



Milan Smrž



Cesta k energetické svobodě

impulz k přeměně energetiky
a hospodářství do udržitelné formy

Cesta k energetické svobodě

Cesta k energetické svobodě

impulz k přeměně energetiky
a hospodářství do udržitelné formy

WISE

Brno 2007

© Milan Smrž (milan.smrz@eurosolar.cz)
v kapitolách Fosilní energie a Biomasa
s přispěním Jana Macáka
Návrh obálky a prepress Jan Krucký (www.123pocitace.cz)
Jazyková korektura Kateřina Havráňková

Energetický informační servis WISE Brno, 2007
Chytálky 24
594 55 Dolní Loučky
www.wisebrno.cz
www.eurosolar.cz

Tištěno na recyklovaném papíře

Předmluva.....	7
Úvod.....	11
specifikum energetických předpovědí	
energetika na rozcestí	
 1. Udržitelnost.....	 14
1.1 jistota zásobování a cenová stabilita	
1.2 faktory zvyšující spotřebu	
1.3 cesty řešení	
1.3.1 společnost 2000 W	
1.3.2 footprint	
1.4 možnosti zvyšování energetické účinnosti	
 2. Konflikty energetických cest	 19
2.1 jaderná energie	
2.1.1 postoj české veřejnosti k jaderné energetice	
2.1.2 jaderná energetika jako nástroj k zastavení klimatických změn	
2.1.3 dostupnost uranového paliva	
2.1.4 nevyřešený problém konečného uložení jaderného odpadu	
2.1.5 objem společenské podpory jaderných technologií	
2.1.6 růst cen uranového paliva	
2.1.7 vojenské a bezpečnostní aspekty centralizovaného energetického systému	
2.1.8 zdravotní rizika	
2.1.9 otázka rozvojových zemí	
2.1.10 fúzní reakce	
2.2 fosilní energie	
2.2.1 superkritické elektrárny	
2.2.2 clean coal	
 3. Obnovitelné energie jako trvalé řešení.....	 29
3.1 stoprocentně obnovitelné energetické scénáře	
3.2 energeticky nezávislé projekty	
3.3 energie Země	
3.3.1 geotermální energie	
3.4 energie Slunce	
3.4.1 větrná energie	
3.4.2 biomasa	
3.4.3 malá vodní síla	
3.4.4 nízkopotenciální odpadní teplo	
3.4.5 fotovoltaika	

-
- 3.4.6 solární architektura
 - 3.4.7 zásobování teplem
 - 3.4.8 obnovitelná mobilita

4. Možnosti skladování energie..... 69

- 4.1 přehled souačasného stavu akumulčních technologií
- 4.1.1 přečerpávací elektrárny
- 4.1.2 pneumatické zásobníky
- 4.1.3 elektrické akumulátory elektromobilů
- 4.1.4 vodík
- 4.1.5 alternativní organizace odběru elektřiny ze sítě

5. Předsudky proti obnovitelným energiím 74

6. Přednosti a přínosy obnovitelné energetiky 75

- 6.1 politické a obecné přínosy
- 6.2 ekonomické přínosy
- 6.2 zdraví obyvatel

7. Souhrn potenciálů obnovitelných zdrojů energie v České republice a návrh potřebných kroků..... 78

Závěr 80 pravděpodobný vývoj energetiky

Použité zkratky a odborné termíny 82

Poznámky 83

Program modelování obnovitelné energetické soustavy 87

Doporučení pro přechod na úplné zásobování ČR obnovitelnými energiemi 88

- základní energetické koncepty
- zvýšení energetické účinnosti
- energopolitické cíle

Předmluva

Energii k topení, vaření, pohonu dopravních prostředků, svícení a napájení dalších spotřebičů jsme si zvykli považovat za naprostou samozřejmost. Stačí otevřít kohout, strčit šňůru do zásuvky, zasunout na pumpě čerpací pistoli do auta a máme jí kolik chceme a kdykoliv se nám zamane. Omezují nás snad jen naše peněženky – ale i když ceny energií rostou, jen málokdo je ochoten si kvůli tomu odříct byt i jen další elektronické spotřebiče určené pro zábavu.

Zdroje energie, které dnes využíváme, ale nejsou ani bezedné, ani bezproblémové. Čtyři pětiny spotřeby lidstva pokrývají fosilní paliva, o zbylou část se dělí větší měrou obnovitelné zdroje a menším dílem jaderná energetika. Zásoby plynu, ropy i uranu se tenčí a při současné úrovni spotřeby vystačí na několik desetiletí. S uhlím bychom sice vystačili několikanásobně déle, ale jeho spalování uvolňuje relativně nejvíce skleníkových plynů ze všech paliv, takže jeho využívání budeme nuceni začít omezovat s ohledem na klimatické změny. S rostoucí spotřebou a klesajícími zásobami musí navíc stále více zemí zdroje energie dovážet z nemnoha míst, kde je jich stále ještě dostatek.

Abychom předešli nevratným a z hlediska civilizace katastrofálním změnám podnebí, stojíme tak tváří v tvář nezbytnosti začít výrazně snižovat emise skleníkových plynů. V České republice dnes emise oxidu uhličitého na osobu přesahují dvanáct tun ročně, zatímco při spravedlivém rozdělení zátěže naše planeta snese necelé dvě tuny ročně na člověka. Vědecké poznání ukazuje, že k udržení oteplení planety v únosných mezích je třeba tohoto vyváženého stavu dosáhnout už do poloviny století. Máme tedy několika málo desetiletí k tomu, abychom skleníkové emise v naší republice snížili nejméně o osmdesát procent. Zároveň je ze strategických a bezpečnostních důvodů rozumné hledat cesty k omezování závislosti na dovozech zdrojů energie.

Je to velká výzva, ale má řešení. Potíž je v tom, že politici zatím nenašli odvahu se k ní postavit čelem. Platná energetická politika ČR sice hovoří o zvyšování soběstačnosti, ale i ve svých scénářích připouští, že podíl dovozů v příštích desetiletích dál poroste. Ochrana klimatu v ní hraje jen vedlejší roli, a v ní předvídaný vývoj emisí oxidu uhličitého se ani zdaleka neblíží tomu, čeho je třeba dosáhnout. Důraz klade na pokračující využití zásob uhlí a rozvoj jaderné energetiky, ačkoliv nás tato cesta zjevně nevede směrem, kterým je třeba.

O tom, jestli se nám podaří tento úkol zvládnout, se ale rozhoduje už nyní. Naše šance předurčuje energetická politika státu a z ní vyplývající investice v řádu mnoha stovek miliard, které v příštích letech poplynou do náhrady dožívajících elektráren a zdrojů.

Dali jsme si proto za cíl otevřít diskusi o tom, jestli a jak je možné proměnit sektor energetiky tak, abychom dokázali do roku 2050 razantně snížit emise skleníkových plynů, zbavili se rizik spojených s jadernou energetikou a podstatně omezili závislosti na dovozech zdrojů energie. Chceme ukázat, že taková transformace je uskutečnitelná a že díky ní můžeme udržet kvalitu života i pro příští generace.

Proto jsme vydali tuto publikaci, jejímž autorem je Milan Smrž, předseda české sekce evropského sdružení pro obnovitelnou energii Eurosolar.

Jan Beránek
předseda Energetického informačního servisu WISE Brno
www.wisebrno.cz

Před 85 lety řekl průkopník automobilového průmyslu Henry Ford:

„Nad přírodou zvítězíme.“

Od té doby se počet jedinců našeho druhu ztrojnásobil, na světě jezdí 850 milionů aut a užívají se miliardy elektrických přístrojů.

Brzy nás bude devět miliard. Životní styl průmyslových zemí vede k denní ztrátě sto padesáti živočišných a rostlinných druhů. Obrátili jsme směr vývoje. To se ještě žádné generaci před námi nepovedlo.

(Franz Alt, 2007)

Od pradávna žily lidské společnosti ve strachu o příští úrodu, v bázi před nájezdníky a morovými epidemiemi. Dnes žijí v obavách o úrodnost vyčerpané půdy, měnící se klima a nedostatek energie. Dříve se většina takových hrozeb vztahovala pouze k určitým lokalitám, maximálně regionům, dnes je toto ohrožení celosvětové. Je potřeba mnoho změnit. Můžeme uspořádat základní existenční parametr současné civilizace – energetiku – jinak? Myslíme si, že ano. Především v Evropě máme mnoho dobrých příkladů. Pojďme o nich mluvit a pojďme je realizovat.

Proč je právě energie tak důležitá? Bez energie nebo ohrožení akutním nedostatkem bychom neměli nic. Teplo, ani dopravu, světlo, ani vodu, bezpečnost, ani potraviny. V rámci tohoto obnovitelného scénáře nebudeme vykreslovat detailní křivky jednotlivých příspěvků budoucího energetického zásobování. Možností a kombinací je mnoho. Na závěr nabídneme počítačový program, který umožní kombinace obnovitelných zdrojů modelovat a zkoumat.

Máme značné pochybnosti o validitě předpovědí velkých energetických korporací jdoucích nad rámec současných zvyklostí. Na příkladu minulých předpovědí obnovitelných i fosilních a jaderných zdrojů ukážeme chyby, jichž se dopustily. V konkrétních případech předpovědi rozvoje technologií i objemu instalací obnovitelných zdrojů energie skutečnost vždy předčila nedávná profesionální očekávání, zatímco na straně druhé předpovědi z oblasti fosilně-jaderné energetiky hluboce pokulhávají za dosaženými výsledky. Do značné míry to je pochopitelné – panující názor je názorem panujících.

Naším závazkem k Evropské unii je 8 % obnovitelné elektřiny do roku 2010. Nejnověji se EU jednostranně zavázala do roku 2020 snížit emise skleníkových plynů o 20 % z úrovně roku 1990. Tyto cíle někteří naši politici zpochybňují a připravují výstavbu dalších jaderných bloků a prolomení severočeských uhelných limitů. S takovou energetickou politikou máme velikou šanci stát se fosilně-jaderným skanzenem Evropy. Rozvoj inovativních technologií fotovoltaických článků s nanostrukturami, progresivních cest v akumulaci energie, nových pohonů pro automobily i biopaliva druhé generace a řada úsporných opatření s tvorbou nových pracovních míst – to všechno budeme muset v budoucnu pracně dohánět, aniž bychom profitovali z důvtipu a práce výzkumných a vývojových pracovníků. Cítíme, že v České republice ještě nezačal vát vítr správným směrem.

