnocování rychlostí větru ve výškách nad 900 m. Pouze v rámci uvedené přesnosti může být v současné době určen větrný potenciál. Zároveň v ÚFA pracujeme na hybridním modelu, který by využil přednosti uvedených tří modelů.

**Závislost rozdílů průměrných ročních rychlostí větru ve čtvcích o straně 1 km na území ČR mezi modely VAS 2–WAsP ( obr. 23)**



## 5. Větrný potenciál na území ČR a v jednotlivých regionech

Určujícím faktorem pro výpočet úhrnu zásob větrné energie je dlouhodobý charakter cirkulačních poměrů v přízemní vrstvě atmosféry, vyjádřený polem průměrných rychlostí větru a větrnými růžicemi v dostatečně husté síti. Tato data umožňují určit na základě první rovnice – kap. 4. 1. – klimatologický potenciál. Jde o teoretické pole, které je základním údajem pro určení realizovatelného potenciálu.

V prvním přiblížení lze aproximovat plošně rozloženou hodnotu hustoty výkonu větru plochami, na kterých se vyskytují zadané hodnoty průměrné roční rychlosti větru – viz práce Štekl a kol. (1995). Z ploch, které jsou vhodné pro výstavbu větrných elektráren hodnotou klimatologického potenciálu, se musí vyloučit plochy podléhající zákazu zakládání staveb podle zákona o ochraně přírody a krajiny č. 114/1992 Sb. (národní parky, chráněné krajinné oblasti, národní přírodní rezervace, přírodní rezervace, okolí národních přírodních památek a přírodních památek).

Zákonem chráněné oblasti leží převážně v oblasti vysočin a v horách, kde jsou příznivé větrné podmínky a ztrácí se tak 60 až 70 % vhodných ploch pro větrnou energetiku. V poslední době se daly zaregistrovat signály o možných ministerských výjimkách, např. v 3. zóně CHKO. V období, kdy výšky věží větrných elektráren dosahovaly 30 až 40 m, nebylo možno stavbu na zalesněných plochách, vzhledem k parametru drsnosti, doporučit. V současné době, kdy výška věží dosahuje až 100–120 m, se otevírá možnost využití i zalesněné plochy. První kroky v tomto směru udělali v Rakousku (Winkelmeier). Před akceptováním tohoto postupu je nezbytný experimentální výzkum profilů větru do výšek 120–150 m v zájmových lokalitách. Tato eventualita, která si vyžádá důkladnou plošnou analýzu, nezanedbatelným způsobem ovlivní výsledný realizovatelný potenciál.

Dalším faktorem, který významně ovlivní výpočet realizovatelného potenciálu na území ČR, je výkupní cena elektrické energie a její dlouhodobá garance. Ekonomická rentabilita určí limitní spodní hranici průměrné roční rychlosti větru, která bude použita pro výpočet. Dalšími vstupy, které ovlivní rentabilitu provozu větrných elektráren, a tím i určení realizovatelného potenciálu, je existence příjezdových cest či náklady na jejich zpevnění příp. prodloužení, vzdálenost od vedení vysokého napětí, struktura podloží, příp. další okolnosti.

Respektování nařízení vlády č. 502/2000 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, které při určování realizovatelného potenciálu je nezbytné, vzhledem k husté zástavbě domů, chalup a chat ve větrných oblastech, významným způsobem snižuje výchozí úroveň klimatologického potenciálu. Větrné elektrárny musí být ve stanovených vzdálenostech od vojenských zón, letišť, vysokonapěťových vedení, dálnic, vysílačů, hrází, hranic CHKO (Gerhard, Pahlke). Tato okolnost musí být při určování realizovatelného potenciálu respektována.

Ve studii Štekl a kol. (1995) jsme při určení realizovatelného potenciálu vycházeli z předpokladu, že pro průměrné roční rychlosti větru  $u = 4,8$  až  $4,9$  m/s je vhodná turbína s výkonem 300 kW na tubusu vysokém 30 m, při  $u = 5,0$  až  $5,9$  m/s je vhodná turbína s nominálním výkonem 400 kW s výškou tubusu 40 m a při rychlostech  $\geq 6,0$  m/s je vhodná turbína s výkonem 500 kW na tubusu s výškou 40 m. Jak vyplývá z kap. 4 je zapotřebí při vyhodnocení respektovat rozvoj technologie, což výpočet významně ovlivní. Od roku 1992 vstoupil v platnost zákon č. 244/1992 Sb. o posuzování vlivu staveb na životní prostředí (EIA). Posouzení vlivu stavby větrné elektrárny na flóru (kácení zeleně při stavbě, chráněné druhy rostlin), na faunu (vliv na hnízdicí a tažné ptactvo, chráněné druhy živočichů) a na krajinný ráz bude příčinou další redukce výchozí hodnoty klimatologického potenciálu.

Výše uvedené okolnosti, které ovlivňují stanovení realizovatelného potenciálu, je nezbytné, pokud je to možné, v dostatečně husté čtvercové síti, nejlépe v síti s krokem 100 m, zhodnotit a číselně určit či odborně odhadnout. Tento postup povede k určení realizovatelného větrného potenciálu na nižších územích celcích (obce, města) přes vyšší územní celky a konečně k sumární hodnotě pro celé území. Dosud jsou však k dispozici pouze relativně přesně určená pole průměrných ročních rychlostí větru, jinými slovy klimatologický potenciál. Použijeme-li výsledků ze studie Štekl a kol. (1995), pak můžeme udělat pouze hrubý odhad, který charakterizuje realizovatelný větrný potenciál. Na území České republiky je pravděpodobný počet velkých větrných elektráren 900–1100, pravděpodobný instalovaný celkový výkon 570–680 MW a očekávaná roční výroba 1250–1550 GWh.

Instalovaný výkon podle území jednotlivých rozvodných společností lze odhadnout následovně, je však nutné zdůraznit, že se jedná o přibližné hodnoty, na území ČR je navíc odhadováno 20 MW instalovaného výkonu bez připojení k síti.

Západočeská energetika, a. s.	73–85 MW
Severočeská energetika, a. s.	225–260 MW
Východočeská energetika, a. s.	70–80 MW
Středočeská energetická a. s.	13–15 MW
Jihočeská energetika, a. s.	8–10 MW
Severomoravská energetika, a. s.	94–110 MW
Jihomoravská energetika, a. s.	77–90 MW
<b>Celkem</b>	<b>580–670 MW</b>

## 6. Předpověď výroby energie větrnými elektrárnami

### 6.1. Nestabilita větrné energie

Při prosazování koncepce výroby elektrické energie z větru je často slyšet hlasy poukazující na negativní vlastnost tohoto zdroje, kterou je jeho časová nestabilita. Tyto hlasy vycházejí nejen z prostředí politického, ale i od odborných pracovníků, jako např. rozvodných společností a dalších. Praxe však prokázala, že např. ve státě Schleswig–Holstein pokryly v roce 2002 větrné elektrárny svou výrobou 29 % z celkové spotřeby elektrické energie. V podmínkách České republiky toto procento lze očekávat v rozmezí 1–2 %.

Je sice pravda, že diskutované negativní vlastnosti energie z větru musí být řešeny zálohovými zdroji, ale tento nepříznivý vliv lze minimalizovat meteorologickou předpovědí pole proudění ve výšce rotorů větrných elektráren a z toho odvozené předpovědi výkonu větru. Předpověď výkonu větru na dobu až 48 hodin může být základní informací pro energetický dispečink. Reálnost tohoto řešení vyplývá ze zkušeností dosažených v zahraničí.

### 6.2. Numerické předpovědní modely

Hlavní meteorologická centra zpracovávají a rozšiřují předpovědi meteorologických veličin, včetně pole vektoru větru v mezní vrstvě atmosféry, platné od několika hodin v intervalech tří, případně šesti hodin do několika dnů. V české předpovědní službě dosáhl největšího uplatnění francouzský model (ALADIN), používají se německé modely (GM, LM), britské a americké modely.

Numerické modely pracují s diskretními hodnotami v síti bodů. Velikost horizontálního kroku sítě určuje rozlišovací schopnost modelu. Tím je ovlivněna možnost zachytit malorozměrné procesy. V současné době používané modely pro postižení procesů synoptického měřítka mají čtvercovou síť bodů s krokem 10 až 15 km. Proto, aby byly zachyceny lokální větrné poměry v místě větrné elektrárny nebo jejich skupiny, jako např. tvar terénu nejbližšího okolí, parametr drsnosti v ploše, vliv lokálních překážek, byl v Dánsku vyvinut numerický postup, který adaptací na provozní předpovědní model umožňuje předpověď výroby energie z větrných elektráren na 36 hodin (Landberg). Podobnou tematikou se pro území severního Německa zabývá práce Mellinghoffa et al., kdy se předpověď výkonu větru týká časového intervalu do 48 hod.

### 6.3. Přesnost předpovědi výroby elektrické energie

Jinou metodou, jak upřesnit obecnou předpověď numerického modelu pro konkrétní místo, je statistický postprocessing (Sokol). Tato metoda umožňuje korigovat výstupy numerického prognostického modelu s využitím měření provedených v minulosti. Základem použité metody je lineární regresní model, pro který jsou vhodně vybrány prediktory algoritmem postupných kroků. Tato metoda, založená na postupné adaptaci regresního modelu, umožňuje aplikaci postprocessingu již po krátké době měření.

V období duben až září roku 1998 byla na datech vybraných synoptických stanic, které jsou v blízkosti lokalit vhodných pro výstavbu větrných elektráren, ověřena uvedená metoda pro předpovědní interval od 6 do 48 hodin s krokem šesti hodin. V první řadě byly hodnoceny střední kvadratické chyby (RMSE) předpovědi rychlosti větru pro stanice s nadmořskou výškou pod a nad 500 m (Štekl, 1999). Postprocessing snižuje oproti hodnotám modelu ALADIN RMSE na horských stanicích v průměru o 0,8 m/s, na ostatních stanicích o 0,4 m/s.

Přesnost předpovědi výroby elektrické energie ve zvolené lokalitě byla určena za zjednodušujících předpokladů. Byla použita výkonová křivka stroje Vestas V47–660 kW a celková výroba v místě určité meteorologické stanice byla určena vztahem

$$P_c = \sum_{j=1}^m PE(u_j)$$

kde  $PE(u_j)$  je výkon větrné elektrárny při měřené rychlosti větru  $u_j$ , sčítaný po všech termínech a všech dnech období. Předpověď celkové výroby elektrické energie  $P'_c$  byla vypočtena obdobným vztahem, kde za rychlost větru  $u'_j$  se dosazovala předpovídaná hodnota statistickým postprocessingem. Poměrem  $P/P'_c$  byla charakterizována přesnost předpovědi výroby elektrické energie. Výsledky pro několik stanic s vrcholovou polohou ukazuje tab. 6. 1.

**Tabulka 6. 1: Přesnost předpovědi výroby elektrické energie  $P/P_c$  na období od 6 do 48 h. Období duben–září 1998, Vestas V47-660 kW.**

n. v. [m]	Stanice	oblast	06	12	18	24	30	36	42	48	prům.
1213	Fichtelberg	Krušné hory	0,98	0,95	0,96	0,95	0,94	0,96	0,91	0,93	0,95
735	Svratouch	Českom. vrch.	0,17	0,99	1,02	1,05	1,02	1,05	1,02	1,02	1,01
513	Luka	Drahanská vrch.	1,23	1,31	1,16	1,20	1,27	1,39	1,30	1,51	1,30
1324	Lysá hora	Beskydy	1,10	1,09	1,10	1,11	1,13	1,15	1,13	1,15	1,12

Ukázalo se, že předpověď očekávané výroby elektrické energie na horských vrcholových stanicích měla chybu převážně do 5–6 %, maximálně do 12 %. Ve většině případů je předpovídaná výroba větší než skutečná. Na horských stanicích typu Svratouch a Lysá hora je průměrná chyba předpovědi menší než 10–14 %. Předpovídaná hodnota je systematicky menší než skutečná. Poněkud horší výsledky vykazuje stanice Luka a další stanice s menší nadmořskou výškou. Celkově lze říci, že přesnost předpovědi výroby elektrické energie větrnou elektrárnou v horských polohách s nadmořskou výškou nad 700 m je metodou statistického postprocessingu akceptovatelná v praktických podmínkách. Pro předpověď pro nižší polohy, kde se uplatňuje ve zvýšené míře vliv zemského povrchu, bude vhodné metodu ještě zdokonalovat.

## 7. Větrné elektrárny a životní prostředí

Všeobecně je známo, že žádná technologie výroby elektrické energie není zcela bez záporných ekologických vlivů. Výroba elektrické energie větrnými elektrárnami však vyvolává minimální negativní vlivy na životní prostředí při porovnání s využíváním neobnovitelných zdrojů. Větrné elektrárny nezatěžují při svém provozu okolní prostředí žádnými odpady. Neprodukují do atmosféry plynné či tuhé emise včetně  $\text{CO}_2$  nebo jiných skleníkových plynů. Není nutné ukládat vyhořelé jaderné palivo nebo popílek, nevyžadují pro svůj provoz vodu a tudíž ji také neznečišťují a neprodukují odpadní teplo.

### 7.1. Výstavba větrných elektráren ve vztahu ke krajině

Výstavbou větrné elektrárny je staveniště v porovnání s výstavbou jiných energetických zařízení zatíženo minimálně. Úprava terénu pro příjezd těžkých mechanismů nezbytných pro stavbu základu a pro montáž tubusu a samotné turbíny je potřebná jen na krátkou dobu. Po ukončení stavby se terén uvede do původního stavu. Pouze je třeba přemístit a uložit vytěženou zeminu při stavbě základu (zhruba kolem 100 m<sup>3</sup>). Po zabetonování základu je tento zahrnut ve výšce zhruba 0,5 m zeminou. Z povrchu země vystupuje pouze věnec na upevnění tubusu. Stavba je relativně krátká; trvá do dvou měsíců. Po ukončení provozu větrné elektrárny její demontáž proběhne během 1–2 dnů.

Větrné elektrárny umožňují polyfunkční využití zemědělské půdy. Zemědělskou půdu je možno využívat téměř v původním rozsahu, obdobně jako je tomu u stožárů pro elektrické vedení.

Při stavbě větrných elektráren musí být respektován zákon o ochraně přírody a krajiny ČNR č. 114/92 Sb. Nejsou přípustné stavby v národních parcích, v přírodních rezervacích, v chráněných krajinných oblastech první zóny a v blízkosti národních památek. Shodou okolností však na území ČR většinou plochy chráněných krajinných oblastí se ztotožňují s oblastmi vysokého větrného potenciálu (zhruba 60 až 70 %). Můžeme pouze doufat v to, že se v budoucnu najde kompromisní řešení, které větrnou energii, vstřícnou životnímu prostředí, za důkladného zvážení všech okolností v uvedených oblastech bude tolerovat.

### 7.2. Hluk emitovaný větrnými elektrárnami

Vliv akustické emise větrných elektráren na okolní prostředí bývá v mnoha případech ochránci životního prostředí nadhodnocován. Při provozu větrné elektrárny vznikají dva druhy hluku. Jde o mechanický hluk, jehož zdrojem je strojovna (generátor včetně ventilátoru, převodovka, natáčecí mechanismy, event. i brzda). Množství energie hluku emitované do okolí závisí nejen na kvalitě provedení jednotlivých částí (např. ozubená kola převodovky) i celku, ale také na uložení a kapotáži celého soustrojí. Současné sériově vyráběné větrné elektrárny mají všechny uvedené parametry optimalizovány. Až na malé odchylky při natáčení gondoly je to zvuk ustálený. Určité zvukové rázy vznikají míjením listů vrtule kolem tubusu. V minulosti se u některých větrných elektráren objevovaly vibrace tubusu, s čímž se moderní technologie vyrovnala /Koniček, Jiříček/. Dále jde o aerodynamický hluk, který vzniká interakcí proudícího vzduchu s povrchem listů rotoru a uvolňováním vzduchových vírů za hranou listů. Jeho frekvenční spektrum je velmi vyrovnané a klesá se vzrůstajícími frekvencemi. Aerodynamický hluk je snižován modernějšími konstrukcemi listů vrtule (viz obr. 7), případně variantností typů rotorů, kdy se za cenu snížení hlukové emise sníží i výkon generátoru.

Hluk se šíří od bodového zdroje v závislosti na směru a rychlosti proudění vzduchu, v závislosti na intenzitě vertikálního promíchávání vzduchu (pod teplotní inverzí je zamezen přenos hluku ve vertikálním směru), na tvaru zemského povrchu, na existenci překážek pro šíření hluku (Štekl, 1996).

Hluk šířící se od bodového zdroje se utlumuje se vzrůstající vzdáleností. Ve zjednodušené verzi řešení se uvažuje úbytek akustického tlaku s logaritmem vzdálenosti jako funkce rychlosti větru. Většinou se tato zjednodušená verze výpočtu (tedy bez vlivu směrové růžice, tvaru reliéfu, zvrstvení teploty atd.) používá v modelových výpočtech pro určení izofonového pole v okolí větrné elektrárny.

Na sílu vjemu, vyvolaného určitým hlukem, má velký vliv poměr mezi jeho intenzitou a intenzitou ostatních hluků, které se označují jako hluk pozadí. Všeobecně je známo, že hluk vyvolaný vazkým a turbulentním třením vzduchu o drsný zemský povrch dosahuje, zvláště v horských podmínkách, velkých hodnot. Např. při vířící se v těchto podmínkách stává lidská řeč nesrozumitelnou. Na zkušebním polygonu Dlouhá Louka v Krušných horách bylo provedeno měření, které ukázalo, že při rychlosti větru do 5 m/s byla úroveň hluku pozadí v mezích 30–40 dB, ale při rychlosti větru kolem 6 m/s hluk pozadí byl v rozsahu od 33 do 47 dB a při rychlostech větru nad 8 m/s hluk pozadí přesahoval hodnotu 45 dB /Štekl, 1999/.

Nařízení vlády č. 502/2000 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací určuje nejvyšší přípustnou hladinu akustického tlaku ve venkovním prostoru pro den (6–22 hodin) 50 dB a pro noc 40 dB. V tomto nařízení není zohledněna okolnost, kdy hluk pozadí převyšuje hluk vyvolaný větrnou elektrárnou. Bylo by jistě mimo logiku případu, aby schvalovací orgán do povoloovacího řízení nezahrnul zmíněnou skutečnost poměru mezi úrovní hluku pozadí a akustického tlaku vyvolaného větrnou elektrárnou.

Např. v Německu se uplatňuje doporučení větrnou elektrárnu stavět více než 300 m od jednotlivého domu a více než 500 m od okraje skupiny domů (obec apod.).

Na některé citlivé jedince nepříznivě působí stroboskopický efekt, vznikající střídavým zakrýváním slunečního kotouče listy rotoru. Tento efekt je aktuální pouze při malé výšce Slunce. Proto součástí posudku na připravovaný projekt stavby větrné elektrárny by mělo být posouzení vlivu stroboskopického efektu.

### 7.3. Větrné elektrárny a avifauna

Využívání větrné energie provázají živé diskuse a často i ostré spory s ochránci ptactva. O to je diskuse živější, protože se u větrných elektráren na území Česka jedná o nový proces v krajině, u něhož nelze vycházet ze zkušeností. Přitom systematické dlouhodobé pozorování, které by prokázalo negativní vlivy na ptactvo v ČR neexistuje a krátkodobé zkušenosti takového vlivy neprokázaly. Diskuse jsou většinou spekulativní.

Zcela aktuálním se posouzení vlivu větrných elektráren na avifaunu stalo Zákonem 100/21001 Sb. ze dne 20. února 2001 o posuzování vlivů záměru na životní prostředí. V části D přílohy, která je uvozena názvem „Komplexní charakteristika a hodnocení vlivů záměru na obyvatelstvo a životní prostředí“ v bodě 2, je povinnost zhodnotit vlivy na faunu, flóru a ekosystémy.

V České republice, pokud je autorovi známo, existuje pouze jedna ucelená studie o vlivu větrné elektrárny na populace ptáků, kterou zpracovali Prof. Dr. K. Šťastný, CSc., a Doc. Dr. V. Bejček, CSc., z katedry ekologie LF VŠZ Praha v letech 1993 až 1994. V lokalitě Dlouhá Louka (880 m n. m.) v Krušných horách provedli výzkum hnízdních společenstev ptáků ve třech biotopech této lokality (na louce, v lese a v chatové oblasti) a to v délce jednoho měsíce před a po výstavbě „Demonstrační větrné elektrárny EWT 315 kW“. Tento výzkumný projekt financovala akciová společnost ČEZ. Ze závěru výzkumné zprávy vyjímáme následující: „Bylo shledáno, že výstavbou větrné elektrárny nebyla zasažena žádná lokalita, zasluhující ochranu. V blízkosti nebylo zjištěno hnízdiště žádného ohroženého druhu vyjma hýla rudého, jehož hnízdní výskyt byl však zaznamenán až po výstavbě větrné elektrárny. Presentované výsledky jsou dokladem, že provoz větrné elektrárny významným způsobem neovlivňuje hnízdní společenstva ptáků. Zjištěné rozdíly na otevřené ploše v blízkosti větrné elektrárny bezesporu nesouvisí s jejím provozem, nýbrž s likvidací lučního porostu během její výstavby a rozoráním celé louky před novým osetím. Nebylo možno z časových důvodů provést analýzu situace během podzimní migrace. Na základě vlastních výsledků a zkušeností zahraničních autorů lze předpokládat, že větrná elektrárna nebude mít zásadně rušivý vliv na avifaunu“.

K tomuto odbornému posudku dodejme praktické zjištění, že za sedm let provozu uvedené demonstrační větrné elektrárny nebyl zjištěn v bezprostředním okolí ani jeden pták zraněný případně mrtvý. Podrobný text výzkumných zpráv je uveřejněn v časopise Větrná energie, No 17, 2002.

V zahraniční literatuře lze nalézt řadu výzkumných pozorování chování tažných ptáků u větrných farem. Všeobecně lze říci, že ptáci tyto viditelné překážky oblétaují či nadlétaují, v řídkých případech i prolétaují. Poněkud složitější situace nastává v noci či za mlhy. Ukazuje se, že plachtící ptáci mohou pociťovat existenci rozvířeného tedy turbulentního charakteru proudění za rotory větrných elektráren do vzdálenosti až několika málo set metrů. Turbulentní vlečka je nejvýraznější na obvodu rotoru.

Ze zahraničních statistik vyplývá, že průměrný počet kolíí ptáků na kilometrovém pásu větrných elektráren odpovídá počtu zabitých ptáků střetem s automobily na kilometrovém úseku frekventované silnice a je mnohem menší než počet nehod ptáků, připadající na kilometr elektrického vedení vn nebo vvn.

### 7.4. Větrné elektrárny a šíření radiového a televizního signálu

V minulosti se objevily pokusy kritizovat větrné elektrárny z důvodu, že působí rušivě na elektromagnetické vlnění v jejím okolí. Principiálně může vznikat interference, k níž dochází vlivem odrazu, rozptylu a difrakce elektromagnetického vlnění.

Bylo zjištěno, že v prostoru mezi zdrojem signálu a větrnou elektrárnou je hladina interference značně nižší než v prostoru za větrnou elektrárnou z pohledu od vysílače. Samotná hodnota interference je závislá na technických parametrech větrné elektrárny (rozměry rotoru, konstrukce listů rotoru včetně jejich geometrie, rychlost rotace).

Měření na demonstrační větrné elektrárně Dlouhá Louka bylo prokázáno, že činnost elektrárny kvalitu televizního signálu v jejím okolí neovlivňuje. Totéž lze říci obecně o větrných elektrárnách moderní konstrukce. Stejně tak lze konstatovat, že provoz větrných elektráren neovlivňuje letecký provoz z hlediska rušení a vyzařování elektromagnetických a elektrostatických polí.

## 7.5. Větrné elektrárny a krajinný ráz

Krajinný ráz patří k nejcitlivějším hlediskům při umísťování větrných elektráren do krajiny. Obtížnost tohoto hodnocení je dána subjektivním charakterem, pro nějž nelze určit jednoznačný závazný postup. V zahraničí jsou k dispozici odborná doporučení jako např. v práci Winkelbrandta et al., pro spolkové země Německa. V České republice byl zpracován Ing. J. Penkem z AOPK ČR vcelku úspěšný návrh „Metodického pokynu MŽP pro umísťování větrných elektráren v chráněných územích a ostatní krajinně“ v roce 1999, který se však nestal oficiálním dokumentem.

V časopise Ochrana přírody, 54, 1999, č. 5 vyšel článek „Umístění větrných elektráren v chráněných územích a ostatní krajinně“ od autorů V. Petříčka a K. Macháčkové. V tomto doporučení není sladěno hledisko ochrany krajiny se základními požadavky meteorologickými, které je nutno dodržet. Doporučuje se např. lokalizovat větrnou elektrárnu v kulturní krajinně s vhodnou doprovodnou zelení a ignoruje se nepříznivý vliv zvýšeného parametru drsnosti na turbulentnost proudění a jeho zeslabení. Nebo se doporučuje umístit větrnou elektrárnu pod horizont. Toto doporučení je v rozporu s fyzikálním zákonem o růstu rychlosti větru na vrcholcích terénních tvarů. Dále se konstatuje, že menší počet větrných elektráren netříští kulisu rozptýlených stromů. Experimentálně bylo zjištěno, že stromy ovlivňují proudění až do vzdálenosti rovné pětinasobku jejich výšky.

Je třeba připustit, že větrné elektrárny zvláště na vysokých tubusech, či větrné farmy naruší vzhled krajiny. Neruší je však více než třeba vysokonapěťová vedení, tovární komíny, paneláková sídliště, velkokapacitní kravíny, či jiná technická zařízení, která jsou pro obyvatelstvo tak nezbytná. Berme zásah do krajinného rázu jako jednu miskou vah, kde druhou je výroba elektrické energie „čistou formou“. A jako česká krajina v minulosti „unesla“ 880 historicky doložených větrných mlýnů, jistě i v budoucnosti může „unést“ zhruba 1000 větrných elektráren. Obdobně jako krajina sousedního státu Sasko již v současnosti „unesla“ 600 větrných elektráren.

## 7.6. Větrné elektrárny a produkce škodlivin

Je všeobecně známo jakým způsobem uhelné elektrárny zatěžují životní prostředí počínaje zásahem do krajiny při těžbě uhlí, při ukládání pevných odpadů spalovacích procesů atd. Nesmíme opomenout finanční náklady na rekultivaci krajiny. Stejně tak jsou všeobecně známy problémy kolem úložišť použitého jaderného paliva. Aktuální otázkou je množství zásob uhlí, z jejich odpovědi vyplývá, kdy uhelné elektrárny přestanou mít funkční opodstatnění.

V minulosti velmi agresivní emitovanou látkou vznikající při spalování uhlí byl oxid siřičitý ( $\text{SO}_2$ ), který dlouhodobě poznačoval lesní porosty nejen v Krušných horách, ale i v jiných regionech. Po odsíření uhelných elektráren se sice zásadním způsobem snížila hodnota emitovaného  $\text{SO}_2$ , ale zůstala úroveň emitovaného  $\text{CO}_2$ . Oxid uhličitý jako skleníkový plyn, který je důsledně mezinárodně monitorovanou škodlivou látkou, na rozdíl např. od uhelné elektrárny při výrobě elektrické energie z větru nevzniká. Jestliže vyjdeme z množství odpadních látek, které vznikají při výrobě jedné kWh z uhlí, pak podle zahraničních pramenů při výrobě 1 kWh energie větru se sníží emise  $\text{CO}_2$  až o 1250 g, emise  $\text{NO}_x$  až o 6 g, prachu a popílku až o 70 g.

Důležitým parametrem při hodnocení větrných elektráren je poměr energie vynaložené na výrobu a zprovoznění zařízení vůči energii, kterou toto zařízení je schopno během své životnosti vyrobit. U větrných elektráren poslední generace v podmínkách vysokého větrného potenciálu je zapotřebí jednoho maximálně dvou let, aby poměr obou složek byl vyrovnaný. Poté po zbytek své životnosti současná větrná elektrárna vyrobí 20 krát více energie, než byla energie potřebná na její výrobu a zprovoznění. Tento poměr v porovnání s jadernými a uhelnými elektrárnami je u větrných elektráren velmi příznivý.



## 8. Závěr

Rozvoj větrné energetiky v České republice je závislý na úrovni větrného potenciálu a na politické vůli podporovat tento rozvoj. Pod pojmem politická vůle chápeme nejen povinný výkup energie, stanovení příznivých výkupních cen garantovaných na dobu alespoň patnácti let, ale celou řadu legislativních opatření, ošetřujících činnosti spojené s přípravou a realizací jednotlivých projektů. Jde např. o určení zásoby větrné energie metodami na nejvyšší odborné úrovni, kvalifikované a se zahraničními zkušenostmi srovnatelné posouzení vlivu staveb větrných elektráren na životní prostředí a další.

Rozvoj větrné energetiky by měl vycházet z územních koncepcí výstavby větrných elektráren, které by začínaly od rajonů obcí a měst a přes koncepcce krajů by sumarizovaly možnosti větrné energetiky na celém území České republiky. Obdobná koncepcce však nebyla zpracována.

V této studii jsme přiměřenou pozornost věnovali zhodnocení prvního období rozvoje větrné energetiky v ČR, které se váže k letům 1990–1995. Zkonstatovali jsme, že z 24 větrných elektráren s celkovým výkonem 8220 kW, které byly v tomto období vybudovány, zhruba 30 % z nich mělo vysoce poruchovou až nefunkční technologii českých výrobců. Tyto výrobky byly cenově velmi přitažlivé, ale neprošly zkušebními provozem, atestačním řízením a ověřením výkonových křivek. Dále zhruba 20 % všech instalovaných turbín bylo postaveno v lokalitách s nedostatečnou zásobou větrné energie. Bylo to možné proto, že neexistovala vhodná legislativní opatření. Uvedené skutečnosti vyvolaly u laické veřejnosti i u odborných pracovníků „klasické“ energetiky zkreslený obraz o možnostech větrné energetiky. Navíc se objevily pokusy hodnotit možnosti tohoto oboru na základě provozu větrných elektráren s nefunkční technologií nebo nevhodně umístěných.

Jedna z metod posouzení možností rozvoje větrné energetiky na území ČR je porovnání tohoto rozvoje na území sousedních států, které jsou ve srovnatelných klimatických podmínkách. 600 větrných elektráren na území státu Sasko, s celkovým výkonem 533,5 MW, a 170 větrných elektráren s instalovaným výkonem 139 MW v Rakousku, to vše ke konci roku 2002, jsou pro území ČR silně inspirující čísla. Německo, které zaujímá ve větrné energetice první místo ve světě, mělo ke konci roku 2002 instalováno 13 759 větrných elektráren s celkovým výkonem 12 001 MW.

Realizovatelný větrný potenciál, jak ukazuje praxe, není konstantní veličina, ale s časem se mění, a to hlavně v závislosti na vývoji technologie větrných elektráren. I tomuto faktoru byla věnována přiměřená pozornost. Očekávání řady vývojových pracovníků v oblasti větrných elektráren bylo překonáno růstem: jmenovitého výkonu na 3–5 MW, průměrem rotorů na 80 až 110 m, výšky stožárů na 100–120 m.

Pozornost jsme v práci věnovali metodám pro určení pole průměrné roční rychlosti větru ve výšce 10 m nad povrchem a jejich přesnosti. Váhu této fáze práce, z jejichž výsledků se určuje klimatologický potenciál větru, vyjadřuje závislost hustoty výkonu větru na rychlosti větru ve třetí mocnině. Porovnáním výsledků získaných statistickým modelem pracujícím s trojdimenzionální interpolací, výsledků dynamického modelu mezní vrstvy atmosféry a dánského modelu, používaného ve státech západní Evropy pro posudkové hodnocení zásob větrné energie, bylo získáno číselné posouzení předností a slabých článků jednotlivých modelů. Pokud je známo, jde o původní postup dávající možnost následně vytvořit model využívající postupů, které vyšly z porovnání jako optimální. Ukázalo se, že zvláště citlivé je určování větrného potenciálu v nadmořských výškách nad 700 až 800 m, kde velká vertikální členitost terénu vyvolává vysoké nároky jak na dynamické modely mezní vrstvy atmosféry, tak na statistickou metodu. Jeden ze závěrů této práce je konstatování potřeby stožárového měření složek větru před realizací stavby větrné elektrárny. Nanejvýš nutné je toto měření při stavbách v nadmořských výškách nad 700 m.

V práci jsou specifikovány všechny okolnosti, které ovlivňují redukci klimatologického potenciálu na realizovatelný potenciál. Byl proveden hrubý odhad možností větrné energetiky po územních celcích jednotlivých distribučních společností a celkově na území České republiky. Je naznačen možný způsob jak meteorologickou předpovědí výkonu větrných elektráren přispět k udržení stability rozvodných sítí.

## Použitá literatura

- Burian, V.: Větrné mlýny na Moravě a ve Slezsku. práce odb. společenských věd Vlastivědného ústavu v Olomouci, č. 7, s. 79, 1965
- Ender, C.: Windenergienutzung in der Bundesrepublik Deutschland – Stand 31. 12. 2002, DEWI Magazin, Nr. 22, s. 7–19, 2003
- Gurdes, G., Pahlke, T.: Wind- und Flächenpotenzialstudie für das nordliche Niedersachsen und den Harz, DEWI Mag., Nr. 7, s. 4–16, 1995
- Hošek, J.: Určení zásoby větrné energie lokalit pomocí dánského programu WASP, časopis Větrná energie, No. 12, s. 8–10, Praha 2000
- Jaroš, J.: Větrné mlýny na Moravě, s. 85, Ekocentrum Brno, 1993
- Kašpar, F.: Větrné motory a elektrárny I, Elektrotechnický svaz československý. Praha 1948
- Kuntzsch, J., Daniels, W.: Windenergienutzung im Freistaat Sachsen, s. 139, Dresden 1994
- Landberg, L.: Implementing Wind Forecasting at Utility, 5th European Wind Energy Association Conference and Exhibition, Thessaloniky, Greece 1994
- Mellinghoff, H., Monnich, K., Waldi, H. P., Beyea, H. G.: Windleistungsvorhersage im Zeitbereich bis 48 Stunden, DEWI Mag.,

Nr. 13., 1998

Molly, J. P.: Technische Entwicklungstrends der Windturbinen, DEWI Mag., Nr. 20, s. 52–59, 2002

Pokorný, O.: Soupis lokalizace větrných mlýnů v Čechách, Studia geographica 18, s. 179, Geografický ústav ČSAV, Brno 1973

Rychetník, V., Janoušek, J., Pavelka, J.: Větrné motory a elektrárny, s. 199, Vydavatelství ČVUT, Praha 1997

Sobišek, B.: Rychlost a směr větru na území České republiky v období 1961–1990, s. 86, NKP, Praha 2000

Sokol, Z.: MOS based precipitation forecasts for river basins. Wea. Forecasting, v tisku, 2003

Svoboda, J.: Numerical modeling of the atmospheric boundary layer over a hilly landscape, Studia geoph. et eod., s. 34, 167–184, 1990

Svoboda, J.: Výpočet průměrných rychlostí větru v horských regionech pomocí simulovaných polí proudění vzduchu, meteor. Zpr., 49, č. 3, s. 77–80, 1996

Šefer, J., I.: Využití energie větru, s. 266, SNTL, Praha 1991

Štekl, J., Zacharov, P.: Variabilita hustoty vzduchu a její vliv na výkon větrných elektráren. Sborník konference Meteorologie a životní prostředí regionů, s. 62–69, Most 1994

Štekl, J. a kol.: Perspektivy využití energie větru pro výrobu elektrické energie na území ČR. III. část, Výzkumná zpráva ÚFA AV ČR, s. 138, Praha

Štekl, J. a kol. (1995): Perspektivy využití energie větru pro výrobu elektrické energie na území ČR, IV. část, Výzkumná zpráva ÚFA AV ČR, s. 158, Praha 1994

Štekl, J. et al.: Meteorologie ve větrné energetice, časopis Větrná energie, No. 6, s. 48, Praha 1997

Štekl, J., Jež, J.: Časová variabilita výkonu větru v severních Čechách, časopis Větrná energie, Praha, No. 11, s. 2–3, Praha 1999

Štekl, J.: Meteorologická předpověď výkonu větru na území ČR, časopis Větrná energie, No. 11, s. 3–7, Praha 1999

Štekl, J., Jež, J.: Metody „prodloužení“ ročního měření rychlosti větru, časopis Větrná energie, No. 12, s. 2–5, Praha 2000

Štekl, J., Sokol, Z., Zacharov, P.: Denní a roční chod rychlosti větru v závislosti na nadmořské výšce nad územím České republiky, časopis Větrná energie, No. 13, s. 2–4, Praha 2000

Štekl, J., Sokol, Z.: Větrné poměry v jižních Čechách, Větrná energetika v jižních Čechách – od snů k realitě, sborník k eminaři, s. 3–7, únor 2000

Štekl, J., Hošek, J.: Rychlost větru v oblasti atmosférických front z hlediska větrné energetiky, časopis Větrná energie, No. 14, s. 7–10, Praha 2001

Štekl, J. et al.: Závěrečná zpráva projektu VaV 320/6/00, subprojekt Větrná energie. 1. díl, s. 117, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha 2002

Štekl, J. et al.: Závěrečná zpráva projektu VaV 320/6/00, subprojekt Větrná energie. 2. díl, s. 82, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha 2002

Troen, I., Petersen, E. L.: European Wind Atlas, s. 656, Riso National Laboratory, Roskilde 1989

Winkelmannová, N.: Boom větrných elektráren v SRN a jeho příčiny, časopis Větrná energie, No. 17, s. 20–22, Praha 2002

Votruba, L.: Větrná energetika ve 30. a 40. letech tohoto století, časopis Větrná energie, č. 2, s. 20–22., Praha 1995

Winkelmeier, H.: Rozvoj větrné energetiky v Rakousku, časopis Větrná energie, No. 17, s. 22, Praha 2002

Koniček, P., Jiříček, O.: Větrné elektrárny a hluk, časopis Větrná energie, č. 1, s. 16–18, Praha 1996

Štekl, J.: Hluk emitovaný větrnými elektrárnami a jeho šíření. Větrná energie, č. 1, s. 12–15, Praha 1996

Štekl, J.: Větrné elektrárny a životní prostředí, Větrná energie, č. 1, s. 9–11, Praha 1998

Ilde, S., Vauk-Hentzelt, E.: Vogelschutz und Windenergie, Bundesverband, 1999

WindEnergie e. V., Osnabrück, s. 155

Winkelbrandt, A. et al.: Empfehlungen des Bundesamtes für Naturschutz zu naturschutz-verträglichen Windkraftanlagen, s. 64, Bundesamt für Naturschutz, Bonn 2000

# ENERGETICKÉ VYUŽÍVÁNÍ BIOMASY

Ing. Jaroslav Váňa, CSc.

## Úvod

Antropogenními činnostmi působený skleníkový efekt, globální oteplování a klimatická změna jsou v současné době skutečností, kterou potvrzují pozorování řady vědců, meteorologická měření, ale i exponenciální nárůst pojišťovacích škod v důsledku zvyšování účinku a frekvencí tajfunů, tornád a záplav způsobených přivalovými dešti. Táním arktických ledovců dochází ke zvyšování hladin moří s nebezpečím zaplavení částí přímořských a ostrovních států s očekávaným exodem desítek milionů lidí. Příčinou těchto nebezpečných jevů je zejména spalování fosilních paliv, při kterých se produkuje skleníkový plyn oxid uhličitý CO<sub>2</sub>.

Zvyšující se koncentrace oxidu uhličitého a dalších skleníkových plynů (metan, oxid dusný, freony) v atmosféře omezuje vyzařování nahromaděného tepla na zemskou kouli zpět do vesmíru, což má za následek globální oteplování. Spálením 1 kg černého uhlí vzniká 2,56 kg CO<sub>2</sub>, spálením 1 kg motorové nafty se uvolní 3,12 kg CO<sub>2</sub> a spálením 1 m<sup>3</sup> zemního plynu 2,75 kg CO<sub>2</sub>. Intenzivní využívání fosilních paliv se stává pro trvale udržitelný rozvoj lidské společnosti neúnosné a řada států se snaží co největší podíl fosilních energií nahradit obnovitelnými energiemi, tj. energií solární, větrnou, geotermální a vodní. Nejvyšší potenciál má obvykle energie z biomasy.

Při spalování biomasy rovněž vzniká oxid uhličitý, který však skleníkový efekt nenavysuše a to z důvodu, že rostliny za svého růstu odebírají z ovzduší CO<sub>2</sub> a při spalování ho opět do ovzduší vracejí. Vzhledem k tomu, že průměrná délka života živé fytomasy je cca 10 let a podzemní části rostlin obvykle ještě déle přeměněný CO<sub>2</sub> zadržují (jako kořeny nebo jako půdní organická hmota) představuje pěstování energetické fytomasy významné vázání oxidu uhličitého z atmosféry.

Problematika obnovitelných energií se týká ČR jako budoucího člena Evropské unie. Evropská komise vydala dokument tzv. „Zelenou knihu“ s názvem „Energie pro budoucnost – obnovitelné zdroje energie“. Tento materiál je zpracován jako souhrn zásad energetické politiky EU s perspektivami až do roku 2020. Do roku 2010 by měl činit podíl obnovitelných energií na celkové energetické spotřebě EU 12 %, přičemž ve srovnání s rokem 1998 by se měl potenciál obnovitelných energií v průměru zdvojnásobit a u energie z biomasy dokonce ztrojnásobit (viz článek Obnovitelné zdroje v ČR v této studii).

Závazek České republiky do roku 2010 představuje dosažení cca 6% podílu obnovitelných energií na celkové energetické spotřebě. Uvažujeme-li o potenciálu a rozvoji obnovitelných energií v České republice, jsou tyto úvahy zejména o energii z biomasy, jak vyplývá z tab. č. 1.

**Tabulka č. 1: Stav využívání v r. 2000 a využitelný potenciál obnovitelných energií do r. 2010**

Segment	Využití v roce 2000 TJ/rok	Využitelný potenciál TJ/rok	Využitelný potenciál % TSPEZ <sup>4</sup>	Celkové investice 10 <sup>6</sup> Kč	Měrné investiční náklady Kč/GJ
<b>Biomasa</b>	18 650	61 770	3,53	16 610	370
<b>Odpady<sup>1</sup></b>	1520	3560	0,20	25 470	12 460
<b>Sluneční energie</b>	140	11 500	0,66	90 360	7960
<b>Fotovoltaika</b>	0	80	0,00	5090	67 470
<b>Tepelná čerpadla<sup>2</sup></b>	30	6670	0,38	21 320	3210
<b>Větrné elektrárny</b>	30	3710	0,21	18 820	5120
<b>Malé vodní elekt.</b>	2340	5660	0,32	16 250	4900
<b>Velké vodní elekt.<sup>3</sup></b>	4500	4500	0,26	0	0
<b>Celkem</b>	<b>27 210</b>	<b>97 500</b>	<b>5,60</b>	<b>194 000</b>	

<sup>1</sup> Zahrnuto pouze termické zpracování odpadu, skládkový plyn je zahrnut v biopalivech.

<sup>2</sup> Čistý přínos tepelných čerpadel (bez spotřeby el. energie).

<sup>3</sup> V blízké budoucnosti se nepředpokládá výstavba velkých vodních elektráren, zejména z ekologických důvodů a z důvodů vyčerpání potenciálu.

<sup>4</sup> Tuzemská spotřeba primárních energetických zdrojů.

Z rozboru stavu využívání jednotlivých segmentů obnovitelných energií vyplývá 68,5% podíl energie z biomasy. Využití energie z biomasy rok od roku stoupá a v současnosti představuje cca 21 PJ/r. Využitelný potenciál energie z biomasy se zpřesňuje podrobnými průzkumy v jednotlivých krajích. Využitelný potenciál energetické biomasy představuje biomasu získatelnou za ekonomicky příznivých podmínek. Potenciál veškeré biomasy přesahuje v České republice 22 mil. t ročně.

Energetické využívání biomasy má ještě další výhody pro životní prostředí, pro agrární sektor, pro růst prosperity obcí a růst pracovních příležitostí. Palivo na bázi biomasy neobsahuje téměř žádnou síru, emise oxidu siřičitého je tak zanedbatelná. Ostatní škodliviny v emisích z fytopaliv jsou ve srovnání s emisemi z fosilních paliv příznivější. Podrošťový popel z fytopaliv je možno z větší části použít jako hnojivo s dobrým obsahem vápníku, hořčíku, draslíku a fosforu.

Energetické rostliny pro přípravu fytopaliv je možné pěstovat na půdě nepotřebné pro výrobu potravin. Půdy v tzv. marginálních zemědělských oblastech se uvádějí do klidu zpravidla dotovaným zatravněním. Údržba krajiny prostřednictvím dotací stojí společnost značné finanční prostředky. Využití těchto půd k pěstování energetických rostlin tak může přinést společnosti užitek, zejména přirozenou údržbu krajiny, protierozní ochranu půdy a minimalizaci úniku dusičnanů z půdy do spodních a povrchových vod. Rozloha půdy nepotřebné k potravinářským nebo krmivářským účelům v České republice představuje v současnosti už 465 000 ha orné půdy a 523 000 ha luk a pastvin. Při pěstování energetických rostlin je možno využít i půdy nadlimitně kontaminované cizorodými látkami, na kterých je nežádoucí pěstovat potravinářské plodiny. Pěstování energetických rostlin na těchto půdách v dlouhodobém časovém horizontu umožňuje revitalizaci těchto půd.

Pro přípravu fytopaliv je možno zpracovat i vedlejší rostlinné produkty a energeticky využitelné zbytky rostlinné výroby. Je to zejména sláma olejin a obilnin, kukuřice, rostlinné zbytky po zpracování technických, zejména řadných rostlin. Jako fytopalivo je možné využít různé rostlinné a dřevní odpady z různých činností. Jde o odpady z údržby veřejné zeleně, z údržby krajiny, z lesní těžby, ze zpracování dřeva, z papírenského průmyslu, z obalů, beden, palet a bednění.

Fytopaliva je možné standardizovat (normalizovat) co do tvaru, objemové hmotnosti a výhřevnosti a přizpůsobovat je potřebám trhu paliv a výrobců topenišť. Je možné vyrábět i směsná paliva s uhlím, ve kterých fytohmota kompenzuje nebo snižuje nežádoucí vlastnosti fosilních paliv. Známá je vazba drasla ze slámy se sírou z uhlí v dánských teplárnách, což do značné míry nahrazuje odsiřování spalín.

Z pohledu obce je možno při energetickém využívání biomasy vytvářet systémy vytápění z místních zdrojů a peníze za palivo tak neodcházejí z obce jinam, ale naopak výrazně posilují prosperitu místních zemědělců, lesníků, zpracovatelů a podnikatelů s biopalivy v místě. Kromě toho vznikají v obci další pracovní příležitosti.

Kromě uváděných výhod energetického využívání biomasy je třeba připomenout i její nevýhody. Mezi technické nevýhody biomasy patří ve srovnání s fosilními palivy její nižší energetická hustota (obsah energie odvozený na jednotku objemu), což se projevuje nepříznivě v logistice (dopravě a skladování), která se může stát omezujícím a náklady zvyšujícím faktorem u větších fytoenergetických zařízeních. Tyto problémy jsou však u místních systémů s dostupnou biomasou v okolí jen minimální.

Biomasa obsahuje velký podíl prchavé hořlaviny. Kinetika spalování biomasy a další specifické vlastnosti hmoty si žádá speciální konstrukce kotlů, zejména co se týče velikosti, uspořádání a prostorového dimenzování topenišť, přívodů spalných vzduchů a řešení teplosměnných ploch. Tyto kotle jsou dnes technologicko-technicky vyřešené, ale jejich cena je vyšší než u kotlů na fosilní paliva a zejména kotlů plynových.

Nepříznivým jevem fytopaliv je často vyšší obsah vody, zejména u surových materiálů, ovlivňující nejen výkonnost, ale také kinetiku spalování. Problém snižování vlhkosti se řeší volbou optimálního období při sklizni energetických rostlin, sušením při skladování a při výběru vhodné spalovací technologie. Mokré palivo má, jak známo, nižší výhřevnost.

Hlavní současnou nevýhodou energetického využití biomasy je její obecně nedostatečná ekonomická konkurenční schopnost k fosilním palivům. Energie z biomasy zatím úspěšně konkuruje jen v místních výtopeních, kde se spalují dřevní zbytky z dřevozpracujících provozů nebo u systémů založených na spalování slámy jako vedlejšího výrobku.

Stát	Podíl v %
Švédsko	18,2
Finsko	18,0
Rakousko	12,8
Irsko	12,3
Dánsko	7,3
Francie	4,6
Itálie	2,3
Německo	1,9
Česká republika	1,7

Pěstování energetických rostlin, jejich sklizeň a příprava fytopaliva představuje již provozně a investičně náročný řetězec operací a jednotkové náklady jsou ovlivněny výnosem, který v jednotlivých letech může kolísat. I když dnes konečně stát začal podporovat energetické využívání biomasy dotacemi zemědělcům a investorům kotelen, mohou nastat případy, že užívání fosilních paliv – když se nezapočítávají externality – je z ekonomického hlediska v České republice stále ještě výhodnější.

Ve státech EU s velkým rozvojem energetického využití biomasy (tab. č. 2) jsou ve srovnání s ČR dotace podstatně vyšší. Především je však uplatňován institut ekologické daně (uhlíková daň), kterým jsou zatěžována fosilní paliva při současném snižování ostatních daní obyvatelstva.

**Tabulka č. 2: Podíl energie z biomasy na celkové produkci energie v některých státech Evropy**

## 2. Způsoby získávání, zpracování a využívání energetické biomasy

Sluneční energii, akumulovanou v biomase, můžeme přeměňovat různými způsoby na energii tepelnou, elektrickou, mechanickou nebo chemickou. K této přeměně může dojít následujícími způsoby:

### a) termochemická přeměna biomasy

- spalování
- zplyňování
- pyrolýza

### b) biochemická přeměna biomasy

- anaerobní digesce (metanové kvašení)
- lihové kvašení
- biovodík

### c) chemicko fyzikální přeměna, např. esterifikace rostlinných olejů, úprava bioplynu

Biopaliva se připravují jako pevná, kapalná a plynná:

#### a) pevná biopaliva na bázi dřevní fytohmoty

- dřevní štěpka (včetně zelené štěpky)
- piliny
- polínkové dřevo
- brikety
- pelety a granule
- dřevěné uhlí
- produkty částečné pyrolýzy („torrefied wood“)

#### b) pevná paliva na bázi energ. bylin a stébelnin

- řezanka
- balíky nízkotlaké a vysokotlaké standardní a obří
- brikety
- pelety a granule

#### c) kapalná biopaliva

- extrahované rostlinné oleje
- bionafta (esterifikované oleje)
- bioetanol
- produkty rychlé pyrolýzy

#### d) plynná paliva

- bioplyn
- skládkový plyn
- kalový plyn
- biovodík
- generátorový plyn (např. dřevoplyn)

Nejčastěji energeticky využívanou biomasou jsou vedlejší produkty ze zemědělské výroby z lesnictví, z lesní těžby a ze zpracování dřeva. Obnovitelnou energii je možno získávat i z komunálních bioodpadů, zejména z odpadů z parků a zahrad, kuchyňských odpadů a separovaných domovních odpadů a z odpadů dřevěných obalů (dřevěný šrot). Spalováním směsných komunálních odpadů, pneumatik a plastů se nezískává obnovitelná energie, ale tzv. alternativní energie. V současné době se pro energetické využití stále více uplatňuje travní fytohmota vznikající při údržbě krajiny (zatravněná půda, chráněné krajinné oblasti, přírodní rezervace).

S ohledem na omezené možnosti využívání potenciálu výše uvedených zdrojů biomasy se uplatňuje cílené pěstování energetických rostlin na půdách nepotřebných k produkci potravin. Energetické rostliny jsou jednak energetické byliny, případně energetické trávy, a rychle rostoucí dřeviny. Současný seznam povolených energetických rostlin obsahuje rostliny jednoleté, pro které je nutno každým rokem připravovat půdu a provádět setí a kultivaci, což se projevuje vyššími náklady na získaná fytopaliva, a rostliny víceleté a vytrvalé, u kterých se náklady na zřízení plantáže rozloží na delší časové období.

**Do seznamu povolených energetických rostlin,** jejichž pěstování je v České republice podporováno dotacemi, byly zařazeny následující druhy:

#### Jednoleté:

- laskavec *Amaranthus L.*
- konopí seté *Canabis sativa*
- sléz přeslenitý *Malva verticillata L.*

#### Dvouleté:

- pupalka dvouletá *Oenothera hiemalis L.*
- komonice bílá *Melilotus alba L.*

#### Víceleté a vytrvalé:

- mužák prorostlý *Silphium perfoliatum L.*
- jeřábina východní *Galega orientalis*
- topinambur *Helianthus tuberosus L.*
- psineček bílý *Agrostis Gigantea L.*
- čičorka pestrá *Coronilla varia L.*
- oman pravý *Inula helenium L.*
- šťovík krmný *Rumex tianshamicus × Rumex patientia*
- sveřep bezbranný *Bromus inermis Leyss (odrůda Tribun)*
- sveřep samužníkovitý *Bromus carharticus Vahl (odrůda Tacit)*
- lesknice rákosovitá *Phalaris arundinacea L.*

Z těchto rostlin bylinného charakteru je zatím nejperspektivnější plodinou krmný štovík, který nazýváme (podle šlechtitele prof. Uteuši z Ukrajiny) **štovík energetický – Uteuša**. Jde o odolnou, statnou rostlinu, která může na svém stanovišti vydržet až 20 let (obr. č. 1). Vytváří vysoké rozvětvené lodyhy dorůstající 1,5 až 2 m. Je odolný vůči vymrzání a nemá žádné vyhraněné nároky na stanoviště. Daří se mu nejen v nížinách, ale i ve vyšších polohách. Od druhého roku po založení plantáže rychle obrůstá a poskytuje nejméně 10 t suché hmoty z 1 ha, průměrné výnosy provozních plantáží však v dalších letech po zahuštění porostu překračují 15 t suché hmoty z 1 ha s energetickým obsahem 17,5–18 MJ/kg sušiny. Dobře provozovaná plantáž štovíku Uteuša může dosáhnout energetického výnosu 250 GJ z 1 ha, což představuje zhruba krytí potřeby tepla pro dva až tři rodinné domky. Špičkové výnosy z experimentálních plantáží na dobrých půdách s vydatným hnojením a dostatkem vody jsou až 20 t suché hmoty z 1 ha.

Pro přímé spalování se sklízí celá nadzemní hmota včetně semene. Sklizeň je nevhodnější ještě před plnou zralostí, aby byly lodyhy již dostatečně vyschlé, ale aby nedocházelo k výtoku semen (trochu výtoku neškodí, zahušťuje se tak porost). Toto období nastává zpravidla koncem června a začátkem července. Štovík se po posečení a doschnutí na řádcích lisuje do balíků a dováží k uskladnění a ke kotelnám. Následně může být také zpracován i do briket nebo pelet. Pokud je kultura štovíku v blízkosti kotelny (cca 10–15 km), lze štovík sklízet silážní řezačkou za vzniku hrubé řezanky, kterou lze spalovat v kotelně obdobně jako dřevní štěpku.

Bezvodá fytohmota štovíku vykazuje spalné teplo cca 19 MJ/kg, vysoká teplota tavitelnosti popela zajišťuje bezproblémové spalování fytopaliv ze štovíku. Výhodou štovíku je každoroční sklizeň při jednoduchém počátečním založení plantáže setím. Oproti tomu plantáže rychle rostoucích dřevin je nutno zakládat výsadbou řízků se značnými náklady na lidskou práci. Rovněž náklady na likvidaci plantáží jsou u štovíku podstatně nižší než u rychle rostoucích dřevin.



**Plantáže s energetickými rostlinami – vlevo Štovík Uteuša, nahore chrostice (lesknice) rákosovitá**

Pěstování rychle rostoucím dřevin pro spalování je další způsob využití volné zemědělské půdy zejména na svazích (nad 7 %) v horských a podhorských oblastech, na zaplavovaných půdách, půdách problémových (kontaminované půdy, antropogenní půdy) a půdy v chráněných oblastech. Založení plantáže je ale z ekonomických důvodů nemyslitelné bez dotace. Ta je však spojena s využitím klonů topolů a vrb povolených Ministerstvem životního prostředí. Zvláště specifické požadavky na povolené klony jsou v chráněných územích. Na založení plantáže je třeba nechat vypracovat projekt organizací, která má příslušné oprávnění pro práci v oblasti „Územní systémy ekologické stability.“

Při zakládání plantáží je nutné uhradit vysoké náklady na vypracování projektu, přípravu pozemku, sadbu a oplocení. První výnos 15–20 t sušiny z 1 ha se dosahuje až na konci čtvrtého roku pěstování. Výnosy podstatně vyšší lze dosáhnout až ve druhém obmýti (8. rok), kdy nastává možnost vyrovnání vložených nákladů. Nepříjemnými riziky jsou možnosti výsadebných nezdaru v důsledku jarních přísušků, infekce plísní, okusu zvěří (králíci), náletu hmyzu a zaplevelení.

Výnosový potenciál a výtěžnost povolených klonů je znám pouze z maloplošných výzkumných ploch a za poměrně krátké období. Předpokládaná životnost plantáží se odhaduje na 15–25 let. Z publikovaných výsledků ověřování (VÚKOZ Průhonice a VÚZT Řezy na cca 40 místech v ČR) jsou známy první výnosy topolů 4–10 t suš./ha/rok, výnosy vrb 2–8 t suš./ha/rok. Dobré výsledky byly dosaženy na plantážích topolů v Peklově, kde se výnos pohyboval k 13 t suš./ha/rok. Komplikovanou záležitostí je mechanizovaná sklizeň v dalších obmýtech, kdy je sklizeň ruční motorovou pilou už nevhodná a je nutno použít samojízdných nebo tažených sklizečů, často kombinovaných se štěpkovači. Tyto stroje se zatím vyrábějí pouze v zahraničí a jejich pořizovací náklady jsou vysoké. V podstatě existují dvě metody sklizně rychle rostoucích dřevin: sklizeň se současným štěpkováním s přímou návazností na kotelnu nebo dosoušecí sklad a sklizeň s tzv. snopkováním, kdy odříznuté kmínky se v otepích nechávají přes léto venku doschnout a pak se teprve na podzim štěpkují.

Předpokladem vytvoření trhu s biopalivy je jejich standardizace. Pro lokální využívání biopaliv k vytápění rodinných a bytových domů je to především briketování a peletizace, zvyšující objemovou váhu a hustotu energie (tab. č. 3). Ve spojitosti s pneumatickou přepravou a plněním zásobníků a s automatickým dávkováním fytopaliva do topenišť se rozšiřuje zejména výroba topných pelet a granulí nejen ze dřeva, ale i ze slámy a energetických rostlin. Zvláštní variantou je používání obilných a kukuřičných zrn jako náhrady topných pelet.

**Tabulka č. 3: Objemová hmotnost fytopaliv**

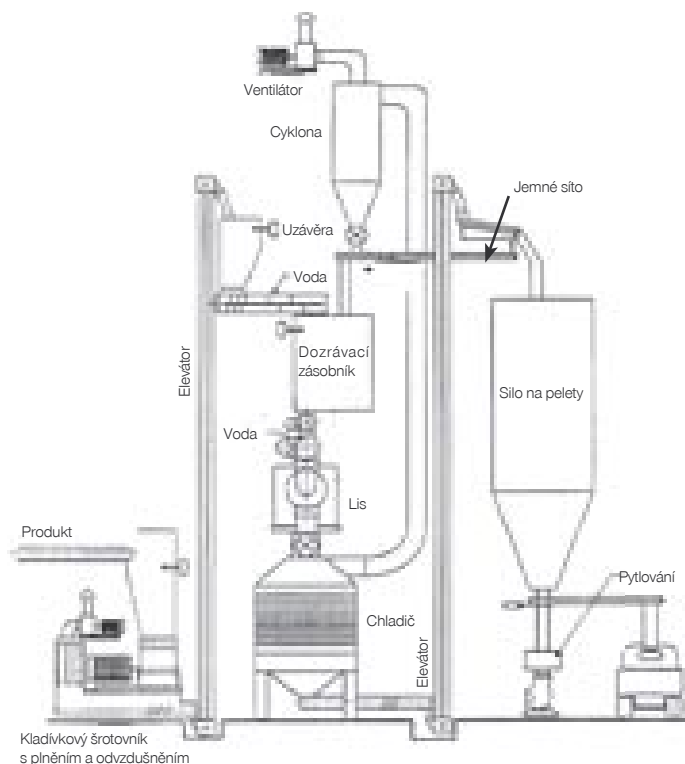
Fytopalivo	Měrná hmotnost (kg/m <sup>3</sup> )	Hmotnost kusu (kg/ks)	Způsob manipulace
<b>Sláma řezaná</b>	40–60	0,0	mechanicky
<b>Nízkotlaké balíky standardní slámy, energetické byliny</b>	60–80	5	ručně i mechanicky
<b>Vysokotlaké balíky standardní slámy, energ. byliny</b>	80–120	10	ručně i mechanicky
<b>Obří balíky válcové</b>	60–90	350	jen mechanicky
<b>Obří balíky kvádrové</b>	80–160	400	jen mechanicky
<b>Brikety ze stébelnin</b>	350–600	0,5–1	ručně i mechanicky
<b>Pelety, granule ze stébelnin</b>	300–550	0,01	ručně i mechanicky
<b>Hobliny</b>	40–60	0,01	ručně i mechanicky
<b>Piliny, prach</b>	120–180	0	mechanicky
<b>Štěpka</b>	180–260	0,02–0,1	mechanicky
<b>Polínka 30–50 cm</b>	250–500	1–3	ručně
<b>Polena 100 cm, měkké dřevo</b>	300–550	10–20	ručně i mechanicky
<b>Polena 100 cm, tvrdé dřevo</b>	420–630	15–30	ručně i mechanicky
<b>Brikety ze dřeva</b>	400–650	1–2	ručně i mechanicky
<b>Pelety, granule ze dřeva</b>	450–650	0,02	mechanicky

Pro výrobu topných pelet se používá dřevní hmota ve formě pilin a drtě, nebo drcená sláma a energetické rostliny o sušíně cca 90 %. Nejlepší způsob sušení je horkým vzduchem o teplotě cca 160 °C, aby nedocházelo ke ztrátám spalitelných těkavých látek.

Peletizačním zařízením je zpravidla protlačovací mechanický lis. Protlačovací matrice vyrobená z ušlechtilé oceli je opatřena soustavou otvorů požadovaného průměru a nad ní se odvalují přítlačné rolny, které zpracovávanou biomasu protlačují otvory matrice. Vzniklé teplo změkčuje v biomase obsažený lignin. Teprve ochlazená peleta dostává potřebnou pevnost po zatuhnutí ligninu. Případná další pojiva při peletizaci musí mít charakter biomasy (např. kukuřičná mouka).

Další způsob peletizace je v zařízení na bázi dvojice ozubených kol, kde každý druhý protilehlý zub je dutý. Tato peletizace se používá ve sběracích peletizačních zařízeních používaných na zpracování slámy přímo na poli. Sláma nebo i jiná biomasa je před komprimací pojezdými agregáty odsušena teplem výfukových plynů.

**Schéma linky na výrobu biopelet ze slámy a energetických rostlin (obr. 2)**



## 3. Kombinované spalování biomasy a uhlí

Společné spalování dřevní hmoty s uhlím probíhalo v řadě případů od samého začátku spalování fosilních paliv. Ještě dnes se palivové dříví používá při zapalování většiny typů roštových kotlů.

Směsné palivo uhlí a biomasy má v řadě parametrů výhodnější hodnoty než jednotlivé složky. Biomasa má nízký obsah síry, sodíku a popelu a při spoluspalování s uhlím dochází ke snížení emisí jak plyných, tak pevných škodlivin. Vysoký obsah prachové hořlaviny v biomase spolu s nízkou popelnatostí podstatně přispívá ke snížení ztrát mechanickým nedopalem, takže evidentně nastává i celkové zvýšení účinnosti spalovacího procesu. Při společném spalování uhlí a biomasy podstatně klesá celková popelnatost oproti popelnatosti samotného uhlí. Uhlí rovněž kompenzuje vysoký podíl chloridů u některých biopaliv s následkem spékání popele. Zpravidla delší zdržná doba při spalování (zejména ve fluidních kotlích s recirkulací) může vést k dalšímu snížení obsahu organických látek včetně dioxinů ve spalinách.

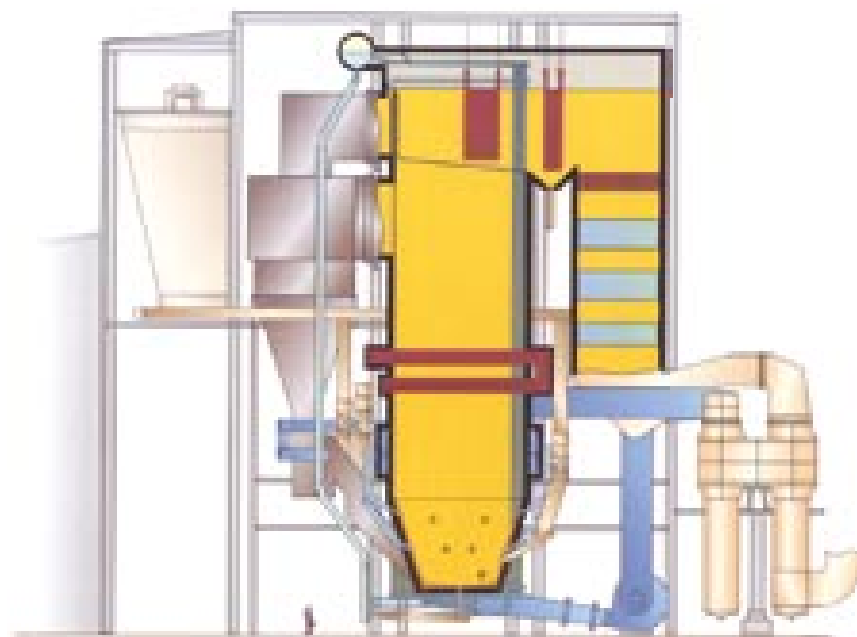
Jednou z cest společného spalování biomasy a uhlí jsou komprimovaná směsná paliva brikety a pelety. Uhlím se v těchto směsných palivech podstatně zvyšuje energetická hustota biopaliva. Problematiku směsných paliv se zabývá v ČR řada výzkumných pracovišť a v současné době probíhá zkušební výroba briket a pelet z různých receptur (např. 70 % sláma + 30 % hnědé uhlí; 90 % sláma + 10 % hnědé uhlí; 50 % štovík energetický + 50 % hnědé uhlí; 50 % dřevo + 50 % hnědé uhlí). Dřevo je výhodné do těchto směsných paliv aplikovat ve formě pilin nebo po extruzním mletí. Současná komprimovaná směsná paliva je většinou možno spalovat v neupravených kotlích na spalování hnědé uhlí.

Dalším velmi významným směrem kombinovaného spalování biomasy a uhlí je využití fluidních topenišť. Moderní fluidní kotle jsou dnes koncipovány na společné spalování dvou druhů paliv. Snaha o společné spalování uhlí a biomasy na elektrárnách vyplývá z očekávané podpory využití biomasy k výrobě elektrické energie (v ČR je instalováno několik desítek fluidních kotlů různé výkonové škály). Projekt „Spalování biomasy s uhlím“ již není pouze záležitostí provozovatelů fluidních kotlů celulozo-papírenských kombinátů (Štětí, Paskov), ale je i důležitou součástí uplatňování environmentální politiky ČEZ. V minulých letech již proběhly zkoušky spalování směsi biomasy s uhlím v elektrárně Hodonín a Tisová.

V elektrárně Hodonín se spálilo v roce 2000 celkem spálilo 2434 t dřevní štěpky (výchřevnost 9–11 MJ/kg) a v roce 2002 2014 t biomasy, většinou potravinářských otrub (výchřevnost otrub cca 17 MJ/kg). Toto spalování nevyžaduje významné investičně náročné úpravy zařízení elektrárny. Na spalování biomasy s uhlím se letos postupně připravují nejen elektrárny ČEZ v Dvoře Královém, Poříčí a Ledvicích, ale i např. Plzeňská teplárna.

Palivovou základnou bude především biomasa původem ze zpracování dřeva tj. z lesů a pil. Jedná se především o dřevní štěpku, piliny a zbytky kůry. Zajímavým podílem biomasy jsou i přebytky otrub ze zpracování v potravinářském průmyslu. Podíl biomasy v hmotnosti spalované směsi zpravidla představuje cca 8–10 % tepelného výkonu zařízení, v některých případech není vyloučena i možnost dosažení podílu až na úroveň 20 %.

Dobré zahraniční zkušenosti se společným spalování biomasy a černého uhlí jsou v Dánsku, Rakousku a v SRN (elektrárna v Heilbronnu). Při ekonomickém porovnání se uvádí, že instalace přídatného zařízení na spalování biomasy v uhelné elektrárně, v porovnání s novou investicí do zařízení, které by spalovalo pouze biomasu, představuje jen cca 30 % investičních nákladů.



**Kotel Foster and Wheeler s cirkulačním fluidním ložem instalovaný ve Štětí. Kotel je upraven pro spalování hnědé uhlí s biomasou, biopalivo má samostatný přívod. V kotli je možné spalovat biopalivo samostatně. (zdroj Foster and Wheeler)**



**Zařízení na Willows Islands pro společné spalování pilin a uhlí. Nahoře silo s biopalivem, dole drčení biopaliva. (zdroj Foster and Wheeler)**



V současnosti jsou zkoumány i možnosti spalování uhelných směsí s nízkým obsahem pilin (zhruba 5 %) využitelných v kotlích s práškovými topeništi. Pro topeniště granulární jsou vhodné montáže samostatných hořáků na dřevní prášek a nebo instalace přidavných reaktorů spojených s topeništi.

## Základní údaje instalovaných velkých průmyslových fluidních kotlů s cirkulací spalin ČEZ, a. s.

Lokace	Počet fluidních kotlů	Jmenovitý výkon kotle (parní)	Příkon kotle
<b>ELE Ledvice u Teplic</b>	1 ks	277 MW <sub>t</sub> (350 t/h)	307 MW <sub>t</sub>
<b>EPO Poříčí u Trutnova</b>	2 ks	2×178 MW <sub>t</sub> (2×250 t/h)	2×192 MW <sub>t</sub>
<b>EHO Hodonín</b>	2 ks	2×133 MW <sub>t</sub> (2×170 t/h)	2×146 MW <sub>t</sub>
<b>ETI Tisová u Sokolova</b>	2 ks	2×262 MW <sub>t</sub> (2×350 t/h)	2×287 MW <sub>t</sub>
<b>Celkem</b>	<b>9 ks</b>	<b>1 423 MW<sub>t</sub></b>	<b>1 557 MW<sub>t</sub></b>

## Další velké fluidní kotle

Lokace	Počet kotlů	Výkon kotle
<b>ŠKO-ENERGO Mladá Boleslav</b>	2 ks	2×140 t/h páry
<b>Moravsko-slezské teplárny</b>	1 ks	190 t/h páry
<b>SEPAP Štětí</b>	1 ks	220 t/h páry
<b>Energetika Třinec</b>	2 ks	2×160 t/h páry
<b>ECKG Kladno</b>	2 ks	2×375 t/h páry
<b>Teplárna Svit Zlín</b>	1 ks	150 t/h páry

## 4. Anaerobní digesce

Anaerobní digesce biomasy je způsob využívání obnovitelné energie z biomasy fermentačním procesem za nepřítomnosti kyslíku. Substrát na bázi biomasy je přitom rozkládán směsnou kulturou mikroorganismů na bioplyn a na stabilizovaný zbytek biomasy tzv. digestát. Tento digestát je z hlediska hygienického i senzorického nezávadný pro životní prostředí. Bioplyn se skládá z cca 65–80 % metanu, 20–35 % oxidu uhličitého a menšího množství vodíku, dusíku a sirovodíku. Bioplyn představuje cennou energetickou surovinu pro vysoký obsah metanu. Výhřevnost bioplynu se pohybuje v rozmezí 14 až 27 MJ.m<sup>-3</sup>.

Technologické systémy pro výrobu bioplynu se liší podle sušiny zpracovávané biomasy:

1. zpracování odpadních vod,
2. zpracování suspenzí do sušiny cca 15 % (suspenze rozdrčených rostlinných materiálů, kaly, kejda),
3. vysokosušinné systémy, suš. 15–50 % (slamnatý hnůj, komunální bioodpad).

Substráty zpracovávané anaerobní digestací jsou vždy na bázi biomasy, která může být cíleně pěstovaná (kukuřice, štovík, dužnaté rostliny, řasy), nebo může být vedlejším produktem (hnůj, zvířecí fekálie), nebo může jít o bioodpady (kuchyňské odpady, odpadní tuky, přebytečná tráva, potravinářské odpady). Pro účely výroby bioplynu je možné substrát konzervovat silážováním nebo senážováním (např. tráva, kukuřice, kuchyňské odpady), případně sušením.

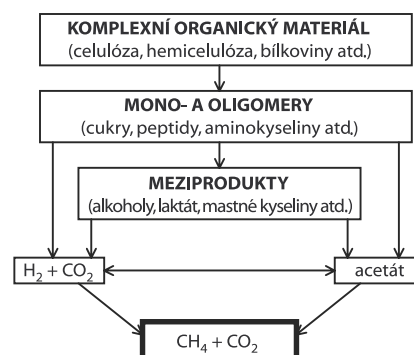
Technologické systémy se skládají z jednoho nebo i více metanizačních reaktorů, s kontinuálním nebo diskontinuálním provozem.

Reaktory jsou tepelně izolované nádrže různých konstrukcí, kde je zpracovávaný substrát míchán a ohříván. Míchání je buď mechanické (vrtule, rotační míchadla, kalová čerpadla) nebo pneumatické recirkulací bioplynu.

Vytápění fermentorů je prováděno:

1. teplou vodou nebo parou topnými tělesy uvnitř nádrže (ve stěnách, v míchadlech),
2. ve výměnících tepla vně fermentoru (přečerpávání substrátu do vnějších výměníků zabezpečuje zároveň míchání),
3. injektací vodní páry přímo do substrátu.

Zdrojem tepla pro vytápění fermentorů je zpravidla kogenerační jednotka. Anaerobní digesce probíhá při mezofilních teplotách (30–40 °C), což je výhodné pro rostlinný substrát nebo při termofilních teplotách (45–60 °C), což je výhodné pro zvířecí fekálie a hygienicky závadné bioodpady. Důležité je udržet konstantní teplotu pro celou dobu procesu.



Stadia rozkladu při jednostupňové anaerobní digestaci (obr. 3)

Dokonalost technologického zařízení a další technologické faktory rozhodují o intenzitě činnosti mikroorganismů (teplota, obsah nutrientů, pH, přítomnost toxických látek) a mají vliv na výtěžnost a kvalitu bioplynu. Produkce metanu závisí na oxidační stupni substrátu, tj. na množství dostupných elektronů, které má molekula substrátu k dispozici. Substráty obsahující lignin (dřevní substrát, fytoomasu zdřevnatělých částí starých rostlin) se v anaerobních podmínkách obtížně rozkládají a jsou jen malým zdrojem bioplynu.

V případě, že všechna stadia rozkladu biomasy probíhají v jednom fermentoru, jde o proces jednostupňový. V případě, že hydrolyza a acidogeneze jsou odděleny od acetogeneze a metanogeneze, jedná se o proces dvoustupňový. Zavádění dvoustupňových procesů se ukazuje výhodnější při zpracování fytoomasy, zejména trávy a při biozplyňování domovních a kuchyňských odpadů.

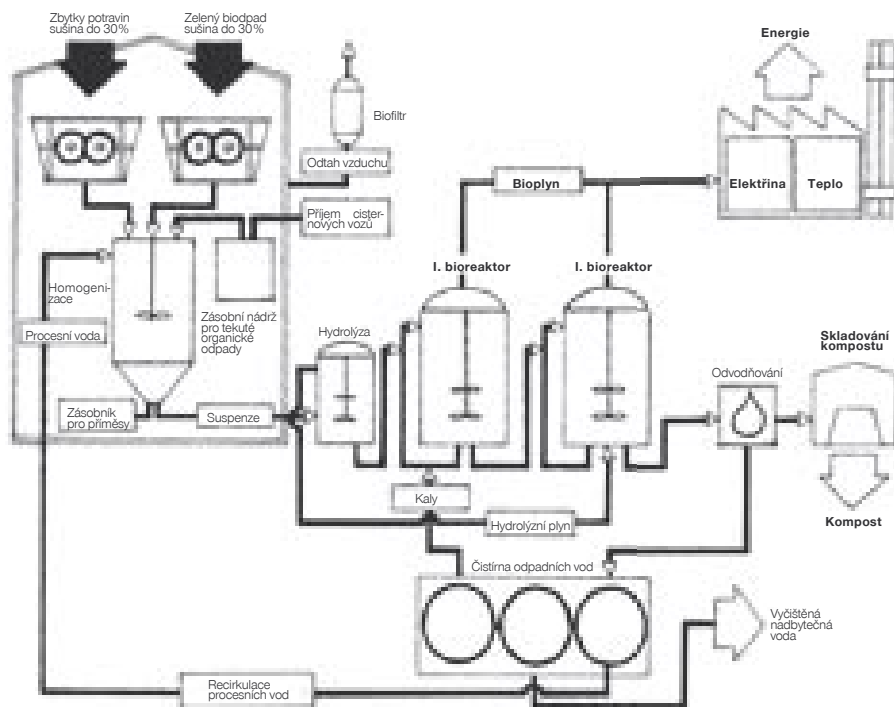
V hydrolyzním fermentoru jsou vysokomolekulární organické látky (polysacharidy, tuky, bílkoviny) rozkládány na nízkomolekulární látky rozpustné ve vodě pomocí extracelulárních hydrolytických enzymů, které produkují rychle se množící fermentační bakterie. Ke zpracování v dalším stupni se používá pouze získaný hydrolyzát a plynné produkty hydrolyzy a nerozložený zbytek po 4–6 dnech fermentace se zpracovává aerobním způsobem na kompost.

V druhém stupni jsou striktně anaerobní pomalu rostoucí acetogenní a metanogenní mikroorganismy dlouhodobě fixovány např. pomocí lamel (tzv. anaerobní filtr). Dvoustupňovým systémem je i tzv. fermentační kanál, ve kterém se pohybují perforované kontejnery s tuhou biomasou.

Anaerobní digesce biomasy je způsob získávání obnovitelné energie ze značného potenciálu rostlinné biomasy a bioodpadů. Velice časté je jejich společné zpracování se zvířecími fekáliemi. Tento způsob uplatňovaný zejména v mokřých procesech je nazýván kofermentace.

Výtěžek bioplynu (tab. č. 4) je závislý na chemickém složení zpracovávaného substrátu, zejména tukové odpady (fritovací oleje, obsahy kuchyňských lapolů, kaly z výroby pokrmových tuků) vykazují vysoké výtěžky bioplynu.

Z ověřování prováděných v SRN vyplývá, že anaerobní digestí 1 t separovaných domovních bioodpadů je možno získat 100 m<sup>3</sup> bioplynu o energetickém obsahu 6 kWh/m<sup>3</sup> (obsah metanu 65 %). Zpracováním bioplynu na kogenerační jednotce na bázi plynového motoru se získá 198 kWh elektrické energie a 348 kWh tepla. Ztráty činí cca 9 %.



**Dvoustupňový anaerobní proces s dvěma metanogenními bioreaktory (obr. 4)**

Substrát	sušina % obj.	bioplyn m <sup>3</sup> /t
hovězí kejda	7	25
prasečí kejda	9	36
jateční odpady	18	65
zeleninové odpady	22	90
slamnatý hnůj	22	100
domovní bioodpad	35	100
travní senáž	30	150
odpady kuchyňské	33	245
obilní odpady	55	360
odpadní tuky		800

**Tabulka č. 4: Produkce bioplynu z různých substrátů**

Při odečtení vlastní energetické spotřeby zařízení na zpracování 1 t domovních bioodpadů, což je cca 48 kWh elektrické energie a 41 kWh tepelné energie, představuje čistý energetický zisk z 1 t bioodpadů 150 kWh el. energie a 300 kWh tepla. V případě použití vyrobeného bioplynu jako paliva pro osobní automobil nám stačí na 1 km jízdy bioplyn získaný z 1 kg bioodpadu.

**Kogenerační jednotky** na bázi plynových motorů jsou značně náročné na čistotu bioplynu a koncentrace sirovodíku nad 2 % obj. jsou již značnou závadou. Sirovodík, který vzniká zejména při anaerobní digesti zvířecích fekálií, je možno jednoduše odstranit mikrobiologicky (přídavkem malého množství vzduchu do skladovaného bioplynu). Kogenerační jednotky na bázi dieselových motorů, kde směs vzduchu a bioplynu je zapalována vstřikem motorové nafty, umožňuje zpracování bioplynu s nižším obsahem metanu a vyšším obsahem vlhkosti a sirovodíku. Kogenerační jednotky na bázi

spalovacích mikroturbín umožňují spalování bioplynu s vyšším obsahem sirovodíku. Oproti tomu kogenerační jednotky na bázi palivových článků vyžadují bioplyn maximálně čistý, zbavený zejména sirovodíku a halogenovaných uhlovodíků.