Smyslem této studie je přispět k tomu, aby se nedobrá stav změnil. Ukázat na pravděpodobné budoucí trendy v obnovitelné energetice a na netušené možnosti a potenciály, které tento rozvoj má a skýtá. Nabídnout vizi i principy rekonstrukce současného energetického systému do obnovitelné formy.

Obnovitelné zdroje energie nejsou ani v současnosti takových outsiderem, jak by se mohlo snad někomu u nás zdát:

- současný podíl obnovitelných energií na světové energetické spotřebě je více jak pětikrát vyšší než podíl jaderné energie;
- během relativně krátké doby se obnovitelné zdroje staly v mnoha vyspělých zemích s rozvinutými průmyslovými, ekonomickými i občanskými strukturami (Německo, Dánsko, Rakousko...) tématem s významným společenským akcentem;
- programy podpory zavádění obnovitelných zdrojů na trh jsou dodnes příliš omezené a trvají krátkou dobu, srovnáme-li je s iniciačními fázemi průmyslové revoluce koncem 19. století, kdy na výstavbu železniční sítě bylo v některých evropských zemích investováno až 10 % HDP (Rakousko-Uhersko, Švýcarsko...);
- ve srovnání s jadernými a fosilními technologiemi byl (i když se posledních letech situace poněkud zlepšuje) a stále je do výzkumu a vývoje obnovitelných zdrojů vkládán pouhý zlomek těchto prostředků;
- pro finanční oligarchii a architektky světové ekonomiky jsou obnovitelné zdroje svým decentrálním charakterem předzvěstí slábnoucí centrální moci; na straně druhé posílí decentrální pozice a lokální ekonomiku; protože energetika je existenciálním systémem každého společenství, bude z těchto změn plynout postupné oslabování centralizovaných politických struktur;
- celá biosféra planety Země ve vši své bohatosti a rozmanitosti, až na velmi málo výjimek, vznikla a miliardy let se proměňovala právě díky energii Slunce.

Podstatným faktorem prosazení obnovitelné energetiky je vůle k řešení, které představuje jistou a setrvalou možnost uspokojování energetických potřeb. Jde o nekomplikovanou, bezpečnou a komplexní cestu pro nejširší veřejnost na celém světě, nikoliv na desetiletí, ale na celou existenci lidské civilizace. Hnací silou nemohou být partikulární, individuální či oligarchické zájmy, ale zájmy většiny.

Na obhajobu centralizovaných fosilně-jaderných energetických struktur se uvádí, že jsou cenově výhodnější. Běžné porovnávání současných cen obnovitelné a fosilně-jaderné energie není ale spravedlivé ani pravdivé, protože neodráží skutečné náklady. Nezohledňuje ireversibilní ztrátu fosilních zdrojů ani externí náklady, jež jsou v případě fosilně-jaderného energetického systému extrémní. Cena, jež byla koncipována bez výše uvedených položek, se nemůže stát obhajitelným argumentem pro brzdění a obstrukce při zavádění obnovitelné energetiky. Objem škod na životním prostředí stále roste (viz obr. 1 na straně I barevné přílohy). Uvádí se, že škody na životním prostředí souvisejí ze 75 % s energetickým systémem.

specifikum energetických předpovědí

Spolehnout se na růst známých a úspěšně se rozvíjejících technologií pro obnovitelnou energii (růst účinnosti, snižující se energetická návratnost fotovoltaických článků, klesající cena) je mnohem reálnější, než se spolehnout na technologie, jejichž zavedení do provozu se stále jenom oddaluje. Například fúzní technologie před sebou desítky let stále „hrnou“ minimálně třicetiletou lhůtu realizace a pravděpodobně před koncem století nelze počítat s podstatným příspěvkem těchto elektráren k elektrickému zásobování.

Obdobná situace není v jaderné oblasti výjimečná, stačí připomenout nesplněný růst výkonu jaderných elektráren. Podle předpovědi Mezinárodní atomové organizace z roku 1974 měl dosahovat v roce 2000 přes 4000 GW, zatímco v roce 2005 bylo dosaženo necelé jedenáctiny (367 GW). (1)

Stejně se přeceňují fosilní zásoby. Ve Světovém energetickém výhledu z roku 2000, uveřejněném v Environmentálním výhledu OECD vydaném Ministerstvem životního prostředí ČR, se píše: „Do roku 2020 bude světová základna spotřeby ropy dostatečná a teprve po tomto roce dojde k prudkému zvýšení ceny až na 28 USD za barel.“ Skutečností je, že cena během pěti let dosáhla dvojnásobku hodnoty, které měla dosáhnout až za 15 let, a na konci roku 2007 dosáhla 100 USD. Podle výhledu DIW (Německý institut pro hospodářský výzkum) má dosáhnout do roku 2018 až 200 USD. Příklad konkrétní předpovědi Mezinárodní energetické agentury (EIA) najdete na obr. 2 na str. I barevné přílohy.

Ani veliké finanční organizace (Deutsche Bank) na tom nejsou lépe, když předpovídají budoucí ceny ropy (viz obr. 3 na str. II barevné přílohy).

Na straně druhé je třeba zmínit opakovaně podhodnocované předpovědi Evropské větrné organizace EWEA (viz str. 37 a dále) i podhodnocený odhad nárůstu instalované fotovoltaiky (viz str. 56 a dále).

V roce 1993 proběhla v Německu velká reklamní akce energetických koncernů. „Slunce, voda nebo vítr nemohou dlouhodobě pokrýt více než 4 % naší spotřeby elektřiny.“ Tehdy čerstvě jmenovaná spolková ministryně životního prostředí Angela Merkelová tuto větu opakovala při svém prvním veřejném vystoupení. Dnešní výroba obnovitelné elektřiny v SRN je téměř 14 %.

Uvedené předpovědi se míjejí s realitou, protože odrážejí touhu po setrvalém světě beze změn. Mnozí vědečtí a techničtí protagonisté fosilně-jaderného energetického systému si nedovedou představit, že po desetiletích práce s čím dále většími energetickými celky se mají stavět malé větrné a fotovoltaické elektrárny. Proměna paradigmatu je pomalá. Max Planck ve své autobiografii uvádí, že nová vědecká pravda se prosadí ne ve chvíli, kdy se oponenti přesvědčí, ale až zemřou.

energetika na rozcestí

Oblast energetiky stojí před výzvami a konflikty způsobenými především klimatickými změnami a udržitelností, otevřením monopolních trhů, ekonomickou globalizací a bezpečností zásobování. Světový nárůst spotřeby energie dosahuje asi 2 %, což zvyšuje, kvůli současnému ročnímu nárůstu emisí CO₂ kolem 1 %, nebezpečí změny klimatu. Na závažnosti a aktuálnosti těchto problémů se podílejí především následující skutečnosti:

- Trvalé ohrožení globálního zásobování energetickými surovinami způsobené koncentrací na lokální ložiska – Blízký východ v případě ropy, Rusko a Kazachstán v případě plynu a Kanada a Austrálie v případě uranu.
- Rychlá industrializace Číny, Indie a Jižní Ameriky často sleduje zastaralou techniku vyvinutou v průmyslových státech. Výstavba centralizovaných energetických zdrojů v rozvojových zemích se chápe jako rozvojový motor, a jsou-li na to prostředky, masivně se podporuje.
- Rostoucí globalizace podnikatelských struktur, hospodářských odvětví a turistiky dále zvyšuje světový stres. S ohledem na razantní relokační výroby a spotřeby a s nedostatečně regulovanou těžbou surovin a odpovídající účinností se dotýká kulturně a endemicky důležitých regionů. Významným činitelem je soustavný nárůst převáženého množství zboží a osob, spojený se stálým nárůstem spotřeby energie a vzrůstem emisí ve všech oblastech.
- Liberalizace v sektoru zásobování elektřinou a plynem vede ke změně investičních vzorců ve prospěch krátkodobé ekonomické efektivity při výstavbě energetických zdrojů a orientaci na privatizaci a výnos.

1.1 jistota zásobování a cenová stabilita

Snahy o dosažení podstatného podílu obnovitelné energie na celkové energetické spotřebě budou vždy torpedovány stále rostoucí spotřebou. Tento nekontrolovaný a v dohlednu nekončící nárůst spotřeby je Damoklovým mečem visícím nad hlavami nás všech. Ohrožuje nejenom transformaci energetiky do obnovitelné formy, ale rovněž i celkovou společenskou stabilitu, přičemž hlavním aspektem je zajištění bezpečnosti energetického zásobování. Na dovozové ropě závislé průmyslové země již před třiceti lety na vlastní kůži zažily energetickou krizi a svou energetickou zranitelnost.

Dalším aspektem je cenová stabilita. Nekontrolovaný růst cen energií může vést k hospodářskému a sociálnímu chaosu. Cenové stabilizace lze dosáhnout pouze změnou rychle se vyčerpávajících primárních energetických zdrojů za obnovitelné, spolu se zvyšováním efektivity energetické spotřeby. Na energii stále více závisí globalizované hospodářství se stále rostoucím podílem dopravy. Je zřejmé, že racionalizací spotřeby, jak zvýšením účinnosti, tak stále vyšším podílem domácích obnovitelně získávaných energií, lze dospět k určité hranici, která bude dlouhodobě představovat vyvážený systém.

1.2 faktory zvyšující spotřebu

Lze uvést několik příkladů, které se zásadně podílejí na zvyšující se spotřebě energie a materiálů. Je to především současná forma globalizované ekonomiky s obrovskými nároky na dopravu; urbanizace, stále ještě preferující zónování měst podle Athénské charty; rozpad tradičních sociálních struktur a moderní společenské trendy – rostoucí počet osaměle žijících lidí; anonymně orientovaná masová turistika; stále se zvyšující mobilita a zvětšování městských aglomerací.

Tyto trendy jsou podporovány vládnoucími politickými garniturami, jež se rozhodují především z hlediska růstu formalizovaných kritérií spotřeby, a těmi pak deklarují splnění předvolebních slibů a zvyšující se životní úroveň. Stálý růst spotřeby nade všechny meze nelze akceptovat jako cestu rozvoje, protože nepřináší do budoucna existenční jistotu, ale jen spotřebu akcelerovanou spotřebou. Připomíná protáčející se kolo, které nejenom že se nehýbe z místa, naopak se stále více zahrabává. Vlády neřeší problém regulace spotřeby neobnovitelných vstupů, protože to považují za nedemokratické

a za nežádoucí intervenci. Tento přístup je však mimořádně nebezpečný, protože jím ohrožují nejenom demokracii, ale i samotnou existenci společnosti.