Efektivnost bioplynových stanic při současných zvýhodněných výkupních cenách za elektrických proud (2,50 Kč/kWh) předpokládá efektivní využití produkovaného tepla (zejména v letním období) a efektivní využití tzv. digestátu, tj. organického zbytku po biozplyňování. Digestát jako zdroj živin a stabilizované organické hmoty je předurčen ke hnojení.

Rozvoj bioplynových stanic je ve státech EU především u zemědělských provozů a získávání obnovitelné energie bioplynu je preferováno a podporováno. V SRN je v současnosti vybudováno 800 bioplynových stanic a každý rok několik desítek nových přibývá. Obdobná situace je i v Rakousku a Dánsku. Budují se jednoduché bioplynové stanice vhodné pro společné zpracování zvířecích fekálií, trávy a kuchyňských bioodpadů vybavené kogenerační jednotkou. Obdobný rozvoj budování bioplynových stanic lze očekávat i v České republice.

## 5. Výroba tepla z biomasy

Zatím nejrozšířenějším způsobem energetického využití biomasy je její spalování v kotlích vyrábějících horkou vodu nebo páru. Tento způsob neumožňuje plně využití energetického potenciálu biomasy transformací hořlaviny biomasy do plynné formy a následné využití plynu v kogeneračních jednotkách.

Biomasa se především uplatňuje při teplofikaci venkovských obcí a to zejména tam, kde není provedena plynifikace. Venkovské obce mohou využívat místních zdrojů biomasy a zajištění „ekologického“ tepla pro bydlení ve spojení s vytvářením nových pracovních příležitostí a s významnými úsporami za nespotebovaný zemní plyn může být hlavní prioritou obce. Centrální zásobování teplem z biomasy může být výhodné i pro větší města (např. bioteplárna Pelhřimov).

Při teplofikaci obcí biomasou je možno využít systém centrálního zásobování teplem, nebo systém lokálního vytápění jednotlivých objektů, nebo kombinaci obou systémů.

Centrální kotelna pracuje s vyšší účinností, může využívat levnější biopaliva (štěpka, balíková sláma a fytomasa energetických rostlin) a při řízeném provozu spalování splňuje i emisní limity. Rozvod tepla je však nákladnou záležitostí představující někdy až 50 % celkových investičních nákladů. Nákladnost rozvodů tepla stoupá v obcích s rozptýlenou zástavbou a s velkým počtem rekreačních objektů odmítajících napojení. Úspěšné řešení centrálního zásobování teplem předpokládá celoroční dostatečně velkou dodávku tepla na blízkou vzdálenost. Na základě zkušeností z Rakouska se odlehlá odběrová místa ale velice často i celá členitá obec lokálně vytápí komprimovanými biopalivy, topnými peletkami ze dřeva, slámy nebo fytomasy energetických rostlin. Kotle na spalování peletek dnes umožňují stejný obslužný komfort jako kotel na zemní plyn. Kotle jsou řízeny mikroprocesorem, regulujícím výkon podle aktuální potřeby, odstavky a zatápění může být ovládáno spínacími hodinami, pokojovým termostatem nebo čidlem u zásobníku teplé vody, případně telekomunikačními prostředky. Zapalování je řešeno horkým vzduchem. Mikroprocesor obstarává odpopelnění a komunikaci s případnými dalšími prvky systému. Palivo je automaticky dávkováno ze zásobníku, jehož kapacita umožňuje běžný provoz na dobu jednoho týdne.

Tento zásobník je automaticky plněn ze sila, ve kterém je zásoba peletek na delší dobu a silo je peletkami plněno pneumaticky z cisternového automobilu. Poslední dobou jsou pelety často nahrazovány zrny obilí nebo kukuřice. Kotlíky jsou často vybaveny akumulacími nádržemi na teplou vodu, vyrovnávajícími tepelný výkon kotle. V současné době se tato zařízení v České republice vyrábějí o výkonu 10–90 kW. Zároveň existují i obdobná automatická zařízení na spalování dřevní štěpky o výkonu 20–100 kW. Při lokálním vytápění rodinných domků je možno použít i zplyňovacích kotlů na polenové dřevo nebo brikety z biomasy. Na topnou sezónu pro průměrný rodinný domek je nutno uvažovat 7 t briket, což představuje 7 m<sup>3</sup> skladovacího prostoru.

V současné době je zájem o vytápění biomasou zaměřen na lokální zařízení, přičemž centrální peletárna může zajišťovat pelety pro 3–4 obce.

Centrální zásobování teplem z biomasy uvádím na dvou příkladech. Největší kotelna na biopalivo s výhradně tuzemskou technologií je bioteplárna ve Žluticích o celkovém výkonu 7900 kW. Je tvořena třemi kotli VERNER o výkonu 1800 kW na slámu a jedním kotlem o výkonu 2500 kW na štěpku. Palivem je sláma, nebo energetické rostliny (šťovík) a dřevní štěpka. Štěpka se spaluje s obsahem vody 30 %, výjimečně až s 55 % a sláma s obsahem vody do 22 %. Pro příjem štěpky slouží zapuštěný žlab s podsuvnými rošty. Sláma a energetické rostliny jsou naskladňovány v obřích balících na transportní zásobníkový dopravník jeřábem. Každý kotel na slámu má své vlastní rozdužovací balíky. Technologie je řízena počítačem, spalování je řízené přes Lambda sondy a teplotní detektory jednotlivých fází spalování.

Obecní kotelnu na spalování slámy a dřevní štěpky v obci DEŠNÁ, (okr. Jindřichův Hradec) dodaly firmy STEP, a. s., Trutnov a VERNER, a. s., Červený Kostelec. Kotelna je osazena dvěma kotli typu VERNER 0,9 a 1,9 MW. Teplovodní rozvody měří 3,4 km, 86 výměňkových stanic je vybudováno přímo v napojených objektech. Sláma je vykupována od místního zemědělského podniku za cenu 550 Kč/t včetně dopravy a její roční spotřeba je cca 800 t. Cena investice je 38,5 mil. Kč, z toho rozvody tepla a výměňkové stanice 17,5 mil. Kč. Financování vlastními prostředky představuje 27,2 %, nevratná dotace SFŽP 36,4 % a nízkouročená půjčka SFŽP 36,4 %. Obsluha je nutná jen při mechanizovaném ukládání balíků slámy na zásobníkový dopravník rozdužovací linky, jehož kapacita vystačí na celodenní provoz. V případě potřeby je obsluha přivolaná vysílačkou. Sklad slámy je dimenzován na pohotovostní zásobu na dobu 14 dnů, ostatní sláma balíková lisem HESSTON je uložena ve stozích na polích. Do zkušebního provozu byla výtopna uvedena v r. 1997, šest měsíců po zahájení výstavby. Ve zkušebním provozu byl 1 GJ dodáván za 116 Kč, postupně však za skutečné náklady. Cena za 1 GJ je však rozdílná podle odebíraného množství, neboť ji ovlivňují nejen variabilní, ale i fixní náklady (190–240 Kč/GJ).

Na kombinované výrobě elektřiny a tepla (KVET) se podílí spalování směsi uhlí s biomasou a postupně se budou podílet na zásobování teplem i teplárny s fluidními a roštovými kotli, např. ČEZ, a. s., v Hodoníně, Sokolově, Teplicích, Trutnově a ve Dvoře Králové (roštové kotle).

V sortimentu domácích technologií kotelen na biomasu nejsou zastoupeny kotle na spalování nerozdružených obřích balíků slámy nebo biomasy energetických rostlin. Kotle musí být vybaveny dostatečným přívodem vzduchu k topeništi pro tzv. doutníkové odhořívání balíků. Tato technologie je oblíbena zejména v Dánsku.

## 6. Kogenerace na bázi biomasy

Minimální výkupní cena elektrické energie stanovená Energetickým regulačním úřadem (2,5 Kč/kWh) a zákonná povinnost výkupu nabídnuté energie z obnovitelných zdrojů činí výrobu elektrické energie z biomasy efektivním podnikatelským záměrem.

Připravované a budované bioelektrárny se kapacitně pohybují v oblasti instalovaného elektrického výkonu 10–15 MW s celkovým tepelným výkonem 38–52 MW. Uvažuje se o technologii klasické tepelné kondenzační elektrárny využívající Rankin Clausiův tepelný oběh. Biomasa je v bioelektrárnách spalována ve fluidních kotlích s externí fluidní vrstvou nebo v kotlích s ofukovaným roštem (palivo se proudem vzduchu udržuje ve vznosu) a pára v turbíně expanduje na tlak v kondenzátoru. Z kondenzátoru se teplo odvádí do ovzduší prostřednictvím chladicí věže. Účinnost výroby elektrické energie nepřesahuje 27 %. Bioelektrárny s výše uvedenou kapacitou spotřebují ročně 60–90 tis. t biopaliva.

I když takto koncipované bioelektrárny jsou z ekologického hlediska příznivější než stávající uhelné elektrárny, je třeba konstatovat, že při využívání biomasy patří energetická a ekologická výhodnost kogeneračním technologiím. Kogenerace představuje především vyšší využití biopaliv a snížení emisí a kogenerační jednotka představuje decentralizovaný energetický zdroj. Vývoj v energetice upřednostňuje optimální kombinace centralizovaných a decentralizovaných energetických systémů. Vývoj kogeneračních zařízení využívajících biomasu směřuje k technologiím, kde pevná biomasa je zplynována termicky nebo biologicky. Bioplyn bývá pro kogeneraci s využitím palivového článku reformován na vodík. Moderní kogenerační centrály na bázi biomasy vykazují až 90 % tepelnou účinnost (tab. č. 5) a kogenerační jednotky na bázi tlakového palivového článku s mikroturbínami dosahují elektrické účinnosti až 70 %.

**Tabulka č. 5: Modul výroby elektřiny e a celková tepelná účinnost  $\eta_t$  různých kogeneračních zařízení**

Kogenerační zařízení	e	$\eta_t$
parní turbína (spalování biopaliv)	0,10–0,25	0,80–0,85
parní turbína (zplynování biopaliv)	0,08–0,22	0,75–0,80
spalovací turbíny	0,42–0,75	0,72–0,85
turbína s cirkulací ORC	0,18–0,20	0,95–0,97
paroplynová zařízení	0,60–1,00	0,70–0,82
spalovací motor	0,54–0,75	0,75–0,85
Stirlingův motor	0,40–0,50	0,65–0,80
palivový článek keramický	0,50–0,60	0,80–0,85
palivový článek s mikroturbínou	0,58–0,66	0,85–0,90

Kogeneraci při spalování biomasy je možno realizovat protitlakovými parními turbínami a kondenzačními turbínami. Moderním trendem v koncepci parních turbín malého výkonu jsou vysokootáčkové turbíny s frekvenčním měničem proudu s vyloučením převodovky.

Moderní kogeneraci využívající spalování biomasy je systém využívající cirkulaci ORC (Organic Rankine Cycle). Kogenerační zařízení ORC vykazuje vysokou účinnost až 97 %.

Energie biomasy je z 18 % přeměněna na elektrickou energii a 79 % tepelné energie je předáno k ohřevu vody dálkového vytápění. Vysoká účinnost je dosahována adiabatickým topeništěm s hydraulickým posuvným roštem. Část topeniště v oblasti roštu slouží k odplynění a k primárnímu spalování biomasy, navazující část, do které se přivádí zbytkové množství spalovacího vzduchu slouží jako dodatečná spalovací zóna. V olejovém beztlakovém kotli je spalovanou biomasou zahříván termoolej na 300 °C a s jeho pomocí se ve výparníku odpařuje organické pracovní médium (nejčastěji silikonový olej). Páry pracovního média se rozpínají až do vakua v pomaloběžné dvoustupňové turbíně a po zchlazení v regenerátoru se v kondenzátoru vyvazuje kondenzační teplo do ohřívání vody. Cirkulace ORC se uzavře zvýšením tlaku předehřátého média přivedeného do výparníku.

Ostatní kogenerační zařízení vyžadují zplynění biomasy. Biologické zplynění bylo dostatečně popsáno v kapitole o anaerobní digestci. Termické zplynování biomasy se provádí na zplyňovacích generátorech.

Zplyňování v generátorech s pevným roštem je použitelné pro menší tepelné výkony a probíhá při nižších teplotách a za atmosférického tlaku. Menší investiční náklady jsou však spojeny s vyšší tvorbou a obtížnějším odstraňováním dehtových látek a se vznikem fenolových odpadních vod. V případě, že zplyňování probíhá při teplotách 850–1000 °C za atmosférického tlaku nebo v tlakových generátorech při tlaku 1,5–2,5 MPa se rozkládají vznikající dehty, fenoly a aromáty na jednodušší a dobře spalitelné plyny, které můžeme využívat v návazných zařízeních, aniž by došlo k jejich zadehtování. Generatorový plyn o výhřevnosti 4–6 MJ/m<sup>3</sup> obsahuje 8–15 % CO, 4–8 % CH<sub>4</sub>, 8–12 % H<sub>2</sub>, 11–18 % CO<sub>2</sub>, zbytek tvoří vodní pára a dusík. Pro biopaliva se úspěšně používá fluidní zplyňování. Fluidní lože je vytvořeno pískem nebo vápencem, který má pozitivní vliv na rozklad dehtu.

Pro atmosférické zplyňovací systémy je výhodná kogenerace s plynnými spalovacími motory. Biomasa před zplyňováním musí být dezintegrovaná na zrnitost 4–6 mm a v některých případech bývá též předsoušena. Získaný plyn se zbavuje nežádoucích příměsí, zejména tuhých látek, čištěním na filtrech a odlučovačích pracujících na principu gravitace, setrvačnosti, adsorpce a elektrostatického pole. Pak je plyn chlazen v sérii výměníků. Získané teplo včetně tepla z vodního chladicího systému a tepla spalin je využito pro ohřev vody otopného systému. V současné době v ČR s využitím atmosférického zplyňování biomasy pracují 3 kogenerační jednotky (Moravská Nová Ves, Klatovy, Skotnice).

Obdobnými způsoby zplyňování biomasy se plynné palivo připravuje i pro kogenerační jednotky na bázi spalovacích turbín a palivových článků. Od těchto schémat se odlišuje zplyňování mokřích fytopaliv uplatňované v zahraničí a označené IVO-SDIG. Do zplyňovací linky je v tomto systému integrována vysokotlaká sušička v níž je fytopalivo sušeno předehtáním párou. Vodní pára získaná odpařením vlhkosti z biomasy se jednak zúčastní zplyňovacího procesu, zároveň se však stává složkou vyrobeného plynu a spolu s další párou vyrobenou v kotli na odpadní teplo vstříkovanou do spalovací komory spalovací turbíny výrazně zvyšuje její výkon a tepelnou účinnost. Jde o řešení, jak realizovat bez parní turbíny Changův oběh používaný v paroplynových systémech.

V Rakousku bylo možno v obci Kautzen ještě nedávno shlédnout kogenerační výrobu elektrické energie a tepla (150 kWh elektrické energie a 210 kWh tepla) použitím rostlinných olejů získaných v obecní lisovně jako palivo v Elsbethových motorech.

## 7. Nové přístupy a technologie při energetickém využití biomasy

Lze očekávat, že energetické využití biomasy bude spojeno s decentralizovanými zdroji, zejména zdroji elektrického proudu, zdroji s kogeneračními jednotkami, případně jednotkami trigeneračními (současná výroba elektřiny a tepla nebo chladu). Při kogeneraci jsou podstatně menší energetické ztráty (cca o 60 %), než při oddělené výrobě tepla a elektrického proudu. Kogenerace představuje především úsporu paliva a vznik menšího množství emisí. Kogenerační způsoby ve spojitosti s biomasou by měly být podporovány v rámci snahy o trvale udržitelný rozvoj. V současné době se ve světě budují pilotní kogenerační jednotky na bázi spalovacích mikroturbín (do 200 kW<sub>e</sub>), případně miniturbín (200 kW<sub>e</sub>–1 MW<sub>e</sub>), kde palivem je bioplyn nebo plyn vzniklý termickým zplyňováním biomasy. V některých aplikacích je jako palivo použit rostlinný olej, bioetanol nebo biometanol. Mikroturbíny bývají někdy kombinovány s palivovým článkem nebo s některými aplikacemi vodíkového hospodářství.

**Spalovací mikroturbína** je konstruována jako axiální (medium proudí v podélné ose) nebo častěji jako radiální ve spojitosti s radiálními kompresory. Proces hoření probíhá ve spalovací komoře, do které je pod tlakem přiváděno palivo a vzduch. Hořlavá směs je jednorázově elektricky zapálena a směs expanduje. Spalovací komora má nejčastěji prstencový tvar obepínající hřídel. Soustrojí se roztáčí startérem a vzduchový kompresor stlačuje vzduch do spalovací komory, do které je pod tlakem přiváděno palivo. Expandující plyny po zapálení roztáčí otočné kolo turbíny, hoření směsi je stabilizováno a je možno vypnout startér. Přidáváním paliva se zvyšují otáčky a vysokorychlostní generátor vyrábí elektrický proud.

Soustrojí takto koncipované mikroturbíny obsahují pouze jeden pohyblivý díl. Vzhledem k použití vysokootáčkového generátoru je zařízení bez převodovky a odpadnou problémy s kontrolou, doplňováním, výměnou a úkapy oleje. Použití nemanžovaných vzduchových ložisek spolehlivě vydrží 120 000 otáček za minutu, které jsou pro spalovací mikroturbíny charakteristické. Účinnost spalovací mikroturbíny zvyšuje ohřev vzduchu spalinami v rekuperátoru. Rekuperátor je výměník využívající výfukové teplo spalin turbíny k ohřevu vzduchu před vstupem do spalovací komory turbíny. Použití spalovací mikroturbíny jako součásti kogenerační jednotky předpokládá instalaci spalínového výměníku tepla na výstupu v návaznosti na rekuperátor. Teplem spalin se ohřívá voda pro vytápění objektů a pro přípravu TUV.

Mikroturbíny vyžadují minimální údržbu. Jde především o čištění a výměnu vzduchových filtrů (v závislosti na prašnosti) a filtrů paliva. Výměna zapalovacích svíček a palivových trysek se dělá po 8000–10 000 pracovních hodinách. Výrobce mikroturbíny Capstone doporučuje po 30 000 hod. provozu (4–8 let) výměnu mikroturbíny za renovovanou.

Emise spalovacích turbín při využití bioplynu nebo generatorového plynu z biomasy jsou podle literárních údajů příznivější než vykazují kogenerační jednotky s pístovým spalovacím motorem nebo kotle na stejné palivo. Spalovací turbíny produkují objem spalin 2,7–3krát větší v důsledku přebytku vzduchu při spalování. S ohledem na nízké emise při provozu mikroturbín lze využívat spaliny k přímému sušení některých nepotravinářských výrobků.

Další progresivní řešení využití energie z biomasy **kogenerační jednotkou na bázi palivového článku** vykazuje vysokou účinnost. Palivový článek je v podstatě elektrochemickým generátorem elektrického proudu (bez jakéhokoliv rotačního nebo vratného pohybu), ve kterém probíhá opačná reakce než nastává při elektrolýze vody. K elektrodám se přivádí vodík a kyslík a z elektrod je možno odebírat elektrický proud. Palivový článek je dále zdrojem vody a tepla a odpadním produk-

tem je  $\text{CO}_2$ . Články mají napětí cca 0,6–0,75 V a odebraný proud je cca 0,1–1 A.cm<sup>2</sup>. Články je možno zapojovat do větších soustav. Provozní teploty palivových článků různého typu jsou v rozsahu 50–1000 °C. Vysokou elektrickou účinností až 59 % vytvářejí keramické palivové články (Solid Oxid Fuel Cell), kde elektrolytem je keramika a které pracují při teplotě 1000 °C. Palivový článek je vytvořen tenkými vodivostními vrstvami nanesenými z jedné strany na zaslepenou keramickou trubku. Jedna vodivá vrstva představuje katodu, další anodu. Sestava palivových článků je jako komplex trubkových svazků umístěna v tlakové nádobě. Do článku je přiváděn vodík vzniklý reformováním bioplynu nebo plynu vyrobeného termickým zplynováním biomasy. Bioplyn použitý pro palivový článek musí být zbaven nežádoucích příměsí, zejména sirovodíku a oxidu siřičitého. Při reformaci metanu vzniká při vysoké teplotě kromě vodíku i oxid uhelnatý a tyto plyny jsou zaváděny k vnějšímu plášti trubek. Vzduch je přiváděn do vnitřní části trubek. Kyslíkové ionty ze vzduchu procházejí při vysoké teplotě keramickým elektrolytem. Proud záporně nabitých částic mezi elektrodami vytváří elektrické napětí. Článek může pracovat při atmosférickém tlaku vzduchu nebo s přetlakem.

V současné době existuje mnoho konstrukcí palivových článků s různými typy elektrolytů na bázi tavenin uhličitánů, kyseliny fosforečné nebo s různými protonovými polymerplastovými membránami. Některé aplikace využívají vnitřního reformingu různých plynů uvnitř sestavy palivových článků, jiné vyžadují přívod čistého vodíku. Při využívání bioplynu s nižší výhřevností a generátorových plynů bohatých na oxid uhelnatý se jeví zvláště výhodné palivové články s uhličitánovou taveninou v keramické membráně a s vnitřním reformingem. Firma MTU (SRN) nabízí tyto kogenerační jednotky o výkonu 250 kWh.

Palivové články jsou provozně spolehlivé a jejich provoz je zcela bezhlučný. Plyné emise škodlivin jsou extrémně nízké a nevýhodou je dosud vysoká cena a delší doba uvádění do provozu (4–8 hodin). Palivové články ve spojitosti s biomasou jako zdrojem vodíku je možno uvažovat jako základní obnovitelný energetický zdroj po vyčerpání fosilních paliv.

Kogenerační jednotkou nové generace je kombinace tlakového palivového článku s mikroturbínou. Mikroturbína využívá expanzi výstupního media z palivového článku. Mikroturbína pohání generátor vyrábějící elektřinu a kompresor. Palivový článek v podstatě nahrazuje u mikroturbíny spalovací komoru. Přetlak vzduchu pro tlakový palivový článek zabezpečuje vzduchový kompresor mikroturbíny. Připravovaná řešení kogeneračních jednotek na bázi tlakových palivových článků s mikroturbínou budou mít elektrickou účinnost až 70 % a při využití tepla bude účinnost až 90 %.

V posledním desetiletí je usilováno o kogenerační zařízení na bázi **Stirlingova motoru**. Spalování paliva při tom probíhá mimo uzavřený pracovní prostor (motor s vnějším spalováním). V Dánsku byla vyrobena pilotní zařízení o výkonu 9 až 150 kWh<sub>e</sub> pracující s účinností vyšší než 40 % a umožňující současnou výrobu elektrického proudu a vytápění rodinných a bytových domů. Současné řešení Stirlingova motoru není teplovzdušné, jako u původní koncepce motoru, kterou navrhl již v r. 1816 skotský duchovní Robert Stirling, ale používá se vodík nebo helium z důvodu nižších průtokových ztrát. Motor se vyznačuje rombským mechanismem se dvěma protiběžnými klikovými hřídeli. V pracovním válci se pohybují dva písty, tzv. pracovní a řídicí, kterými je ovládán pohyb náplně válce. Pracovní cyklus je následující:

1. Pracovní píst stlačuje studený plyn, řídicí píst prochází horní úvratí.
2. Řídicí píst se pohybuje svěšen k dolní úvratí a vytlačuje plyn chladičem, regenerátorem (kde se plyn předeřívá) a ohřívákem do horkého prostoru válce. Pracovní píst po dosažení horní úvratí se vrací spolu s řídicím pístem k dolní úvratí, což je začátkem expanze.
3. Po skončení expanze začíná řídicí píst vytlačovat plyn ohřívákem regenerátoru, kde se ukládá teplo, a chladičem do studeného prostoru.
4. Pracovní píst stlačuje studený plyn a vrací se z dolní úvratí do výchozí polohy současně s řídicím pístem.

Při stávajících aplikacích se používá čtyřválcového provedení se vzájemným propojením teplých a studených částí sousedních pracovních válců s jedním dvojčinným pístem při použití klasického klikového mechanismu. Často se používá jako stavební jednotky víceválcových motorů dvouválcového provedení s jednočinnými písty ovládanými klikami vzájemně natočenými o 90 stupňů.

Střední tlaky pracovního oběhu Stirlingova motoru se pohybují okolo 20 MPa a představují cca trojnásobek maximálních spalovacích tlaků v nepřepřehnaném, naftovém motoru. Přesto se při dvojčinném uspořádání přenášejí do ložisek jen malé síly odpovídající rozdílu tlaku na obou stranách pístu a pozvolný průběh změny tlaku umožňuje tichý chod motoru a příznivý průběh točivého momentu i při nízkých otáčkách. Regulaci výkonu je možno provádět změnou množství pracovní náplně válce (přívodem nebo odvodem plynu).

Ve srovnání se spalovacími motory je konstrukční a technologické provedení Stirlingova motoru podstatně náročnější a 2,5 až 3krát vyšší výrobní náklady brání jeho vyššímu uplatnění.

## Použitá zdroje

Krbek J.–Polesný J. (1997): Kogenerační jednotky malého výkonu v komunálních a průmyslových tepelných zdrojích, učební text, Vysoké učení technické v Brně, fakulta strojní, PC-DIR, Brno 1997

Šurovský J.: Mikroturbína, Instalace Praha, Praha 2003

Váňa J.: Ekologie a ekotechnika, učební texty ČZU Praha, ITSZ, Praha 1995

Váňa J., Sladký V.: Biomasa pro vytápění v obcích i městech, příručka CZ Biom, Praha 2002

Váňa J., Slejška A.: Bioplyn z rostlinné biomasy, studijní informace, Rostlinná výroba č. 5, ÚZPI, Praha 1998

Vaněk F.: Rozvoj technologií „čistého“ uhlí v ČR, časopis energie 9/10, str 42–47, Praha 1999

Biom CZ: informační materiály sdružení

# POSTUPNÝ ROZVOJ VYUŽITÍ SLUNEČNÍ ENERGIE FOTOVOLTAICKOU TECHNOLOGIÍ

Ing. Radim Bařinka

## 1. Úvod

Získávání elektrické energie přímo ze slunečního záření je z hlediska životního prostředí nejčistší a nejšetnější způsob její výroby. Technická řešení pro využití sluneční energie k výrobě elektrické energie jsou již v uspokojivé podobě k dispozici. Účinnost přeměny slunečního záření na elektřinu umožňuje získat se současnými solárními systémy z jednoho metru aktivní plochy až 110 kWh elektrické energie za rok. Zatímco v mnoha aplikacích na odlehlých místech bez připojení k elektrorozvodné síti je fotovoltaika technicky i ekonomicky výhodnější řešení, ve srovnání se stávajícími klasickými zdroji při dodávce do sítě je elektrická energie z fotovoltaických systémů stále ještě dražší.

Existuje však dostatek důvodů, proč vyvíjet úsilí na další rozvoj fotovoltaiky. Nejenom vyspělé země světa více či méně intenzivně podporují nejen rozvoj fotovoltaiky, ale i ostatních obnovitelných zdrojů energie jako strategického prostředku pro zajištění kontinuity energetických zdrojů v časovém horizontu do roku 2050. Fotovoltaika nabízí časově neomezenou možnost výroby elektrické energie. Technologie využívající sluneční záření má teoreticky neomezený růstový potenciál. Fotovoltaika by se měla stát významným prvkem trvale udržitelného energetického systému s minimálním dopadem na životní prostředí.

## 2. Popis současného stavu vývoje

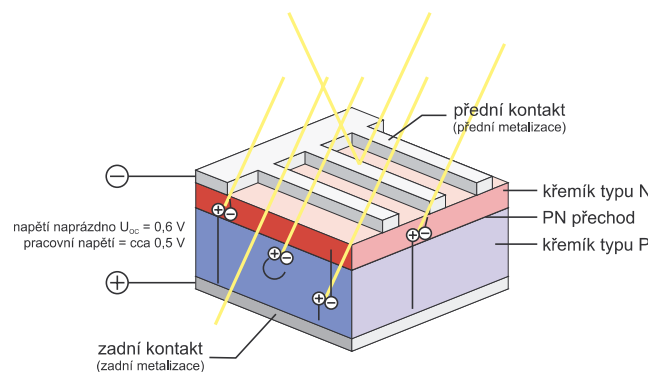
### 2.1. Fotovoltaika, solární článek, solární panel

Fotovoltaika využívá přímé přeměny světelné energie na elektrickou energii v polovodičovém prvku označovaném jako fotovoltaický nebo také solární článek. Solární článek je velkoplošná dioda alespoň s jedním PN přechodem. V ozářeném solárním článku jsou generovány elektricky nabitě částice (pár elektron – díra). Elektrony a díry jsou separovány vnitřním elektrickým polem PN přechodu. Rozdělení náboje má za následek napěťový rozdíl mezi „předním“ (-) a „zadním“ (+) kontaktem solárního článku. Vnější obvodem zapojeným mezi oba kontakty potom protéká stejnosměrný elektrický proud, jež je přímo úměrný ploše solárního článku a intenzitě dopadajícího slunečního záření.

Napětí jednoho článku s hodnotou přibližně 0,5 V je příliš nízké pro další běžné využití. Sériovým propojením více článků získáme napětí, které je již použitelné v různých typech fotovoltaických systémů. Standardně jsou používány sestavy pro jmenovité provozní napětí 12 nebo 24 V. Takto vytvořené sestavy článků v sériovém nebo i sériovo-parallelním řazení jsou hermeticky uzavřeny ve struktuře krycích materiálů výsledného solárního panelu.

Konstrukce solárních panelů byly přizpůsobeny pro nejrůznější druhy použití. Většina solárních panelů je opatřena předním krycím sklem a solární články jsou zalaminovány do struktury plastových fólií. Solární panely mohou mít podobu fasádních skel, střešní krytiny nebo fasádních obkladů. Na solární panely jsou kladeny vysoké nároky ohledně mechanické a klimatické odolnosti tak, aby byla zajištěna dlouhá životnost (teploty, vlhkost, vítr). Krycí materiály musí mít vysokou optickou a izolační stálost. Předpokládaná životnost panelů je delší než 30 let.

Vývoj solárních článků dospěl k celé řadě rozdílných technologií. Nejvíce propracovanou a stabilizovanou je technologie založená na **krystalickém křemíku**. Základem je plátek s tloušťkou 0,20–0,35 mm z křemíku s monokrystalickou nebo multikrystalickou strukturou. Zpravidla se jedná o plátky čtvercového tvaru s rozměry až 150×150 mm. Energetická účinnost přeměny slunečního záření na elektrickou energii je u současných hromadně vyráběných křemíkových solárních článků 14 až 17 %. Účinnost u laboratorních vzorků dosahuje až 28 %. Články vynikají vysokou stabilitou výkonu a dlouhou životností (minimálně 30 let). Výroba křemíkových plátek je poměrně dosti energeticky náročná. Téměř 85 % všech solárních panelů je vyrobeno s křemíkovými krystalickými články.



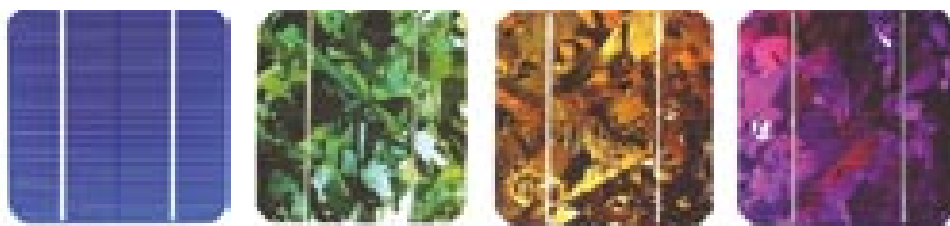
Princip činnosti solárního článku (obr. 1)

Své místo na trhu si nacházejí i solární panely vyrobené **tenkovrstvou** technologií, označované také jako technologie 2. generace. Solární články včetně jejich propojení jsou vytvořeny přímo na nosné podložce depozicí velmi tenkých vrstev materiálů (jednotky mikrometrů). Nosnou podložkou může být sklo, plastová fólie nebo ocelový plech. Nejpoužívanějším materiálem pro aktivní vrstvy je opět křemík, tentokrát však s amorfni strukturou. Účinnost tenkovrstvých křemíkových panelů je 7–9 %. Zatím v malých objemech jsou vyráběny panely tenkovrstvou technologií se strukturami CdTe, CIS a CIGS (měď, indium, galium, síra – viz tabulka níže). Účinnost u CdTe je 12 % a struktury CIS dosahují až 15 %. Přestože tenkovrstvé solární panely zatím nedosahují takových parametrů jako krystalické křemíkové články a zatím nepřinášejí výraznou cenovou výhodu, jsou tyto struktury příslibem na výrazné snížení ceny fotovoltaiky.

Ve fázi laboratorních testů jsou alternativní technologie (polymery a články s fotocitlivým barvivem), u kterých se očekává výrazně nižší výrobní cena. U solárních článků třetí generace s alternativními technologiemi se pak očekávají velmi vysoké účinnosti při poměrně nízkých nákladech. Tyto technologie jsou však v rané fázi vývoje.

Objemové materiály	Tenkovrstvé technologie	Alternativní technologie
Monokrystalický křemík	Amorfní křemík	Polymerní vrstvy
Multikrystalický křemík	Mikrokrystalický křemík	Články s fotocitlivým barvivem
Polykrystalické plátky Si	CdTe a CdS	
	CuInSe – CIS	
	Amorfní SiGe	
	InGaN	

V praxi se objevují i různé modifikace základních technologií jako například kombinace krystalického křemíku s amorfni křemíkem na povrchu. Nadějnou speciální skupinou jsou solární články určené pro koncentrátorové systémy s koncentračním faktorem 10 až 1000.



Monokrystalické a barevné multikrystalické křemíkové solární články (obr. 2. 1., 2. 2.)

## 2.2. Fotovoltaické systémy a aplikace

Pro využití elektrické energie ze solárních panelů je potřeba připojit k panelu kromě elektrických spotřebičů další technické prvky – např. akumulátorovou baterii, regulátor dobíjení, napěťový střídač, indikační a měřicí přístroje, případně automatické natáčení za Sluncem. Sestava fotovoltaických panelů, podpůrných zařízení, spotřebiče a případně dalších prvků se nazývá fotovoltaický systém. Množství a skladba prvků fotovoltaického systému závisí na druhu aplikace.

**Systémy nezávislé na rozvodné síti** (grid-off), tzv. **ostrovní systémy** jsou instalovány na místech, kde není účelné budovat elektrickou přípojku. Tedy v případech, kdy jsou náklady na vybudování přípojky srovnatelné s náklady na fotovoltaický systém (od vzdálenosti k rozvodné síti více než 500–1000 m). Výkony ostrovních systémů se pohybují v intervalu 1W – 10 kW špičkového výkonu. U ostrovních systémů je kladen důraz na minimální ztráty energie a na používání energeticky úsporných spotřebičů.

Systémy nezávislé na rozvodné síti lze rozdělit na systémy s **přímým napájením**, systémy s **akumulací** elektrické energie a **hybridní** ostrovní systémy.

**Systémy s přímým napájením** se používají tam, kde nevádí, že připojené elektrické zařízení je funkční pouze po dobu dostatečné intenzity slunečního záření. Jedná se o prosté propojení solárního panelu a spotřebiče.

- Příklad aplikace: čerpání vody pro závlahu, napájení oběhového čerpadla solárního systému pro přípravu teplé užitkové vody, napájení ventilátorů k odvětrání uzavřených prostor nebo nabíjení akumulátorů malých přístrojů – mobilní telefon, svítilna, atd.

**Systémy s akumulací elektrické energie** se používají tam, kde potřeba elektřiny nastává i v době bez slunečního záření. Z tohoto důvodu mají tyto ostrovní systémy akumulátorové baterie. Optimální dobíjení a vybíjení akumulátorové baterie je zajištěno elektronickým regulátorem. K ostrovnímu systému lze připojit spotřebiče napájené stejnosměrným proudem (napětí systému bývá zpravidla 12 nebo 24 V) a běžné síťové spotřebiče 230V/~50Hz napájené přes střídač.



- Příklad aplikace: zdroj elektrické energie pro chaty a rodinné domy, napájení dopravní signalizace, telekomunikačních zařízení, veřejného osvětlení nebo monitorovacích přístrojů v terénu, zahradní svítidla, světelné reklamy, camping a jachting.

**Hybridní ostrovní systémy** se používají tam, kde je nutný celoroční provoz se značným vytížením. V zimních měsících je možné získat z fotovoltaického zdroje podstatně méně elektrické energie než v letních měsících. Proto je nutné tyto systémy navrhovat i na zimní provoz, což má za následek zvýšení instalovaného výkonu systému a podstatné zvýšení pořizovacích nákladů. Výhodnější alternativou proto může být rozšíření systému doplňkovým zdrojem elektřiny, který pokryje potřebu elektrické energie v obdobích s nedostatečným slunečním svitem. Takovým zdrojem může být větrná elektrárna, malá vodní elektrárna, elektrocentrála, kogenerační jednotka apod.

- Příklad aplikace: rozsáhlejší systémy pro napájení budov s celoročním provozem v lokalitách bez připojení k elektrické síti.

**Síťové fotovoltaické systémy** (grid-on) se nejvíce uplatňují v oblastech s hustou elektrorozvodnou sítí. Elektrická energie je ze solárních panelů dodávána přes síťový střídač do rozvodné sítě. Systémy tohoto typu fungují zcela automaticky díky mikroprocesorovému řízení síťového měniče. Špičkový výkon fotovoltaických systémů připojených k rozvodné síti se pohybuje v rozmezí kW až MW. Fotovoltaické panely v případě síťových fotovoltaických systémů jsou většinou integrovány do obvodového pláště budov. Nejrozšířenější jsou v Německu (90 %), Japonsku a ve Švýcarsku (80 %). V České republice je realizováno již více větších systémů tohoto typu.

- Příklad aplikace: střechy rodinných domů do 1–10 kW, fasády a střechy administrativních budov 10 kW – 10 MW, protihlukové bariéry v okolí dálnic, fotovoltaické elektrárny, posilovače koncových větví rozvodné sítě.

## 2.2.1. Energetická návratnost

Energetická návratnost je důležitý ukazatel, který určuje dobu, za kterou solární panel vyrobí tolik energie, kolik bylo vynaloženo na jeho zhotovení. Knapp a Jester ve své studii posuzovali solární panel s krystalickými křemíkovými články a tenkovrstvý solární modul se strukturou CIS. Na energii náročnější technologie výroby solárních panelů s krystalickým křemíkem má dobu energetické návratnosti něco málo více než 3 roky a panel s tenkovrstvou strukturou CIS vyrobí zpět spotřebovanou energii za méně než dva roky.

## 2.3. Rozvoj fotovoltaiky ve světě

Rozvoj fotovoltaiky v posledních pěti letech prochází obdobím rychlého vzrůstu. Celosvětový meziroční nárůst výroby solárních panelů se po tři roky pohybuje okolo 35 %. Celkový nainstalovaný výkon přesáhl ke konci roku 2002 hranici 1,5 GW. Nicméně podíl fotovoltaiky na celkové produkci elektrické energie je stále ještě velmi nízký – činí okolo 0,01 %.

### 2.3.1. Vývoj průmyslových aktivit

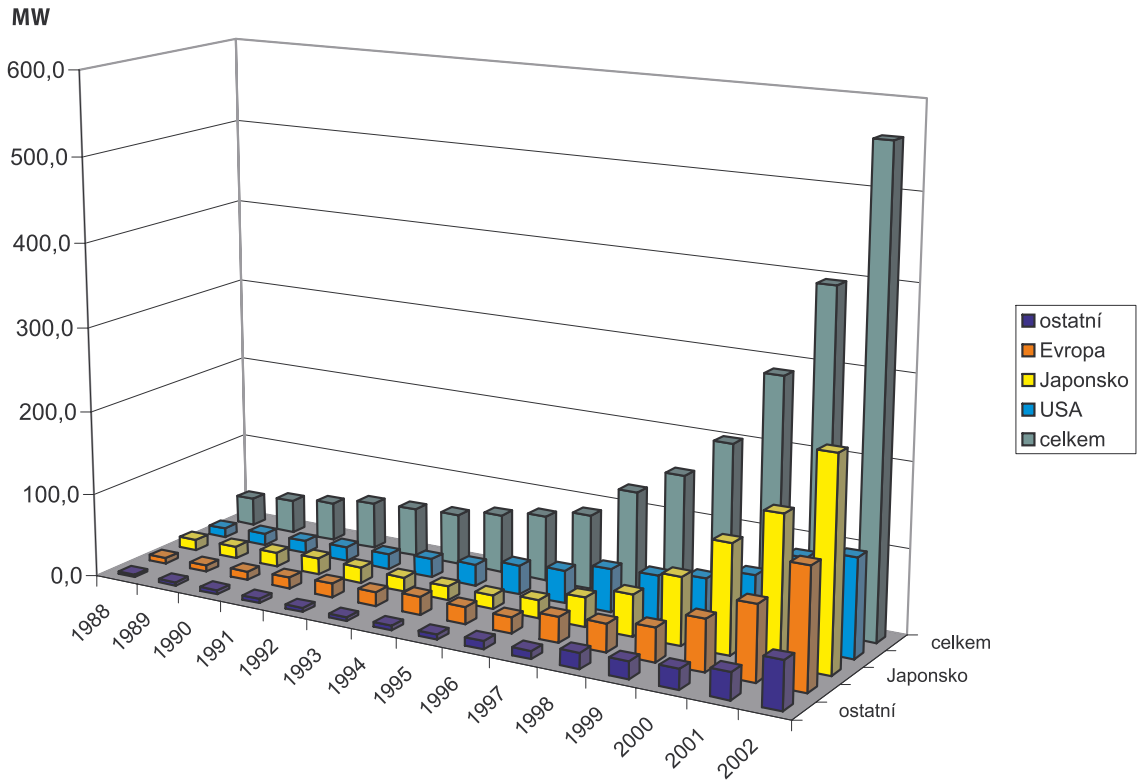
Po více než padesátiletém vývoji jsou k dispozici vytrálé výrobní technologie, které je možné provozovat v podmínkách hromadné výroby. Budováním výrobních závodů s roční kapacitou několika desítek MW (až 150 MW) jsou vytvářeny základy budoucího rozsáhlého fotovoltaického průmyslu. Od roku 2000 došlo k více než zdvojnásobení celkové výroby solárních panelů až na kapacitu 560 MW ke konci roku 2002. Rychlý nárůst výroby je ilustrován v grafu 1.

Nejvýznamnějšími výrobci jsou japonské společnosti s roční kapacitou 247 MW což představuje 44% podíl na trhu. V Evropě bylo vyrobeno 25 % solárních panelů (141 MW) a vliv Spojených států postupně klesá se současnými 20 % (115 MW). Do tohoto odvětví investují značné prostředky velké průmyslové koncerny, nadnárodní naftařské společnosti a elektrorozvodné společnosti. Mezi deset největších výrobců solárních článků patří společnosti uvedené v grafu 2 (česká společnost Solartec je uvedena pouze pro srovnání).

Na třech z prvních pěti míst jsou japonské koncerny zabývající se elektronikou (1. Sharp, 3. Kyocera, 5. Sanyo) a druhé a čtvrté místo zauímají naftařské společnosti BP Solar a Shell Solar. Společnost Shell ve svých studiích vývoje energetických zdrojů počítá s fotovoltaikou z dlouhodobého hlediska jako s jedním z významných zdrojů energie. V poslední době lze vypořádat zvyšující se zájem o fotovoltaiku u společností provozujících rozvodné sítě. Ve Spojených státech to jsou hlavně Alabama Power a Idaho Power. Velmi aktivní je německá rozvodná společnost RWE, vlastníci společnosti RWE Schott (dříve Mobil Solar a ASE Americas). Rozvodná společnost General Public Utility založila GPU Solar společně se společností Astropower. Na financování rozvoje fotovoltaického průmyslu se podílí jak kapitálový trh – v USA Astropower, Evergreen a Spire Corporation a také rizikový kapitál – SolarWorld.

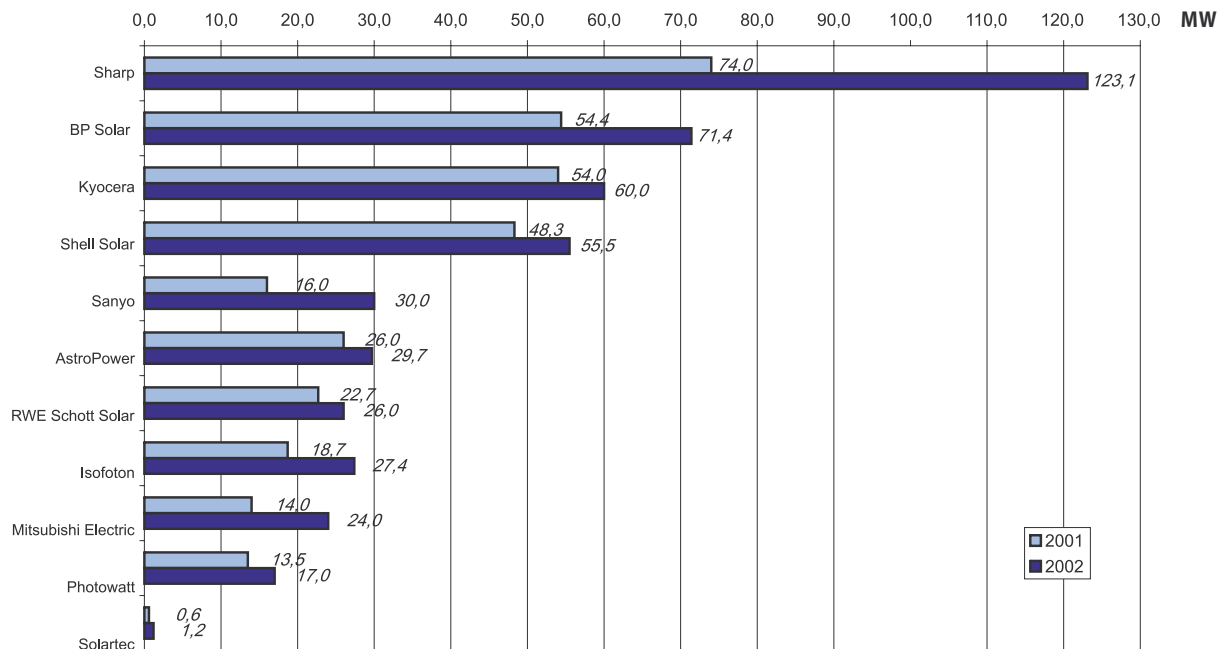
Nejsilnější společnosti investují své prostředky mnohdy za podpory místních vlád do velkokapacitních výrobních jednotek s maximální automatizací ve snaze radikálně snížit výrobní náklady. Tato závislost je známa z jiných průmyslových odvětví (např. automobilový a elektronický průmysl). Ke konci roku 2002 byly ohlášeny další nové výrobní kapacity, jak v Japonsku, tak v Evropě. Společnost Sharp začátkem roku 2002 vytvořila novou solární divizi a ohlásila navýšení kapacity na 200 MW. Přitom Sharp výrazněji vstoupil do fotovoltaiky až v roce 1997 s kapacitou 5–10 MW. V Evropě oznámili nové kapacity společnosti RWE Schott, Deutsche Cell, BP Solar a Isoton. Předpokládané výrobní kapacity budou potom dosahovat ročního objemu 900 MW.

Vývoj roční produkce solárních panelů v MW celosvětově a v jednotlivých regionech (graf 1)



Vzrůstající prodeje fotovoltaických systémů stimuluje k výrobním a obchodním aktivitám mnoho dalších i menších společností, jež se specializují na výrobu výrobních zařízení a materiálů, výrobu nezbytné elektroniky (střídače, regulátory a měřicí zařízení) i návrhy a instalace fotovoltaických systémů.

Přehled deseti nejvýznamnějších výrobců solárních článků na světě podle jejich výrobní kapacity v MW (graf 2)

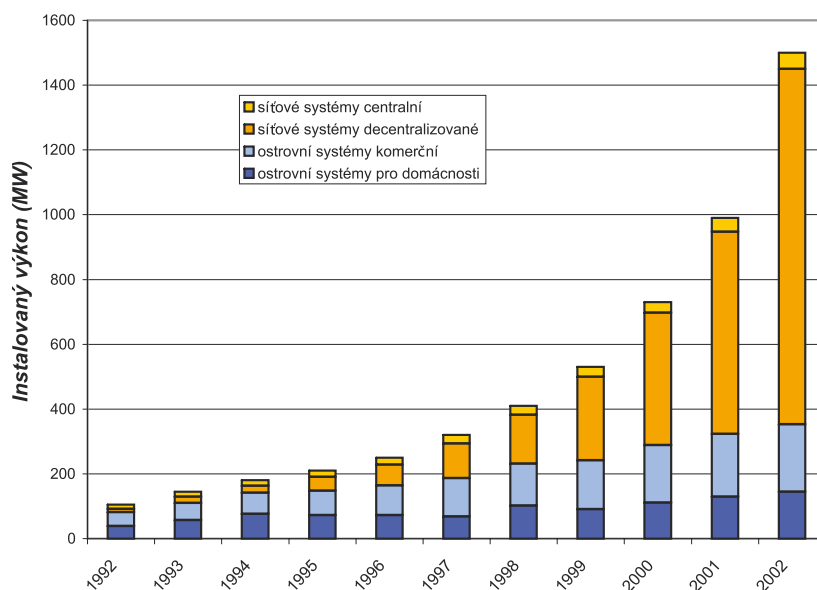


## 2.3.2. Vývoj stavu fotovoltaických systémů

Náklady na pořízení fotovoltaických systémů jsou rok od roku nižší a od začátku rozvoje dospěla současná cena na úroveň jedné tisíce počáteční ceny. Přesto je stále cena solární energie vyšší než prodejní ceny energií z fosilních nebo jaderných zdrojů.

Celkový instalovaný výkon ke konci roku 2002 dosáhl úrovně 1,5 GW. Instalovaný výkon fotovoltaických systémů v jednotlivých regionech doposud značně závisí na míře motivačních podpůrných nástrojů. Proto není náhodou, že téměř 90 % všech instalací je na území Japonska, Německa a USA. Převážná většina instalovaných systémů je připojena k rozvodné síti přes síťové střídače. Podíl síťových systémů vzrůstal postupně. V roce 1992 to bylo 29 %, v roce 1999 již 53 % a o dva roky později činil podíl síťových systémů na všech instalacích 68 %. V obou zemích byly v rámci rozvoje fotovoltaiky podporovány hlavně menší domácí systémy do výkonu 4 kW. Výjimkou však již nejsou ani systémy s výkonem řádově MW. Většina systémů je instalována na budovách, ať už to jsou rodinné domy, správní nebo výrobní budovy.

Ve Spojených státech jsou často větší fotovoltaické systémy budovány jako volně stojící elektrárny, nicméně množství instalovaného výkonu na budovách začíná převažovat. Vývoj množství nainstalovaných fotovoltaických systémů podle jejich typů ilustruje následující **graf č. 3**.



Fotovoltaika by měla mít velmi významné místo v rozvojových zemích Afriky a Asie. Neexistence energetické infrastruktury s rozvodou elektrické energie v odlehlých oblastech předurčuje využívání solární energie dominantní úlohu. V rámci rozvojových pomoci různých institucí i jednotlivých států se daří realizovat projekty solární elektrifikace odlehlých vesnic – například: malé domácí systémy nebo napájení vodních čerpadel.

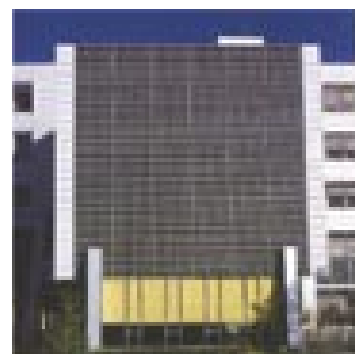
## 2.3.3. Fotovoltaika v architektuře

Aplikace fotovoltaiky v obvodových pláštích budov (střechy, fasády) představuje významný fenomén, který přispívá k její atraktivitě a má příznivý dopad na snížení nákladů na instalaci FV systémů. V průběhu posledních pěti let bylo ve světě realizováno mnoho fasádních systémů a to hlavně v Japonsku, v zemích EU a ve Spojených Státech. Velmi široká škála pojetí fotovoltaických fasád má původ v kreativě, která je vlastní architektonickému pohledu na životní prostředí člověka.

Solární panel v mnoha různých podobách se stal přímo výzvou pro architekty a konstruktéry, což v mnohých případech vedlo ke zcela novým a velmi atraktivním řešením, nejenom obvodových plášťů, ale i celkového vzhledu budov.

Protože je solární panel téměř vždy z přední strany opatřen sklem, má aplikace těchto panelů mnoho společného s moderními prosklenými fasádami. Navíc fasáda vyrábějící elektrickou energii tak plní i další doplňkovou funkci kromě vymezení vnitřního prostoru, zajištění tepelné pohody uvnitř objektu a mnoho jiných funkcí.

Použitím transparentních solárních panelů je možné dosáhnout i příznivého účinku na množství přirozeného slunečního světla ve vnitřních prostorách. Častým fasádním prvkem jsou různě řešené stínící elementy zamezující přesvětlení a přehřátí prostor zvláště v letním období.



**Fotovoltaická fasáda budovy (obr. 3)**

Konstrukce fotovoltaické fasády může plnit i funkci jednoduchého vzduchového kolektoru. Předsazenou skleněnou stěnou se solárními články prochází částečně sluneční světlo na tmavou masivní obvodovou stěnu budovy.

Teplo vzniklé v meziprostoru kolektoru je potom cirkulací vzduchu odváděno a zužitkováno k vytápění v chladném období roku nebo také k chlazení budovy v létě. Navíc odváděním tepla z meziprostoru dochází ke snižování teploty článků, což má příznivý vliv na jejich výkon, neboť se snižující se teplotou se zvyšuje výstupní výkon. Vzhledem k možnosti barevných variací solárních článků se nabízí i úznobarevné ztvárnění fasády včetně barevných mozaik.

Přínosem pro takto pojatou fotovoltaiku je skutečnost, že nepředstavuje prvek, který by byl něčím navíc ve vybavení budovy, ale stává se přímo součástí konstrukce budovy. To umožňuje odečíst nezanedbatelnou část nákladů z instalace fotovoltaického systému na vrub samotné konstrukce budovy, která musí být tak jako tak realizována, tj. náklady na materiál fasády (sklo), fasádní nosné prvky a montáž fasády. Pro fotovoltaiku zbývají náklady spojené se solárními články, náklady vyplývající ze složitější konstrukce fotovoltaických fasádních skel, kabelové rozvody a ostatní elektroinstalační materiál, síťové střídače a montáž elektrické části.

V ČR jsou realizovány zatím pouze tři fotovoltaické systémy, kde bylo snahou začlenit plochu solárních panelů do konstrukce a celkového vzhledu budovy. Ve všech případech se jednalo o instalaci systému na již existující budovu, z čehož vyplývala omezení při návrhu umístění.



**Transparentní fasáda se solárními články při pohledu z interiéru (obr. 4)**

## 2.3.4. Motivační podpůrné nástroje

Největší vliv na prudký rozvoj fotovoltaiky v současné době mají trhy v Japonsku, Německu a USA. Zásahu na tomto vývoji mají hlavně dobře nastavené a fungující programy a motivační podpůrné nástroje v uvedených zemích.

Hlavním smyslem motivačních nástrojů je zajištění dostatečně velkého a dynamického trhu s fotovoltaikou. V rámci takového trhu je potom možné dosáhnout výrazného snížení cen fotovoltaických systémů a navíc to s sebou přináší výraznou stimulaci pro další rychlý technologický vývoj.



**Transparentní část střechy se solárními články (obr. 5)**

**Dotované demonstrační projekty** – často používané v rané fázi vývoje fotovoltaiky v dané oblasti, případně pro prosazení nových technologií.

**Dotace na investice** – určený státní úřad poskytuje dotace na instalované fotovoltaické systémy. Rozdíly mohou být ve výši poskytovaných dotací, způsobu jejich poskytování a různé jsou i vymezení podmínky.

**Pevné výkupní tarify** – všechna vyrobená elektrická energie vyrobená fotovoltaickým systémem je přes samostatný elektroměr dodávána do rozvodné sítě za stanovenou cenu. Na účinnost tohoto nástroje má významný vliv jasně stanovený vývoj podmínek pro výkupní tarify a jejich dlouhodobá garance.

**Půjčka s nízkou úrokovou sazbou** – umožňuje rozložit investiční zátěž na delší časové období a za podmínek velmi nízké úrokové sazby (nižší než pro stavební spoření a hypotéky) poskytuje výhodnou možnost pro uložení peněz.

**Podpůrné výzkumné a vývojové programy** – hlavním cílem je motivovat výzkumné kapacity k rychlému nalezení technologického řešení k překonání aplikačních bariér.

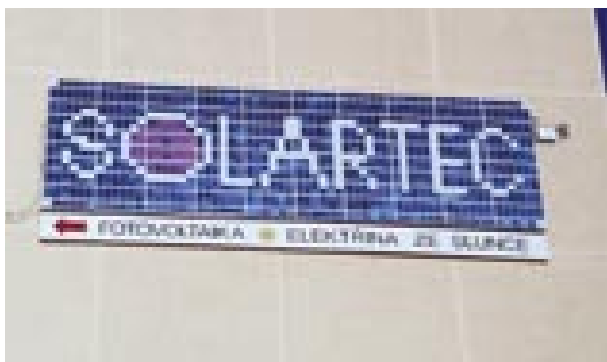
**Dotace do průmyslu** – snížení zátěže pro investory do nových výrobních kapacit u nichž lze očekávat snížení výrobních nákladů.

**Zvýhodněná daňová sazba** – snížení nákladů na pořízení systému.

## 2.3.5 Příklady z tuzemska

Prvním z objektů je Corinthia hotel Panorama v Praze na Pankráci s instalací 6 kW solárních panelů standardní konstrukce umístěných na střeše vstupní části objektu jako prodloužení fasády. Instalace 144 solárních panelů se solárním články se zlatým zbarvením byla realizována v roce 2000. Systém s výkonem 6 kW dodává elektrickou energii do sítě. Od března 2000 vyrobil systém 16 MWh elektrické energie.

Systém byl instalován v rámci evropského projektu v programu INCO-COPERNICUS (4. rámcový program EU) a v rámci podpory projektů výzkumu a vývoje u Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR. Řešitelem projektu byla společnost Solartec s. r. o. Zahájení provozu fotovoltaické elektrárny výrazným způsobem ovlivnilo dění v oblasti podpory rozvoje fotovoltaiky v ČR a napomohlo zvýšit informovanost o fotovoltaice.



**Příklad možnosti barevné mozaiky složené ze solárních článků (obr. 6)**



**Plocha solárních modulů fotovoltaického systému na budově UK v Praze - Tróji (obr. 7)**



**Fotovoltaický systém na budově hotelu Corinthia Panorama na Pankráci (obr. 8)**

O poznání kompaktněji působí pohled na další dva systémy, které jsou přisazeny ke stěně technologického podlaží na střešní terase budov Vysoké školy báňské v Ostravě a matematicko-fyzikální fakulty University Karlovy v Praze v Tróji. Plocha panelů s modrými solárními články o velikosti 200 m<sup>2</sup> je ve sklonu 35° s orientací na jih. Celkový výkon ostravského i pražského systému je 20 kW a energie je rovněž dodávána do rozvodné sítě.

## 2.4. Vývoj a stav fotovoltaiky v ČR

V průběhu poslední dekády 20. století bylo využívání fotovoltaických systémů v České Republice spíše sporadické. Praktické aplikace byly téměř výhradně zaměřeny na malé ostrovní systémy pro nezávislé napájení objektů a zařízení v lokalitách bez připojení k rozvodné síti. Jednalo se vesměs o soukromé rekreační chaty, ve kterých fotovoltaický systém poskytuje možnost napájet osvětlení a drobné elektrické spotřebiče. Systém je v takovém případě sestaven většinou z jednoho solárního panelu (10–100 W), akumulátorové baterie a regulátoru dobíjení. V některých případech bývá systém doplněn střídačem, který umožňuje připojit i běžné síťové spotřebiče. Větší aplikací tohoto charakteru je například fotovoltaický systém s výkonem 370 W pro napájení osvětlení horské chaty.

Na ulicích některých měst (např. Brno a Ostrava) byly nainstalovány parkovací automaty napájené z malých solárních panelů. V několika málo případech byly solární panely použity pro napájení měřicích, registračních a komunikačních zařízení instalovaných v terénu, kde se možnost přivedení elektrické sítě jevila velmi problematickou, až takřka nemožnou.

Fotovoltaické panely a komponenty byly nabízeny několika málo prodejci jako zdroje nezávislého napájení pro kempink a jachting. Mezi první větší systémy v ČR patří spíše ukázkové systémy bez připojení k rozvodné síti. Ostrovní systém se střídačem s výkonem 550 W na ukázkovém RD v Kunovicích sloužil zároveň pro měření pracovníkům VUT v Brně. Instalace solárních panelů s výkonem 600 W na experimentálním ekologickém domě v Podolí u Brna je další z nich. V Osluchově bylo nainstalováno 16 solárních panelů s výkonem 50 W pro napájení veřejného osvětlení.

Velmi pozvolna se objevovaly systémy s připojením na rozvodnou síť. Prvním větším systémem byla fotovoltaická elektrárna na vrcholu hory Mravenečník v Jeseníkách. Volně stojící elektrárnu s výkonem 10 kW financovala v roce 1998 společnost ČEZ, a.s. Po problémech souvisejících s její odlehlostí se vlastník rozhodl elektrárnu přestěhovat k informačnímu centru u jaderné elektrárny Dukovany.

Na nové budově vedení společnosti Pražská energetika, a.s., v Praze ve Vršovicích byl v roce 2001 spuštěn do provozu demonstrační fotovoltaický systém s možností srovnat chování solárních panelů za různých podmínek – orientace, sklon a zastínění. Souhrnný instalovaný výkon solárních panelů je 2,55 kW.

Od roku 2000 pak nastává nová fáze vývoje fotovoltaiky v ČR. Postupně jsou státní správou a místní samosprávou zaváděny podpůrné nástroje na podporu fotovoltaiky, a to jak podporu demonstračních projektů, tak podporu vývoje a výzkumu. Nicméně zatím ještě není jasně definovaný program rozvoje s měřitelným cílem. Současné aktivity vyplývající ze stávajících podpor mají demonstrační charakter s cílem zvýšit povědomí o fotovoltice.

	Datum	Motivační nástroj
1	2000	Vyhlášení programu Slunce do škol (Státní fond životního prostředí)
2	1. 1. 2001	Zavedení zvýhodněné 5% sazby DPH pro fotovoltaické systémy a komponenty
3	2001	První instalace z programu Slunce do škol
4	Od 1. 1. 2002	Zavedení povinnosti vykupovat elektrickou energii z malých zdrojů
5	Od 1. 6. 2002	Stanovení výkupní ceny elektrické energie z fotovoltaických systémů 6,- Kč/kWh – vyhláška ERÚ
6	Od 1. 1. 2003	Pokračování programu Slunce do škol
7	Od 1. 1. 2003	Program na podporu instalací fotovoltaických systémů připojených k rozvodné síti
		Dotace 30% na investiční náklady pro fyzické osoby do výkonu 2 kW
		Dotace 30% na investiční náklady pro právnické osoby do výkonu 20 kW

V roce 2000 byl vypracován a vládou schválen Národní program na podporu úspor a využívání obnovitelných zdrojů energie. Z nich pak jsou vyhlášovány státní programy na kratší období.

V roce 2000 byl Státním fondem životního prostředí vyhlášen program Slunce do škol. Smyslem programu je umožnit mladé generaci bližší seznámení s možnostmi obnovitelných zdrojů včetně fotovoltaiky. V období od první instalace fotovoltaického systému na základní škole bylo realizováno několik desítek systémů na školách všech stupňů. Na vysokých školách v Praze, a v Ostravě jsou nainstalovány dva systémy s plochou panelů 200 m<sup>2</sup> a s výkonem 20 kW.

Od roku 2003 jsou Státním fondem životního prostředí poskytovány 30% dotace na instalace FVS pro privátní i právnické osoby. Pobídka k instalacím je navíc podpořena zvýšenou výkupní sazbou za dodanou elektrickou energii do sítě a to ve výši 6 Kč/kWh.

Do konce roku 2002 byly v ČR nainstalovány fotovoltaické systémy s výkonem přibližně 0,23 MW. Z toho 55 % systémů slouží pro napájení aplikací bez připojení k rozvodné síti a 45 % jsou solární systémy dodávající elektrickou energii do rozvodné sítě. V tabulce je uveden přehled nejvýznamnějších fotovoltaických systémů v ČR.

Č.	Instalace	Instalovaný výkon (kW)	Rok	Financování
1.	Fotovoltaická elektrárna na hoře Mravenečník v Jeseníkách	10	1998	ČEZ, a. s.
2.	Fotovoltaické prodloužení fasády s barevnými solárními články na hotelu Panorama v Praze – Pankráci	6	2000	INCO-COPERNICUS Komise EU a MŠMT ČR v rámci podpory projektů výzkumu a vývoje
3.	Fotovoltaická elektrárna na budově ředitelství společnosti Pražská energetika, a. s., v Praze ve Vršovicích	2,55	2001	PRE, a. s.
4.	ČVUT v Praze	5		SFŽP, program Slunce do škol
5.	Vysoká škola báňská v Ostravě	20	2002–03	SFŽP, program Slunce do škol, 5. rámcový program Komise EU a VŠB
6.	Sít FV systémů na středních odborných školách po 1,2 kW	36	12/2002	SFŽP, program Slunce do škol, 30 systémů
7.	Sít FV systémů na základních a středních školách po 0,2 kW	7,8*	12/2002	SFŽP, program Slunce do škol, 39 systémů
8.	Sít FV systémů na základních a středních školách po 0,1 kW	3,1*	12/2002	SFŽP, program Slunce do škol, 31 systémů
9.	Matematicko-fyzikální fakulta UK v Praze v Tróji	20	6/2003	SFŽP, program slunce do škol, 5. rámcový program Komise EU a UK MFF

\* souhrnný instalovaný výkon systémů dané velikosti

## 2.4.1. Průmysl, trh a výzkum v ČR

Fotovoltaika nepředstavuje výlučně jen energetickou technologii šetrnou ke globálnímu klimatu a pro zajištění bezpečného zdroje energie v dlouhodobém výhledu. Předpokládáný enormní nárůst objemu výroby a instalací fotovoltaických systémů s sebou přináší i významný ekonomický potenciál s pozitivními dopady pro sociální sféru.

Z hlediska ekonomických aktivit fotovoltaika představuje celý výrobně distribuční řetězec zahrnující výrobu základních výrobních materiálů – křemík, materiály pro metalizaci, speciální plynné a kapalné chemikálie, návrh a konstrukce speciálních výrobních zařízení s vysokým stupněm automatizace, výroba solárních článků a panelů, elektronický průmysl zajišťující potřebná elektronická zařízení. Velmi důležitá základna pro ekonomické aktivity je zajišťována výzkumnou a vývojovou činností výzkumných ústavů a universit.

V Československu publikoval první výsledky velkoplošných monokrystalických solárních článků pracovník z STU Bratislava v roce 1987. Tenkovrstvé materiály a struktury na bázi CdTe a CdS jsou dlouhou dobu předmětem vývoje na pracovišti Matematicko-fyzikální fakulty UK v Praze. Technologii příprav tenkých vrstev amorfního křemíku a jejich charakterizaci se věnují dvě pracoviště Fyzikálního ústavu AV v Praze a dvě pracoviště na MU v Brně. V Brně na VUT jsou dvě pracovní skupiny zaměřeny na diagnostiku solárních článků a měření vlastností fotovoltaických systémů.

Monokrystalický křemík jsou schopny vyrobit dvě tuzemské společnosti, nicméně jejich výrobní program je zaměřen na polovodičový průmysl. Další dvě tuzemské společnosti se zabývají řezáním křemíkových ingotů na křemíkové destičky používané pro výrobu solárních článků. První pokusy s výrobou monokrystalických solárních článků prováděli také pracovníci Tesly Vrchlav v letech 1991 až 1993. Dosažené konverzní účinnosti byly však velmi nízké (8 až 11 %). V roce 1993 založila skupina pracovníků rožnovské Tesly společnost zaměřenou na výrobu solárních článků z monokrystalického křemíku. V současné době firma vyrábí monokrystalické křemíkové solární články s vysokou konverzní účinností přeměny záření (14–16 %). V kooperaci zajišťuje výrobu všech komponent pro fotovoltaické systémy. Podstatnou část aktivit tvoří obchodní činnost (poradenství, návrh, projekce, instalace) a aplikovaný výzkum.

Několik dalších menších firem se zabývá výrobou solárních panelů a elektronických zařízení pro fotovoltaické systémy. Několik tuzemských montážních firem již získalo zkušenosti s instalacemi systémů.

## 2.4.2. Znalosti o fotovoltaice

Znalosti o současném stavu a možnostech fotovoltaiky jsou u většiny lidí velmi povrchní. Fotovoltaika, spíše tedy pojem „solární panely“, je často spojována s odlišným a neméně důležitým využitím solární energie pro ohřev vody. Téměř každý ví, že vesmírné družice jsou napájeny právě solárními panely. Většina lidí se setkala s kalkulačkou se solárními články.

S možností širšího využití slunečního záření pro výrobu elektrické energie se většina lidí neseťkala. Častým argumentem je tvrzení, že energie máme dostatek a nestabilní a zatím drahou elektřinu ze Slunce nepotřebujeme. Problematika rozvoje budoucí podoby energetického systému založeného na obnovitelných zdrojích je zatím pro většinu lidí nezajímavá.

Na druhou stranu je možné uvést, že v průběhu několika posledních let bylo vykonáno nebo probíhá několik zajímavých akcí a aktivit, které mají významný vliv na informovanost o fotovoltaice:

- Informační kampaně neziskových organizací – např. Greenpeace, Solar Tour 98.
- Program SFŽP – Slunce do škol – seznámení mladé generace s možnostmi využití sluneční energie.
- Na stránkách denního tisku a časopisů se stále častěji objevují příspěvky s problematikou fotovoltaiky.
- Popularizaci fotovoltaiky se věnovalo i několik málo pořadů České televize.
- Důležitou příležitostí ke zviditelnění fotovoltaiky byly různé odborné výstavy, semináře a konference.
- Na některých vysokých školách technického zaměření jsou studentům nabízeny předměty zabývající se obnovitelnými zdroji včetně fotovoltaiky – ČVUT v Praze, VUT v Brně, VŠB v Ostravě a TU v Liberci.
- Velmi atraktivní formou popularizace fotovoltaiky je každoroční soutěž modelů solárních vozítek – Napájení Sluncem, pořádaná na VŠB v Ostravě. Soutěž je určena zvláště pro středoškolské studenty ([www.napajenisluncem.cz](http://www.napajenisluncem.cz)).



### 3. Základní východiska a odhady potenciálů do roku 2010

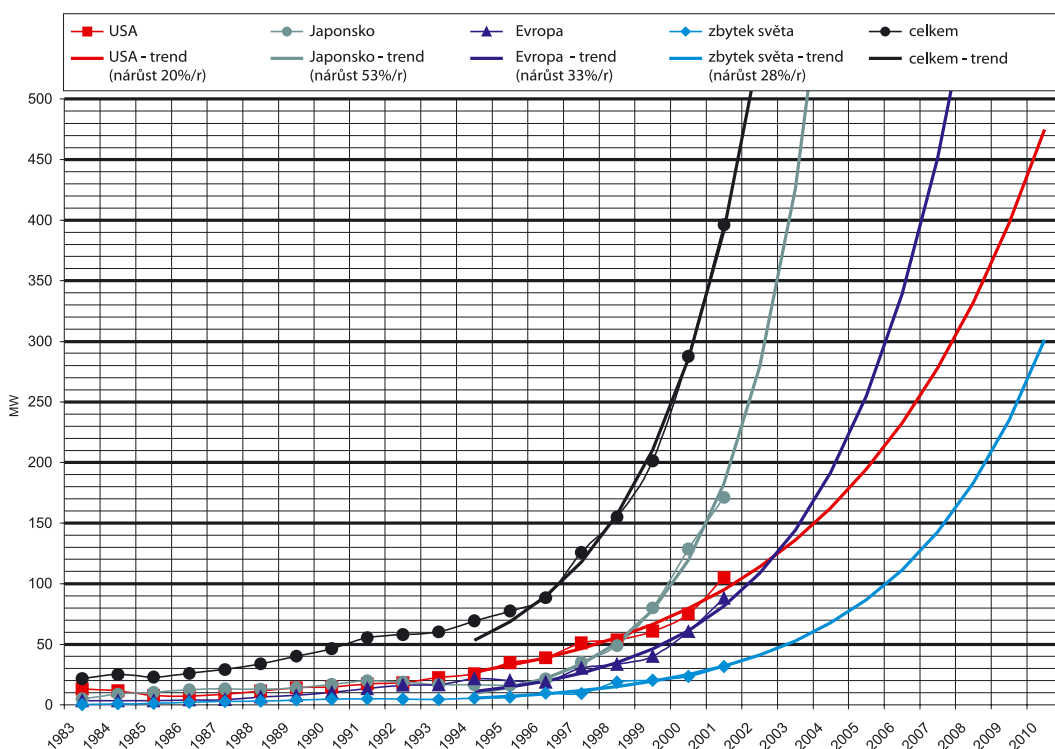
#### 3.1. Souhrn cílů a vizí ve fotovoltaice v zahraničí

##### 3.1.1. Energetická politika v EU

Evropská unie zcela jasně definovala svůj postoj k obnovitelným zdrojům ve vztahu k energetické a environmentální politice. V oblasti energií preferuje udržitelnost, stabilitu energetických zdrojů, jistotu a bezpečnost zásobování energiemi a konečně zohlednění budoucích energetických potřeb rozvojových zemí. Důraz je dále kladen na efektivní využívání energií, na upřednostňování obnovitelných zdrojů a na hledání potenciálu jaderných technologií. V Bílé knize je stanoven cíl zdvojnásobit podíl obnovitelných zdrojů (OZE) na výrobě elektrické energie do roku 2010 proti roku 1995 z 6 na 12 %. Pro jednotlivé OZE jsou pak stanoveny samostatné cíle takto:

Rok	Instalovaný výkon zdrojů elektrické energie (GW)		
	biomasa	větrná energie	fotovoltaika
<b>2010</b>	230	80	3
<b>x</b> <b>↑</b>	× 10 <b>↑</b>	× 20 <b>↑</b>	× 100 <b>↑</b>
<b>1995</b>	23	4	0,03

V případě fotovoltaiky se počítá v roce 2010 se stonásobným navýšením instalovaného výkonu proti roku 1995 na hodnotu 3 GW. Prognóza vývoje objemu výroby solárních článků je uvedena v následujícím grafu.



Předpokládaný vývoj instalovaného výkonu [GW] v dlouhodobém horizontu do 2020 až 2030 opět pro jednotlivé světové oblasti je uveden v následující tabulce:

	2000	2010	2020	2030
<b>USA</b>	0,1	3	15	26
<b>EU</b>	0,1	3	15	30
<b>Japonsko</b>	0,4	5	29	70
<b>Svět</b>	<b>0,7</b>	<b>12</b>	<b>65</b>	<b>135</b>

Hlavním dokumentem pro dosažení těchto cílů je Směrnice 2001/77/EC z 27. 10. 2001 – Podpora výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů na vnitřním trhu s elektřinou. Směrnice předepisuje jednotlivým členským zemím cíle, upravuje přístup k rozvodné síti a předepisuje dvouleté období pro vyhodnocení rozvoje fotovoltaiky v jednotlivých zemích.

Evropská komise také definuje základní strategii pro evropský fotovoltaický průmysl. Strategie se zaměřuje na zajištění dostatečného množství levného křemíku pro solární články, na urychlenou industrializaci tenkovrstvé technologie a konečně je nutné intenzivně rozvíjet další alternativní technologie pro období po roce 2010. Cena 2,5 €/W pro fotovoltaický systém se uvádí jako cílová hodnota pro rok 2010. Preferovat se budou fotovoltaické systémy přímo integrované do budov a zvláště pak systémy s výkonem řádově MW. Důraz bude kladen na vytvoření dostatečných výrobních kapacit a zdrojů.

Jak již bylo zmíněno, 80 % produkce solárních panelů spočívá na technologiích krystalického křemíku. Množství křemíku potřebného pro celosvětovou roční produkci solárních článků rok od roku roste. Doposud byl výchozí surovinou pro výrobu solárních článků odpadový křemík z polovodičového průmyslu. Jeho množství může být nestabilní, neboť silně závisí na stavu trhu s polovodiči a navíc předpokládané potřeby fotovoltaického průmyslu v blízké době převyší dostupné množství odpadového křemíku. Tato skutečnost je předpokládána již delší dobu a je věnováno dostatečné úsilí průmyslu, výzkumu a zástupců politické reprezentace na zajištění dostatečných zdrojů levného křemíku pro fotovoltaiku.

V politické oblasti bude věnována pozornost podpoře udržitelnosti v dopravě, zemědělství a energetice. Jako důležité opatření se jeví zavedení směrnic pro integraci udržitelných technologií v budovách. V roce 2006 budou na základě vývoje stanoveny pobídkové nástroje pro případné investory nových fotovoltaických instalací.

Pro dosažení alespoň 10% podílu na celkové výrobě elektrické energie bude nutný kontinuální růst po 3 desetiletí s rychlostí 10× za dekádu.

### 3. 1. 2. Ekonomické aspekty

Ekonomické posuzování fotovoltaických systémů (FVS) je ovlivněno několika důležitými faktory.

Doba návratnosti je ovlivněna dostupností slunečního záření v dané lokalitě. Na území ČR nejsou rozdíly příliš velké, nicméně z celosvětového hlediska jsou některé oblasti zvýhodněny faktorem 2 až 3 – Arizona, africké pouště, Austrálie...

Cena samotného systému je klíčovým faktorem. Náklady na pořízení FV systému zahrnují cenu solárních panelů (až 60 %), elektrotechnická zařízení a instalace – střídače, baterie, regulátory, jističí prvky, vodiče a konstrukci. Dále jsou zahrnuty náklady spojené s konstrukčním a architektonickým návrhem a se samotnou instalací systému. V průběhu provozu se pak mohou objevit další náklady spojené se servisem případně připojovací náklady. Současné náklady na instalaci solárního systému v Evropě se pohybují od 6 do 12 € na instalovaný watt v závislosti na velikosti trhu. Pokud je financování systému uskutečněno prostřednictvím půjčky, připočítávají se k celkové ceně systému i úroky.

Cena energie ze systému do značné míry závisí také na účinnosti fotovoltaického systému a na účinnosti solárních článků při nízkých intenzitách osvětlení.

Nezbytným předpokladem návratnosti systému je jeho dlouhá životnost a dlouhodobě stabilní parametry. Zatímco výrobci deklarovaná životnost solárních panelů se pohybuje od 15 do 30 let, tak garance na střídače a jiné komponenty je maximálně dva roky. Předpokládaná životnost u akumulátorových baterií je 3–5 let a u střídačů a kontrolní elektroniky 5–10 let.

Do konečné ceny solární energie se promítne významnou měrou i způsob instalace. Solární panely představují prvek, který nezapadá do konstrukce budovy a je nutné počítat s plnými náklady. Příkladem jsou střešní instalace nad stávající střešní krytinou. Náklady lze snížit u novostaveb nebo při rekonstrukci budov v případě, že jsou solární panely součástí některé části stavební konstrukce – solární střešní krytina, solární fasádní panely.

#### 3. 1. 2. 1. Zkrácení doby investiční návratnosti

Současné vývojové a výzkumné aktivity jsou orientovány na zvládnutí technologie, která by umožňovala překonat nákladové bariery v komerčním využívání fotovoltaiky.