Politika by měla především zajišťovat stabilitu a sociální smír ve společnosti. To nelze jednoduchým způsobem zaměnit za stále rostoucí spotřebu jenom proto, že se jedná o „kvantifikovaně hodnotitelnou veličinu“. Jako většina obdobných kritérií je i tato veličina silně zkreslující, protože je dobře známo, že nejcennější lidské hodnoty jsou právě neměřitelné. Mezi hospodářské cíle však stále patří růst místo toho, aby jím byla kvalitativní kritéria, zachování přírodního bohatství a biodiverzity či stále vyšší míra recyklace vstupních surovin. Mezi společensky relevantní cíle patří stálý nárůst turismu z nejbližších destinací i do nich, místo aby společenskou podporu získala domácí rekreace. Dokladem toho může být celosvětové nezdanění leteckého paliva.

Rozsah, hloubka a bezprecedentní závažnost směřování současného společenského „mainstreamu“, ženoucího v gigantickém a všepojímajícím procesu společnost až na samu existenční hranici, není většinou společností vnímána. Při její percepci nastupují obranné mechanismy. To, co zdánlivě vinou rozměrů řešit nelze, ignorujeme. Ignorace je ovšem náš způsob obrany proti zprávám tohoto druhu.

1.3 cesty řešení

Na světě je několik způsobů, které se snaží problematiku stálého růstu spotřeby řešit. Z mnohých bude uvedena 2000 W Society a Footprint.

1.3.1 společnost 2000 W

Na univerzitě ETH Zürich byl koncem roku 1998 navržen systém, který byl nazván Společnost 2000 W. Jedná se o vizi, v níž by každá osoba rozvinutého světa nespotebovala více než 2 kW stálého příkonu, tedy 17 520 kWh ročně. Tohoto stavu by měla společnost dosáhnout bez snížení životního standardu do roku 2050. Tato hodnota dnes představuje asi třetinu současné spotřeby v západní Evropě (6 kW), zatímco celková průměrná spotřeba v USA dosahuje 12 kW, ale například v Indii 500 W. Přehled současné spotřeby vybraných zemí v grafické podobě najdete na obr. 4 na str. II barevné přílohy. Dva kW spotřebovala švýcarská společnost v roce 1960. Fosilní spotřeba by naopak měla být snížena na 500 W na osobu v rámci 50 až 100 let. Tato vize byla vypracována s ohledem na postupující klimatické změny, energetické zabezpečení a budoucí dostupnost energetických zdrojů. Podporuje ji Švýcarský úřad pro energetiku, asociace švýcarských architektů a další organizace.

Energetickou spotřebu v rámci dlouhodobého konceptu Společnosti 2000 W určují ekologické, ekonomické a sociální aspekty:

- Udržitelné hospodářství musí mít minimální energetickou spotřebu. O udržitelnosti lze mluvit, když energetická spotřeba překračuje hranici chudoby.

- Z ekologických důvodů nemůže být příliš vysoká. Ekologická horní hranice udává, jakou spotřebu energie je schopna planeta Země unést, aniž by se narušila rovnováha. Nabízejí se globální klimatické modely, pomocí nichž by bylo možné tuto horní hranici určit.
- Z hlediska společenské solidarity by neměl být rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší spotřebou v rámci jedné země příliš veliký.

„Udržitelná“ energetická spotřeba je cestou po hřebenu, více nebo méně může ohrozit stabilitu v rámci jednoho státu stejným způsobem také nařízená uniformní nebo naopak příliš se lišící spotřeba. Výpočty ukazují, že i při velmi nízkém podílu fosilních paliv nemůže horní hranice významně překročit příkon 2 kW/osoba, přičemž spodní hranice by neměla ležet příliš níž od této hodnoty. (2)

Globální průměr dnes činí 2 kW/osoba, přičemž spotřeby jednotlivých zemí se pohybují ve značném rozmezí. Ve Švýcarsku odpovídá spotřeba 2 kW spotřebě z roku 1960, z čehož ovšem nevyplyvá, že by se měl životní standard a životní styl stlačit na úroveň před padesáti lety. K dosažení cíle ovšem by se měl moderní životní styl opírat o zlepšení energetické účinnosti inovativními technologickými řešeními a snížením spotřeby energie. Již dnes jsou možná nejrůznější konkrétní řešení – nulemisní domy, zóny bez aut, malá auta s nízkou spotřebou, efektivní, počítačem řízená výrobní zařízení.

Dlouhodobým konceptem je snížení emisí oxidu uhličitého. Oxid uhličitý vyprodukovaný majoritní fosilní energetikou setrvává v atmosféře dlouhou dobu – cca sto dvacet let – a tak jeho zvýšená hladina může působit na klima i po stabilizaci množství v atmosféře ještě další stovky let.

V rámci udržitelného programu byla ve Švýcarsku vytipována jako velmi důležitá následující krátkodobá opatření:

- masivní podpora „labelingu“ – značení výrobků energ. informacemi;
- koordinace, podpora regionálních aktivit a veřejná pomoc jim poskytovaná;
- stavební předpisy při ochraně tepla;
- modernizace budov;
- zavedení individuálních výpočtů k vytápění a energetických předpisů;
- zavedení energetických průkazů budov a bytů;
- podpora ekologicky únosného a udržitelného módního trendu a životního stylu.

V rámci dopravy je důležitá podpora elektřiny, zemního plynu a biogenních pohonných hmot nejen z hlediska aspektů životního prostředí a klimatu, ale i z pohledu jejich zajištění. Především v městských aglomeracích by se touto cestou snížila tradiční zátěž ovzduší, zvláště troposférický ozon a oxid uhličitý.

I když bylo mnohokrát vypočteno, že energetická účinnost přinese na každý ušetřený PJ asi padesát pracovních míst v domácí zemi a nadproporcionálně přispěje k produkčnímu růstu hospodářství a exportu, nejsou tyto aspekty zřetelně artikulovány ani z hlediska energopolitiky či od výrobců technologií. (3)

1.3.2 footprint

Wackernagel a Rees z univerzity ve Vancouveru zavedli roku 1996 metodu, kterou lze měřit spotřebu životního prostředí. (4) Pro toto vyjádření se zavádí tzv. globální hektar (gha), který odpovídá biologické produktivitě průměrné půdy v zemědělství a lesním hospodářství a na který se přepočítává spotřeba veškeré energie a také zdrojů. Potřeba globálních hektarů na jednoho obyvatele se nazývá footprint. Například plocha odpovídající výrobě energie z primárních fosilních zdrojů se vypočítá z plochy lesů i z plochy oceánů nutných pro vázání oxidu uhličitého, který by vznikl spalováním zdrojů. Footprint České republiky leží u hodnoty 4,9 gha, přičemž průměr EU-25 je 4,8 a USA 9,4 gha. Při rovnoměrném rozdělení produktivních ploch celé země na jednoho člověka připadá 1,8 gha a při zachování 20 % bioproduktivní plochy pro divočinu zůstává pouze 1,4 gha. Nejméně rozvinuté země mají footprint kolem 0,8 gha, i méně. Podle tohoto pravidla by bylo třeba, aby se spotřeba surovin v EU snížila asi o 70 %.

1.4 možnosti zvyšování energetické účinnosti

Některé konkrétní možnosti zvyšování energetické účinnosti jsou spolu s dalšími návrhy uvedeny v Příloze 1 na str 88. Je zřetelné, že technické aplikace samy o sobě nejsou schopny přinést žádoucí proměnu, protože se jedná o společenský, velmi komplikovaný a ze své podstaty multidisciplinární problém. Do hry mimo další často vstupuje i tzv. Jevonsův paradox.

William Stanley Jevons popsal jako první paradox, že technologická zlepšení zvyšující účinnost, s níž je zdroj využíván, vedou k tomu, že zdroj se využívá spíše více než méně. Například zavedením Wattova parního stroje zvyšujícího efektivitu využívání uhlí došlo v Anglii následně ke zvýšení poptávky po uhlí. Někteří pozdější autoři popírají univerzální platnost Jevonsova paradoxu. Přesto je nezbytné, aby se energetické úspory staly významným doplňkem zavádění obnovitelných zdrojů a dalších opatření, leč jejich význam nelze přeceňovat.

Je třeba aktivovat prostředky proti dalšímu zvyšování energetické spotřeby a naopak k jejímu snižování. Některá opatření lze přijmout bez omezení současného komfortu a snížení kvality současného života:

- izolace a další energetická sanace domů, protože domy ve střední Evropě se podílejí na energetické spotřebě více jak 40 %, touto cestou může dojít k závažné úspoře minimálně jedné čtvrtiny až jedné třetiny současné energetické spotřeby;
- snížení spotřeby osobních aut na průměrnou hodnotu 3 litry;
- zásadní snížení spotřeby přístrojů ve stand-by režimu (cena takto spotřebované elektřiny představuje v SRN částku 3,5 miliardy Euro ročně (5), v ČR je podle koncernu ČEZ spotřebováno tímto způsobem 1,5 % vyrobené elektřiny).

Mimo oblast individuální spotřeby energie je třeba stručně zmínit i ty změny technologií, které by nahradily současné mimořádně energeticky náročné oblasti výrob, jako například výrobu cementu či některé strojírenské výroby. Jedná se především o náhradu cementu geopolymerními kaolinitickými jíly, kdy konečný materiál prokázal ve zkouškách trojnásobnou pevnost ve srovnání s betonem připraveným ze současných konvenčních cementů. Výroba substrátu spočívá v promíchávání minerálního materiálu při obyčejné teplotě za přídavku neškodících chemikálií. Druhým nízkoenergetickým procesem je technologie ATME, která umožňuje efektivní nahrazení současné strojírenské technologie novou bezodpadovou. Pomocí tohoto procesu lze vyrábět z různých kovů a jejich kombinací libovolně tvarované výrobky, aniž by bylo třeba je tvářet za vysokých teplot nebo třískově či povrchově obrábět. V současné chvíli obě technologie čekají na investora.