Hlavními znaky takových technologií jsou:

- vyšší účinnost** (např. pro křemíkové krystalické solární články >20 %)
- nízká výrobní cena** (<1 €/W pro panely)
- vyšší životnost panelů** (>30 let)

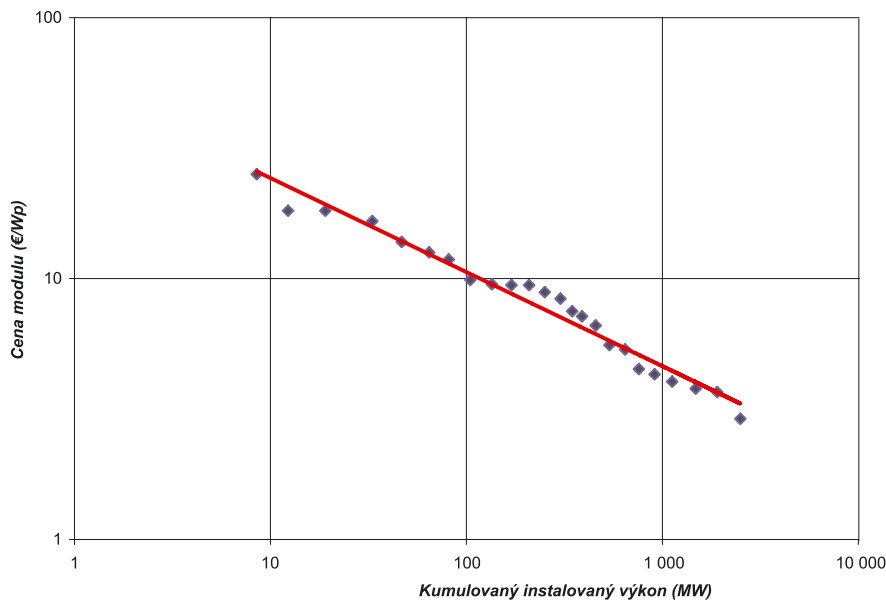
Uvažované výrobní technologie musí splňovat další doplňující požadavky:

- technologie musí být aplikovatelná na velké výrobní série
- musí se vyznačovat minimální spotřebou materiálů
- nízká výrobní energetická náročnost se snahou zkrátit dobu energetické návratnosti na méně než 2 roky
- samozřejmým předpokladem je výroba s co nejmenším dopadem na okolní prostředí, což lze také vyjádřit minimalizací odpadů. Z toho hlediska jsou těžko akceptovatelné technologie vyžadující nebezpečné látky. Do tohoto požadavku spadá i potřeba vyřešení plné recyklovatelnosti fotovoltaických komponent po ukončení životnosti.

V současnosti dominující technologie krystalického křemíku zcela jistě umožňuje další snížení výrobní ceny. V tomto procesu se uplatní jak vliv technologického pokroku tak i vliv zvyšování objemu výroby. V grafu 5 je patrný trvalý pokles ceny

solárních modulů v závislosti na celkovém kumulativním instalovaném výkonu na světě. Doposud každé zdvojnásobení instalovaného výkonu s sebou přináší snížení ceny modulů průměrně o 20 %.

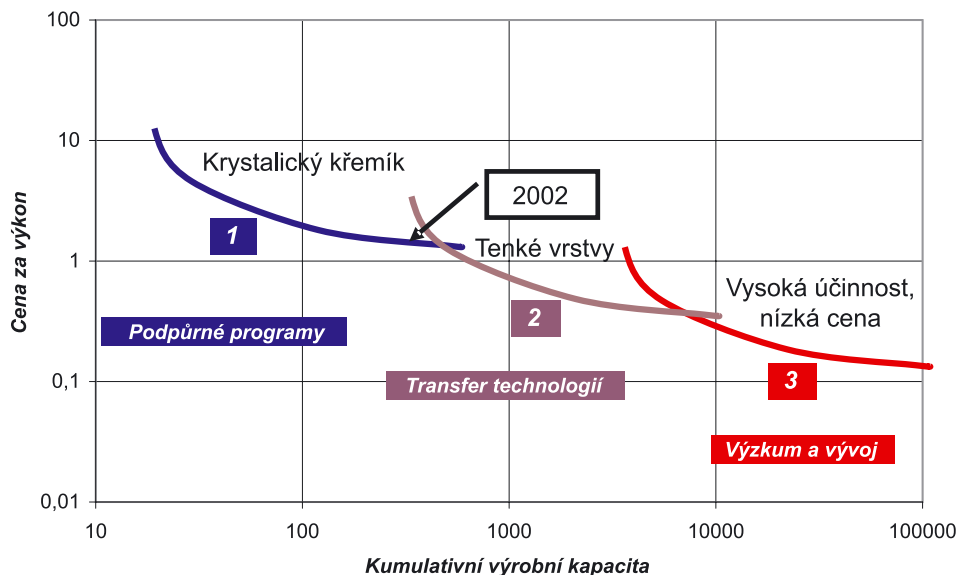
**Vývoj ceny solárních modulů v závislosti na kumulovaném instalovaném výkonu (graf 5)**



V grafu 6 je křemíková technologie 1. generace znázorněna modrou křivkou. Spodní limit výrobních nákladů dosahuje hodnoty okolo 1 €/W a ani případné další zvyšování objemu výroby nepřináší požadované zlevnění výroby.

Další snížení výrobní ceny může přinést zásadní změna v podobě technologie solárních panelů s tenkovrstvou strukturou polovodičových materiálů. Vzhledem k relativně vysokým počátečním investičním nákladům na pořízení nákladného technologického vybavení, je výroba tenkovrstvých panelů ekonomicky zajímavá až od vyššího objemu výroby. Náklady na pořízení technologie pro tenké vrstvy jsou přibližně 2,5× vyšší na jednotku výrobní kapacity než je tomu u křemíkové krystalické technologie.

**Vývoj jednotlivých generací výrobních technologií a jejich možný potenciál na snížení výrobní ceny (graf 6)**



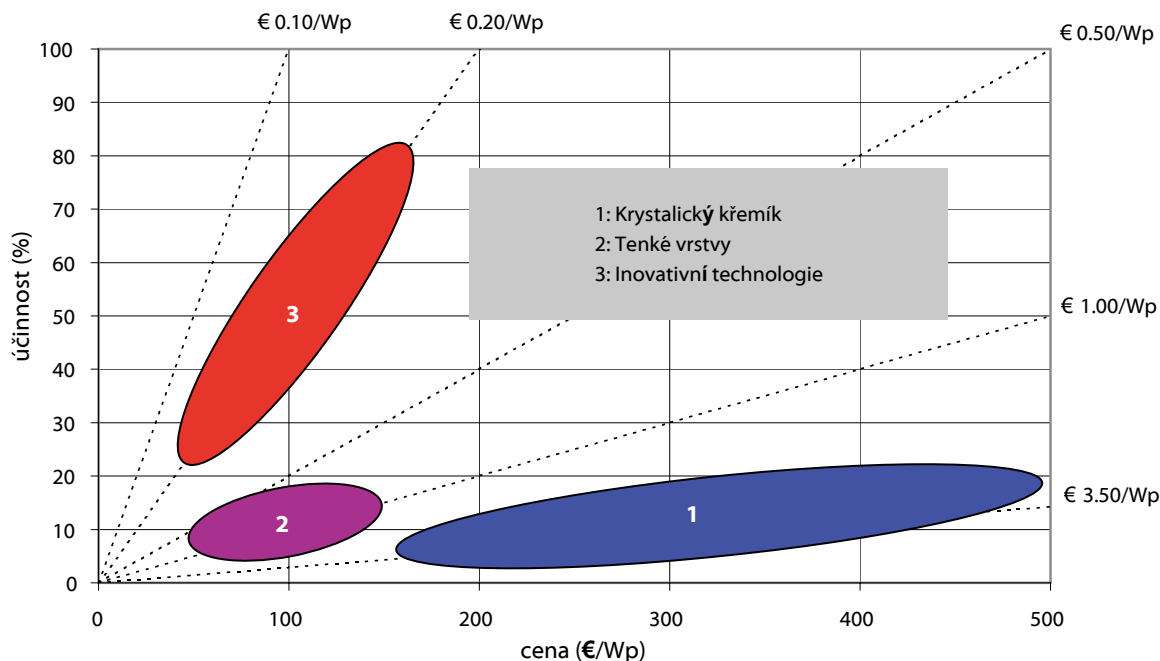
Další cenový průlom je očekáván od technologií 3. generace, pro které bude charakteristická velmi vysoká účinnost při nízkých výrobních nákladech. Náklady na výrobu by se pak blížily hodnotě 0,1 €/W. U těchto technologií se očekává hlavně daleko efektivnější využití energií slunečního spektra.

Názorně jsou možnosti jednotlivých generací srovnány z hlediska výrobních nákladů a dosahované účinnosti v grafu 7.

Další širší rozvoj fotovoltaiky bude možný díky snížení výrobní ceny pro nejvíce užívanou technologii výroby solárních článků. V rámci 6. rámcového programu jsou definovány cíle pro dosažení ceny pod 1 €/Wp pro solární panely. Tak nízké ceny by mělo být dosaženo na linkách s vysokou výrobní kapacitou. Případný přínos lze očekávat přibližně do pěti let.

Množství materiálů potřebných pro výrobu solárních panelů je limitujícím faktorem na cestě za snížením výrobních nákladů. Jak monokrystalický tak i multikrystalický křemík představuje při výrobě značnou část nákladů. Výchozí surovinou pro výrobu většiny krystalických křemíkových článků jsou tenké křemíkové plátky s tloušťkou od 250 do 350 mikrometrů. Při výrobě plátek dochází v několika výrobních krocích k materiálovým ztrátám ve výši 45 % pro multikrystalický křemík a až 53 % pro monokrystalický křemík. Část odpadového materiálu lze ještě vrátit zpět do výroby křemíku, ale téměř 43 % z původního křemíku je ztraceno v podobě křemíkového prášku.

**Předpokládaný vývoj ceny a účinnosti výrobních technologií (graf 7)**



Jednou z možností snížení materiálové spotřeby křemíku je snížení tloušťky křemíkových desek pro výrobu solárních článků na technologicky akceptovatelnou úroveň. Tento trend vede k technologiím s dokonalou manipulací s křemíkovými deskami za účelem udržení vysoké výtěžnosti výroby. Pro tloušťku desek 200 mikrometrů je tak možné snížit celkové náklady na výrobu solárního panelu asi o 6 %. Pro křemíkové desky s tloušťkou okolo 100 mikrometrů bude potřeba vyvinout nová zařízení na manipulaci s deskami.

K dalším úsporám dochází při přechodu na velké rozměry křemíkových desek – až 20 × 20 cm.

Tažením křemíkových plátků přímo z taveniny je vyloučeno materiálově ztrátové řezání ingotů na desky – technologie EFG, DW, RGS. Strukturální kvalita materiálu sice nedosahuje kvality monokrystalického křemíku a výrazně je zhoršena mechanická odolnost křemíkových desek, nicméně se začíná tato technologie prosazovat i v masové výrobě. Elektrické parametry jsou srovnatelné s multikrystalickým křemíkem a náklady na solární panely s těmito články by měly být asi o 5 % nižší.

Ještě dále zasahuje prototypová technologie SGS (Silicon on Glass Sheet). Na levnou skleněnou podložku je nanášena tenká vrstva křemíku, která je během velmi krátkého procesu přetavena v kompaktní krystalickou vrstvu, v níž je pak následně vytvořena struktura solárních článků. Solární panel je pak osvětlován ze strany skla.

Zvýšení účinnosti lze dosáhnout přesunutím obou kontaktů (kladný a záporný pól) na plochu zadní strany a tím se zvětší sběrná plocha článku – technologie MWT, MWA, PUM.

### 3. 1. 2. 2. Snížení nákladů ostatních položek při instalaci systému

Náklady na instalaci FVS představují také významnou položkou z celkových investičních nákladů. Vítané jsou tedy všechny inovativní postupy, které vedou ke zjednodušení a tím i zlevnění montáže. Příkladem může být evropskou komisí podporovaný záměr konstrukce levného solárního panelu s integrovaným síťovým střídačem pro přímé připojení k rozvodné síti. Odpadá tím složitá propojovací kabeláž.

## 3.2. Předpoklady rozvoje do roku 2010 v ČR

Budoucí obraz stavu fotovoltaiky v horizontu let 2010 a dále závisí a bude záviset na mnoha faktorech, které se vzájemně ovlivňují. Na základě vývoje jednotlivých faktorů a podmínek, které budou vytvořeny, lze stanovit pravděpodobné scénáře vývoje. Předně je však potřeba definovat stávající počáteční podmínky, z kterých je možné vycházet a samozřejmě také okrajové meze, které nám vymezují možnosti dalšího vývoje.

Dostatek kvalitní a levné energie je chápán jako základ ekonomického, společenského a kulturního rozvoje každé společnosti. S masivním využíváním stávajících zdrojů energie se začíná objevovat i požadavek na čistotu a bezpečnost zdrojů. Jednotlivým druhům primárních energií přináležejí vlastnosti, které určují jejich případnou úspěšnost. Pro jednotlivé vlády představuje energetika klíčové odvětví ekonomiky a proto věnují patřičnou pozornost dalšímu vývoji. Koncovými uživateli energií jsou však jednotlivci a tak i celá společnost, jejíž chování, motivované hodnotovými prioritami, pak určuje podobu energetiky. Do úvah také velmi silně vstupuje vývoj moderních technologií, které nabízejí jednak zvýšení efektivity využívání energie a také přicházejí s celou řadou nových způsobů získání energie. Nezastupitelnou roli má na tomto procesu věda a výzkum, které přicházejí s novými řešeními. Silný průmysl vlastní technologické a finanční prostředky na ovlivnění vývoje v energetice.

### 3.2.1. Charakteristika slunečního záření v ČR

Na povrch území České republiky dopadá sluneční záření s průměrnou intenzitou  $800 \text{ W/m}^2$  v závislosti na lokalitě a klimatických podmínkách. Ročně tak dopadne na naše území energie  $1000\text{--}1250 \text{ kWh/m}^2$  (průměr pro ČR činí  $1081 \text{ kWh/m}^2$ ). Sluneční energie je dostupná kdekoliv na Zemi a proto neexistuje ani preference lokalit. Díky tomu a také vlivem relativně malé energetické hustoty je fotovoltaika předurčena spíše pro výrobu elektřiny v decentralizovaných zdrojích. Navíc umožňuje výrobu elektrické energie přímo v místě spotřeby a to i bez nutnosti připojení k rozvodné síti. V našich podmínkách je fotovoltaický systém s výkonem  $1 \text{ kW}$  schopen vyrobit  $900\text{--}1000 \text{ kWh}$  elektrické energie za rok.

Aspekt	+	-
<b>Dostupnost energie</b>	kdekoliv na Zemi	pravidelná nedostupnost v noci závislost na ročních obdobích závislost na klimatických podmínkách
<b>Udržitelnost</b>	časově neomezená možnost využívání brzká energetická návratnost	
<b>Kvalita</b>	možnost nezávislosti	při širším využívání vyžaduje akumulaci elektrické energie nízká energetická hustota
<b>Čistota</b>	provoz nezatěžuje životní prostředí – emisemi, hlukem... přirozený energetický tok	výrobní procesy jsou zatím energeticky náročné
<b>Bezpečnost</b>	provoz nepředstavuje žádná bezpečnostní rizika	

### 3.2.2. Společnost a její potřeby

V České Republice žije v současnosti okolo 10 milionů obyvatel a tento stav je již několikátý rok bez výraznějších změn. Roční spotřeba elektrické energie na osobu v domácnosti je v průměru  $1100 \text{ MWh}$ . Do celkové spotřeby je potřeba započítat i spotřebu v průmyslu a službách v objemu  $65 \text{ TWh}$ .

### 3.2.3. Odhad teoretického potenciálu FV v ČR

Pro stanovení teoretického potenciálu fotovoltaiky v ČR můžeme vycházet z předpokladu, že jediným omezením je dostatek vhodné plochy pro instalaci solárních panelů. Nehledě na technologii výroby panelů, která bude v uvažovaném časovém horizontu dominantní, bude se vždy jednat o zařízení s velkou zachytanou plochou. Dále můžeme do úvah zahrnout zlepšování parametrů solárních panelů, což se promítne v rostoucím výkonu resp. rostoucím energetickém zisku z jednotky plochy. V podmínkách ČR se uvažuje z 90 % se systémy připojenými k rozvodné síti vzhledem k vysoké hustotě pokrytí.

Solární panely mohou být součástí vhodně orientovaných střech a fasád všech možných typů budov – rodinné a bytové domy, školy, úřady, knihovny, výrobní a správní budovy obchodních a průmyslových společností, banky, veletržní haly... Pro instalaci panelů je možné využít i protihlukové bariéry podél dálnic a železnic, volné jinak nevyužité plochy průmyslových areálů, střešní konstrukce nástupišť vlakových a autobusových nádraží a stanic, zastřešená parkoviště, sportovní zařízení. Jak dokumentují četné příklady ze zahraničí je podoba budovy mnohdy přizpůsobena velmi kreativně instalaci solárních panelů.

Ideální umístění panelů je s orientací na jihjihozápad se sklonem 45° vzhledem k vodorovné rovině pro celoroční provoz. Nicméně je možné vzhledem k místním podmínkám orientovat solární panely od jihovýchodu k jihu a sklon je možné volit od polohy vodorovné až po svislou. Pro zvýšení energetického zisku je možné aplikovat natačecí systémy, které mění orientaci a případně i sklon panelů v závislosti na poloze Slunce. Zvýšeného energetického zisku je možné dosáhnout i použitím solárních panelů s aktivní plochou na obou stranách. K těmto účelům se dají využít i různé odrazné plochy zvyšující sběr slunečního záření při zachování aktivní plochy.

V následující tabulce je proveden odhad vhodných ploch pro instalaci solárních panelů. Základní propočet výkonu je stanoven pro solární panely se současnými parametry – 120 W/m<sup>2</sup>. V posledním sloupci jsou uvedeny roční energetické zisky.

	Stav k r. 2001*	Instalovaný výkon (účinnost 15%)	Roční suma energie (účinnost 15%)
	Počet	GW	TWh
<b>Obytné budovy</b>	1 969 568	20,0	20,0
<b>Školy</b>	13 195	0,4	0,4
<b>Veřejné objekty</b>	10 000	0,9	0,9
<b>Komerční budovy</b>	10 000	1,2	1,2
<b>Průmyslové budovy</b>	8 000	0,8	0,8
<b>Ostatní</b>		1,0	1,0
<b>Celkem</b>		<b>24,3</b>	<b>24,3</b>

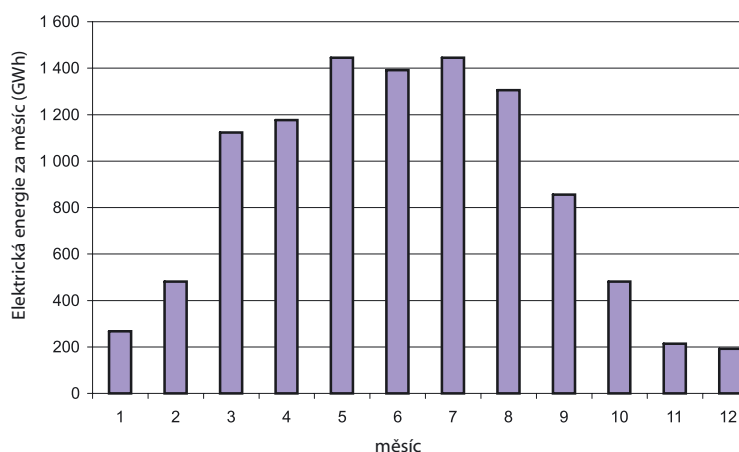
\* ČSÚ k 1.3.2001

V případě použití solárních panelů se solárními články s účinností 25% by při stejné ploše byl instalovaný výkon všech FV systémů až 40,5 GW a ročně by pak vyrobily okolo 40,5 TWh elektrické energie. Tento propočet zahrnuje pouze fotovoltaické systémy na stávajících budovách s minimálními úpravami. Skutečná hodnota s využitím všech možností by mohla být daleko vyšší.

Z uvedeného vyplývá, že největší potenciál spočívá v instalacích fotovoltaických systémů na obytných budovách. V případě rodinných domů bylo počítáno s FV systémy o výkonu 5 kW nainstalovaných na 70% všech RD.

Měsíční objemy elektrické energie vyrobené fotovoltaickými systémy o celkovém teoretickém výkonu jsou uvedeny pro ilustraci v grafu 8:

**Průměrné hodnoty elektrické energie za měsíc při plném využití teoretického potenciálu v ČR (graf 8)**

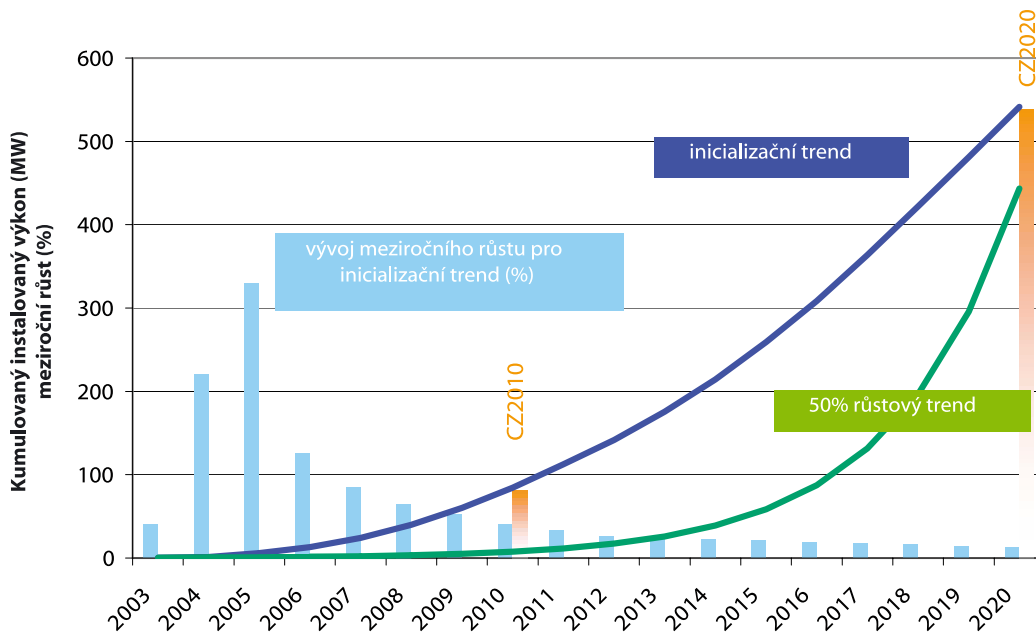


### 3.2.4. Předpokládaný vývoj do roku 2010 v ČR

Jak již bylo uvedeno, EU si stanovila cíl pro instalovaný výkon fotovoltaických systémů do roku 2010 na úroveň 3 GW. Při započítání poměru počtu obyvatel v EU a v ČR získáme referenční cíl České Republiky pro rok 2010. Celkový instalovaný výkon by měl dosahovat hodnoty 84 MW. Podle evropského cíle pro rok 2020, by pak v ČR měly být provozu fotovoltaické systémy s celkovým výkonem 541 MW.

V grafu 9 jsou uvedeny dva příklady možného vývoje. V případě trendu s 50% meziročním růstem objemu instalovaného výkonu je počáteční růst velmi pomalý vzhledem k nízké počáteční hodnotě (0,3 MW v roce 2002). K výraznějšímu nárůstu instalovaného výkonu by došlo až okolo roku 2015 a ani tak by nebylo dosaženo ekvivalentu cíle EU k roku 2020 (541 MW). Cíle pro rok 2010 by zdaleka nebylo dosaženo a navíc by pozvolný počáteční růst neumožňoval dostatečný rozvoj domácího fotovoltaického průmyslu.

Prognózy možného vývoje množství instalovaného výkonu v ČR do roku 2020 (graf 9)



Druhý navrhovaný trend s namodelovaným proměnným meziročním nárůstem vyhovuje oběma cílům vycházejícím ze závazků EU. První čtyři roky (2004–2007) je navržen velmi rychlý růst (až 300%) jako kompenzace nízké výchozí hodnoty. Meziroční růst by se potom postupně snižoval až na úroveň 15 %.

Dosažené instalované výkony i tak budou představovat stále ještě malý podíl na celkové vyrobené případně spotřebované energii. Energie vyrobená ve FV systémech s výkonem 84 MW v roce 2010 odpovídá přibližně 0,1 % a pro rok 2020 s výkonem 541 MW by to znamenalo asi 0,6 %. Pro představu v roce 2010 připadne na osobu v ČR solární panel s výkonem 8 W a v roce 2020 to bude již 54 W.

Celkový objem nákladů, které je nutno vynaložit na instalaci FVS s výkonem 84 MW (2010), je odhadován na 10 miliard korun, dosažení výkonu 541 MW (2020) by vyžadovalo investici dalších 30 miliard korun.

Největší potenciál je uložen ve fotovoltaických systémech pro rodinné domy, a proto většina systémů s průměrným výkonem 2,5 kW by mohla být v činnosti právě na střechách a ve fasádách obytných budov. Fotovoltaické panely se postupně budou stávat běžnou integrální součástí střech a fasád správních a komerčních budov. Většinou se bude jednat o FV systémy s výkony v řádech desítek až stovek kW. Vzhledem k jejich nezanedbatelnému počtu budou tvořit také významnou část celkového instalovaného výkonu. Všechny tyto systémy budou připojeny k rozvodné síti. I nadále bude pokračovat zvyšování počtu malých ostrovních systémů, jejich celkový příspěvek však nebude významný.

Pro rozvoj fotovoltaiky je možné sestavit efektivní národní program. Velmi důležitou úlohu v tomto procesu by pak měly použité motivační nástroje.

## 4. Specifické problémy dané oblastí

### 4.1. Vliv nerovnoměrné a decentralizované dodávky elektrické energie z FVS na elektroenergetickou síť

Nectností není ani tak nízká energetická hustota jako nestabilita dostupnosti energie způsobená pravidelným střídáním denních dob a ročních období a dále podstatným vlivem počasí. Do roku 2010 však podíl FV nebude tak výrazný, aby významným způsobem zasáhl do chování sítě. Navíc v budoucí struktuře energetických zdrojů se samozřejmě počítá i s jinými obnovitelnými zdroji energie – voda, vítr, biomasa. Tato skutečnost v globálním měřítku vede k požadavku skladovat vyrobenou elektrickou energii. V případě většího podílu fotovoltaiky v rámci energetického systému bude nutné přizpůsobit systém řízení energetické sítě. V koncových větvích sítě budou distribuované malé energetické zdroje.

## 5. Souhrn

Absence negativního vlivu provozu solárních zařízení na životní prostředí a praktická nevyčerpatelnost jejich energetického zdroje činí fotovoltaiku velmi slibnou technologií pro získávání elektrické energie již v blízké budoucnosti. Z tohoto pohledu je pro mnoho lidí fotovoltaika velmi atraktivní energetická alternativa. Vysoká investiční náročnost a dlouhá doba investiční návratnosti však zatím zabraňuje širšímu komerčnímu rozvoji fotovoltaiky. Pokud je vysoká cena solární elektrické energie jediným argumentem proti širšímu rozvoji, pak je nasnadě využít a rozvíjet technologický potenciál o němž víme. Nejsou známy bariéry, které by neumožňovaly pokračovat v dalším pozitivním vývoji. Naopak, probíhají programy na podporu rozšíření fotovoltaického trhu a programy na podporu základního a aplikovaného výzkumu ukazují na možnost eliminovat nepříznivé rysy fotovoltaiky již v blízké budoucnosti.

### Použité zdroje

Deschamps, G.: Sustainable Energy Systems and PV in Europe, „Towards a Shared European Vision on the Future of PV Research, Market and Industry“, Joint Workshop of PVNET, PV-EC-NET, PV-NAS-NET and EPIA, University of Ljubljana, 02/2003

Weeber, A.: Silicon Solar Cells, „Towards a Shared European Vision on the Future of PV Research, Market and Industry“, Joint Workshop of PVNET, PV-EC-NET, PV-NAS-NET and EPIA, University of Ljubljana, 02/2003

Bařinka, R., aj. Werner: Energetické fasády s fotovoltaickými články, časopis Ateliér otvorových výplní a obvodových pláštů budov, 6/97, str. 12–15, ISSN:1211–6580

Waldau–Jager, A.: PVNET – R&D Roadmap for European PV, conference paper, Waldau

Spiers, D.,J.: Photovoltaics: Background and Future Projections, Report prepared by Fortum for World Energy Council, 28th June 2000, revised 11th July 2000

Jager–Waldau, A.: Status of PV Research, Solar Cell Production and Market Implementation in Japan, USA and the European Union, European Commission, DG JRC, Institut for Environment and Sustainability, Renewable Energies Unit, Ispra, Italia, EUR 20245 EN

KPMG Bureau voor Economische Argumentatie – Solar Energy: from perennial promise to competitive alternative, final report, project number 2562, written for Greenpeace Nederland, Hoofddorp, August 1999

Photon International: the Photovoltaic Magazine, 1/2002 – 5/2003



# EKONOMICKÉ HODNOCENÍ VYUŽITÍ OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ

Ing. Miroslav Šafařík, Ph.D.

## 1. Úvod

Je nadmíru obtížné v jedné kapitole popsat, jakým způsobem je možné ekonomicky hodnotit prosazení „jediné správné alternativy“, tj. zajištění energie z hlediska principů udržitelného rozvoje. Pojem ekonomika, resp. adjektivum „ekonomický“ ztratilo mnoho ze svého původního významu „hospodárnost“, „hospodárný“<sup>1</sup>. Při pohledu na stav našeho světa a jeho skutečně zásadní problémy nelze ovšem opsat standardní příručky a zůstat u kategorií „návratnost investice“ nebo „čistá současná hodnota“.

Problém ekonomického hodnocení je o to hlubší, že mnohdy nejsme schopni posoudit, co je skutečně ekonomické, tj. hospodárné. To, co se z pohledu jednotlivce může jevit jako vysoce ekonomické (ziskové), může být z pohledu celospolečenského čistě prodělečný projekt a také z hlediska dopadů na životního prostředí nemusí být právě výhodný. Při jakémkoliv naší činnosti bychom tak měli začít prosazovat tzv. strategii trojí výhry<sup>2</sup>, jejíž uplatnění zaručuje, že získává jak jednotlivec (např. investor), tak i společnost (např. zaměstnanost, místní daně), ale také životní prostředí (nedochází k záboru kvalitní půdy, znehodnocení ekosystémů, ale naopak dojde k lokálnímu zlepšení – kvality ovzduší, vody apod.).

Pokud jde o energii, tak hovořit v jejím případě o „tržním prostředí“ je poněkud hazardování s důvěrou, neboť více než polovina světového produktu (tj. hrubých národních nebo domácích produktů) je plně závislá na spotřebě ropy. Ropa podléhá zákonům trhu pouze omezeně a teprve druhotně, neboť její cena je dána nejen náklady těžby, distribuce a ziskem (o externích nákladech vůbec nemluvě – viz dále), nýbrž je z velké části stanovována na základě politického vývoje a dohod nejnvlivnějších skupin, zejména v rámci zemí OPEC. Obdobné je to i u ostatních neobnovitelných energetických surovin.

### 1.1. Příčiny selhávání ekonomického pojetí světa

V tomto, možná poněkud obsáhlejším, úvodu budou představeny základní příčiny současného přístupu k využívání přírodních zdrojů a k jejich ekonomickému chápání a hodnocení.

#### Příčina první: hustota energie

Sluneční energie je jediný zdroj energie, který ke svému životu potřebujeme skutečně nezbytně. Z pohledu existence člověka i lidstva lze sluneční energii možno považovat za nevyčerpatelný zdroj, jehož využívání nemá žádné přímé negativní dopady na životní prostředí, zato je přímo nezbytné pro zachování života na Zemi. Tato tvrzení však byla na několik století překonána lidskou pohodlností a touhou dokazovat si vlastní převahu nad přírodními zákony.

Ačkoli je roční dopadající sluneční záření 10 000 krát větší než celosvětová roční spotřeba energie, jejímu využití se stále nepřikládá větší význam. Na vině je – jak jinak – ekonomika.

Na výrobu jednotky energie z obnovitelných zdrojů energie, zejména sluneční, jsou kvůli její nízké hustotě (využitelná energie/plošná jednotka) potřebné podstatně větší plochy, než při výrobě energie s fosilních zdrojů. Pro srovnání: 1 GW elektrické energie představuje za současného stavu technologie cca 86 km<sup>2</sup> v případě využití sluneční energie, v uhelné či jaderné elektrárně to představuje zhruba 0,3 km<sup>2</sup>. To je jeden ze zásadních důvodů, proč se až 90 % světové energie vyrábí stále ještě z fosilních a jaderných zdrojů. Sluneční energie je zároveň podstatná pro využívání ostatních obnovitelných zdrojů – větrné, vodní a energie biomasy, snad vyjma energie přílivu a geotermální energie.

#### Příčina druhá: Paradox rohu hojnosti

Ačkoli se ekonomické příručky hemží pojmem „omezené zdroje“, s většinou přírodních zdrojů nakládáme stále tak, jako by prýštily z rohu hojnosti. Přírodní zdroje jsou doposud chápány jako příjem plynoucí těm, kteří mají právo s nimi nakládat. Neudržitelné drancování přírodních zdrojů, které ve většině zemí světa nezměněným tempem pokračuje, by mohlo být převedeno na o několik řádů vyšší kvalitativní úroveň prostou překvalifikací přírodních zdrojů na aktiva<sup>3</sup>.

V účetnictví by se tudíž přírodní zdroje (snad vyjma těch, které mají charakter čistých veřejných statků) projeví jako aktiva. Jakkoli je tato konstrukce hypotetická, jako jedna z mála by odpovídala neoklasické vizi tržního hospodářství. Současné velmi nedokonalé tržní systémy totiž v podstatě vznikají až na úrovni služeb a statků vyprodukovaných na základě neustále přitékajících „neúčtovaných“ přírodních zdrojů.

<sup>1</sup> Také pojem ekonomie by měl být představován především jako „nauka o správném hospodaření“

<sup>2</sup> Názvosloví vychází z vědní disciplíny Teorie her

<sup>3</sup> Viz např. Schumacher, E. F.: Malé je milé, Doplněk Brno, 2000

## Příčina třetí: Přitažlivost kapitálu

Energetické firmy, stejně jako velké hutní, strojírenské, vodohospodářské a další firmy byly zakládány často s podporou státu, a to jak z důvodů strategických, tak i z důvodu „přirozeného“ provázání nejsilnějších průmyslových odvětví s politikou. Po dobu více než sto let si tyto firmy, původně i veřejné podniky, budovaly vztahy se státem natolik silně, že jej dnes v mnoha směrech ovládají. Tato skutečnost je nanejvýše podpořena tím, že tok přírodních zdrojů generuje či pomáhá generovat prakticky veškerý další kapitál, včetně spekulativního. Spolu s nepřijatelným způsobem nakládání s přírodními zdroji jsou tak podstatně omezeny aktivity v oblasti nakládání s energií i materiálem v souladu s principy udržitelného rozvoje.

## Příčina čtvrtá: Veřejná podpora

S předchozí příčinou souvisí bezprostředně i převážné směřování budoucího vývoje – vůdčí síly ve společnosti nejsou ochotny masivně podporovat něco, co by mohlo přímo ohrozit jejich zisky v krátkém či středním období. Vývoj k šetrnému zacházení se Zemí se tak dostává do stále většího skluzu za negativními projevy vyvolanými „dobýváním“ kapitálu na bázi neobnovitelných přírodních zdrojů. Tomuto trendu podléhá i naprostá většina vědeckého úsilí. Věda, třebaže mnohdy nikoli přímo, slouží (je manipulována...) převládajícím trendům a sama tyto trendy vytváří (... a následně sama manipuluje).

Jako ilustraci převažujícího mínění o vhodnosti směřování dalšího vývoje energetiky lze uvést přehled podpor, které byly z veřejných prostředků věnovány na vědu a výzkum. Následující tabulka ukazuje celkovou výši prostředků vydaných na programy výzkumu a vývoje v oblasti energetiky v rámci zemí sdružených v Mezinárodní energetické agentuře (IEA) v průběhu let 1983–1997.

**Tabulka 1: Prostředky na VaV v zemích IEA (1983–1997)**

Struktura vynaložení veřejných prostředků	Výdaje v mil. USD
<b>Konvenční jaderná energie, vč. rychlých reaktorů</b>	64 420
<b>Fosilní energie</b>	18 950
<b>Jaderná fúze</b>	16 670
<b>Obnovitelné zdroje energie</b>	10 490
<b>Energetické úspory</b>	11 030

Na podporu obnovitelných zdrojů energie a úsporných opatření bylo vynaloženo pětkrát méně veřejných prostředků, než kolik jich směřovalo do „klasické“ energetiky, přičemž vzájemný poměr se postupem času poněkud vylepšoval ve prospěch úspor a obnovitelných zdrojů.

## Příčina pátá: Diskontování budoucnosti

Standardní ekonomické posuzování investic spočívá v porovnání jejich současné hodnoty a vychází z předpokladu, že budoucí hodnota příjmů (peněz) je v současnosti nižší a je vyjádřena diskontem této hodnoty. Lze dokázat, že v případě přírodních zdrojů (statků) se jedná o (vědomé) ekonomické „znevažování“ jejich budoucí hodnoty, neboť toto čistě finanční ocenění není podloženo skutečným snížením jejich hodnoty. Ta zůstává v případě trvání existence daného statku stejná, v případě těžených neobnovitelných zdrojů dokonce roste (viz také dále – závěrná technologie).

Tzv. společenská míra časové preference odráží společenské mínění o tom, že budoucí společnost bude bohatší než ta současná, a jednotkový přírůstek jejího bohatství tak bude mít menší hodnotu. Takovéto subjektivní vyjádření preferencí však neodpovídá ani předpokladu generační spravedlnosti – tím, že se zásadní rozhodnutí a řešení zásadních problémů neustále odkládají, vznikají velká generační pnutí a narůstají s tím spojené náklady – náklady na zavedení konkrétního programu nebo politiky, daňové reformy, náklady na odstranění škod, tj. v souhrnu rostou transakční náklady.

O záležitostech s dlouhodobým působením rozhoduje převážně generace, která jejich dopady již nepocítí vůbec, nebo jen velmi málo. Ekonomické dopady jsou vědomě přenášeny do budoucna a na ty části společnosti, které se nedokáží účinně bránit – daňové poplatníky středního stavu, malé a střední firmy.

## Příčina šestá: Deformované po(d)vědomí

Z předcházejících příčin vyplývá skutečnost, že jsme v průběhu života neustále vystaveni informačnímu tlaku, na jehož základě přijímáme schémata chování. Spotřeba energie je jedním z nejsilnějších schémat chování, ať je to v podobě elektrické či tepelné energie, nebo pro pohon automobilu apod.

Výchova k obecně šetrnému přístupu k využívání přírodních zdrojů, stejně jako výchova ke skromnosti a pokoře (např. před přírodními zákony) je chápána jako něco nepatřičného, neboť v začarovaném kruhu současného pojetí ekonomického chování (založeného na začarovaném kruhu sobeckého zájmu, motivace okamžitým ziskem a nezbytností ekonomického růstu) dle předsevzetí mnohých brání prosperitě jednotlivce i společnosti. Nebezpečí lze však spatřovat i v nezájmu a pohodlnosti a konečně také v lehkosti, s jakou jsme ochotni podléhat iracionálnímu uvažování a přijímat jednoduchá, pohodlná a v pravdě řečeno líbivá řešení.

## Příčina sedmá: Růst entropie – podcenění přírodních zákonů

Zatímco kritický růst entropie v uzavřeném systému (Země) je přímým důsledkem lidské činnosti, jeho podcenění je příčinou dalšího nárůstu entropie. V podstatě se tak jedná o kladnou zpětnou vazbu. Jestliže na jedné straně vzrůstá zájem o zlepšování bezprostředního životního prostředí (úměrně jeho předchozí devastaci), otázky spojené se stabilitou globálního ekosystému jsou diskutovány velmi rozpačitě, výjimkou snad může být „problém ozónové díry“, kdy byl v relativně krátké době shromážděn dostatek důkazů pro odhalení „viníka“, reálný a velmi zákeřný problém zde však zůstal na desítky let.

Růst entropie je (dle druhého termodynamického zákona) přirozeným doprovodným jevem všech termodynamických procesů a prakticky znamená neustálé vytváření termodynamické rovnováhy a zároveň postupnou degradaci energie a hmoty. Jakýkoli způsob výroby energie na Zemi způsobuje větší či menší nárůst entropie oproti stavu, kdybychom energii nevyráběli vůbec.

Tento fakt je nutno považovat za základ celého problému. Řídnutí ozónové vrstvy, zvýšený skleníkový efekt, půdní eroze, úbytek zásob pitné vody – tyto a další jevy je možné považovat pouze za konkrétní projevy nárůstu entropie v globálním ekosystému. Pokud bychom využívali pouze sluneční energii (v jejích mnoha podobách), pak bychom se většinou (nejen) environmentálních problémů zcela jistě vyhnuli – ovšem s ohledem na setrvačnost již nastartovaných nepříznivých jevů. Vysvětlení je poměrně jednoduché; entropie spojená s výrobou sluneční energie narůstá na Slunci a tak tomu bude nejspíše ještě 4–7 miliard let.

## Strategie udržitelného rozvoje<sup>4</sup> energetiky

Teprve s uvážením všech výše uvedených skutečností je možné přistoupit k porovnání „klasických“ a obnovitelných zdrojů energie. Pokud vyjdeme z předpokladu neustálého nárůstu spotřeby a tudíž i výroby energie, nemá prakticky význam hovořit o udržitelném rozvoji a obnovitelné zdroje energie v tomto případě zůstanou kdesi na okraji zájmu jako doplňkový, případně záložní strategický zdroj.