Vedle konkrétních technicko-organizačních opatření podpořených zákonnými rámci je třeba věnovat pozornost společenským aktivitám, které by ve svých důsledcích přispěly k rapidnímu snížení energetické spotřeby a náročnosti. Lze jmenovat především následující oblasti:

- snížení dopravní náročnosti orientací na lokální produkty a domácí rekreaci;
- změna spotřebitelského chování směrem k trvalejším a klasickým hodnotám, dlouhodobé kvalitě zboží atd.;
- společenská podpora nemateriálních aktivit (komunikačních, kulturních, spirituálních...);
- podpora a propagace vegetariánství.

Je zřetelné, že posledně jmenované aspekty nelze pojednávat v rámci návrhu energetického konceptu, což ale v žádném případě nijak nesnižuje jejich význam a důležitost.

2.1 **jaderná energie**

Dosavadní vývoj ukazuje, že následky stále rychleji se přibližujících limit současného energetického systému – dostupnosti zdrojů a následků jejich užívání – nabývají neobyčejnou rychlostí na intenzitě. V kontextu těchto změn se začíná odehrávat konflikt mezi jadernou a obnovitelnou energií, nehledě na to, že jaderná energie dnes uspokojuje pouhých 2,7 % celkové energetické spotřeby světa a tento podíl klesá.

2.1.1 **postoj české veřejnosti k jaderné energetice**

V rámci diskuze okolo jaderné energetiky je třeba mít na mysli specifikum veřejné podpory atomové energetiky u nás, kterou naznačil Eurobarometer z roku 2007 (6) týkající se postoje obyvatel EU-25 k energetice, obnovitelným energiím a společné politice v oblasti energetiky:

- pouze 61 % obyvatel ČR podporuje společný minimální podíl energie z OZ v rámci EU;
- občané ČR patří v rámci EU-25 k jediným dvěma zemím (spolu s Bulharskem), v nichž si více občanů žádá zvýšení podílu atomové energie než snížení tohoto podílu;
- obyvatelé ČR jsou z celé pětadvacítky na posledním místě v souhlasu se zavedením společných evropských standardů pro jaderná zařízení;
- obyvatelé ČR jsou na dvaadvacátém místě při vnímání důležitosti výběru dodavatele energie z hlediska dodávek čisté energie.

2.1.2 **jaderná energetika jako nástroj k zastavení klimatických změn**

Ztrojnásobení současného podílu atomových elektráren na výrobě elektřiny do poloviny tohoto století by sice přispělo k 12,5 až 20 % snížení klimatické zátěže, ale nepostačovalo by to k tomu, aby se aktivovaly další možnosti. V roce 2005 bylo podle údajů IAEA v provozu 443 atomových elektráren a 22 ve výstavbě. Na základě pokročilého stáří jaderných zařízení ale nelze očekávat masivní nárůst jejich počtu. Pouze ke stabilizaci současného stavu by bylo nutné do deseti let vybudovat a uvést do provozu osmdesát nových reaktorů, tzn. každých šest týdnů jeden.

V dalším desetiletí by se muselo jednat dokonce o dvě stě reaktorů, přičemž každých osmnáct dní by k síti byl připojován jeden. Jako prostředek proti odvrácení klimatického kolapsu je atomová energie čistou iluzí. Dodnes neexistuje žádná renesance atomové energie. Co existuje, je pouhá renesance zpráv o jaderné energii.

Energetický expert A. Froggatt uvádí, že atomové reaktory současné konstrukce mají podstatné bezpečnostní nedostatky. Současný arzenál atomových elektráren je v průměru přes 21 let starý (viz obr. 5 na str. III barevné přílohy), čímž drasticky roste riziko nehody s těžkými následky. V Německu se dohodlo odstavení jaderných elektráren po 32 provozních rocích, ve Francii po 40 letech a ve Finsku po 60 letech. (7)

Výroba atomového proudu vždy zatěžovala atmosféru oxidem uhličitým. Pro celkový proces, od těžby a úpravy uranové rudy přes obohacení štěpnými izotopy, je třeba elektřina a nafta. Doby, v nichž bylo možné těžit rudu až do obsahu 2,5 % uranu ve výhodných lokalitách pomocí životnímu prostředí neškodící vodní energie, jsou mimo Kanadu navždy pryč. Dnes se otevírají doly s průměrným obsahem rudy 0,15 % (od 0,044 % v Olympus Dam v Austrálii až po Rabbit Lake v Kanadě 21,2 %). Pro následné zpracování se převážně používá proud z uhelných elektráren. Od těžby rudy po hotový palivový článek vzniká oxid uhličitý a spotřebovává se energie. To nelze opomenout.

Výnosná uranová ložiska již byla dávno vyčerpána a k zajištění uranové spotřeby se využívá ruda stále horší kvality, což vede ke zvýšenému používání fosilních energetických zdrojů a stoupajícím emisím CO₂. Při obsahu uranu v rudě 0,25 % je pro získání stejného množství uranu teoreticky třeba vytěžit desetkrát více rudy než v případě 2,5 % obsahu uranu. Ve skutečnosti je ale množství energie v případě méněhodnotné rudy ještě větší, protože uran nelze vytěžit z horniny kvantitativně. Třetím faktorem je ztížený přístup k ložiskům na odlehlých místech a větší hloubka. To vše se podílí na další spotřebě energie a s tím spojeným emisím oxidu uhličitého.

Jan Willem Storm van Leeuwen a Philip Smith z Nizozemí předpovídají exponenciální nárůst energetické spotřeby a nepřímých emisí oxidu uhličitého se snižujícím se obsahem uranové rudy v ložisku. Každá kilowatthodina atomového proudu bude jednou zatížena stejným množstvím oxidu uhličitého jako plynová elektrárna. Kdy bude této chvíle dosaženo, závisí na výstavbě dalších jaderných zdrojů. Při dnešním stavu 440 jaderných elektráren a známých ložisek uranu by k této situaci mohlo dojít během 20 až 30 let. Každá další výstavba jaderných zdrojů bude tuto dobu zkracovat. (8)

Na objednávku australské vlády vypracovali Marcela Bilek, Clarence Hardy a Manfred Lenzen z Univerzity v Sydney v listopadu 2006 studii „Life-Cycle Energy Balance and Greenhouse Gas Emissions of Nuclear Energy in Australia“. Zde se počítá při těžbě suroviny s obsahem 0,15 % uranu se zátěží 65 g CO₂ na vyrobenou kWh. Za několik let ale bude většina jaderných elektráren muset využívat štěpný materiál z podstatně horších ložisek s obsahem 0,04 až 0,08 % uranu. (9)

K tomuto kritickému bodu zátěže životního prostředí oxidem uhličitým ale nedojde, protože dříve bude dosaženo druhé hranice, která má pro vyhodnocení kritérií udržitelnosti mimořádný význam. Při příliš nízkém obsahu uranu v ložisku

bude totiž celá energetická bilance negativní. Energetická spotřeba celkového výrobního řetězce uranového palivového článku bude větší než z něj získaná energie. Tato hranice závisí na kvalitě rudy, vzdálenosti ložiska, technologii zpracování apod. Je fyzikálně daná a nemůže být ovlivněna politickými rozhodnutími ani velikostí investic. Od této hranice již nebude možné získat zpět „šedou“ energii, která byla vložena do výstavby elektrárny a získávání potřebného paliva. Atomová energie se stane energeticky prodělečným procesem již ve chvíli, kdy zhodnocení fosilních paliv na vysoce hodnotnou elektrickou energii zůstane po dlouhou dobu stále ještě ekonomicky atraktivní. Počínaje touto hranicí nebude možné řešit energetický problém výrobou jaderného proudu. Podle výpočtů van Leeuwena a Smitha leží tato hranice u 0,01–0,02 %. Nikoliv tedy nepřímé emise oxidu uhličitého, ale energetické náklady na výrobu štěpitelného U 238 ukončí dobu jaderné energie. Při velmi pozvolné výstavbě zařízení atomové energie Peter Diehl předpokládá, že k této hranici dojde již v roce 2030. (10)

2.1.3 dostupnost uranového paliva

Vážné námitky, jak uvádí bývalý ministr životního prostředí Velké Británie Michael Meacher (11), existují rovněž v případě dostupnosti jaderného paliva. V roce 1981 dosáhla výroba uranu svého maxima. V současné době se na světě ročně vyrábí pouhá polovina paliva, jež se za stejnou dobu ve 440 reaktorech spotřebuje. Nedostatek zdrojů má být překonán pomocí plutonia z arzenálů bývalých jaderných zbraní z období studené války. Tento zdroj ale vysychá a bude kolem roku 2013 zcela spotřebován. Průmysl hledá nové zdroje a snaží se otevřít nové doly zejména v Kanadě, Austrálii a Kazachstánu. Nové doly budou schopny pokrýt v počátečních fázích pouze polovinu, pomlčíme-li o další poptávce 28 jaderných reaktorů ve výstavbě, k nimž je nutno připočítat dalších plánovaných 30 nových zařízení pro Čínu. Následkem toho budeme nuceni v rámci jedné dekády zavřít čtvrtinu jaderných elektráren, protože do nich nebude palivo.

Otevření uranového dolu je drahé a náročné, protože se jedná o nebezpečný materiál. Od nalezení zdroje trvá asi 15 let k vlastní produkci. Po roce 2013 proto dojde asi k osmileté prodlevě, i když se dnes investuje mnoho energie a prostředků na prospekci a otevření nových uranových dolů. Čína se horlivě snaží uzavřít smlouvy o dodávce, protože cena uranu (2006) během posledních šesti let vzrostla o 400 %. Zatímco je uran jako prvek obecně dostupný, zásoby koncentrované uranové rudy použitelné pro získávání energie jsou omezené. Jaderný průmysl se snaží tuto skutečnost relativizovat poukazem na thorium, jehož zásoby jsou mnohem větší a které by bylo možné využít místo uranu. Třicet let se zkoumala možnost thoriového reaktoru v USA, Rusku, Německu, Indii a Japonsku, a přesto se zatím žádný thoriový reaktor nepostavil. Ani thoriový reaktor ovšem zcela neeliminuje potřebu uranu.

V mezidobí nelze vyloučit vzestup ceny uranu kvůli stoupající poptávce a zmenšujícímu se objemu zásob až na desetinásobek současné ceny. Vlády Kanady, Austrálie a Ruska jako významných producentů uranu jistě nedopustí uzavření svých zařízení kvůli nedostatku surovin – přičemž zbytek světa bude vystaven ještě silněji následkům klesající nabídky.