Pokud ovšem přijmeme princip udržitelného rozvoje za jedinou možnou strategii existence, pak je nezbytné hledat způsoby a cesty k postupnému snižování energetické náročnosti a plynulému nárůstu využití obnovitelných zdrojů.

Pokud bychom docílili poklesu celkové energetické náročnosti o 1,5 % ročně a současně k nárůstu podílu OZE o 0,75 % ročně ve vztahu k vývoji spotřeby primárních energetických zdrojů, pak by při udržení trendu (této strategie) za 50 let činil podíl neobnovitelných zdrojů na celkové spotřebě primárních zdrojů energie méně než 40 % současné potřeby.

Strategie snižování energetické náročnosti (a absolutní spotřeby) a zvyšování podílu OZE jsou vzájemně se doplňující a neodlučitelné.

## 1.2. Veřejná podpora

V oficiálních dokumentech Evropské unie můžeme opakovaně nalézt tezi, že za nejlepší ekonomické řešení současných i budoucích environmentálních problémů je obecně považováno zahrnutí externích nákladů do cen energie – tzv. internalizace externalit. Tento problém by pak téměř bezesbýtku měla řešit ekologická (energetická) daňová reforma. S ohledem na složitost vyjednávání a vlivů různých skupin je vždy zároveň konstatováno, že druhým nejlepším řešením jsou systémy přímé podpory – dotace, nízkouročené půjčky a ostatní podpory<sup>5</sup>, vč. garantovaných výkupních cen a dalších nástrojů.

Veřejná podpora je však vždy dvousečnou zbraní a může být zároveň jednou z příčin neudržitelného rozvoje. Při bližším pohledu je možné uvést pro ilustraci příklad neefektivního vynaložení veřejných prostředků v případě podpory náhrady lokálních topenišť v rámci boje proti znečišťování ovzduší. Tento neúspěšný projekt je však možné vyhodnotit teprve nyní ex post, neboť v době vzniku nebyla dána pravidla hry, tj. dlouhodobá koncepce či další jednoznačná kritéria, ale zadání bylo do značné míry politické.

V průběhu uplynulých let bylo pod záminkou ochrany ovzduší vynaloženo přes 12 miliard korun na náhradu kotlů na tuhá paliva za přímotopy a nepřímo za kotle na zemní plyn. Nikdo, bohužel, nebyl ochoten financovat studii, která by zhodnotila efektivnost těchto prostředků, ale z dílčích studií a statistik lze odvodit velmi tristní závěry – z velké části byly prostředky vynaloženy neefektivně. I v případě, že by skutečně všichni zůstali u vytápění přímotopy a všichni, kdo byli z veřejných prostředků připojeni k zemnímu plynu, jím také vytápěli, nejedná se v žádném případě o systémový přístup.

<sup>4</sup> Udržitelný rozvoj resp. trvale udržitelný rozvoj má několik uznávaných definic. V Zákonu č. 17/1992 Sb. o životním prostředí je definován následovně: „Trvale udržitelný rozvoj společnosti je takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává funkce ekosystémů.“

<sup>5</sup> Nejsou-li v rozporu se směrnicí o veřejné pomoci

Zodpovědný stát, který se hlásí k principům udržitelného rozvoje, by se měl totiž zachovat zcela jinak, a to tak, jak vyplývá z objektivního hodnocení opatření. V první řadě by měly být vyčerpány veškeré možnosti na poskytnutí podpor do energeticky úsporných opatření – výměna oken, tepelná ochrana budov formou nevratné dotace, bezúročné půjčky apod. Teprve v druhé fázi a částečně souběžně má nastoupit podpora „provozně“ neškodným opatřením využívání sluneční energie, biomasy a dalších obnovitelných zdrojů.

Jako příklad jiného přístupu k formulaci veřejných podpor je možné uvést přípravu dlouhodobého programu na podporu využívání bioplynu, který byl v letech 2001–02 zpracováván pro ministerstvo životního prostředí a ministerstvo zemědělství.

## Příklad komplexního hodnocení

Tabulka 2 představuje shrnutí některých podstatných společenských nákladů, resp. společenského užítku využívání bioplynu, které lze alespoň částečně kvantifikovat (zde se jedná o hrubé odhady). Údaje jsou vztaženy na 1 PJ energie vyrobené z bioplynu<sup>6</sup>. Pro přepočtení na Kč jsou použity tyto údaje: VaV ve výši 5–10 % HDP (vztaženo k roku 2001); náklady na jedno pracovní místo ve výši 300–600 tis. Kč; 1100–1700 pracovních míst na 1 PJ. Jedná se o jeden z možných přístupů ke zjišťování celkového efektu podpory, provedení podrobnější cost-benefit analýzy by výsledky uvedeného odhadu zpřesnilo.

**Tabulka 2: Příklad kvantifikace některých efektů využívání bioplynu**

Druh efektu	náklady (-)/prospěšnost (+) (mil. Kč)	
	nižší odhad	vyšší odhad
<b>zaměstnanost</b>	+ 330	+ 600
<b>bilance zahraničního obchodu</b>	+ 150	+ 180
<b>odstraněné emise skleníkových plynů</b>	+ 40*	+ 80*
<b>odstraněné (omezené) externality</b>	+ 60*	+ 120*
<b>potřeba státní podpory<sup>7</sup></b>	- 540	- 880
<b>celková bilance</b>	- 20	+ 20

\* efekty do značné míry duplicitní – nutno započítat jen jednou, případně zvolit podrobnější metodiku

Správně nastavená státní podpora by měla zhruba pokrývat společenské užítky plynoucí z naplnění předmětu podpory. V případě, že je třeba nějaký proces nastartovat, může být podpora i o něco vyšší (pozitivní motivace). Tabulka 2 obsahuje pouze hlavní, uznávanými metodami kvantifikovatelné efekty a je orientační.

## Vzájemné porovnání klasických zdrojů a jejich alternativ

Jednou z metod (viz kapitola Extrenality) vzájemného porovnání několika variant řešení je multikriteriální hodnocení. Tato metoda, spolu s cost-benefit analýzou a dalšími, doposud méně užívanými metodami<sup>8</sup> se dostává stále silněji do popředí. Pro komplexní posouzení v případě rozhodování v souladu s principy udržitelného rozvoje by již v současnosti měla být standardním nástrojem nejen pro strategická rozhodnutí. Jako každá metoda, má i tato své přednosti a nevýhody. Předností je zcela nepochybně možnost postihnout všech základních hledisek – ekonomického, sociálního i environmentálního. Nevýhodou je, že metoda je i při dokonalém zpracování více subjektivní a velmi záleží na nastavení vah jednotlivých kritérií. Následující dvě tabulky ukazují na velmi jednoduchém příkladu – investora, který se rozhoduje o strategii volby druhu paliva pro svůj budoucí záměr – změnu pořadí preference tří druhů energetického zdroje při změně váhy kritéria, resp. při přenesení 10 procentních bodů váhy kritéria ekonomické (tržní) ceny paliva na kritérium environmentální (zde představené emisemi CO<sub>2</sub>).

<sup>6</sup> V provedené analýze se jednalo o produkci bioplynu ze zemědělských odpadů, obdobné šetření lze provést i pro oblast výroby bioplynu ze skládek, kalového plynu z čistíren odpadních vod apod.

<sup>7</sup> V této položce je zahrnuta přímá podpora formou dotace, nepřímá podpora formou měkkých půjček a nepřímá podpora formou garantovaných výkupních cen.

<sup>8</sup> Méně užívané zejména z důvodu, že jejich použití je relativně náročné na data a zpracování, zatímco energetické odvětví nebylo dlouho ničím ohrožováno a nemuselo se tudíž detailně zabírat strategickými koncepty a otázkami, jak šetřit „marginální“ množství energie, lidských zdrojů a finančních prostředků. Také vysoké nároky na týmovou práci a nutnost dosažení konsenzu jsou významnými překážkami uplatnění těchto metod.

**Tabulka 3a: Multikriteriální hodnocení I**

Kritérium	Váha kritéria (%)	Uhlí	Zemní plyn	Biomasa
<b>ekonomická cena (Kč/GJ)</b>	30	1	2	3
<b>enviromentální (emise CO<sub>2</sub>)</b>	20	4	2	1
<b>logistika (doprava, manipulace, skladování, flexibilita, bezpečnost)</b>	20	3	3	3
<b>regionální přínos (přínos blahobytu regionu, resp. státu)</b>	20	3	3	2
<b>rizika budoucího vývoje</b>	10	3	4	2
<b>vážený průměr – celkové hodnocení</b>	100	2,6	2,6	2,3

**Tabulka 3b: Multikriteriální hodnocení II**

Kritérium	Váha kritéria (%)	Uhlí	Zemní plyn	Biomasa
<b>ekonomická cena (Kč/GJ)</b>	20	1	2	3
<b>enviromentální (emise CO<sub>2</sub>)</b>	30	4	2	1
<b>logistika (doprava, manipulace, skladování, flexibilita, bezpečnost)</b>	20	3	3	3
<b>regionální přínos (přínos blahobytu regionu, resp. státu)</b>	20	3	3	2
<b>rizika budoucího vývoje</b>	10	3	4	2
<b>vážený průměr – celkové hodnocení</b>	100	2,9	2,6	2,1

Hodnocení je provedeno ve stupnici od 1 do 4, přičemž 1 je hodnocení nejlépe, 4 nejhůře. V prvním případě je nejlepší alternativou vytápění biomasou a zemní plyn je vyhodnocen na stejné úrovni s uhlím. Ve druhém případě, kdy je větší váha dána kritériu emisí skleníkových plynů, absolutní hodnocení zemního plynu se nezmění, ale dojde ke zřetelnému oddělení všech tří variant. Tento příklad je pouze ilustrativní, nicméně ukazuje možný posun, ke kterému může investor dojít po zvážení všech okolností, včetně budoucího obchodování s emisemi skleníkových plynů, daní uvalenou na primární neobnovitelné zdroje energie apod.

Jednou z metod je i metodika objektivizovaného ekonomického hodnocení, která do značné míry odstraňuje znevýhodnění energetických úspor a obnovitelných zdrojů energie. Ke znevýhodnění dochází obvykle tehdy, pokud se orgány státní správy a samosprávy ztotožňují pouze s ekonomickým pohledem investora a nezahrnují do ekonomického chování vliv externalit a dopadů na obchodní bilanci spravovaných regionů a na zaměstnanost.

Tyto uvedené způsoby hodnocení by měly být použity zásadně vždy, kdy je investorem, či rozhodující autoritou subjekt veřejné správy. Soukromý subjekt má vždy možnost výběru, do jaké míry se zachová mravně, jakou má možnost zlepšit svou image a nepoškodit přitom zásadním způsobem své obchodní zájmy.

## Externality

Externí náklad, neboli externalita může být definována jako náklad v případě, když někdo nenese sám plné náklady své činnosti, nýbrž část těchto nákladů (často obtížně vyčíslitelných) vzniká jinému subjektu. Toto je nejčastější případ, který charakterizuje tzv. negativní externality. Opačný případ je také možný, pokud subjekt nezískává úplné výnosy své činnosti a tyto výhody plynou jinému subjektu, aniž by za ně platil (pozitivní externalita). Podstatnou charakteristikou externalit bývá, že se jedná o náklady činnosti a jevů, které neprocházejí trhem. V současnosti je však stále intenzivněji vyvíjena snaha o tzv. internalizaci externalit, tj. jejich zahrnutí do standardních tržních operací. Dalším příkladem může být obchodování s emisemi, ekologická daňová reforma a další mechanismy, které jsou na vyčíslení externích nákladů do značné míry založeny.

Přístupů k vyčíslení externích nákladů, zejména pokud jde o energetiku a částečně i dopravu, kde jsou tyto negativní dopady zřejmě nejvyšší, je několik, od těch nejjednodušších až po složité modely zahrnující globální dopady.

Negativní externí náklady (dopady) spojené s výrobou a užitím energie, resp. dopravou, případně odpadovým hospodářstvím, je možné vymežit pomocí následujících kategorií:

- dopady na zdraví (nemocnost, úmrtnost);
- dopady na budovy a materiály;
- dopady na zemědělskou produkci a lesní ekosystémy;
- negativní dopady spojené s hlukem, viditelností, rekreací;
- dopady na globální oteplování, acidifikace;
- zajištění dodávek.

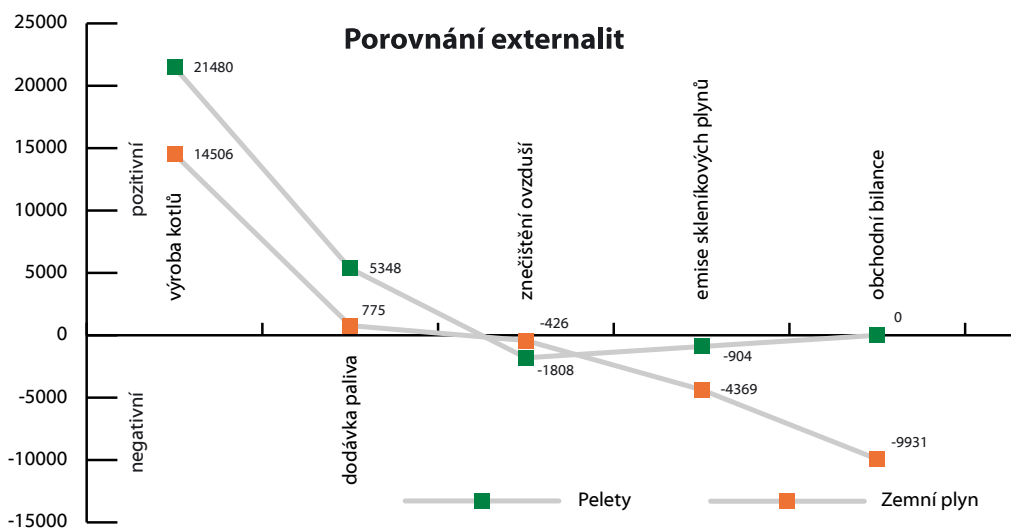
Dalšími neméně závažnými oblastmi dopadu jsou primární dopady související s přírodními ekosystémy a ztrátou biodiverzity a dopady znečištění v oblasti vod a půdy. Následující tabulka ukazuje porovnání ceny elektřiny vyrobené z uhlí bez a se započtením externalit a náklady výroby elektřiny z biomasy (se započtením externích nákladů). Ať již byla použita jakkoli hloubková metodika, je zjevné, že cena energie z OZE se při započtení externích nákladů stává konkurenceschopnou s energií z klasických zdrojů. Uvedené srovnání se týká nově budovaných zdrojů v rámci zemí Evropské unie. Pro přepočítání byl použit kurz 1 EURO = 30 Kč.

**Tabulka 4: Porovnání ceny energie z uhlí a z biomasy bez a se započtením externalit (Zdroj Evropská komise)**

Druh zdroje energie	Cena energie (Kč/kWh <sub>e</sub> )
uhlí bez externalit	1,18
uhlí včetně externalit	2,82
skládkový plyn	1,51
geotermální energie	1,87
biomasa zbytková	2,50
energie větru	2,60
hydro	2,80
bioplyn	3,20
biomasa (energ. rostliny)	3,60

Následující obrázek názorně představuje vyhodnocení externích dopadů využívání dvou druhů paliva (zemní plyn a dřevěné pelety) u pěti parametrů, které jsou relativně dobře kvantifikovatelné, ovšem běžně se takto nevyhodnocují. Graf je konstruován pro referenční oblast zásobování se spotřebou 60 TJ tepla ročně. Uvedené hodnoty jsou v tisících Kč a zahrnují vyčíslení dopadů na zaměstnanost (129 pracovníků) spojenou s výrobou kotlů a dodávkou paliva, vyčíslení dopadů na životní prostředí (emise) a saldo obchodní bilance. V souhrnném hodnocení jsou započteny pouze dlouhodobé parametry, tj. není uvažován časově odlišný (krátkodobý) dopad výroby kotlů. Rozdíl externích nákladů mezi dřevěnými peletami tuzemské výroby a dováženým zemním plynem vyčíslený touto metodou tak celkem dlouhodobě činí 16,43 mil. Kč ročně. Výpočet je proveden pomocí lineárního modelu GEMIS, který zohledňuje většinu základních procesů od těžby a zpracování surovin a výroby a spotřeby produkce v celém životním cyklu.

**Názorné porovnání vybraných externích nákladů (v tisících Kč) dvou typů zdrojů (obr. 1, zdroj společnost Cityplan, 2002)**



Takto pojatý přístup je sice zjednodušený, ale průkazný a názorný. Složitější a dnes v podstatě nejuznávanější metodou je metoda ExternE. Jedná se o nejvíce komplexní metodu pro posouzení externích dopadů a příslušných nákladů vyplývajících z výroby a užití energie jak v sektoru energetiky, tak dopravy. ExternE byl vyvíjen v rámci celé řady výzkumných projektů již od začátku 90. let. ExternE aplikuje přístup „dráhy působení“ (Impact Pathway Approach).

Výsledky ExternE jsou také součástí oficiálních publikací Evropské Komise. Výzkumné aktivity by měly dále pokračovat zejména na bázi integrovaného projektu podaného v rámci 6. Rámcového programu, který by měl být zaměřen na zpřesnění odhadu dopadů, prohloubení analýzy přenosu, disperze a chemické transformace polutantů v atmosféře a analýzy technologií užitím metody hodnocení životního cyklu (LCA), zpřesnění dopadů znečištění na zdraví včetně analýzy mortality a morbidity, zahrnutí posouzení biodiverzity a dopadů na změnu užívání krajiny a na globální oteplování.

## 1.3. Ekonomické předurčení technologického rozvoje

O tom, že pro ekonomický rozvoj jakékoli oblasti je nezbytná technická a technologická proveditelnost a opakovatelnost, nemůže být pochyb. Využívání obnovitelných zdrojů energie je v mnoha ohledech technologicky opakovatelné, existují však mnohé jiné, netechnické bariéry rozvoje (a těch je zřejmě většina), které jsou překonávány velmi pomalu (viz dále).

### Závěrná technologie

Závěrná technologie<sup>9</sup> – termín se v současnosti stále používá spíše v souvislosti s využíváním zdrojů neobnovitelných, přece však nalezneme jeho velmi úzkou vazbu na využití zdrojů obnovitelných. Pro využívání neobnovitelných přírodních zdrojů je typické, že nejprve jsou ve většině případů těžena ložiska s nižšími náklady (Dvořák 1995, Pierce, Turner 1990). V okamžiku, kdy je toto ložisko vyčerpáno, je zahájena těžba ložiska s vyššími náklady. Je zřejmé, že jak cena omezeného zdroje roste, objevují se také substituty tohoto zdroje. Závěrná technologie je právě případem „zdroje“ s vysokými produkčními náklady, který se ekonomicky neprosadí dříve, než v okamžiku, kdy jej dostihnou náklady na těžbu konvenčního zdroje.

Závěrná technologie zároveň předpokládá, že zásoba zdroje, který využívá, je prakticky neomezená – sama technologie se tak stává zdrojem. Existuje tudíž důvod považovat technologie pro využívání obnovitelných zdrojů za „závěrné“ technologie. Lze vyvodit, že přechod na závěrnou technologii je možný prakticky v jakémkoli okamžiku, záleží pouze na ekonomickém porovnání dostupných alternativ. Nejprve si musíme uvědomit jaká je cena skutečná, cena konkurenčních technologií a cena „transakce“ přechodu z konvenčních zdrojů na uvažovanou (žádoucí) závěrnou technologii.

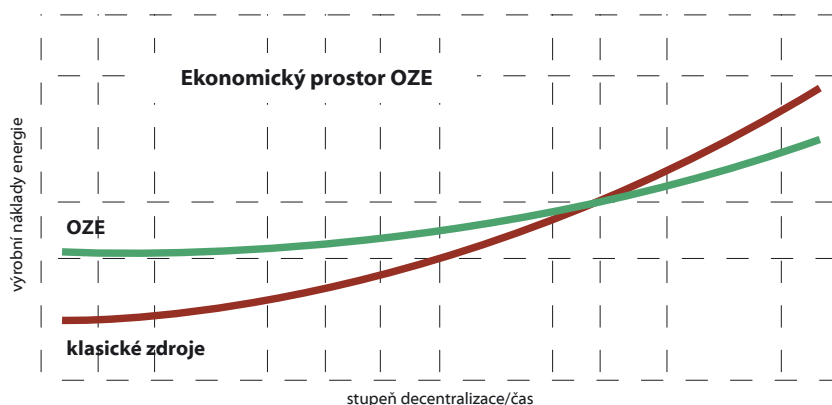
Vzhledem k životnosti investic do využívání konvenčních neobnovitelných zdrojů je prakticky nemožné konkurovat těmto zdrojům technologií využívající obnovitelné zdroje v okamžiku, kdy pracují na „zlatém konci“<sup>10</sup> svého životního cyklu. Možností, jak urychlit postup k efektivnějšímu využití přírodních zdrojů bez větších negativních externalit, je několik a měly by být využity synergicky. Předně je to důsledné uplatnění ekologické daňové reformy (EDR), které by mělo omezit čerpání neobnovitelných zdrojů s vysokými negativními externalitami. Dále je možné hovořit o cílevědomé podpoře vývoje nových šetrných technologií.

### Ekonomický prostor pro využívání obnovitelných zdrojů energie

Bez jakékoli podpory je ekonomický prostor pro obnovitelné zdroje energie (OZE) dán čistě jejich schopností konkurovat běžným konvenčním technologiím. Jedná se zejména o:

- ostrovní provoz – v místech vzdálených od síťové energie
- výrobu pro vlastní potřebu
- komerční využití tam, kde jsou splněna ekonomická kritéria (viz dále)

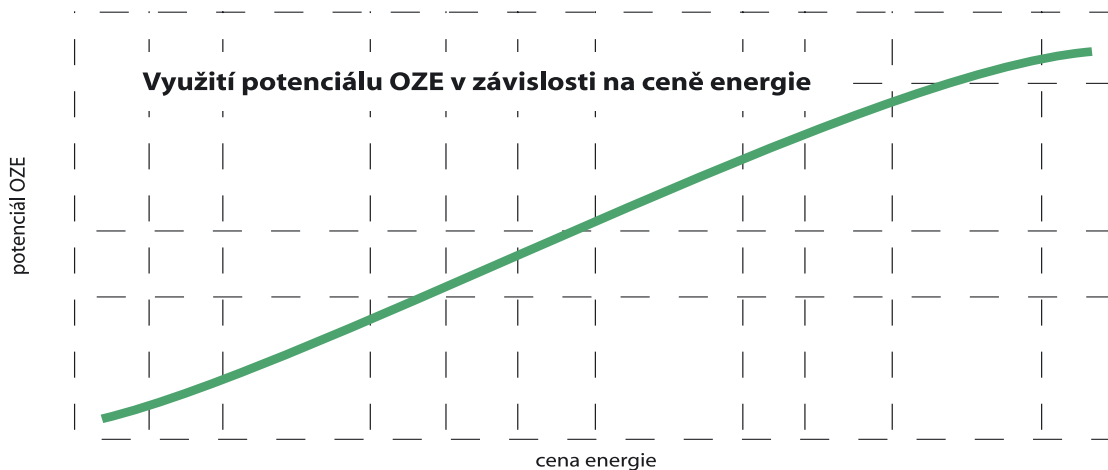
S vyšší mírou decentralizace, se vzrůstající cenou energie z klasických zdrojů a se stagnujícími či jen pozvolna rostoucími náklady na pořízení technologií využívajících obnovitelné zdroje energie lze očekávat v určitém čase (u různých druhů energie různě vzdáleném) postupné vyrovnání nákladů. Tuto hypotézu ilustruje následující obrázek 2:



<sup>9</sup> V originále „backstop technology“ nemá jednoznačný český ekvivalent, výraz je obtížně přeložitelný – závěrná, nebo konečná technologie může být jednoduchým ekvivalentem.

<sup>10</sup> Zlatým koncem se rozumí období po amortizaci investic, kdy energetické zařízení často bezporuchově ještě po dlouhou dobu vyrábí energii s nízkými náklady. Tento stav přímo vybízí k využití takto vytvářených reprodukčních prostředků k investicím do „budoucích“ energetických zařízení využívajících obnovitelné zdroje energie.

Celý proces vyrovnávání nákladů na výrobu energie závisí na mnoha dalších faktorech. Jedním z klíčových faktorů je obecně potenciál daného druhu obnovitelné energie. S nárůstem běžné ceny energie je více využíván potenciál OZE. Avšak s postupným vyčerpáváním tohoto využitelného potenciálu – nejen přírodního potenciálu, ale především potenciálu technologického – se snižuje rychlost využívání tohoto potenciálu, neboť narůstají celkové výrobní náklady technologií OZE. Následující graf tuto závislost ukazuje názorně. Exaktně se pro tento účel konstruuují tzv. nákladové křivky (viz dále), které charakterizují závislost nákladů na technologie v závislosti na míře využití zdrojů a jejich obdoba, nabídkové křivky, které charakterizují tutéž skutečnost pro zdrojovou část – zde zejména v případě biomasy.



V případě integrace decentralizovaných zdrojů OZE do centralizovaných klasických systémů může být využití jejich potenciálu rovněž limitováno možností této integrace, a to jak z technického, tak i ekonomického hlediska. Týká se to především těch zdrojů elektrické energie, u nichž je provoz výrazně závislý na vnějších podmínkách, které nelze ovlivnit (větrná energie, sluneční energie, zčásti vodní energie). U těchto zdrojů OZE je proto třeba uvažovat o způsobu jejich nasazení v souladu s potřebami systému zásobování energií a z toho vyplývajícími požadavky na záložní výkony, případně na akumulaci energie. Vzhledem k tomu, že jde o velmi složitou problematiku, není možno se jí zde hlouběji zabývat. Z ekonomického pohledu je však již zohledněna například v Cenovém rozhodnutí Energetického regulačního úřadu<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> Cenové rozhodnutí ERÚ č. 1/2003 ze dne 28. listopadu 2002, kterým se stanovují ceny elektřiny a souvisejících služeb.



## 2. Problematika záměrů výstavby zdrojů OZE dle druhu energie

Stále žijeme ve světě, který nás téměř veškeré aktivity nutí přepočítávat na peníze. Ekonomické hodnocení je tudíž nezbytnou součástí rozhodování o věcech našeho každodenního života. Přesto si můžeme pro lepší orientaci rozlišit činnosti podle toho, za jakým účelem je provádíme:

1. především **záliba, volný čas**,
2. především **dlouhodobá investice**, ale i **životní cíl, smysl života**,
3. především **podnikání, zaměstnání**.

Pokud děláme něco jako svou zálibu, vlastní realizaci ve svém volném čase, pak obvykle danou činnost hodnotíme dle kritéria celkové výše finančních prostředků, které jsme na tuto činnost ochotni věnovat. Pokud se majitel vhodného pozemku rozhodne postavit malou větrnou elektrárnu především z tohoto důvodu, nebude uvažovat o době návratnosti, míře zisku a dalších ekonomických parametrech. Vyrobenu energii pravděpodobně použije pouze pro vlastní potřebu a ekonomicky bude hodnotit pouze, zda velikost provozních, resp. celkových nákladů příliš nepřesahuje jeho možnosti.

Druhá možnost je zřejmě v případě obnovitelných zdrojů klíčovou v období, kdy jejich trhy nejsou ještě rozvinuté a stabilizované. Tento bod je velmi dobře vysvětlitelný v případě malé vodní elektrárny, která svému majiteli nese určitý zisk po velmi dlouhou dobu – s opravami a kvalitní údržbou je možné provozovat MVE i 100 let. Ten, kdo se rozhodne na dobré lokalitě postavit větrnou elektrárnu menšího výkonu zase může za několik let investovat do výměny stroje za podstatně výkonnější a výrazně tak zhodnotit svou původní úvahu. Ve skutečnosti by však využívání obnovitelných zdrojů mělo být chápáno jako přechod k udržitelnému způsobu života, kde otázka diskontování, velikosti vnitřního výnosového procenta atd. hrají pouze méně podstatnou roli.

Přístup k využívání obnovitelných zdrojů jako k čistě komerční záležitosti je přirozený a nakonec je i jedním z hlavních motorů rozvoje tohoto odvětví. Řešení se chápou nejen lidé nějakým způsobem spjatí s problematikou, ale především obchodníci a odvětví tak budují na tradičních ziskových principech. V tomto případě hrají podstatnou roli zejména ekonomické parametry, za nimiž teprve na pozadí můžeme číst technický a lidský rozměr problému:

- Kapitálové/investiční náklady (CC, NI, IN)
  - Provozní náklady (OC, PN, NP)
  - Fixní, variabilní a celkové náklady (FC, VC, TC; FN, VN, CN)
  - Mezní náklady – náklady na dodatečnou jednotku produkce (MC, MN)
  - Čistá současná hodnota (NPV)
  - Vnitřní výnosové procento (IRR)
  - Míra zisku, rentabilita (I, ROI)
  - Diskontní míra (DR, i, r)
  - Doba návratnosti (PBT, t, T)
  - Tok hotovosti – Cash flow (CF)
  - Diskontovaný tok hotovosti – diskontované CF (RCF)
- a další

## 3. Rozbor rizik určujících prvků rozvoje dle druhu zdroje

Jakkoli účelem každého zařízení využívajícího obnovitelný (primární) zdroj energie je jeho přeměna na energii elektrickou, případně tepelnou, způsoby využití jednotlivých zdrojů jsou velmi rozdílné. Z toho také vyplývají rozdílné podmínky a překážky pro rozvoj toho kterého zdroje.

### Rozhodující prvky přípravy projektu lze rozdělit například následovně

Z hlediska technického pohledu na:

- Technické – volba technologie, způsob provedení, údržba, použité materiály...
- Netechnické – administrativní zajištění, povolení, zajištění pozemku, ...

Z hlediska prostorového vymezení:

- Prvky charakterizující makro prostředí – veřejná správa, fiskální rok, daně, veřejná podpora, legislativa,
- Prvky charakterizující mikro prostředí – velikost firmy, zaměstnanci, obrat, technické normy,

Z hlediska časového:

- Krátkodobé – obvykle do 2 let
- Střednědobé – obvykle 2–10 let
- Dlouhodobé – obvykle více než 10 let

Z hlediska působení:

- Příznivé (žádoucí)
- Nepříznivé (nežádoucí)

Rozhodující prvky při rozhodování a realizaci se také mohou prolínat, pokud použijeme jejich členění z obecného – věcného hlediska:

**Ekonomické a podnikatelsko-obchodní** – analýza ekonomického prostředí a parametrů projektu, vliv konkurence, dodavatelské podmínky, logistika projektu, zajištění smluv...

**Provozu a údržby** – plánování provozních nákladů, minimalizace provozních nákladů a zásahů údržby již ve fázi projektu, systém údržby, zajištění servisu 24 hodin denně, ...

**Sociální** – výběr spolupracovníků/zaměstnanců/partnerů, vztahy s okolím...

**Institucionální** – proces povolování a schvalování, EIA, podpora

**Environmentální** – vliv na životní prostředí v průběhu celého procesu, podstoupení (i dobrovolné) procesu EIA, ekologický audit, minimalizace dopadů a pozitivní ovlivnění ŽP po dobu provozování.

Pro každý jednotlivý druh zdroje existují specifické předpoklady a tudíž i specifické překážky a rizika rozvoje. Obecně jsou tato specifika popsána v následující části. Každý projekt je však obvykle natolik individuální, že jeho realizace závisí na podrobně zpracované studii proveditelnosti a na zvážení všech myslitelných aspektů budoucího provozu, včetně tzv. kritické varianty<sup>12</sup>. Většina v úvahu připadajících rizik a předpokladů pro realizaci konkrétního projektu může mít, v případě, že se daný předpoklad uplatní, resp. dané riziko aktivuje, významný dopad na ekonomiku provozu (více též v podkapitole Citlivostní analýza).

Obecně pro obnovitelné zdroje energie dodávající elektrickou energii do rozvodných soustav platí nutnost existence záložního výkonu. Pořadí rizikovitosti dodávky energie z obnovitelných zdrojů, tj. nutnosti záložního zdroje v elektrizační soustavě je zhruba následující:

1. Větrné elektrárny
2. Sluneční elektrárny
3. Bioplynové stanice
4. Elektrárny na biomasu
5. Malé vodní elektrárny průtočné
6. Geotermální elektrárny

Toto pořadí je orientační, přičemž je možné uvažovat o snižování významu tohoto rizika s vývojem do budoucna s ohledem na:

- technologický pokrok (technologie akumulace energie),
- decentralizace výroby elektrické energie,
- vzájemné zálohování různých technologií obnovitelných zdrojů.

**Rizika** můžeme dělit například na:

#### **Přírodní vlivy**

Zde se uplatní zejména proměnlivost přírodních podmínek – jak je vodný či větrný daný rok, extrémní výkyvy počasí<sup>13</sup> apod.;

#### **Technická rizika**

Volba nevhodné technologie, poruchovost, nedodržení technologických postupů apod. Pro zjednodušení lze do této kategorie zařadit též lidská selhání a poškození (nevhodným zacházením i vandalismem);

#### **Ekonomická rizika**

Nevhodně (optimisticky) nastavené parametry projektu, podcenění provozních nákladů;

#### **Politická rizika**

Do této kategorie lze zařadit veškerá rozhodnutí na vyšší úrovni, která mohou mít negativní dopad na provoz technologií OZE – změna pravidel v poskytování podpory, změna daňových zákonů apod.

Následující tabulka podává stručný přehled o jednotlivých fázích přípravy projektu a jejich cílech. Pořadí jednotlivých fází je do značné míry dáno tím, zda se jedná o věcnou, časovou nebo formální posloupnost.

<sup>12</sup> Kritická varianta počítá se stavem, kdy je většina nebo dokonce všechny reálné parametry projektu na dolní hranici svých hodnot. Projekt by však ani v tomto stavu neměl být ztrátový – ať již uvažujeme ztrátovost z podnikatelského nebo společenského hlediska.

<sup>13</sup> Podstatnou součástí přírodních rizik jsou rizika plynoucí z globální klimatické změny. Počasí v našich podmínkách směřuje ke střídání období suchého s obdobím s vyššími srážkami, mnohdy doprovázeného vichřicemi a přivalovými dešti, což pro mnohé technologie OZE může představovat potenciální ohrožení. Pokud jde např. o využití sluneční energie, celkem pravidelně narůstá počet slunečných dní v roce nad územím ČR, což by v budoucnu mohlo zlepšit – samozřejmě s ohledem na neměnnost zeměpisné polohy – též ekonomickou stránku využívání tohoto nezastupitelného druhu energie.

Fáze projektu <sup>14</sup>	Cíle	Prostředky
<b>Záměr</b>	Získání jasnější představy o všech podstatných aspektech případné realizace projektu.	Základní studie, teze podnikatelského záměru, brainstorming.
<b>Analýza vnějšího prostředí</b>	Posouzení projektu z hlediska konkurenceschopnosti v prostředí národního hospodářství, resp. nejbližšího okolí.	SWOT analýza, SPACE analýza <sup>15</sup> , průzkum trhu, konkurence apod.
<b>Technická část projektu</b>	Zpracování technické dokumentace s kritériem maximální technické, technologické a ekonomické reálnosti (hospodárnosti) v celém životním cyklu.	Výkresová a technická dokumentace.
<b>Logistika</b>	Zpracování klíčového přechodu mezi technickou a ekonomickou částí, stanovení hlavních parametrů provozních nákladů a jejich rozpětí; částečně též: logistika realizace investiční části projektu.	Logistická studie, plán „kritické cesty“, logistická mapa projektu.
<b>Ekonomická část projektu</b>	Vyhodnocení projektu z hlediska alespoň minimální ekonomické reálnosti a zejména hospodárnosti v celém životním cyklu.	Ekonomická rozvaha, studie proveditelnosti, propočet návratnosti, CF, podnikatelský záměr, apod.
<b>Kontrola a revize</b>	Posouzení projektu z dalších hledisek, kontrola dřívějších parametrů a předpokladů; kontrola souladu se stávající a předpokládanou budoucí legislativou a normami.	Citlivostní analýza, analýza rizik provozování, energetický a ekologický audit.
<b>Financování projektu</b>	Zajištění financování projektu.	Posouzení možných zdrojů financování projektu – vlastní zdroje, granty, úvěry a výběr optimální varianty financování. Zpracování požadovaných podkladů pro financující instituce.
<b>Realizace</b>	Výstavba (rekonstrukce) a uvedení zařízení do provozu v souladu s veškerými právními, technickými a bezpečnostními předpisy.	Technická a výrobní dokumentace, podpis smluv s dodavatelem stavební a technologické části, výstavba, stavební, strojní a další specializovaná činnost, uvedení do provozu, zkušební provoz.
<b>Provoz a údržba</b>	Bezporuchovost a plynulé provozování (stálá, resp. předpovídatelná a regulovatelná výroba); minimalizace nákladů, resp. optimalizace poměru provozních nákladů, splacení vynaložených prostředků, případně dosažení zisku.	Správa zařízení profesionálním správcem; automatické řízení; optimalizace potřeby údržby a oprav; provozní plán a plán údržby a servisu, splácení úvěrů, platba daní, mezd, odvodů, pojištění apod.
<b>Obměna zařízení</b>	Obměna či výměna zařízení po dožití, resp. skončení určitého (dílčího) životního cyklu zařízení.	Obměna důležitých strojních či elektrických (elektronických) součástí; celková změna původní technologie za novou.
<b>Likvidace zařízení</b>	Odstranění zařízení po skončení životnosti s minimálními dopady na životní prostředí.	Recyklace celého či částí zařízení, bezpečná likvidace nerecyklovatelných součástí; plán odpadového hospodářství.

<sup>14</sup> Fáze projektu nemusíme rozlišovat pouze z časového hlediska, ale často je vhodné rozlišit jednotlivé etapy řešení i z věcného pohledu.

<sup>15</sup> SWOT a SPACE analýza patří mezi standardní nástroje vyhodnocování vnějšího a vnitřního podnikatelského prostředí.

## Malé vodní elektrárny

Nejvýraznější riziko pro nově budované zdroje představuje garance výkupních cen elektrické energie. Málo ovlivnitelné riziko vyplývá ze skutečnosti, že potenciál využívání vodní energie v ČR je velmi omezený a s jeho vyčerpáním bude každý nový zdroj pravděpodobně čelit vyšším transakčním nákladům i větším rizikům. Zatímco volbu technologií a samotnou výstavbu zdroje lze v podmínkách ČR zvažovat s velmi nízkým rizikem, zejména jsou-li přizvány renomované firmy, převažovat budou rizika politická a rizika přírodních vlivů. Následující přehled předkládá základní předpoklady a rizika, která mohou významně ovlivnit ekonomickou stránku využívání vodní energie.

Předpoklady	Rizika
Dostatečná dostupnost/vydatnost zdroje Existence vodního díla (jezu, náhonu) Nutnost budování nového jezu, náhonu apod. Autorizace, povolení, EIA Volba technologie, resp. optimální kombinace technologie a ostatních parametrů Povolení ke vstupu a činnosti ve vodním toku Povolení nakládání s vodami Vlastnictví či dlouhodobý pronájem pozemku Připojení výkonu Zajištění výkupu energie Zajištění servisu a pojištění Hydrologický průzkum Nenarušení hydrologického režimu – environmentálně šetrný přístup	Málo vodný rok Nereálně nastavené parametry v projektu Volba nevhodné technologie Povodně, pravidelné přivalové vody Poškození česel, soustrojí, regulace Změna podmínek připojení a výkupu energie

## Větrná energetika

Rizika rozvoje větrné energetiky se týkají až 25 % území ČR, kde se dle předpokladů toto odvětví může v budoucnu rozvíjet. Převažovat budou zřejmě jako v předchozím případě rizika přírodních vlivů a rizika politická. V České republice je nutno navrhovat a používat technologie vhodné pro provoz v podmínkách vnitrozemského státu. V počátcích novodobého rozvoje větrné energetiky byly přebírány technologie jako víceméně nekorigované analogie existujících zahraničních (a do značné míry zastarávajících) vzorů. S tím souvisí též podcenění vlivů vnitrozemského státu a vyskytujících se extrémních stavů (námrazy, atmosférické výboje, nerovnoměrnost větru). Následuje souhrn předpokladů a rizik, které mohou výrazně ovlivnit ekonomickou stránku využívání energie větru.