Hrozící nedostupnost uranu přiznala Světová jaderná agentura, která v minulém roce zveřejnila přehled nastupující krize. Pokud se jaderný průmysl omezí na diskuze o reaktorové bezpečnosti, nestane se omezená dostupnost uranových zásob předmětem společenské rozpravy.

Někteří badatelé navrhnou řešit energetickou situaci těžbou uranu z mořské vody pomocí zvláštních separačních a sorpčních metod. Koncentrace prvku v mořské vodě se pohybuje okolo 3,3 ppb a celkový obsah v oceánech se odhaduje na $4\text{--}4,5 \cdot 10^9$ tun. V článku z roku 1979 (12) je uveden způsob, jak pomocí specifického sorbentu na bázi makrocyclického hexaketonu zachycovat z mořské vody uran. Uvádí se ovšem, že tato metoda je dražší než metody geologické.

Po 22 letech je v další studii, kde byl navržen sorbent na bázi amidoximových funkčních skupin selektivně zachycujících těžké kovy, uvedeno, že ceny získávání uranu z mořské vody jsou 5–10krát dražší nežli ceny konvenční těžby. (13)

Podle již citované australské studie je energetická návratnost jaderné elektrárny při obsahu 0,15 % uranu v ložisku 6 let, zatímco větrné elektrárny dosahují energetické amortizace během několika měsíců. Při životnosti 30 let vyprodukují asi 100násobek energie vložené do jejich výstavby. Energetický zisk fotovoltaiky dnes leží u desetinásobku a rychle roste. Pro obě uvedené technologie jsou hodnoty 12 g CO₂/kWh v případě větru a 60 g CO₂/kWh pro fotovoltaiku výhodnější než pro jadernou energii. Rovněž s ohledem na energetické náklady mohou amortizované větrné a solární generátory dodávat proud za výhodnějších podmínek než jaderné elektrárny, u nichž není možné opomíjet náklady na palivo.

V současné době jsou k dispozici výhodné zásoby štěpného materiálu pocházejícího z vojenského materiálu z dob studené války. Dnešní produkce uranu není schopna již delší dobu pokrývat běžnou spotřebu. A zde leží druhý problém zdrojů, který během asi deseti let povede k zastavení některých reaktorů. Protože se ložiska uranu vyčerpávají, musí se těžba uranu v nadcházejících 5–10 letech zvětšit nejméně o 50 %. Pakliže se to nepovede, což je pravděpodobné, pak akutní nedostatek paliva povede k odpojení reaktorů dlouho před tím, než skutečné zásoby dojdou, a to nezávisle na ceně uranu.

Podle Philipa Dewhurma, předsedy britské Asociace jaderného průmyslu, by bylo třeba prověřit nahrazení těch jaderných reaktorů, které se mají zavřít, ať bude nabídka uranu dostačující, či ne. Počínající hromadění uranu může výrazný nedostatek uspišit ještě před rokem 2013 a cena uranu se může vyšplhat až k ceně drahých kovů. Vydávat ohromné částky na výstavbu nových reaktorů, aby jich během jedné dekády bylo pravděpodobně 25 % odstaveno, se zdá být nesmyslem. (14)

Jinou myšlenku představuje opětovné využití uranu v rychlých reaktorech. Taková technologie je realizovatelná, ale příslušné reaktory jsou komplexnější, dražší a nebezpečnější. Jejich provoz byl v USA v 70. letech zastaven a také Spojené království myšlenku rychlých reaktorů v roce 1994 opustilo. Co se týče jiných projektů, Superfénix byl po velkých obtížích odstaven a Kalkar na německo-holandské hranici nebyl vůbec dokončen.

Nikde na světě se v dohledné budoucnosti ve velkém rozsahu neuvažuje o experimentu přestavby na thoriové nebo rychlé reaktory.

2.1.4 **nevýřešený problém konečného uložení jaderného odpadu**

Ani po padesáti letech provozu jaderných elektráren není nikde na světě konečné úložiště radioaktivních odpadů z výroby energie. V současné době se v USA buduje první úložiště v Yucca Mountain a podle posledních zpráv je ohroženo. Bylo zjištěno, že místo prvního stabilního úložiště na světě bylo vybráno v oblasti tektonické aktivity. Poslední zemětřesení bylo 8 mil od Yucca Mountain v roce 1992 a dosáhlo síly 5,6 Richterovy stupnice. Mezi roky 1976 a 1996 bylo v okruhu 50 mil okolo místa budoucího úložiště registrováno celkem 621 zemětřesení větších než 2,5 stupně.

K roku 2002 bylo investováno do průzkumu úložiště a úvodních prací více jak 7 miliard dolarů a v roce 2017 by mělo být úložiště připraveno přijmout první jaderný odpad. Apelační soud kolumbijského okresu státu Nevada nenašel shodu mezi EPA (Environmental Protection Agency) a mezi doporučením Národní akademie věd USA.

2.1.5 **objem společenské podpory jaderných technologií**

Skutečnost, že 26 států OECD investuje polovinu současného rozpočtu výzkumu a vývoje (kolem 88 miliard dolarů) do výzkumu jaderných technologií, zatímco pouhých 8 procent směřuje do obnovitelných zdrojů, je třeba nahlížet také z perspektivy nových potenciálů ohrožení. Vývoj podpory výzkumu energetických technologií v posledních desetiletích najdete na obr. 6 na str. III barevné přílohy.

Široce rozšířenou tezi o hospodárnosti jaderné technologie vyvrací Steve Thomas podrobnou analýzou všech nákladů a poukazem na masivní státní garance a subvence. V rámci stávajících pravidel EU, týkajících se hospodářské soutěže, by se taková technologie nemohla prosadit. (15)

Jedná se bohužel tradičně o paradoxní přístup. Ani v případě výzkumu využití biomasy nebyla situace lepší. V letech 1975–1990 činily celkové výzkumné prostředky pro využití biomasy 140 milionů ECU ročně, zatímco podpora skladování přebytečných zemědělských produktů dosáhla ve stejném časovém období 150 milionů ECU týdně. (16)

2.1.6 **růst cen uranového paliva**

K dalším problémům jaderné energetiky patří i vysoká cena uranu. Během letních měsíců roku 2007 vyskočila cena za libru U_3O_8 na své historické maximum – 139 USD. To byl konec stálého vzrůstu od roku 2002, kdy cena byla ještě 10 USD. Současná cena se pohybuje kolem 100 USD/libra. Důvodem pro stálý nárůst ceny je konstantní zájem na trhu a nedávné záplavy v australských a kanadských dolech. Rychlé výkyvy ceny na burze ukazují na malou pružnost dodávek uranu. Více jak jedna třetina v dnešní době využívaného uranu pochází z uranových zásob, především z jaderných zbraní, a zbytek je z těžby. Největší transformační program konverze ruských jaderných zbraní (Megatons to Megawatts) končí v roce 2013 a další využívání skladových zásob v roce 2020.

Při cenové hladině 100 USD/libra U_3O_8 se celkové náklady na uranové palivo rovnají nákladům na biomasu efektivně využívanou v kogeneraci, přičemž jsou tyto kogenerační jednotky považovány často za levnější než jaderné elektrárny a mají i další výhody, jako flexibilitu dodávek paliva a především vyšší bezpečnost. (17)

2.1.7 vojenské a bezpečnostní aspekty centralizovaného energetického systému

Spojitosť válek a centralizovaných zdrojů energie není novým aspektem. Zájem Třetí říše na energetických zdrojích v jižní oblasti SSSR byl za druhé světové války strategickým důvodem jednoho z hlavních směrů nacistických výbojů – směrem na Kavkaz a k ropným polím Baku – a jednou z příčin obratu v ruském tažení.

Irák začal v roce 1980 vleklou a krvavou iránsko-iráckou válku přepadením iránské ropné provincie Khúzestánu. O deset let později přepadl Irák Kuvajt. Náklady na následné spojenecké operace v první válce v Zálivu dosáhly 70 miliard dolarů, s nimiž by bylo možné založit rozhodující podíl celosvětových plantáží pro výrobu biopaliv. Celkové externí náklady na vojenskou přítomnost americké armády v Zálivu bilančně zvyšují cenu jednoho barelu ropy dovezeného do USA z tohoto regionu o částku 100 dolarů.

Za vlády prezidenta Jimmyho Cartera v letech 1977–1981 vypracovalo 50 renomovaných vědců a důstojníků studii s názvem „Decentralizované obnovitelné zdroje energie jako alternativa národní zranitelnosti a války“. Studie dokladuje, že nelze bránit stát, který má natolik centralizovaný energetický systém jako Spojené státy nebo Německo. Ve studii je dále uvedeno, že při válečné konfrontaci SSSR a USA by na tom byly Spojené státy mnohem hůř, právě kvůli větší zranitelnosti centralizovaného energetického systému.

Po 11. září 2001 vstupují do hry nové faktory. Principiální ohrožení citlivých bodů národní ekonomiky a bezpečnosti přestalo být výlučně otázkou válečných operací, ale stalo se každodenní hrozbou. Jak potvrdili sami provozovatelé atomových reaktorů, ani v roce 2005 by žádný z 441 reaktorů nevydržel útok plně natankovaných obřích letadel. Objevuje se nový bezpečnostní problém, jehož závažnost narůstá s průmyslovou a energetickou centralizací i tím, jak klesá senzitivita a zájem o lokální rozměr.

Sluneční energie je naproti tomu ve všech svých formách v principu decentrální – zásadní část se spotřebovává tam, kam dopadá.

Charakter atomové energie není tajemstvím – stačí si jen připomenout, co bylo dříve – zda atomová bomba, nebo atomový proud. Nebezpečí zneužití štěpného materiálu či vyhořelého paliva pocházejícího ze zemí s nižší politickou stabilitou nebo ležících ve výbušných regionech je noční můrou mezinárodních atomových organizací i každého myslícího člověka.

Vedle ekologických, sociálních a ekonomických přínosů obnovitelných zdrojů je tedy nutno mít na zřeteli i další, jen stěží vyčíslitelné pozitivum – zvýšení mírové stability a podstatné omezení nebezpečí ozbrojených konfliktů o poslední kubiky fosilní paliv.

2.1.8 zdravotní rizika

Již tradičně se znevažují zdravotní následky jaderných katastrof. Na tomto místě ale není prostor na rozsáhlejší hodnocení zdravotních rizik. Proto uvedeme pouze několik údajů z literární rešerše Axela Rosena. (18)

Podle údajů WHO použila sovětská administrativa více jak 800 000 lidí na celkové odklizení trosk bloku č. 4 černobylské jaderné elektrárny a ti byli vystaveni radiaci srovnatelné s dávkami, které dostaly oběti v Hirošimě a Nagasaki. Od havárie jedli obyvatelé v regionu kontaminované jídlo, žili v kontaminovaných domech a dýchali kontaminovaný vzduch. Podle Úřadu OSN pro koordinaci humanitární pomoci (OCHA) bylo devastujícím účinkům černobylské katastrofy vystaveno více jak 9 milionů osob. (OCHA, Kiev 2001)

Podle nezávislých epidemiologických studií byl nalezen především na Ukrajině a v Bělorusku signifikantní nárůst výskytu rakoviny, narozených mrtvých a dětské úmrtnosti, prudký nárůst spontánních potratů, stoupající počet defektů a genetických abnormalit, poruch a mentální retardace, rostoucí počet neuropsychiatrických onemocnění, slepoty a dalších chorob včetně depresí a sebevražd.

Spiegel online uveřejnil dne 7. 12. 2007 v rubrice „Wissenschaft“ zprávu o signifikantním vztahu výskytu rakoviny malých dětí do 5 let a vzdáleností jejich bydliště od jaderné elektrárny. Tak například v pětikilometrovém pásu od elektrárny onemocnělo 37 dětí leukémií, zatímco ve statistickém průměru by jich mělo být pouze 17. Celkem bylo statisticky vyhodnoceno 1592 dětí s rakovinou, které onemocněly v letech 1980 až 2003, a 4753 dětí zdravých. Vědeckí pracovníci z Mainzu tvrdí že „jejich studie potvrdila závislost rizika onemocnění rakovinou a vzdálenosti místa bydliště od nejbližší jaderné elektrárny ve chvíli konstatování diagnózy“.

2.1.9 otázka rozvojových zemí

Je těžko představitelné, že by rozvojové země měly koncipovat svou energetiku zásadně jinak než země průmyslové. Stejně absurdní je představa, že by v rozvojových zemích měly pracovat jaderné reaktory. Vzhledem k absentující energetické infrastruktuře, kvůli časté politické nestabilitě a s ohledem na chybějící vlastní fosilní zdroje neexistuje k obnovitelným zdrojům energie pro rozvojové země žádná realistická alternativa. Sama lokalizace těchto zemí je předurčuje k efektivnímu využívání sluneční energie a dalších obnovitelných zdrojů. Je nejenom morálním úkolem rozvinutých zemí se na tomto procesu podílet.

Stále rostoucí ceny fosilních energetických zdrojů budou problémem i pro rozvinuté průmyslové země, ale stanou se fatální pro země rozvojové. Již před dvaceti lety dosahovaly položky za import fosilní energie do některých afrických zemí (Súdán, Mali...) více jak poloviny všech exportních příjmů těchto zemí. Pro tyto málo výkonné ekonomiky neexistuje jiná cesta, než se postavit na vlastní nohy právě pomocí obnovitelné energie.

2.1.10 fúzní reakce

Termojaderná syntéza je desítky let vzývaný, desítky let očekávaný a stejně dlouho odkládaný způsob výroby elektřiny. Při fúzní reakci by sloučením izotopů vodíku, deuteria s tritiem vznikalo vedle helia, menšího množství dalších prvků a neutronového záření i značné množství energie. Podle mínění samotných fúzních badatelů nebude však tato technologie k dispozici dříve jak za padesát let a teprve koncem tohoto století by byla v optimálním případě schopna významnějším způsobem přispět k zajištění základní spotřeby elektřiny. Tou dobou bude muset být energetická otázka již vyřešena. Do roku 2050 bude základní spotřebu energie velmi pravděpodobně zajišťovat geotermie. Do této doby se bude do fúzního výzkumu investovat 80 miliard Euro. Problém netkví ani tak v oblasti fyziky plazmatu, jako v materiálových problémech první stěny, jež by byla schopna vydržet extrémní podmínky. Schválený fúzní projekt ITER bude stát 10 miliard Euro, aniž by se zabýval zásadními problémy. Tritium potřebné pro fúzní reakci se nenachází na Zemi a bylo by třeba jej připravovat v jaderném reaktoru za vzniku jaderného odpadu. Kolem roku 2050 se počítá s úplným zajištěním spotřeby z obnovitelných zdrojů za nižší ceny. Již dnes je větrná energie cenově na úrovni, s níž by v optimálním případě mohla počítat fúzní technologie. (19)

Na setkání ministrů životního prostředí několika zemí EU (Rakouska, Německa, Lotyšska, Irska, Itálie a Norska) k otázce jaderné energetiky bylo vydáno na podzim 2007 společné prohlášení týkající se atomové energetiky. Je v něm uvedeno, že atomová energetika není slučitelná s udržitelným vývojem, a že tudíž nepředstavuje reálnou cestu řešení klimatických změn. V souvislosti s jadernou energetikou se na setkání rovněž diskutovalo o problémech bezpečnosti jaderných zařízení, proliferace, problému jaderného odpadu a přeshraničních rizik. (20)

2.2 fosilní energie

Se stále rostoucím povědomím o nutnosti změny energetického systému i s uveřejněním závěrů mezinárodního klimatického panelu ICCP vidí mnoho dalších subjektů nové ekonomické příležitosti. A nejsou to jenom aktéři obnovitelné energetiky.

2.2.1 superkritické elektrárny

Jednou z takových možností je zavádění superkritických tepelných cyklů schopných zvýšit stávající účinnost přeměny tepelné energie na elektrickou. Starší fosilní elektrárny dosud pracující v řadě zemí mají tepelnou účinnost kolem 30 %. U moderních typů fosilních elektráren s podkritickými parametry se účinnost v nejlepším přibližuje 40 %. Vzhledem k tomu, že účinnost vyplývá z velikosti využitelného entalpického spádu v turbíně a souvisí tedy přímo s parametry páry na vstupu do parní turbíny (admisní páry), je snaha o zvýšení účinnosti spojena se zvyšováním tlaku a teploty, a tím i entalpie admisní páry. Zatímco u klasických fosilních elektráren se typické teploty a tlaky před

turbínou pohybují okolo 15–17 MPa a 530–550 °C, je u superkritických elektráren překročen kritický tlak (cca 22 MPa) a voda v parogenerátoru během pracovního cyklu neprochází fázovými změnami (var, vypaření, přehřátí atd.), ale chová se jako tzv. superkritické jednofázové fluidum. Současné superkritické jednotky pracují většinou s admisními tlaky do 30 MPa a teplotami do 600 °C. Jejich celková účinnost se pohybuje kolem 45 %. Čistá účinnost dosahuje v nejlepším případě 42–43 %.

V současné době je v provozu asi 400 superkritických elektráren, pracujících převážně v USA, Evropě, Rusku a Japonsku. Jejich rychlé uvádění do provozu v 70. letech přineslo značné množství problémů a počet odstávek u těchto systémů byl výrazně větší než u elektráren pracujících na klasických parametrech. Nástup nových materiálů i provozních technologií tuto situaci zlepšil. Několik superkritických jednotek bylo v 90. letech uvedeno do provozu v Číně a v JAR.

Superkritické elektrárny nadlepšují účinnost ve srovnání s klasickými v řádu několika procent, což je slabý argument pro další energetické využívání uhlí. Investice do těchto zařízení omezují investice, které by měly v rámci energetiky směřovat do obnovitelných zdrojů.

2.2.2 clean coal

I v České republice se již začíná mluvit o separaci a uskladňování oxidu uhličitého metodou Carbon Capture and Storage (CCS). Provozovatelé uhelných elektráren představují vizi, kdy by energetickému zpracování uhlí oxid uhličitý již nestál v cestě. Ten by se v elektrárnách separoval, komprimoval a transportoval do podzemních zásobníků. Elektrárny spalující fosilní paliva nejsou a nikdy nebudou bez CO₂. Při spalování uhlí samozřejmě vzniká oxid uhličitý a podle technologie CCS by neměl odcházet do atmosféry. Pomocí technologie CCS to ale nebude úplně možné, protože lze zachytit asi jen 85 % celkového, v elektrárně vznikajícího oxidu uhličitého. Další emise vznikají vinou ztrát při transportu a uložení. Pakliže budeme uvažovat o celém procesu, tak při výrobě proudu z uhlí bude v případě CCS vznikat asi 220 až 250 g/kWh (pro srovnání: v konvenční elektrárně vzniká na 1 kWh asi 820g CO₂ při spalování kamenného uhlí). Uvádí to Gabriela von Goerne ve své zprávě pro ICCP. (21) Každý proces navíc vždy vyžaduje jak další energii, tak i další separaci CO₂. Kvůli tomu poklesne účinnost elektrárny o 8 až 14 procentních bodů a spotřeba paliva se zvýší až o 25 %. Provozovatelé elektráren se snaží přijít s novými materiály a technologiemi, jako například se spalováním uhlí v kyslíku (tzv. Oxy-Fuel technologie) nebo zplyňováním uhlí s následným spalováním plynu (IGCC – Integrated Gasification Combined Cycle), při nichž jde o to kompenzovat pokles účinnosti elektrárny způsobený separací oxidu uhličitého. Zvýšené užívání uhlí jde ruku v ruce s intenzifikací těžby uhlí. Těžba uhlí vede k velkým ztrátám na životním prostředí, ke snížení hladiny spodních vod, škodám na budovách, přesídlení obyvatel, znečištění vody a produkci jemného prachu při těžbě. Nasazením CCS se tedy škody na životním prostředí ještě zvýší.

Náklady technologie CCS se mohou vyšplhat až k hodnotě 144 Euro/t CO₂. (22) Po roce 2020, kdy by bylo možno vývojem technologií předpokládat její větší

uplatnění, můžeme podle předpovědí odborných svazů pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů počítat s nižší cenou obnovitelného mixu ve srovnání s konvenčními energiemi i bez příplatku za odstraňování oxidu uhličitého. Přičemž OZE pochopitelně přímo neemitují žádný netto oxid uhličitý a nepřímé emise jsou mnohem menší, než bylo uvedeno u metody CCS.