Předpoklady	Rizika
Dostatečná průměrná rychlost větru – vytipování lokality + minimálně roční měření větru Autorizace, povolení Vlastnictví či dlouhodobý pronájem dostatečně velkého pozemku Zajištění přístupové komunikace, vč. zajištění možnosti příjezdu dostatečně velkého jeřábu pro vztyčení/demontáž/opravu Možnost připojení požadovaného výkonu do sítě Zajištění výkupu energie Zajištění servisu a pojištění Příp. geologický průzkum – kotvení tubusu	Nevhodně zvolená lokalita (chyba větrné mapy, chyba měření) Nereálně nastavené parametry v projektu Volba nevhodné technologie Nedostatečně větrný rok Velmi proměnlivý/nerovnoměrný vítr Častý nárazový vítr Časté námrazy Časté zásahy bleskem Poruchy a poškození vlivem dalších faktorů, časté odstávky Změna podmínek připojení a výkupu energie

## Solární energetika

Rizika stojící v cestě rozvoje solární energetiky jsou paradoxně velmi nízká. Základní riziko spočívá zejména v řádově vyšších nákladech výroby. To je způsobeno zejména řádově vyššími náklady výroby. Dále převládají zejména rizika politická (technologie nebude dlouhodobě podporována, resp. nebude podporována ve výši a struktuře zajišťující stabilní rozvoj) a v menší míře rizika technická (mechanické poškození, odcizení, disfunkce). Převládají tak zejména rizika politická – že nebude technologie podporována a rizika technická – poškození, odcizení. Celková roční výroba i její rozložení je vcelku dobře odhadnutelné, jistým rizikem tak zůstává rozložení výroby v jednotlivých dnech v roce. S rostoucím rozvojem využívání této technologie se očekává další výrazné snížení ceny energie, což by mělo pomoci ostatní rizika dále snižovat.

Předpoklady a rizika, která mohou významně ovlivnit ekonomickou stránku využívání sluneční energie, přináší následující přehled.

Předpoklady	Rizika
Autorizace, povolení Vlastnictví či dlouhodobý pronájem Možnost připojení požadovaného výkonu Zajištění výkupu energie Kvalitní zařízení, osvědčený typ elektronických komponent Vhodné umístění – kvalitní architektonický návrh Zajištění vhodného způsobu instalace Zajištění servisu a pojištění Zajištění financování Případné odpočtení náhrady stavebních prvků či estetické hodnoty zařízení	Nereálně nastavené parametry v projektu Poruchy a poškození, časté odstávky Změna podmínek připojení a výkupu energie Nevhodné umístění zařízení Disfunkce elektronických komponent Krátká garance na elektronické komponenty Mechanické poškození, krádež

## Využití energie biomasy

Ke komerčnímu potenciálu je nutné přistupovat komplexně, protože je spojen se specifickým využitím. Důležité je určení efektivní velikosti a umístění každého projektu (tj. spotřebu zdroje, paliva) a zároveň i velikost potřebného území pro zásobování palivem (logistika).

Aby mohla být provedena finanční analýza, musí být známy údaje o efektivitě přeměny energie (též v závislosti na vlastnostech paliva), faktoru zatížení, kapacity výroby, špičkového výkonu, průměrného výkonu, minimálního a maximálního množství paliva atd. V případě zapojení zdroje do centralizovaného zásobování teplem je nutné uvažovat o efektivní kapacitě zdroje tepla, protože palivo není spalováno kontinuálně.

V případě biomasy jsou zřejmě na prvním místě mezi riziky přírodní vlivy. Vzhledem k masivnímu rozšíření využívání biomasy a k diverzitě zdrojů biomasy však i tato rizika nebudou oproti současnému stavu výrazně narůstat. Dalšími výraznými riziky jsou rizika technická, neboť na cestě od surové biomasy po konečnou výrobu elektrické energie stojí celý řetěz technologií a relativně složitá logistika.

Dále jsou uvedeny předpoklady a rizika, která mohou významně ovlivnit ekonomickou stránku využívání energie biomasy.

Předpoklady	Rizika
Autorizace, povolení, příp. EIA Vlastnictví či dlouhodobý pronájem dostatečně velkého pozemku Zajištění přístupové komunikace Zajištění dostatečných skladovacích prostor, úpravy paliva a zařízení pro dopravu a manipulaci s palivem Detailní analýza zdrojů biomasy z hlediska jejich kvalitativních i kvantitativních parametrů na celé období ekonomické životnosti projektu Dobře zpracovaná logistika – kritická cesta s vyřešením potenciálních výpadků – zajištění náhradní dodávky paliva apod. Podpis dlouhodobé dohody o dodávkách biomasy, pokud je projekt závislý na konkrétním zdroji se specifikací vývoje ceny Možnost připojení požadovaného výkonu Zajištění výkupu energie Zajištění servisu a pojištění Zajištění uložení popele – prodej hnojiva, ale též i možnost uložení jako odpadu	Nereálně nastavené parametry v projektu Poruchy a poškození, časté odstávky Změna podmínek připojení a výkupu energie Možnost selhání na rozsáhlé logistické cestě Změna ceny paliva – nárůst v důsledku zvýšené poptávky Nedostatečné množství (pokles v dlouhém období) Nedostatečná kvalita paliva

## 4. Ekonomické hodnocení

Stejně tak, jak je rozdílná většina ostatních parametrů, také investiční náklady jednotlivých technologií se významně liší. Pro vzájemné objektivní porovnání tak nemůže být použito pouze kritérium investičních nákladů, ale vícekritériálně posouzené vlastnosti a okolnosti využití daného zdroje – potřeba energie na výrobu technologie a zátěž životního prostředí po dobu životnosti technologie<sup>16</sup> (šedá energie, svázané emise), zátěž životního prostředí způsobená provozem, provozní náklady, potřeba a náročnost údržby a výměny součástí apod.

Jak již bylo uvedeno, při prosazování technologií využívajících obnovitelné zdroje energie je nutno čelit technickým parametřům – nízká hustota energie, potřeba inovací a průběžného zdokonalování, ekonomickým parametřům – vysoká investiční náročnost, nižší úspory z rozsahu než u klasických zdrojů, nevýhodný poměr veřejné podpory ve prospěch obnovitelných zdrojů a také sociálním parametřům, jakými jsou např. předsudky a nedůvěra. Zůstaneme-li u ekonomických parametrů, je nutné zdůraznit, že klasická energetika za sebou má více než století rozvoje, jaderná o něco méně. Finanční prostředky věnované během této doby tomuto odvětví nikdo nespočítá. Ten, kdo se nyní rozhoduje o investici do zdroje vyrábějícího elektrickou energii na bázi obnovitelného zdroje tak čelí celému odvětví, jehož většina částí (zdrojů – elektráren) vyrábí na konci svého životního cyklu, těžší z prostředků vygenerovaných v odvětví za celá desetiletí a mající velký prostor v oblasti úspor z rozsahu<sup>17</sup>.

Prostým porovnáním investičních nákladů jednotlivých technologií tak stále zůstáváme v zajetí „starého“ pojetí ekonomiky. Důležité však je, že cesty, jak z této pasti ven, jsou intenzivně hledány. Zelená kniha EU o bezpečnosti zásobování energií například zcela jasně říká, že energetika příštích desetiletí musí být založena na principu, kdy staré zdroje a postupy jsou zdrojem podpory nových přístupů, nových technologií a nové struktury energetiky.

### 4.1. Energetické plánování s nejnižšími náklady (least cost planning)

Celý následující odstavec je věnován metodě, kterou lze považovat za velmi účinnou a relativně snadno uplatnitelnou v praxi. Na rozdíl od jiných, spíše teoretických metod environmentální ekonomie a praktických metod „centralistického“ plánování energetiky, je metoda „plánování nejnižších nákladů“ více vázána na konkrétní marketingovou strategii konkrétní firmy, kterou jí pomáhá vytvářet. Podstatou metody je formulace skutečných potřeb a požadavků zákazníků a jejich následné co možná nejrychlejší, nejspolehlivější a nejlevnější uspokojení. Až potom se metoda neliší od běžné marketingové strategie. Rozdíl je v přístupu, kdy je zapotřebí pro nižší spotřebitelské ceny snížit náklady a toho již není možno dosáhnout výrobou dodatečně jednotky (energie). Celý tento proces je založen na tom, že jakmile je přírůstek efektivity (úspory)<sup>18</sup> levnější než přírůstek nabídky (energie)<sup>19</sup>, trh by se měl zcela zákonitě přiklonit na stranu efektivity.

Určité potíže může činit, spíše než ekonomická stránka věci, jistá setrvačnost trhu a nedůvěra k obchodovatelnému produktu, který zůstává vlastně „nevyroben“. Otázka, která následuje bezprostředně po uvedení „negawattů“ na trh, je, kdo tuto efektivity šetřící náklady zákazníkům prodá.

Největší zkušenosti se zaváděním efektivity do praxe mají ve Spojených státech amerických, a to zejména z důvodu obrovského potenciálu úspor energie vyplývajících z neměnně obrovského plýtvání přírodními zdroji. Teoreticky mohli být i zde inovacím naklonění malí podnikatelé, ale ti zpočátku příliš neporozuměli zákazníkům. Energetické podniky sice naopak rozuměly svým zákazníkům, ale zpočátku neměly (jako ostatně nikde na světě) žádný zájem na zlepšování efektivity. Stály však před volbou, zda se mají samy aktivně zabývat prodejem „negawattů“, nebo zda mají tento trh přenechat jiným subjektům, které by podle zákona měly oprávnění s „negawatty“ obchodovat. Jelikož tento nástup plánování omezujícího náklady vychází ze snižování nákladů moderního podnikání, zcela zákonitě energetické podniky objevily a rozvinuly – z hlediska nákladů – příznivější způsoby výroby a prodeje služeb spojených s elektrickou energií.

V USA tak od roku 1992 existuje federální zákon, který požaduje integrované plánování zdrojů ve všech federálních státech. Oficiálně byl tento způsob pojmenován Integrated Resource Planning (integrované plánování zdrojů – IRP). Metoda IRP je založena na komplexním posouzení efektivity investování, přitom investice do zdrojů energie i do úspor energie se posuzují najednou a o investici rozhoduje výsledek ekonomické efektivity. Bohužel, s otevřením trhu s elektrickou energií je prosazování metody IRP v USA velmi obtížná, neboť konkurence tlačí náklady dolů, což vedlo k omezení zájmu energetických společností dobrovolně investovat do oblasti úspor spotřeby energie.

V Evropě nebyl dosud návrh odpovídající směru IRP předložen, zejména kvůli častým výhradám uvnitř Evropské komise. Přednost dostala pravidla liberalizace a otevírání evropského trhu s elektrickou energií. Obavy, že by IRP omezilo působení trhu, jsou tragickým nedorozuměním, protože právě IRP se ve skutečnosti stará o to, aby v dosud velké míře vyloučený

<sup>16</sup> Při používání termínu „životnost je nutné rozlišovat technickou životnost, po kterou výrobce garantuje normální provoz zařízení, účetní životnost (dobu amortizace) a ekonomickou životnost, to jest dobu, po kterou zařízení může být (po případných opravách a úpravách) používáno k původnímu účelu. Ekonomická životnost může být podstatně delší než životnost uváděná výrobcem. Způsob využití by však měl být vždy skutečně hospodárný.

<sup>17</sup> Úspory z rozsahu – jeden z největších paradoxů ekonomiky, který v podstatě říká, čím víc spotřebuji, tím konám hospodárněji. Vždyť do této kategorie lze započítat i příklad, kdy malý odběratel zaplatí za tunu hnědého uhlí 1300 Kč, zatímco elektrárna může docílit ceny třeba jen 400 Kč za tunu. Tento jev je však běžný v mnoha dalších odvětvích, nejenom energetice.

<sup>18</sup> V případě energie také nazývaná „negawatt“.

<sup>19</sup> Zdroje energie běžných jednotkách – kW, MW s výrobou energie v kWh, MWh...

účastník, jímž je právě efektivní využívání zdrojů, byl připuštěn k spravedlivým podmínkám trhu. Dodavatelům levného proudu by tím nicméně bylo bráněno, aby nastoupili s nízkými cenami, které deformují trh<sup>20</sup>.

Jak tedy lze přestoupit na nový způsob hospodaření? Obvyklý postup cenového dozoru a regulace téměř nevyhnutelně vždy motivoval k nepřetržitému vzrůstu produkce<sup>21</sup>. Jestliže se energetickému podniku podařilo svým skutečným odbytem překročit odbyt předpovězený (plánovaný), vysloužil si zvýšený zisk. Naopak za program úspory energie byl potrestán ztrátou zisku. Některé americké komise prolomily tento mechanismus – po vzoru komise kalifornské – již na počátku osmdesátých let. Nenechaly energetické podniky vydělat více za překročení předběžného odbytu a vykázat ztrátu za odbyt nižší.

Mimoto daly těmto podnikům mimořádný zisk za úspěchy v úsporách – 15 % finančních úspor, dosažených pro zákazníky, si mohly energetické podniky nechat jako dodatečný zisk. Po určité době se ukázalo, že kapitálové náklady, které jinak stlačovaly výsledek, začaly klesat, jakmile skončila výstavba nových elektráren. Mnoho původně plánovaných zdrojů nemuselo být nikdy postaveno.

Avšak přesto, především díky politické snaze o udržení co nejnižších cen energie a tomu přizpůsobené regulaci trhu došlo v roce 2000 k tzv. kalifornské energetické krizi, která znamenala obrovské ekonomické ztráty o otřásla důvěrou ve fungování trhu s energií a především ve schopnost regulačních úřadů předcházet krizím. Až do té doby byla cena 1 kWh elektřiny v přepočtu za cca 1 Kč. V průběhu krize cena vzrostla o stovky procent.

Aby se prosadila pozitivní část kalifornských zkušeností s efektivností, musely se od začátku ještě systematictěji pro funkční soutěž mezi nabídkou energie a inteligentním využitím zapojit existující tržní síly. Zkušenost ukázala, že s pouhými informačními a propagačními opatřeními nelze mnoho získat. To je částečně dáno tím, že do efektivního využití energie musí obvykle investovat aktéři, kteří již dávno finančně nestačí energetickým koncernům. Majitelé domů chtějí, aby se jejich finanční náklady zaplatily po několika letech, jinak úsporná opatření nepodstoupí.

Velké energetické koncerny mohou oproti tomu žít s trváním amortizace od patnácti do padesáti let. Tato situace v minulosti neustále vedla k tomu, že efektivnost zůstávala na trhu poražena, i když by byla podstatně rentabilnější než výstavba nových kapacit. Dobře připravené regulační schéma může učinit z kapitálově silných koncernů investory do efektivnosti. Ty pak mohou za příznivých úvěrových podmínek nebo zcela bezúročně financovat svým zákazníkům nové vybavení a další služby a opatření, což si mohou následně promítnout do cen svých služeb.

Jednou z metod, kterou se daří stále více uplatňovat v praxi, je tzv. financování třetí stranou, resp. metoda EPC<sup>22</sup>. Jakkoli je tato metoda využívána zejména v oblasti úspor tepelné energie, není vyloučeno ani použití nějaké její modifikace v případě elektrické energie. Obdobným nástrojem financování dlouhodobých investic může být též standardní leasing.

## 4.2. Způsoby ekonomického hodnocení

Je-li projekt ve fázi, kdy je zřejmé, že mohou být splněny všechny technické předpoklady pro jeho případnou realizaci, je nutné přistoupit k hodnocení ekonomickému. Ve všech případech je vhodné dodržovat základní obecný postup pro finanční analýzu a hodnocení ekonomické efektivnosti:

- Stanovení celkových investičních nákladů
- Určení způsobu financování a struktury zdrojů projektu
- Bilance toku hotovosti během doby životnosti projektu (cash flow – CF)
- Hodnocení ekonomické efektivnosti: cost-benefit analýza

Jelikož standardní součástí každého hodnocení by mělo být i hledání ekonomických souvislostí ekologických přístupů, je v rámci cost-benefit analýzy interpretace sociálně ekologická. K obecným faktorům času a rizika tak přidáváme faktor, který charakterizuje ekologický prospěch. Zatímco faktor rizika popisuje výlučně riziko ekonomické a nevypovídá tak o skutečném užítku investice, faktor ekologického rizika, jak bychom jej mohli nazvat, by popisoval prostřednictvím souboru ukazatelů sociální a ekologický efekt investice. Ovšem stejně tak, jako není ujednocen pohled na hodnocení ekonomického rizika, tak i riziko ekologické zřejmě vyžaduje individuální přístup, např. na základě statistických metod. Posuzování ekologických rizik však dosud není standardní součástí ekonomického posuzování projektů. Pouze u velkých projektů je ze zákona vyžadováno posouzení dopadů na životní prostředí.

Následuje popis standardizovaných metod pro ekonomické hodnocení, které je vždy možné vhodně doplnit o faktory zohledňující tzv. mimoekonomická kritéria.

<sup>20</sup> Viz případ retail wheelingu – volného vyjednávání ceny pro konečného spotřebitele se všemi možnými dodavateli

<sup>21</sup> Ve Velké Británii jako jediné zemi EU jsou energetické společnosti povinny realizovat opatření na úsporu energie u svých zákazníků. Povinnost je dána požadavkem regulačního úřadu, který její plnění rovněž kontroluje

<sup>22</sup> Energy Performance Contracting je metoda při níž je energeticky efektivní opatření (snížení energetické náročnosti, záměna zdroje apod.) financováno třetím subjektem (stojícím mimo provozovatele zařízení a dodavatele energie), který svou investici vloženou do (souboru) opatření získává na základě dlouhodobé smlouvy zpět formou vyplacení ceny podstatné části uspořené energie.

## Metoda prosté návratnosti

Tato jednoduchá metoda je vhodná pro rychlý a přibližný odhad návratnosti investic. Při konstrukci jsou brány v úvahu pouze pořizovací a provozní náklady, případně je možno uplatnit vliv očekávaného nárůstu cen. Jiné faktory se zde neuplatňují, jedná se v podstatě o případ, kdy neuvažujeme diskontování (znevažování) hodnoty naší investice v budoucnu. Svě uplatnění v současnosti nachází zejména tam, kde pořizované zařízení slouží pouze k vlastním úsporám, produkovaná energie není nikomu dodávána za úplatu a naše „výnosy“ z investice jsou tudíž dány pouze neodebranou energií ze stávajících zdrojů.

Metodu lze uplatnit analyticky (výpočtem), nebo graficky. Prostou návratnost  $t$  v letech docílíme tak, že celkové investiční (pořizovací) náklady  $IN$  vydělíme rozdílem ročních výnosů  $R$  a provozních nákladů  $OC$ , resp. celkových ročních nákladů. Výsledkem je nižší („optimističtější“) hodnota doby návratnosti investice, než v případě použití diskontní míry (vzorec 1):

$$t = \frac{IN}{R - OC}$$

## Metoda kapitálové hodnoty

Tato metoda pomáhá při rozhodování o uskutečnění investice pomocí základního vztahu (vzorec 2):

$$D_0 = -N_I + (R - N_P) \cdot z$$

$N_I$  jsou investiční náklady

$R$  jsou pravidelné roční příjmy, renta<sup>22</sup>

$N_P$  jsou provozní náklady

$D_0$  je výsledná diskontovaná kapitálová hodnota, pro níž platí<sup>23</sup>:

$D_0 > 0$  investice je zisková

$D_0 = 0$  investice je návratná bez zisku

$D_0 < 0$  investice je ztrátová

$z$  je zásobitel, převrácená hodnota anuity, závisí na úrokové míře a na čase (vzorec 3):

$$z = \frac{(1+r)^t - 1}{(1+r)^t \cdot r}$$

$r$  je úroková/diskontní míra, resp. IRR

$t$  je čas

## Metoda vnitřního výnosového procenta

Metodu diskontované kapitálové hodnoty  $z$  z předešlého odstavce lze také interpretovat jako metodu pro zjištění výnosového procenta počítané investice, tzv. vnitřního výnosového procenta (IRR). K jeho výpočtu potřebujeme znát skutečnou dnešní hodnotu (to jsou naše dnes vynaložené investiční náklady) a očekávanou budoucí hodnotu investice (to jsou naše příjmy z investice během doby, pro niž IRR počítáme). Vztah (vzorec 2) můžeme napsat také v podobě (vzorec 4):

$$Z = R - N_P - N_I \cdot a$$

kde:

$Z$  je ekonomický zisk, průměrný za období

$a$  je anuita,  $a = 1/z$

ostatní proměnné mají významy dle legendy v předchozí podkapitole.

<sup>22</sup> Metoda počítá s pravidelnými ročními příjmy i provozními náklady ve stejné výši.

<sup>23</sup> Metodu kapitálové hodnoty lze použít i pro výpočet ročního výnosu, dosadíme-li za  $D_0$  požadovanou současnou hodnotu investice, pro precizní výpočet je nutné aplikovat postup dle vzorce 4.



Jak je patrné, oba vztahy (vzorec 2) a (vzorec 4) vyjadřují tutéž ekonomickou skutečnost a lze je použít pouze za předpokladu jednorázově vynaložených investičních nákladů a pravidelných příjmů a pravidelně vynakládaných provozních nákladů v jednotlivých letech provozu. Pro zohlednění déle trvající (více než 1 rok) investiční činnosti a nepravidelných finančních toků v jednotlivých letech provozu musíme použít obecnější vztah (vzorec 5):

$$\sum_{i=-t_1}^{i=0} N_i \cdot (1+r)^{|i|} = \sum_{i=1}^{i=t_2} \frac{R_i}{(1+r)^i}$$

Po dosažení vynaložených nebo předpokládaných nákladů a předpokládaných čistých příjmů z investice ve zvoleném časovém období jsme schopni vypočítat pomocí některé z iteračních metod proměnnou  $r$ , v tomto případě hledané vnitřní výnosové procento.

## Cash flow

V českém ekonomickém slovníku se zřejmě natrvalo zabydlel výraz cash flow, ačkoli se nejedná o nic jiného (a nic menšího), nežli o hotovostní toky. Význam tohoto dynamického ukazatele a jeho výpočet je uveden v každé příručce a publikaci zaměřené na investiční strategie a záměry a s ohledem na jeho důležitost při plánování investic je vhodné si uvést jeho základní charakteristiky.

Diskontovaný hotovostní tok (za uvažovanou dobu životnosti, resp. provozování zdroje) je v podstatě dán pravou stranou ve vzorci 5. Pravidelný roční příjem  $R$  je tudíž roční hotovostní tok, který je výsledkem rozdílu výnosů a nákladů, (resp. zisku po zdanění), kde se po připočtení odpisů odečítají vlastní investice, splátky úvěrů a dochází ke korekci na základě změn stavu závazků a pohledávek, zásob apod.

Zatímco v podobě vzorce působí cash flow jednoduchým dojmem, v praxi se významně projevuje jeho dynamický charakter. Je nutné mít na paměti, že cash flow je nutné plánovat a projekt je tím více zajištěn, čím přesněji a podrobněji (a v menším časovém úseku) jsou hotovostní toky předvídaný, resp. plánovány. Mnoho slibných projektů skončilo neúspěchem právě proto, že neměly dostatečně ošetřené cash flow.

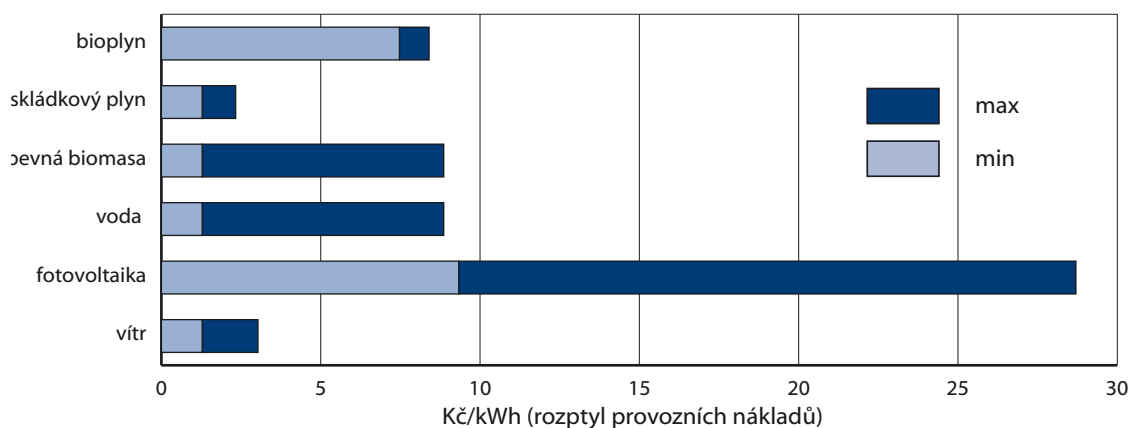
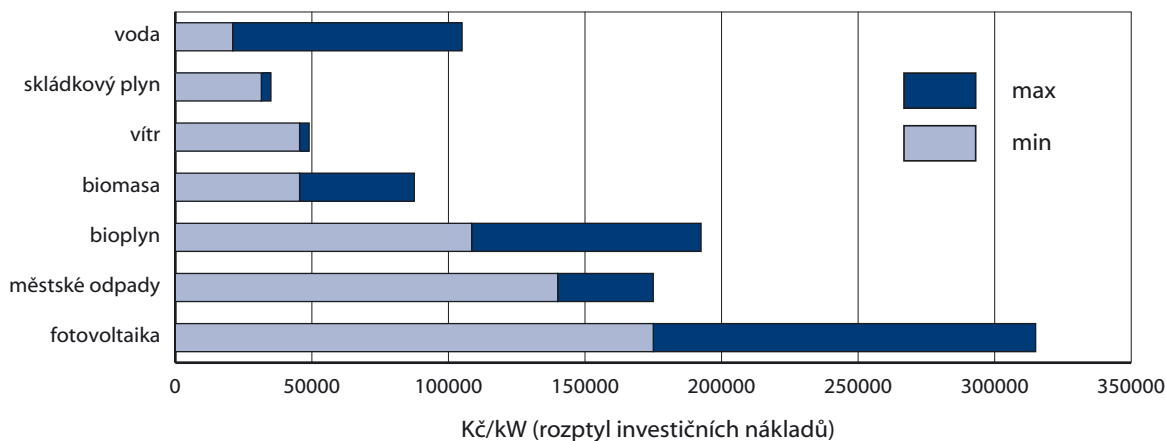
Bohužel, v podmínkách podnikání v ČR však stále není ani při sebelepším plánování hotovostních toků a kvalitním smluvním zabezpečení možné 100% zajistit včasnou úhradu pohledávek, ať již ve vztahu k soukromému či veřejnému subjektu. Obzvláště v případě nastupujícího odvětví s nízkou kapitálovou silou, jakým využívání obnovitelných zdrojů bezpochyby je, tato skutečnost může být, spolu se související důvěrou bankovních institucí jedním z klíčových faktorů rozvoje.

## 4.3. Měrné investiční náklady technologií a nákladové křivky

Zjednodušeně řečeno, nákladové křivky jsou vytvořeny na základě znalosti dostupného potenciálu zásoby energie a nákladů na technologie a procesy využití tohoto potenciálu. Pomocí dobře sestavených nákladových křivek lze odhadnout ekonomický potenciál obnovitelných zdrojů v určitém období – při znalosti, či dobrém předpokladu vývoje cen energie.

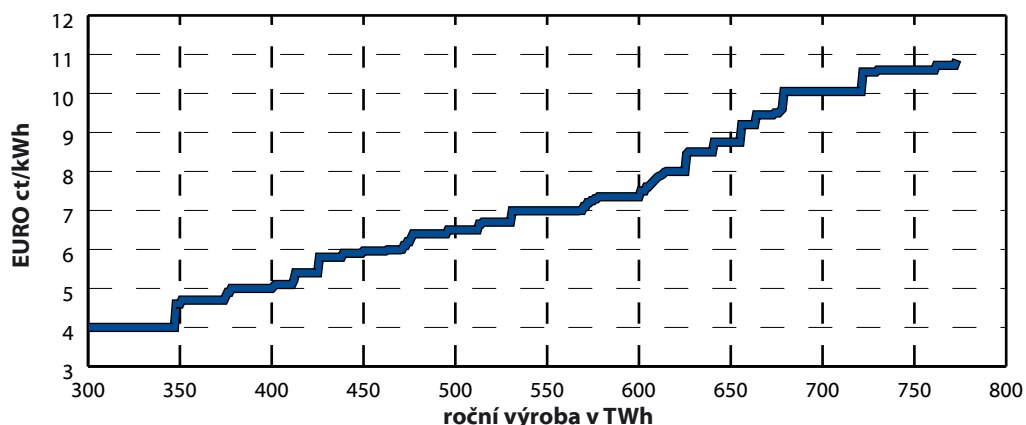
Pro sestavení nákladových křivek je nezbytná znalost rozmezí investičních nákladů a provozních nákladů dané technologie. Jak bude ukázáno dále, např. cena elektřiny vyráběné v elektrárně na bázi biomasy (v bioelektrárně) je vysoce závislá na celkové roční době využití (tj. mimo jiné na dostupnosti paliva) a na ceně paliva (tj. mimo jiné na svozové vzdálenosti). Provozní náklady mohou být integrovány do celkových nákladů výroby elektřiny.

Následující dva grafy ukazují rozpětí výrobních nákladů u jednotlivých technologií OZE v Evropské unii v roce 2000. Uvedená rozpětí jsou natolik široká, že v podstatě zahrnují i použití daných technologií v České republice.



Nákladové křivky jako takové nejsou důležité pro potenciální investory, nýbrž pro politiky jako jeden z podkladů pro rozhodování o budoucím rozvoji a případné podpoře.

Následující graf ukazuje výpočet nákladové křivky pro všechny druhy obnovitelných zdrojů s výhledem do roku 2010. Na ose x je vyneseno instalovaný (předpokládaný) výkon všech zdrojů využívajících OZE, na ose y je proti těmto zdrojům položena cena energie, kterou produkují. Pro rok 2010 je odhadována realizace zdrojů až do celkové roční výroby zhruba 660 TWh, čemuž odpovídá marginální cena energie zhruba 9,1 Eurocentu za kilowatthodinu (asi 2,90 Kč/kWh).



## 4.3.1. Odhad měrných investičních nákladů pro ČR

Jak již bylo mnohokrát uvedeno, každý projekt je individuální a to tím více, čím větší je instalovaný výkon. Následující přehled velikosti měrných investičních nákladů, měrných výrobních nákladů a doby návratnosti investice je tak pouze orientační, třebaže vychází z přehledu realizovaných či připravených projektů. Množství realizovaných projektů není však tak rozsáhlé, aby bylo možné tyto charakteristiky určit statisticky průkazně. Doba návratnosti je počítána standardně, s uvažováním určité míry zisku, resp. výše vnitřního výnosového procenta (cca 5–10 %).

### Malé vodní elektrárny

Hydroenergetika má v ČR dlouhou tradici, náklady na výstavbu a uvedení do provozu mohou být u malé vodní elektrárny poněkud sníženy právě relativní dostupností vhodných technologií a existencí dlouholetého know-how. U vodních elektráren – na první pohled poněkud paradoxně – s velikostí elektrárny narůstají měrné investiční náklady. To je dáno zejména náročnější prací ve vodním toku, větším zábořem půdy (velikosti pozemků), apod. Větší vodní elektrárny však mohou realizovat elektrickou energii za vyšší cenu, protože vedle prodeje vlastní elektrické energie mohou prodávat i systémové služby provozovateli sítě.

Z hlediska plánování ekonomiky malé vodní elektrárny je velmi podstatné, zda se jedná o renovaci stávající vodní elektrárny, výstavbu elektrárny na stávajícím vodním díle (jezu) či jedná-li se o zcela nové vodní dílo. V posledně jmenovaném případě je investice i za předpokladu vyšší výkupní ceny energie s velmi dlouhou návratností (více než 15 let). Lze však předpokládat, že nové vodní dílo vzniká i za jiným účelem, než je pouze výstavba vodní elektrárny a tudíž dochází ke sdílení nákladů na jeho pořízení. Naopak nejrychleji návratné jsou například malé turbíny umístěné ve vodárenském potrubí (návratnost i do dvou let), jedná se však o velmi omezený potenciál a velmi malé instalované výkony. Zajímavé jsou též renovace stávajících elektráren, které jsou návratné do 10 let, což při dlouhé době životnosti investice je velmi zajímavé.

**Tabulka 5: Přehled měrných nákladů malých vodních elektráren**

Typ zdroje – rozsah instalovaného výkonu	Měrné investiční náklady (tis. Kč/kW <sub>e</sub> )	Měrné výrobní náklady (Kč/kW <sub>e</sub> )	Doba návratnosti (roky)*
<b>Rekonstrukce na stávajícím vodním díle, na vodárně apod.</b>			
<b>1–100 kW</b>	20–45	1,10–1,40	3–6
<b>100–1000 kW</b>	45–60	1,40–1,50	6–8
<b>1000–10 000 kW</b>	60–100	1,50–2,00	8–12
<b>Nově budovaná elektrárna</b>			
<b>1–100 kW</b>	45–65	1,45–1,60	7–10
<b>100–1000 kW</b>	65–90	1,60–1,90	10–12
<b>1000–10 000 kW</b>	90–110	1,90–2,10	12–20

\* závisí na výši a době platnosti výkupní ceny

### Větrné elektrárny

Měrné výrobní náklady jsou vysoce závislé na roční výrobě energie, tj. na větrných podmínkách v průběhu roku. Menší větrné elektrárny mají většinou horší roční využití, proto ani o něco nižší měrné investiční náklady nejsou podmínkou nižších výrobních nákladů, než mají větší stroje. Standardní doba návratnosti může být určena pouze v případě, že je elektřina vyráběna buď pro vlastní potřebu nebo je dodávána za garantovanou výkupní cenu. Nižší hranice platí v případě výjimečně větrné lokality, resp. dodatečné podpory, např. formou zvýhodněné, resp. bezúročné půjčky, daňového zvýhodnění apod.

Volba technologie je obzvláště v podmínkách vnitrozemského státu klíčovou otázkou. Pro ekonomiku provozu jsou kritéria (otázky) pro výběr technologie zejména:

- je technologie dostatečně odolná povětrnostním vlivům (silně nerovnoměrný vítr, námrazy, mlhy, výboje)
- počítá technologie s častou změnou směru větru
- je připojení výkonu dostatečně přizpůsobené nerovnoměrné výrobě energie
- je místo přístupné a za jakých podmínek
- jaké jsou podmínky vyvedení výkonu
- jaké jsou ostatní provozní náklady (náročnost obsluhy a údržby)

**Tabulka 6 : Přehled měrných nákladů větrných elektráren**

Typ zdroje – rozsah instalovaného výkonu	Měrné investiční náklady (tis. Kč/kW <sub>e</sub> )	Měrné výrobní náklady (Kč/kW <sub>e</sub> )	Doba návratnosti (roky)*
<b>1 – 100 kW</b>	30–45	2,50–5,50	15–22
<b>100–500 kW</b>	40–60	2,10–4,50	12–18
<b>500–1200 kW</b>	50–65	2,00–4,00	10–15
<b>1200–2500 kW</b>	55–70	1,80–4,00	8–12

Výstavba většího počtu větrných elektráren v jedné lokalitě výrazně snižuje investice na stavby, komunikace a připojení a to přibližně v exponenciální závislosti – s každým dalším strojem v jedné lokalitě mírně klesají měrné investiční náklady. V případě více strojů je však vždy nutno počítat se vzájemným ovlivněním strojů – vlivem částečného odebrání síly větru.

Důležitým aspektem je také výměna zastaralejších technologií (generátorů, listů a řídicí elektroniky) za moderní a výkonné na stejné lokalitě – tzv. repowering. Ponechány mohou být stejné základy, event. stejná věž, dochází však k nárůstu výkonu a odevzdané práce. Například optimalizací tvaru listů vrtule je možné navýšit výkon dříve instalovaných větrných elektráren až o 20 %.

### Příklad ekonomiky větrné farmy

Po splnění podmínek uvedených v kapitole 3 a minimalizaci rizik uvedených tamtéž je možné přistoupit k podrobnému ekonomickému plánu investice. Tento příklad počítá s „farmou“ se dvěma stroji E-40 (bezpřevodkový systém, nominální výkon 624 kW), která je provedena jako referenční projekt, tj. s veškerými náležitostmi, které někteří investoři mohou mít snahu opomenout v důsledku snahy o snížení nákladů.

### Kritickými parametry pro ekonomické hodnocení jsou:

- pořizovací náklady 56 mil. Kč
  - náklady projektu a přípravy, vč. měření 2 %
  - náklady na technologie 68 %
  - náklady stavební části, vč. komunikací 30 %
- doba životnosti 25 až 30 let
- provozní náklady 0,5 mil. Kč
  - pravidelné provozní náklady (pojištění, servis, údržba, dozor atd.) 90 %
  - mimořádné provozní náklady 10 %
- průměrná rychlost větru min. 5 m/s
- doba provozu (využití plného výkonu) min. 1000 hod./rok
  - projektovaná doba provozu 1200 hod./rok
  - (přepočtena na nominální výkon)
- podmínky výkupu energie (cena) 3 Kč/kWh
- podmínky financování
  - výše úvěru 60 %
  - vlastní zdroje 40 %
  - dotace 0 %

Při takto nastavených parametrech je možné stanovit základní výstupní ekonomické hodnoty:

<b>minimální roční výnos</b>	4,32 mil. Kč
<b>projektovaný roční výnos</b>	6,12 mil. Kč
<b>maximální doba splacení úvěru</b>	15 let
<b>projektovaná doba splacení úvěru</b>	12 let

Stanovení minimálních hodnot je důležité, neboť tím je nastavena minimální hranice, kdy projekt ještě není ztrátový – jedná se o tzv. kritickou variantu, kterou by měl každý projekt obsahovat. Dále je nutné rozlišit ekonomiku podle typu investora – pokud se jedná o podnikatelský subjekt, platí zde veškeré standardní postupy zohledňující odpisy, vnitřní výnosové procento (míru zisku), úlohu daňového štítu, minimální dobu návratnosti aj.

V případě, že investorem je obec, nadace či jiný nepodnikatelský subjekt, ekonomika se dostává do jiné roviny, zejména s ohledem na neexistenci odpisů a nevytváření zisku,

## Sluneční elektrárny

V podmínkách České republiky prakticky připadá v úvahu využití sluneční energie k výrobě elektrické energie pouze cestou fotovoltaických elektráren. Zatímco u malých jednotek jde spíše o demonstrační jednotky bez praktického ekonomického přínosu, u větších jednotek v řádu desítek až stovek kW se jedná o komerční projekty, i když s velmi dlouhou dobou návratnosti. Rozhodující pro ekonomickou efektivnost takového projektu je výše výkupní ceny za elektrickou energii a budoucí vývoj měrných investičních nákladů na instalovaný kilowatt (Kč/kW) výkonu.

Tabulka 7: Přehled měrných nákladů fotovoltaických elektráren

Typ zdroje – rozsah instalovaného výkonu	Měrné investiční náklady (tis. Kč/kW <sub>e</sub> )	Měrné výrobní náklady (Kč/kW <sub>e</sub> )	Doba návratnosti (roky)*
100 W – 2 kW	30–45	18–22	–
2 kW – 20 kW	25–30	16–18	–
20 kW – 1 MW	20–25	14–16	–

\* závisí na výši a době platnosti výkupní ceny

## Výroba elektrické energie z biomasy

Měrné výrobní náklady se výrazně liší podle typu technologie použité pro výrobu elektrické energie a typu použité biomasy. Přehled je uveden v následující tabulce. Ekonomicky nejefektivnější je v současnosti přidávání biomasy do stávajících kotlů na tuhá paliva (roštové nebo fluidní kotle), protože tento postup nevyžaduje nákladná technická opatření při dodržení určitého podílu biomasy ke stávajícímu palivu (např. u fluidních kotlů je to 10 až 20 %). Nejvíce nákladné je využití biomasy v upravené podobě jako paliva pro palivové články (bioplyn, methanol), kde se však do budoucna předpokládá větší rozvoj s ohledem na předpokládané snižování cen technologie.

Průkopnickou úlohu při výrobě elektrické energie z biomasy může sehrát rozvoj bioplynových technologií. Pro tuto možnost hovoří několik skutečností – bioplyn je jednoduše spalitelný, relativně dobře skladovatelný, technologie jsou zvládnuté a prověřené. Navíc se výrobou bioplynu řeší další potenciální externality – zejména nakládání s odpady a zápach. Nákladově je využití bioplynu zejména v kategorii „kogenerace“ a „plynová turbína“. Od nákladů výroby lze za určitých okolností odečíst náklady na likvidaci původně nezfermentovaného odpadu.