Při dalším srovnávání fosilně-jaderného a obnovitelného energetického systému je třeba brát na zřetel:

- s ohledem na postupující klimatické změny bude stále pravděpodobnější nedostatek vody pro chlazení kondenzačních elektráren v suchých obdobích (např. v Evropě v létě 2003);
- bude se stále zvyšovat cena vstupů primárních energetických zdrojů (fosilních, jaderných, ale i biomasy);
- bude se stále zvyšovat ekonomický a politický tlak na snížení emisí oxidu uhličitého a dalších exhalací.

Obnovitelné energie lze rozčlenit podle různých kritérií. Podle primární hnací energie na:

- sluneční energii (přímé sluneční záření, teplo okolí, vítr, tekoucí voda a biomasa...);
- energii vznikající rozpadem izotopů v zemském nitru (geotermální energie);
- gravitační energii (přiliv);

Podle stability dodávek energie na:

- stabilní (geotermální, některé vodní zdroje, tepelná energie moří, biomasa a její skladové zásoby);
- periodické (přiliv);
- proměnné (solární zdroje, vítr, mořské vlny).

Budoucí zásobování obnovitelnými energiemi musíme chápat jako kombinované využívání všech obnovitelných zdrojů v kombinaci s vhodnou akumulací energie a racionálním využíváním vyrobené energie.

Mezi obnovitelné zdroje lze počítat i několik dalších „kvaziobnovitelných“, především důlní plyny, jež jsou sice fosilního původu, ale jejich únik je klimaticky

Podíly jednotlivých obnovitelných zdrojů energie

vodní energie	63,4 %
biomasa (teplo a elektřina)	20,5 %
solární teplo	6,8 %
fotovoltaika	0,4 %
biopaliva	1,4 %
geotermie (teplo a elektřina)	2,9 %
větrná energie	4,6 %

mnohem významnější než oxid uhličitý, který vznikne jejich energetickým zpracováním, a také a to v neposlední řadě i odpadní teplo z průmyslových a energetických procesů.

V současné době pokrývají obnovitelné energie celkem 14 % celkové světové energetické spotřeby, z čehož téměř dvě třetiny představuje vodní energie. (23)

3.1 stoprocentně obnovitelné energetické scénáře

Myšlenka úplného zásobování obnovitelnými energiemi není nikterak nová. První scénáře vznikaly již před třiceti lety, tedy v období, kdy technická zralost většiny obnovitelných energetických technologií i jejich účinnosti byla na nízké úrovni.

Z přehledu jednotlivých scénářů je zřejmé (tabulka dole), že neexistuje žádný univerzální ani jednoznačný způsob uspořádání energetického mixu jednotlivých obnovitelných zdrojů. Kompozice jednotlivých scénářů vždy variuje podle lokálních možností a aktuálního stavu techniky. Například u sluneční energie se tento podíl u různých scénářů pohybuje v rozmezí zhruba od 20 do 50 %, u biomasy od 25 do 62 %. Obnovitelnost v rámci domácích zdrojů se předpokládá i v zemích, kde je vyšší hustota obyvatelstva – SRN 229 obyvatel/km², Japonsko 336 obyvatel/km², zatímco v ČR je 131 obyvatel/km².

Přehled obnovitelných scénářů a jejich parametrů

název scénáře	rok	region	cílový rok	energetický mix (%)	doporučené nástroje
solar Sweden	1977	Švédsko	2015	62 bio; 5,3 vítr; 21,3 solar; 11,4 voda; moře 0,2	—
ALTER	1978	Francie	2050	27,2 bio; 4,6 vítr; 49,5 solar; 13,7 voda; 5,1 příliv	—
energy strategy Solar Future	1980	USA	2050	35 budovy (solar, bio...); 30 průmysl (vítr, kogen., FV); 25 doprava (H ₂ , bio, proud)	standardy účinnosti, daňová politika, půjčky a dotace (Solar Development Bank) OE obligatorní pro stavby, info politika
Solar energy future	1982	západní Evropa	2100	33,9 vítr; 15,1 bio; 9,4 FV; 8,5 voda; 28,3 místní zdroje; 1,4 vlny	—
komise Enquete	2002	SRN	2050	94,6 OE (17,3 FV, vítr, voda; 55,5 biom, geo; 15,4 import)	efektivita, EEG, import OE, výstavba teplovodů
Energy Rich Japan	2003	Japonsko	závisí na politice	35,1 solar; 28,4 vítr; 17,7 kogenerace; 13,5 geo; 5,2 voda	standardy účinnosti; štítkování; zák. meze a OE obligatorní pro stavby, snižování dopravy

zdroj: Hermann Scheer, Energieautonomie, Verlag Antje Kunstmann GmbH, München 2005

3.2 energeticky nezávislé projekty

V současné době je na světě realizováno mnoho projektů, které závisejí pouze na zdrojích obnovitelné energie. Jedná se nejenom o jednotlivé domy, části obcí a měst, ale i ostrovy a celé mikroregiony.

Energeticky nezávislé domy

Veliký zájem veřejnosti se dnes orientuje na pasivní domy, které spotřebovávají méně než 15 kWh/m² * rok otopné energie. To je ve srovnání s ostatními nejméně o cca 80 % méně. První pasivní dům v Německu postavil v roce 1992 Wolfgang Feist v Darmstadtu. Od té doby se počet v SRN zvýšil na 8000. (24) Pasivní dům nabízí vedle hospodárnosti i zvýšenou kvalitu bydlení a přispívá k ochraně klimatu. Cena pasivního domu je ve srovnání s domem obyčejným jen o 10 % (údaje z SRN) či o 6–8 % (údaje z Rakouska) vyšší, což při dlouhodobější bilanci přináší významné úspory. S rostoucími cenami energií zájem o tyto domy poroste. Zbytková energie na vytápění může být získávána ze slunečních kolektorů a uskladňována ve vnitřním velkém (20–30 m³) sezónním zásobníku teplé vody s dodatečnou možností nárazového dotopení např. pomocí krbu s tepelným výměníkem či spalovacím zařízením na peletky. Takové domy jsou nulemisní, protože neemitují žádný nově vzniklý oxid uhličitý.

Energeticky nezávislý ostrov

V rámci projektu Evropské unie ALTENER byl přestavěn do energoautarkní podoby dánský ostrov Samsø (viz obr. 7 a 8 na str. IV barevné přílohy). Ostrov leží v průlivu Kattegat, má 114 km² a 4300 obyvatel. Již v roce 2002 dosáhl tento ostrov úplné bilanční energetické nezávislosti a v současné se jeho koncept energetické nezávislosti stále rozvíjí. Všechna elektřina se získává z větru a teplo ze slunečního záření v kombinaci s lokálně produkovanou biomasou. (25) Ostrov bude v budoucnu vyrábět i pohonné hmoty pro provoz trajektů, které jej spojují s Jutlandem i Sællandem. V rámci programů EU byly k obdobné přestavbě navrženy ještě další ostrovy – El Hierro, La Maddalena a Arranské ostrovy.

Energeticky nezávislé regiony

Region Mureck (1600 obyvatel) v rakouském Štýrsku je na cestě k úplné energetické nezávislosti v oblasti výroby elektřiny, tepla a pohonných hmot a má jí dosáhnout kolem roku 2010. V současné době zásobuje město elektřinou teplem z výroby elektřiny z bioplynu a teplem z kotelny zpracovávající dřevěnou štěpku. Biodiesel z lokálně pěstované řepky se v Murecku vyrábí v množství přesahujícím lokální spotřebu.

V roce 2004 restrukturovalo příhraniční město Güssing (3800 obyvatel) ve východním Rakousku svůj energetický systém na domácí obnovitelné zdroje.

Město, ležící podle statistiky z roku 1988 v jednom z nejchudších regionů Rakouska, se stalo ekologickým vzorem Evropy. Lokální energetika vedla k vybudování nového osídlení, vznikla nová pracovní místa a nové lokální hodnoty.

Nejnovější energopolitické aktivity:

- švédská vláda vyhlásila již v roce 2005 nový politický cíl: vytvoření podmínek pro to, aby do roku 2020 přestala být švédská společnost závislá na fosilních palivech. „To bude pro Švédsko velikou výhodou,“ prohlásila 1. října 2005 ministryně pro udržitelný rozvoj Mona Sahlin v deníku Dagens Nyheter;
- v Německu existuje aktivita požadující dosažení 100 % nezávislosti do roku 2050 s tím, že některé regiony by mohly být energeticky nezávislé na fosilně-jaderném mixu již v roce 2030. K této aktivitě se přihlásilo několik desítek tisíc občanů, sdružení a odborníků;
- zemská vláda Dolního Rakouska (NÖ) přijala strategii, že do roku 2020 chce mít celkem 50 % veškeré energie z obnovitelných zdrojů; (26)
- na klimatické konferenci OSN na ostrově Bali v prosinci 2007 oznámila ministerská předsedkyně Nového Zélandu Helen Clarková, že do roku 2025 bude její země 100 % obnovitelná. Ministr energetiky a klimatu David Parker prohlásil, že počátkem roku 2008 země přijme zákon, podle něhož nebude povolena stavba nových elektráren, které by byly provozovány s více než 20 % ropy, plynu nebo uhlí.

Scénář pro Hessensko

Politická iniciativa SPD ve spolkové zemi Hessensko chce nahradit jadernou výrobu elektrického proudu v elektrárnách Biblis A a B obnášející celkem 17 TWh/rok, což představuje celých 60 % celkem vyrobené elektřiny. Této náhrady má být dosaženo do roku 2013. V současné době je příspěvek obnovitelné elektřiny s 5 % v této zemi hluboko pod celostátním průměrem. Uvedeného cíle se má dosáhnout pomocí 1700 modulů obnovitelných zdrojů, z nichž každý vyrobí 10 milionů kWh ročně. Bude se jednat o větrné turbíny 4,5 MW, o fotovoltaické moduly 0,1 km² či kogenerační elektrárny na bioenergii o velikosti 1,5 MW. V Hessensku by každý takový modul měl být postaven na 12,5 km². Počítá se rovněž s výstavbou tří geotermálních elektráren. (27)

Scénář JUWI pro Porýní-Falc

Firma JUWI je aktivní ve třech obnovitelných oblastech – vítr, slunce a biomasa. Její obrat v roce 2006 dosáhl 120 milionů Euro. Podle nejnovější firemní studie z roku 2007 může být Porýní Vestfálsko do roku 2030 zásobováno ze 100 % obnovitelnou elektřinou. Spolková země leží na jihozápadě Německa,

má celkem 4 050 000 obyvatel a rozlohu 19 853 km². Hustota obyvatel na kilometr čtvereční je v PF 200, zatímco v ČR 130.