Tabulka 8: Přehled měrných nákladů výroby elektřiny z biomasy

Typ technologie	Rozsah výkonu	Rozpětí investičních nákladů – (tis. Kč/kW <sub>e</sub> )	Rozpětí výrobních nákladů – (Kč/MWh <sub>e</sub> )
Samostatný blok – parní turbína	5 MW <sub>e</sub> – 100 MW <sub>e</sub>	40 – 75	2 100 – 5 000
Kogenerace – spalovací motor	10 kW <sub>e</sub> – 5 MW <sub>e</sub>	45 – 80	2 200 – 6 000
Společné spalování (s fosilními palivy)	1 MW <sub>e</sub> – 500 MW <sub>e</sub>	10 – 100 + stávající náklady	500 – 2 000
Plynová turbína	100 kW <sub>e</sub> – 1 MW <sub>e</sub>	50 – 90	2 200 – 4 500
Turbína s cirkulací ORC <sup>24</sup>	100 kW <sub>e</sub> – 5 MW <sub>e</sub>	75 – 100	2 800 – 5 000
Spalovací turbína	10 MW <sub>e</sub> – 100 MW <sub>e</sub>	65 – 100	2 500 – 5 500
Zplyňování s mikroturbínou	10 kW <sub>e</sub> – 100 kW <sub>e</sub>	85 – 120	3 000 – 7 500
Palivový článek	1 kW <sub>e</sub> – 300 kW <sub>e</sub>	150 – 250	5 000 – 15 000

<sup>24</sup> Organic Rankine Cycle

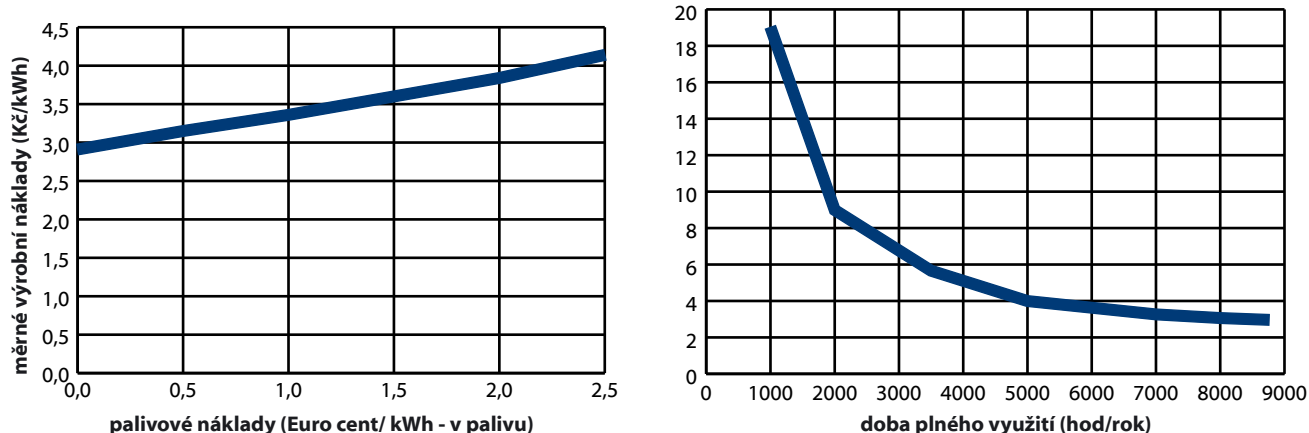
## 4.4. Citlivostní analýza

Ekonomické parametry výstavby a zejména provozu technologií využívajících OZE jsou dány mnoha faktory a jak ukazují zkušenosti, ne vždy existuje zřejmý vztah mezi investičními náklady a dosahovaným ekonomickým efektem – tvorbou zisku. Ekonomické hodnocení každého projektu by mělo obsahovat citlivostní analýzu, která by měla obsahovat závislosti všech rozhodujících vstupních předpokladů použitých při ekonomickém hodnocení projektu (zejména investiční náklady, výkupní cena dodávané energie, cena paliva, využití instalovaného výkonu, úroková míra, inflace).

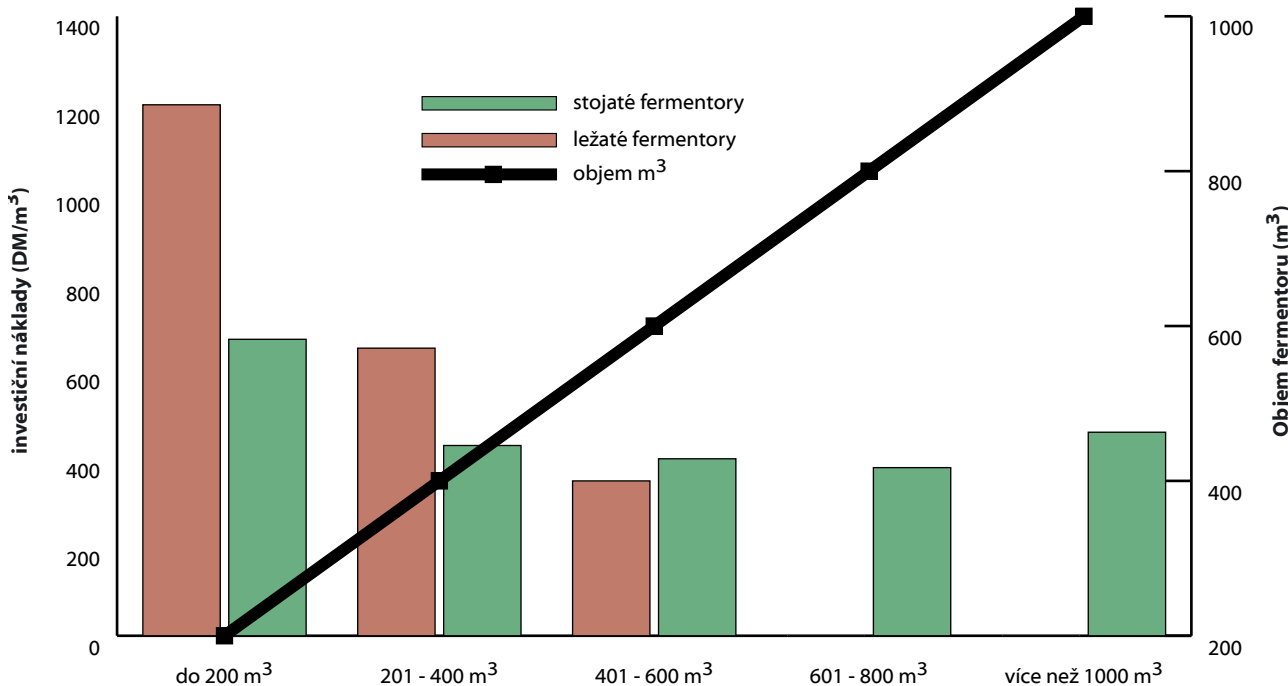
Následující grafy (obrázek 7 a 8) ukazují závislost výrobních nákladů na době ročního využití výkonu (době provozu) a závislost výrobních nákladů na změně ceny vstupu – paliva. Grafy jsou převzaty z analýzy provedené na realizovaném zařízení (bioteplárna Lienz, Rakousko – technologie ORC). Dále je možné zkoumat například citlivost nákladové ceny na změnu nominální úrokové míry, na míře inflace, na době životnosti (amortizace) apod.

Pro ilustraci je ještě uveden příklad možnosti využití „úspor z rozsahu“ i u technologií využívajících OZE. Následující graf (obrázek 9) ukazuje závislost investičních nákladů na objemu fermentoru pro vývin bioplynu. Na jednom obrázku je tak ukázáno, že použití vhodné technologie a rozvaha o volbě velikosti zařízení, případně složení jedné bioelektrárny z více produkčních jednotek, může vést k podstatnému ovlivnění výše investičních nákladů.

Závislost výrobních nákladů a) na ceně paliva (energie v palivu), b) na době provozu



Investiční náklady v závislosti na objemu fermentoru (zdroj VÚZT Praha)



## 5. Možnosti šíření OZE v ČR

V přístupové dohodě z Athén (březen, 2003) se Česká republika zavázala, že podíl výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů bude v roce 2010 činit 8 % na celkové výrobě. Podíl obnovitelných zdrojů na spotřebě primárních zdrojů se pak k roku 2010 předpokládá 6 %. Závazek je to značný, nicméně se s ním již několik let mohlo počítat – již Bílá kniha o obnovitelných zdrojích energie podobný cíl indikovala a na jejím základě byly nakonec stanoveny i směrné cíle pro elektřinu z OZE v jednotlivých zemích – jak je popsáno v úvodu. Otázkou samozřejmě zůstává, jaké ekonomické podmínky je nutno splnit, aby bylo tohoto podílu (a do budoucna ještě vyššího), dosaženo.

Je jisté, že nejvyšší podíl nákladů ponесou soukromé firmy, které sice budou na výrobě elektřiny z OZE profitovat, ale vzhledem k výše uvedeným okolnostem je potřebné pro ně připravit vhodné podmínky.

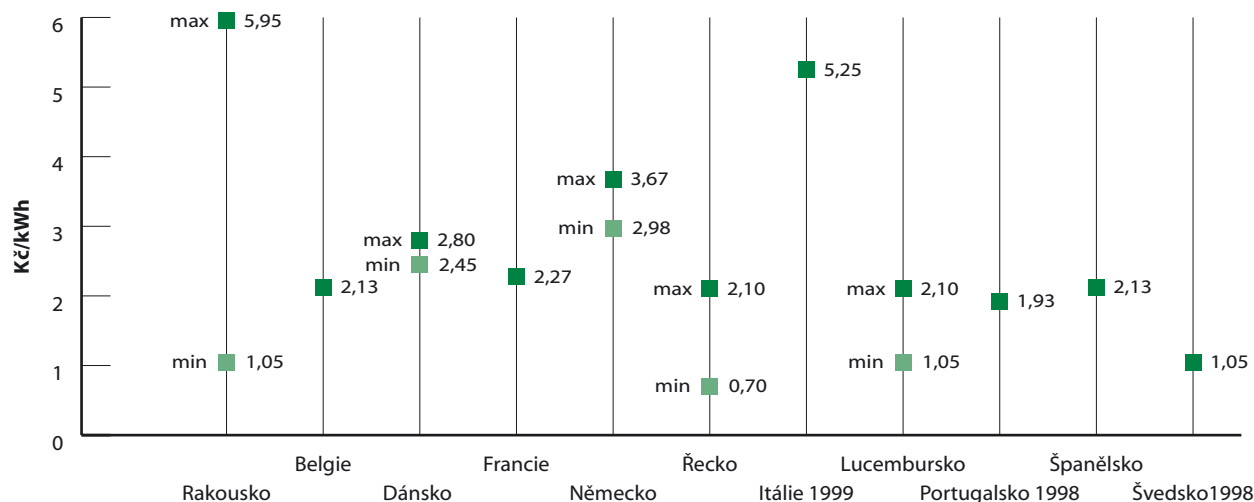
### Financování projektů OZE v EU

Před vstoupením v platnost Směrnice 77/2001/EC, o podpoře elektřiny z obnovitelných zdrojů existovalo v některých evropských zemích několik rozdílných schémat podpory. Pokud jde o projekty na výrobu tepla – solární kolektory, kotelny a kotle na biomasu, tepelná čerpadla apod., schémata jsou podobná, jedná se převážně o přímou dotaci, výjimečně půjčku. Často bývá podpora podmíněna konáním něčeho, či zdržením se něčeho – lepší tepelně technické vlastnosti objektu, ekologická likvidace starého zařízení. Dotace a půjčky do projektů na výrobu elektřiny z OZE postupně ustoupily schématu podpory pomocí výkupních cen, případně v kombinaci s daňovými úlevami. Alternativní způsoby dobrovolného nákupu „zelené elektřiny“, či systémy stanovení kvót výroby a obchodovatelných certifikátů nikde nebyly tak úspěšné a stále se potýkají s obtížemi.

Nejvíce propracovaný způsob představuje zákon o obnovitelných zdrojích energie (často uváděný jako zákon EEG) ve Spolkové republice Německo. Tento zákon slouží jako vzor i pro ostatní státy.

Na podobném principu budují svá podpůrná schémata také Francie, Itálie, Španělsko, Rakousko.

#### Výkupní tarify ceny elektřiny z bioplynu v některých zemích EU (obr. 10, zdroj: Asociace pro využití OZE)



Obrázek 10 ukazuje na příkladu bioplynu výši výkupních cen elektřiny vyráběné z tohoto média. Jedná se o podobné či totožné částky, jako v případě elektřiny vyráběné na základě spalování biomasy. Existence dvojích výkupních cen (Rakousko) je dána tím, že každá ze spolkových zemí si stanovuje své výkupní ceny samostatně. Výkupní cena pro elektrickou energii z biomasy je plně srovnatelná s uvedenými zeměmi EU a činí 2,50 Kč/kWh.

### Financování z veřejných zdrojů v ČR

Usnesení vlády ČR č. 480 ze dne 8. července 1998 o koncepci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie bylo prvním a nadlouho jediným pokusem, jak systematizovat podporu v této oblasti. Každoroční usnesení vlády pak definují podmínky podpory vždy na následující rok. Tabulka č. 9 ukazuje vývoj podpory OZE v rámci Státního programu v letech 1999–2003. Předmětem podpory jsou všechny typy obnovitelných zdrojů, předpokládá se však, že po vstoupení nového zákona o podpoře energie z obnovitelných zdrojů v platnost bude podpora zdrojům elektrické energie možná pouze nepřímou formou (půjčky, krytí částí úvěrů apod.).

**Tabulka 9 : Podpora OZE v rámci Státního programu**

Rok	předpoklad MF - mil. Kč -	ČEA – OZE - mil. Kč -	SFŽP – dotace - mil. Kč -	SFŽP – půjčky - mil. Kč -
<b>1999</b>	1 500	53	213	125
<b>2000</b>	1 600	16,5	117	129
<b>2001</b>	1 700	9,1	150	163
<b>2002</b>	3 900	11,3	598	199
<b>2003*</b>	? **	12	750	250

\* předpoklad \*\* pro rok 2003 neexistuje žádný oficiální předpoklad

Po vstoupení v platnost zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií vznikl prostor pro lepší ukotvení podpory, zejména v podobě Národního programu hospodárného nakládání s energií a využívání jejích obnovitelných a druhotných zdrojů. Zatímco předchozí nařízení vlády od roku 1999 předpokládala, že obnovitelné zdroje energie budou podporovány ročně částkou odpovídající 0,1 % HDP, žádné podobné ustanovení výše podpory nebylo po roce 2001 přijato. K naplnění původního vládního závazku také nikdy nedošlo, počínaje rokem 2002 byl tento závazek zrušen.

## Stanovení nákladů Národního programu v oblasti využívání obnovitelných zdrojů energie

Národní program hospodárného nakládání s energií a využívání jejích obnovitelných a druhotných zdrojů (dále jen „Národní program“) zpracovává Ministerstvo průmyslu a obchodu v dohodě s Ministerstvem životního prostředí ve smyslu Hlavy III zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií. Národní program je zpracováván vždy na čtyřleté období, přičemž první období je rozmezí let 2002–2005. Národní program pro toto období definuje určité cíle pro oblast úspor energie i pro oblast využití obnovitelných zdrojů energie. Pro představu o velikosti předpokládaných cílů pro rok 2005 je uvedena následující tabulka.

**Tabulka 10 : Kvantifikace nákladů na využití obnovitelných zdrojů energie do roku 2005**

Technologie využití OZE	Současný stav (TJ)	Předpoklad nárůstu (TJ)	Celkem (TJ)	Investiční nákl. (mil. Kč)
<b>Biomasa (celkem)</b>	23 585	18 300	41 885	8 235
<b>Sluneční tepelná energie</b>	356	604	960	5 600
<b>Fotovoltaické články</b>	0,11	5	5,11	350
<b>Tepelná čerpadla</b>	105	600	705	2 133
<b>Větrná energie</b>	18	1 710	1 728	9 620
<b>Vodní energie</b>	2 448	520	2 968	2 777
<b>CELKEM</b>	<b>26 512,11</b>	<b>21 739</b>	<b>48 251,11</b>	<b>28 715</b>

Z analýzy provedené v rámci přípravy Národního programu dále například vyplynulo:

1. Bez veřejné podpory lze vyrobit zhruba 5,2 PJ energie s investičními náklady 5 mld. Kč;
2. S veřejnou podporou do 30 % (ekvivalent půjčky 50–70 %) je možné vyrobit zhruba dalších 5,75 PJ energie s investičními náklady 10,9 mld. Kč, čemuž odpovídá přímá podpora ve výši maximálně 3,3 mld. Kč.
3. S veřejnou podporou do 50 % (ekvivalent půjčky 80–100 %) je možné vyrobit zhruba 10,8 PJ energie s investičními náklady 12,8 mld. Kč, čemuž odpovídá přímá podpora ve výši maximálně 6,4 mld. Kč.
4. Naplnění cílů Národního programu v oblasti využití obnovitelných zdrojů energie je možné dosáhnout s veřejnou podporou v celkové (maximální) výši 9,7 mld. Kč, tj. 2,4 mld. Kč ročně.

Údaje jsou uvedeny se započtením vlivu nepřímých podpor např. zvýhodněním výkupních cen energie z obnovitelných zdrojů, formou daňových zvýhodnění apod. Zvýhodněná půjčka (dotace úroku z úvěru, nebo zvýhodněná výkupní cena energie jsou formou veřejné podpory. Taktéž náklady na správu systému výkupu elektrické energie z OZE jsou započteny v takto pojaté veřejné podpoře.



## Schémata podpory elektřiny z OZE

Zatímco u přímo poskytované podpory nelze vyloučit její neefektivní využití, nepřímé formy podpory by měly nabízet podstatně účinnější řešení. V současné době je podpora výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů dána cenovým výměrem Energetického regulačního úřadu (ERÚ) č. 1/2003 z 28. listopadu 2002, kterým se stanoví minimální výkupní ceny elektrické energie následovně:

**Tabulka 11 : Minimální výkupní ceny elektřiny z OZE**

Druh obnovitelného zdroje	Minimální výkupní cena (2003) [Kč/kWh]	Minimální výkupní cena (2004) [Kč/kWh]*
<b>Malé vodní elektrárny</b>	1,50	1,55
<b>Větrné elektrárny</b>	3,00	3,00
<b>Výroba elektrické energie spalováním biomasy</b>	2,50	2,50
<b>Výroba elektrické energie spalováním bioplynu</b>	2,50	2,50
<b>Výroba elektrické energie využitím geotermální energie</b>	3,00	3,00
<b>Výroba elektrické energie využitím slunečního záření</b>	6,00	6,00

\* návrh ERÚ ze dne 11. listopadu 2003

V současné době je v procesu přípravy nový zákon o podpoře výroby energie z obnovitelných zdrojů, jehož účelem je legislativně zakotvit podporu obnovitelným zdrojům energie a stabilizovat tak prostředí pro podnikání v této oblasti. Současně by měl tento zákon z velké části zahrnout požadavky a doporučení evropské směrnice 77/2001/EC a nastavit parametry podpory pro období po otevření trhu s elektrickou energií. Předpoklad platnosti zákona je od 1. 1. 2005.

## 6. Systémy podpory výroby elektřiny z OZE

K otázce podpory výroby elektřiny z OZE jsou často zaujímány dva odlišné názory, resp. jsou prosazovány dva odlišné přístupy. Jedná se o pevné výkupní ceny energie nebo o kvótní systém, resp. o garantované obchodovatelné certifikáty. O možnostech uplatnění a o výhodách či nevýhodách obou přístupů se vedou dlouhodobé diskuse i spory. Důležitější než to, který nástroj je pro podporu obnovitelných energií nakonec zvolen, je však skutečnost, jak je pečlivá příprava a návrh celkové strategie a jaká je politická ochota obnovitelné zdroje podporovat. Špatně navržený systém může být horší, než žádný systém. Směrnice 2001/77/EC nestanovuje jednotný mechanismus podpory, ale je na zvážení každého členského státu, jakým způsobem podíl obnovitelných zdrojů energie na výrobě elektrické energie zajistí. V současné době je situace spíše nakloněna použití systému pevných výkupních cen, které, jsou-li zákonem dlouhodobě garantovány, jsou více stabilní a pro podnikatelský sektor jednoznačně uchopitelné. Ustanovení tohoto systému se z velké části opírá o zkušenost SRN, kde má dlouhou tradici. Následuje přehled některých hlavních zásad pro systémy podpory OZE:

- U každého systému musí být garantována jeho životnost po dobu, po kterou je plánován. Podpůrný mechanismus tak musí být omezen nějakým jasným časovým rámcem – např. 10, 15 nebo 20 lety.
- Všechny výlučné překážky kladené obnovitelným zdrojům musí být odstraněny – např. poplatky za připojení k síti, mimořádné poplatky za přenos apod.
- Systém obchodovatelných certifikátů je možno upřednostnit zejména v případě, že je zaváděn jako přeshraniční systém v celoevropském měřítku.
- V současné době se jeví jako nepravděpodobné, že by takovýto harmonizovaný systém byl v brzké době zaveden.
- Podpora založená na odstupňovaných výkupních cenách je prozatím nejlepší strategií, dokud nebude zaveden mezinárodní systém obchodování s certifikáty.
- Výkupní ceny jsou upřednostněny ze tří důvodů: jsou velmi snadno zaveditelné a mohou být snadno revidovány pro nové kapacity ve velmi krátkém čase.
- Administrativní náklady systému s výkupními cenami jsou zpravidla nižší, než při zavádění národního obchodování. Tato skutečnost je významná zejména pro malé země, kde je obtížné zavést konkurenční obchodování.
- Nutno zajistit jasné rozlišení mezi neharmonizovanou strategií pro stávající zdroje (odstupňované výkupní ceny) a mezi harmonizovanou strategií (mezinárodní obchod s certifikáty) pro nové zdroje v budoucnu.
- Pokud si každá země začne zavádět vlastní systém obchodování s certifikáty, vznikne směs různých systémů a velmi narostou transakční náklady na pozdější ustanovení harmonizovaného systému.
- Není zde žádná potřeba ani důvod pro změnu strategií pro stávající obnovitelné zdroje (pozn.: pokud tedy nějaké rozumné strategie existují) ani na národních ani na evropské úrovni.

Tato fakta vedou k základnímu závěru pro společnou harmonizovanou evropskou strategii, pokud se členské země rozhodnou pro společnou kvótní strategii. Pro tento systém bude muset být jasně stanoveno datum zahájení (např. 1. 1. 2007). Od tohoto data získají všechny nové zdroje (ale žádné stávající zdroje) oprávnění pro vstup do kvótního systému.

V době tvorby této publikace není ještě zcela zřejmé, jaký bude systém podpory v ČR. Návrh zpracováváný společnou pracovní skupinou ministerstva průmyslu a obchodu a ministerstva životního prostředí navrhuje určitou kombinaci obou systémů, která by odpovídala zejména podmínkám českého otevírání trhu s elektrickou energií. Mnoho studií, které se touto problematikou zabývají (viz např. ELGREEN) zcela jasně ukazuje, jak by se mělo přistupovat k řešení sporných otázek s dlouhodobým a masivním dopadem – velmi pečlivě a nezávisle je posoudit a navrhnout možnosti dalšího postupu. Důležitým prvkem je ovšem uvědomění politiků, které cíle jsou podstatné (užitečné pro celou společnost) a které pouze zástupné (užitek pouze pro část společnosti či úzkou zájmovou skupinu).

## 7. Závěr kapitoly

Pro ekonomické vyhodnocování obnovitelných zdrojů energie je nezbytné postupovat stejným způsobem, jako při vyhodnocování jakéhokoli jiného záměru. To platí obecně pro malé i velké akce, neboť základní parametry určující hospodárnost projektu jsou společné. Na počátku by měla být vždy studie proveditelnosti, která odhalí případná slabá místa projektu a navrhne varianty řešení.

Kromě standardních parametrů projektu vyžadovaných investorem, kterými jsou čistá současná hodnota, výnosové procento či doba návratnosti, je úspěšnost projektu velmi závislá na mnoha dalších, z nichž některé lze ovlivnit pouze velmi málo či vůbec. Jedná se zejména o roční dobu využití, ceny energie z klasických, neobnovitelných zdrojů, volbu lokality, dostupnost primárního zdroje, vliv povětrnostních podmínek atd.

Mezi základní okrajové podmínky patří zejména odhad vývoje cen energií, podpory v oblasti rozvoje OZE, vývoje environmentálních daní, resp. míry zahrnutí externalit do cen energie z neobnovitelných zdrojů, nákladů konkurenčních technologií, vývoj legislativy apod., nejlépe pro období nejméně poloviny doby životnosti dané technologie, resp. projektu.

Pokud by z této kapitoly mělo vzejít nějaké doporučení, jaká kritéria jsou při hodnocení obnovitelných zdrojů energie podstatná, pak je to v případě soukromého investora samozřejmě výsledná realizovaná cena energie. Tato cena v sobě postihne jak investiční, fixní a proměnné náklady, tak i kvalitu energie, její rozložení a dostupnost v průběhu roku apod. Současně s tímto tvrzením je ovšem nutno dodat, že pro vzájemné porovnání cen musí existovat srovnatelné „globální“ východisko. Ceny by tudíž měly být porovnávány zásadně vč. započtení externích nákladů.

Pro zřejmou složitost tohoto procesu je náhradním řešením tuto disproporci vynahrazovat vyšší výkupní cenou energie z OZE a postupným zaváděním environmentálních daní. To vše ovšem musí být podpořeno všeobecným pochopením a přijetím tohoto principu. Tomu mohou napomoci transparentní realizace veřejných (státních, obecních) projektů, kde bude názorně ukázáno na jejich efekty. V tomto případě nebude hrát realizovaná cena zásadní roli, ale pouze významnou, v rámci multikriteriálního hodnocení přibudou zejména kritéria environmentálního a regionálního přínosu, vč. zaměstnanosti. Tento postup je možné uplatnit i v případě projektů soukromých investorů v případě, že je od veřejného sektoru požadována nějaká, byť minimální spoluúčast.

Jako příloha této kapitoly je zařazen stručný přehled možných zdrojů financování pro rozvoj technologií a uplatnění obnovitelných zdrojů energie.

**Tabulka 12: Shrnutí možných zdrojů financování projektů OZE v ČR**

Zdroj	Popis
<b>Garantované výkupní ceny elektřiny – <a href="http://www.eru.cz">www.eru.cz</a></b>	Výměrem ERÚ stanovené výkupní ceny el. energie z OZE; v podstatě se jedná o druh přímé podpory. V budoucnu může být nahrazen přímo zákonným ustanovením.
<b>Zelené certifikáty</b>	Druh přímé podpory formou odkupu certifikátů, ke kterým se pojí určité množství elektrické energie z OZE. Certifikáty jsou buď součástí tzv. kvótního systému, nebo dobrovolným obchodem.
<b>Dotace z veřejných zdrojů</b>	Jedná se o přímou finanční podporu, obvykle vyjádřené procentní výší z celkových pořizovacích (uznaných) nákladů. Do budoucna jsou dotace zřejmě neuplatnitelné pro systémy výroby elektřiny, pokud bude požívat výhod jiného podpůrného systému (výkupní ceny apod.)
<b>Státní fond životního prostředí – <a href="http://www.sfzp.cz">www.sfzp.cz</a></b>	Státní fond životního prostředí je v současnosti nejvýznamnějším zdrojem financování pro technologie využívání OZE. V rámci Příloh II Směrnice MŽP o poskytování finančních prostředků ze SFŽP jsou podporovány prakticky všechny druhy technologií OZE; žádosti je možno podávat průběžně, jejich vyřízení závisí na schválení akce Radou SFŽP (cca 4× ročně) a na následné administraci.

Zdroj	Popis
<b>Česká energetická agentura</b> <a href="http://www.cea.cz">www.cea.cz</a>	<p>Česká energetická agentura plní roli podpůrné instituce při přípravě legislativy, poskytování informací a zčásti též přímé podpory vybraných akcí investičního i neinvestičního (osvětového) charakteru.</p> <p>Žádosti o podporu je nutno podat vždy dle druhu aktivity do 17. 1., 28. 2. respektive do 30. 6.</p>
<b>SAPARD</b> <a href="http://www.mze.cz">www.mze.cz</a>	<p>Program pro vstup do EU za účelem: investice do zemědělského podnikání, zemědělské výrobní postupy určené k ochraně životního prostředí a udržování krajiny, zlepšování úrovně odborného vzdělávání, diverzifikace hospodářských činností a rozvoj a zlepšování venkovské infrastruktury, odborná pomoc včetně studií, technická pomoc.</p> <p>Výše příspěvku může dosáhnout 75 % celkových prokázaných veřejných výdajů. Pokud jde o investice vytvářející zisk, pomoc z veřejných zdrojů může dosáhnout 50 % celkových prokázaných nákladů, ze kterých příspěvek EU může dosahovat 75 %; ve vztahu k podpoře OZE lze od tohoto druhu podpory očekávat pouze podpůrnou možnost financování např. infrastruktury bioplynových stanic apod.</p>
<b>Financování třetí stranou</b>	<p>Standardní nástroj pro financování energeticky efektivních opatření. Teoreticky a v budoucnu zřejmě i v praxi použitelný pro financování projektů na výrobu elektrické energie z OZE.</p>
<b>Leasing</b>	<p>Metoda finančního i operativního, případně zpětného leasingu je dnes v mnoha oborech z pohledu investora zajímavá. Leasing je plně využitelný i pro financování technologií pro výrobu elektrické energie z OZE, jeho použitelnost záleží na celkové ekonomice (proveditelnosti) projektu a daňové optimalizaci.</p>
<b>ISPA</b>	<p>Předkohezní fond, podpora je určena projektům s celkovým nákladem větším než 5 milionů EURO (ve zvlášť zdůvodněných případech i méně). Projekty musí být ko-financovány českou stranou, případně z jiných zdrojů, příspěvek z fondu ISPA činí maximálně 75% celkové ceny projektu.</p> <p>U projektů generujících zisk bude procento úměrně sníženo, předběžné studie a technické asistence mohou být naopak financovány 100% z fondu ISPA (určeno především pro obce nebo sdružení obcí).</p> <p>Dále mohou žádat:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>obchodní společnosti v nichž města a obce (nebo stát) mají nadpoloviční majetkovou účast,</li> <li>ústřední orgány státní správy,</li> <li>rozpočtové či příspěvkové organizace zřízené ústředními orgány státní správy,</li> <li>státní podniky a jiné státní organizace (granty nemohou být přiděleny tam, kde by byly porušeny podmínky rovné hospodářské soutěže, to znamená, pro soukromý sektor generující zisk)</li> </ul> <p>Podpora je věnována na účely:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>samostatné investiční projekty,</li> <li>finančně i technicky samostatné části projektů,</li> <li>předběžné a technické studie nebo studie proveditelnosti,</li> <li>skupiny věcně souvisejících projektů,</li> <li>technická pomoc pro zajištění přípravy,</li> <li>realizace a vyhodnocení výše uvedených investičních projektů,</li> </ul> <p>Podpora ve vztahu k podpoře OZE by mohla být významná, v současnosti je však prioritou čistota vod.</p>
<b>Strukturální fondy EU</b> <a href="http://www.mmr.cz">www.mmr.cz</a>	<p>Prostředky strukturálních fondů mohou využívat členské státy EU za přesně stanovených podmínek.</p> <p>Jedná se zejména o podporu investic do infrastruktury ekonomiky zaostávajících regionů a podporu vzdělání a zvyšování zaměstnanosti.</p> <p>Prostředky jsou směřovány na národní či regionální orgány zodpovědné za řízení rozvojových programů a odsouhlasených regionálních projektů.</p>

<b>Zdroj</b>	<b>Popis</b>
<b>Nízkoúročené půjčky z veřejných zdrojů</b>	Pro rozvoj OZE je i při existenci podpory některým z výše uvedených mechanismů nutno mít dostatečný výběr zdrojů dlouhodobého financování investic.  V nekomerční sféře je těchto zdrojů omezený počet, kromě půjček a příspěvků na úhradu části úroků poskytovaných SFŽP, výjimečně PGRLF je možné (v případě větších projektů) využít prostředků velmi nepružných institucí Evropské banky pro obnovu a rozvoj a Světové banky.
<b>Úvěry komerčních bank</b>	Komerční banky se s narůstajícím významem odvětví (OZE) začínají zajímat o možnosti a rizika v této oblasti, některé zahraniční banky poskytují i ucelené programy.  V současnosti není ještě v podmínkách ČR tento způsob rozvinutý, převládá (zčásti oprávněná) nedůvěra.
<b>Úvěry ČMZRB www.cmzrb.cz</b>	Programy ČMZRB podpory malého a středního podnikání a energetické programy.  Je předpoklad, že programy ČMZRB budou do budoucna ve vztahu k využívání OZE nabývat na významu.
<b>Projekty realizované společně (JI); Prototyp uhlíkového fondu (PCF) www.env.cz, www.cea.cz, www.sfzp.cz</b>	Programy tzv. flexibilních mechanismů vycházejí z Kjótského protokolu. V principu jsou založeny na reinvestování prostředků směřujících za úspory emisí skleníkových plynů, zejména CO <sub>2</sub> . Za fungování PCF zodpovídají přeneseně ČEA a SFŽP.  Princip JI spočívá v bilaterálních mezistátních dohodách o „vyrovnávání přebytku“ CO <sub>2</sub> , kdy hostitelská země přijímá investice podporované „hostem“. Tyto investice směřují k dalšímu snížení emisí CO <sub>2</sub> .
<b>Fondy PHARE www.mmr.cz</b>	Fondy PHARE jsou již několik let významným zdrojem financování rozvojových programů neinvestičního i investičního charakteru a to zejména v oblasti energetické efektivity. Kromě jiných je významná i existence Phare CBC (Cross Border Co-operation), podpora přeshraniční spolupráce mezi Českou republikou – Německem a Českou republikou – Rakouskem a trilaterální přeshraniční spolupráce mezi Českou republikou – Německem – Polskem a Českou republikou – Rakouskem – Slovenskem.  Příspěvek Evropské komise je poskytován v zásadě jako grant (nenávratná dotace části rozpočtových nákladů). Investor se musí podílet na realizaci projektu částkou nejméně ve výši 25 % celkových nákladů, Min. výše prostředků je 100 mil Kč na žádost, podíl 75 % hradí Phare a 25 % česká strana (např. i SFŽP).
<b>Emisní obchodování</b>	Obchodování s emisemi skleníkových plynů, zejména CO <sub>2</sub> , které za určitých okolností může pomoci rozvíjet projekty využívání OZE. Směrnice o emisním obchodování v EU vstupuje v platnost 1. 1. 2004; obecně však není možné v tomto způsobu spatřovat výraznou podporu rozvoje OZE.
<b>Nadace a soukromé fondy</b>	Finanční prostředky z těchto zdrojů často plynou zejména do oblasti osvěty, případně přípravy projektů či financování drobných projektů. V ČR je neaktivnější v této oblasti nadace Partnerství (Partnership – jedná se o zahraniční prostředky).

## Použité zdroje

Altner, G., Dürr, H.P., Michelsen, G, Nitsch, J. (Gruppe Energie 2010) : Zukünftige Energiepolitik, Economica Verlag, Bonn 1995

Beranovský, J., Truxa, J., kol.: Alternativní energie pro váš dům, Ekowatt, ERA, 2003

Bundesumweltministerium: Klimaschutz durch Nutzung erneuerbarer Energien, SRN, 1999

CityPlan: Zakomponování obnovitelných zdrojů do energetického systému ČR, studie MPO, Praha 1999

CityPlan, PowerService: Návrh transparentního způsobu dotování zařízení využívajících obnovitelných a druhotných zdrojů energie v případě jejich zapojení do integrovaných energetických soustav, studie MŽP, Praha 2001

Energetická politika ČR, MPO, Praha 1999

ESD: Meeting the Challenge, TERES II, analýza potenciálu evropských zemí zpracovaná v rámci programu Altener, 1996

- Eurostat, European Commission: Renewable Energy Sources Statistics in the European Union, 1989–2001
- Florian, M.: Analýza dotací v energetice, SEVEN, Praha 1999
- Hrubý, Z., kol.: Závěrečná zpráva expertního týmu pro nezávislé posouzení projektu dostavby Jaderné elektrárny Temelín
- Huber, C., kol.: Final Report of the Project EIGreen, European Communities, 2001
- Motlík, J.: Hodnocení investičních variant obnovitelných zdrojů energie, Diplomová práce, VŠE, 2001
- Návrh programu podpory výroby a využití bioplynu a výstavby bioplynových stanic do roku 2010, včetně návrhu legislativní a finanční podpory, Ministerstvo životního prostředí, Ministerstvo zemědělství, 2002
- Pearce, D., W., Turner, K., A.: Economics of natural resources and the environment, Harvester Wheatsheaf, 1990
- Petržílek, P.: Politika trvale udržitelného rozvoje a programy sociálního smíru při přechodu k trvale udržitelné ekonomice, MŽP ČR 2002
- Sheer, H.: Sluneční strategie – politika bez alternativy, Nová Země, 1999
- Schumacher, E.,F.: Malé je milé, aneb ekonomie, která by počítala i s člověkem, Doplněk Brno, 2000
- SRC International: National Energy Efficiency Study (Národní studie energetické efektivity v ČR), World Bank, Ministry of Environment of the Czech Republic, Prague 1999
- Státní politika životního prostředí, MŽP, Praha 2001
- Šafařík, M.: Souvislosti využívání energetických přírodních zdrojů s principy trvale udržitelného rozvoje, zpráva pro 11. zasedání Rady vlády České republiky pro sociální a ekonomickou strategii, 2001
- Šafařík, M.: Metodika podpory obnovitelných zdrojů energie v souladu s principy udržitelného rozvoje, disertační práce, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2001
- Ščasný, M., kol.: Implementace environmentální daňové reformy v členských zemích EU, Ministerstvo životního prostředí, 2002
- VIP, s. r. o., konsorcium řešitelů: Závěrečná zpráva projektu VaV: Závislost využitelného potenciálu obnovitelných zdrojů energie na výkupních cenách energie, Ministerstvo životního prostředí ČR, 2000
- Weizsäcker, E.,U., von, Lovins, A.,B., Lovinsová L.,H.: Faktor 4, Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha, 1996
- Zelená kniha Evropské komise – K evropské strategii pro bezpečnost zásobování energií



## ...MÍSTO ZÁVĚRU

Zpracované autorské příspěvky, ač jsou zaměřené výrazně monotematicky na obnovitelné zdroje využitelné v rámci ČR, zacházejí místy výrazně za hranice popisovaného tématu a ocitají se až na poli filozofickém a sociálně vědním. Přes možnou diskutabilnost k jednotlivostem však mají jednu podstatnou výhodu: názory v nich obsažené jsou aktuální a živé.

Velmi markantním jevem současnosti je, bohužel, nárůst publicity iracionálních společenských projevů hraničící až s propagací hlouposti. Tato medializovaná iracionalita, tvářící se jako podpora svobodě poskytování informací a prezentování různorodosti názorů, může velmi podstatně ovlivňovat myšlení zpohodlnělé veřejnosti.

Publicita poskytovaná různým hlasatelům jednoduchých řešení a vlastních „pravd“ i guruům s egocentrickými až spásitelskými ambicemi přináší nebezpečí ovlivňování obyvatelstva a dokonce i rozhodovací sféry scestnými informacemi. Nejrůznější média i nakladatelé se často předhánějí ve zveřejňování těch nejvíce absurdních a nesmyslných informací bez zachování proporcí mezi nimi i bez rozlišení jejich důležitosti a věrohodnosti. Platilo to dosud, bohužel, i o medializaci obnovitelných zdrojů.

Předkládaná autorská studie patří k těm dílům, pomocí nichž si každý čtenář může udělat vlastní názor. Může si vybrat z problémových oblastí tu, která ho nejvíce zajímá, a sám si na základě předložených faktů udělat vlastní obrázek o využitelnosti obnovitelných zdrojů a jejich možném potenciálu. V budoucnu jistě budou důležitou součástí celkového energetického mixu, ale v současné době a v geografických a klimatických podmínkách České republiky nelze jejich význam přeceňovat. Později bychom se totiž potýkali s deziluzí o postupně mizející představě rychlé a masivní náhrady současných energetických zdrojů touto cestou.

Nezbývá než poděkovat autorům a všem dalším, kteří se podíleli na vydání této studie, že se jim za relativně krátkou dobu podařilo shrnout aktuální poznatky o současných možnostech a dalších perspektivách obnovitelných zdrojů energie.

**Ing. František Vaněk, CSc.**

specialista sekce Technika  
ČEZ, a. s.

---

## **Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice**

Napsali: Ing. Jan Motlík CSc., dipl. technik Libor Šamánek, RNDr. Josef Štekl CSc., Ing. Jaroslav Váňa CSc., Ing. Radim Bařinka, Ing. Miroslav Šafařík Ph.D.

Foto, grafiky: pokud není uvedeno jinak, archiv autorů jednotlivých kapitol

Produkce, sazba, grafická úprava:

Česká energetika, s. r. o., Havlíčkova 304, Heřmanův Městec, [www.ceskaenergetika.com](http://www.ceskaenergetika.com)

Tisk: České tiskárny s. r. o., Ráby 14

Vydal: ČEZ, a. s., Duhová 2/1444, Praha v roce 2003