Scénář je postaven na energetickém mixu obnovitelných zdrojů:

- větrná energie s asi 1000 větrnými elektrárnami v současnosti pokrývá 6,7 % v zemi spotřebované elektřiny, procesem repoweringu na nejvyšší současné nominální jmenovité výkony je možné dosáhnout až 40 %;
- fotovoltaika by mohla v roce 2030 dosáhnout instalovaného výkonu ve velikosti 4500 MW, k čemuž je potřeba využít pouze 3 % zastavěné plochy a komunikací. Některé příklady prokazují, že 18 % elektřiny fotovoltaicky generovaných je reálně dosažitelné;
- biomasu, především dřevo a rákosí lze dobře uskladňovat a pomocí těchto nosičů lze získávat teplo, elektřinu a pohonné hmoty. Ač je možných cca 20 %, autoři předpokládají 10 %;
- malá vodní síla – z dnešních 4 % lze snadno získat 4,5 %;
- geotermie – ač tato branže stojí dnes ještě téměř na začátku, lze předpokládat v budoucím energetickém mixu v roce 2030 asi 18 % vyrobené elektřiny z tohoto zdroje. K tomu je třeba padesát 10 MW_{el} elektráren.

V branži ekologicky získávaného proudu by v Porýní-Falci současně vzniklo 50 000 nových pracovních míst. (28)

3.3 energie Země

3.3.1 geotermální energie

Geotermální energie je přirozenou jadernou energií vznikající rozpadem izotopů v celém objemu země.

Pro zásobování elektrickou energií je třeba počítat se stálou úrovní základní spotřeby, kterou je třeba zajistit ze zdrojů nezávislých na vnějších faktorech. Budoucí páteří zásobování elektrickou energií a teplem bude pravděpodobně z největší části zajištěno geotermální energií. Geotermální potenciál představuje velmi stabilní zdroj tepelné energie, jak pro samostatné využití, tak pro výrobu elektrické energie. V principu existují dvě technologie, přímé využití hydrotermálních zdrojů a technika horké skály (HDR – Hot Dry Rock). V Japonsku, USA, na Filipínách a v dalších tektonicky živých oblastech je již dnes využívání geotermální energie ve formě hydrotermálních zdrojů zavedenou praxí.

Studie geotermálního potenciálu SRN

Technický potenciál SRN se uvádí 300 000 TWh, tj. 600násobek možné geotermické výroby elektřiny při současné spotřebě. Tento stabilní zdroj je srovnatelný, pokud se spolehlivosti týče, s klasickými tepelnými elektrárnami. Využití tohoto potenciálu leží v dlouhém období cca 1000 let, což představuje asi 300 TWh ročního potenciálu. Je ekonomické uvažovat pouze o společné výrobě tepla a elektřiny. Kdyby se veškerá německá spotřeba tepla kryla nízkopotenciálním teplem z geotermální výroby elektřiny, pak by tento způsob využití představoval výrobu 140 TWh_{el} za rok, tj. cca 25 %. V rámci stávajících horkovodů – výstavba nových by byla značně komplikovaná – se snižuje ekonomicky využitelný podíl vyrobené elektrické energie na 10 % z celkové výroby. (29)

Studie geotermálního potenciálu USA

Z nové studie Massachusetts Institute of Technology (30), zabývající se systémem EGS (Enhanced Geothermal Systems) identickým s HDR (Hot Dry Rock), vyplývá, že do hloubky 10 km je potenciál geotermální energie v USA 130 000krát větší, než činí současná roční spotřeba primární energie. Geotermální energie představuje zdroj schopný uspokojit základní spotřebu elektrické energie a tepla s minimálním zásahem do životního prostředí. V případě investic do výzkumu a vývoje lze ve Spojených státech uvažovat do roku 2050 nejméně se 100 GW_{el}, produkovaných s konkurenceschopnými náklady.

Studie geotermálního potenciálu ČR

Podle českého výzkumu se odhaduje potenciál výroby elektřiny z geotermálního tepla na 300 MW z hydrotermálních zdrojů a 50 000 MW při použití technologie HDR. U tepla pak 250, resp. 30 000 MW. To odpovídá při 90 % využití zařízení potenciál roční výroby elektrického proudu 2,3 TWh pro hydrotermální zdroje, resp. 394 TWh pro HDR. (31)

Německý materiál (DENA) uvádí pro Českou republiku technický potenciál elektřiny 300 MW z hydrotermálních zdrojů a 35 000 MW technologií HDR a dostupný potenciál 100, resp. 3400 MW. Dostupný potenciál respektuje místa vhodná pro instalaci. Přestože jsou obě techniky realizovány pomocí – různě hlubokých – vrtů, je rozdíl mezi technickým a dostupným potenciálem v případě hydrotermálním 1/3 a v případě HDR cca 1/10. (32)

Současné evropské geotermální projekty

Projekt DHM (Deep Heat Mining) se plánuje v Ženevě a Basileji. Basilejský koncept je zajímavý tím, že vrt hluboký 2,7 km se nalézá uvnitř městských hranic a získané teplo může být využito přímo jak pro vytápění, tak pro výrobu elektrické energie. Další pilotní projekt v Basileji bude mít tři vrty až do hloubky 5000 m, kde se očekává teplota 200 °C.

Německý projekt v Horstbergu se snaží získat teplo z vrstev sedimentů, které jsou aktivovány hydraulickým rozrušováním. Teplo bude využito pro vytápění hannoverského Geocentra. Pro jeho vytápění jsou nutné 2 MWter, a proto zde byl využit koncept s jedním vrtem. Ochlazená voda se bude vracet do menších hloubek.

První geotermální elektrárna v SRN byla vybudována v roce 1994 ve východních Pomořanech v Neustadt-Glewe a pracuje jako kogenerační jednotka. (33) Teplo získává ze slané horké vody z hloubky 2250 m a ochlazená voda se zpětně vtlačí do hloubky 2335 m druhého vrtu ve vzdálenosti 1780 m. V tomto projektu má přednost výroba tepla. Elektřina se vyrábí v organickém Rankinově cyklu (ORC) s následujícími parametry:

- tepelný výkon 10 400 kW;
- elektrický výkon 230 kW;
- množství vyrobené elektřiny 1400–1600 MWh/rok.

Perspektiva v České republice

Předpokládejme, že by se geotermální energie v budoucnu využívala na výrobu elektrické energie výlučně tam, kde by bylo možné využít odpadající teplo. Praktická účinnost geotermální výroby elektřiny je termodynamicky závislá na teplotě geotermální kapaliny a varuje od 10 % při 130 °C do 13 % při 170 °C, v průměru počítáme 11,5 %.

V první fázi je třeba počítat s využitím těch otopných kapacit, které jsou napojeny na dálkové vytápění převážně z velikých fosilních elektráren nebo tepláren. V ČR je připojeno na dálkové vytápění cca 1,2 milionu domácností, což odpovídá 3,5 milionům obyvatel. Nicméně celkový objem odebraného tepla z horkovodů není znám a ani není podle MPO (34) zjištěitelný.

Je tedy potřeba množství tepla odhadnout. Předpokládejme byt o průměrné velikosti 85 m² s průměrnou tepelnou spotřebou 100 kWh/m² * rok. Celková průměrná otopná energie je v tomto případě: $1,2 * 10^6 * 85 * 100 \text{ (kWh)} = 10,2 \text{ TWh}$, kdybychom tento podíl považovali za teplo zbylé po geotermální kogeneraci, tedy ve velikosti 88,5 %, pak by čistá produkce elektřiny s využitím kogeneračního tepla byla 1,3 TWh. Dálkové teplo je ale odebíráno průmyslovými i komerčními objekty a provozy. Budeme-li uvažovat o stejném podílu jako v případě bytové spotřeby, dostaneme se k hodnotě 2,6 TWh_{el} a 23 TWh_{ter}.

Výstavbou nových horkovodů nejlépe v hustě osídlených oblastech se může podíl racionálně využívané geotermální energie mnohonásobně zvýšit.

V Litoměřicích se podle sdělení ing. Gryndlera z referátu ŽP Městského úřadu začíná stavět první geotermální elektrárna s tepelným výkonem 50 MW a elektrickým výkonem 5 MW. Ještě není jisté, zda se použije systém ORC, nebo Kalinův proces. Elektrárna by měla být dohotovena v roce 2010.

geotermální energie

Všechny zde uvedené prameny se shodují na obrovském potenciálu geotermální energie, zejména při použití technologie HRD (Hot Dry Rock), která se bude dále rychle rozvíjet. V současné době můžeme považovat za ekonomický takový objem a lokalizaci geotermálních jednotek, které by využívaly stávající horkovody. To v ČR odpovídá produkci 2,6 TWh_{el} a 23 TWh_{ter}.

3.4 energie Slunce

3.4.1 větrná energie

Vítr je sluneční teplo přeměněné na kinetickou energii v největším slunečním kolektoru – v zemské atmosféře. Celkový výkon energie větru se pohybuje mezi 1700 až 3500 TW, přičemž celkový energetický příkon lidstva činí asi 14 TW. Větrná energie dnes patří mezi jednu z nejdynamičtěji se rozvíjejících oblastí obnovitelné energetiky.

Vývoj technologií větrné energetiky je patrný z nárůstu výkonu jednotlivých zařízení. V průběhu posledních 25 let se zvýšil jmenovitý výkon jedné elektrárny asi 80krát a roční výroba 485krát. S rostoucím výkonem se zásadně snížila původní hlučnost a zdokonalilo se technické vybavení elektráren i jejich bezpečnost.

Přehled instalací větrných turbín a jejich parametrů

rok	1980	1985	1990	1995	2000	2005
jmenovitý výkon (kW)	30	80	250	600	1500	2500
průměr rotoru (m)	15	20	30	46	70	115
výška osy (m)	30	40	50	70	100	120
výroba za rok (MWh)	35	95	400	1250	3500	17 000

V současné době jsou již instalovány větrné turbíny o velikosti 5 a 6 MW a dále se pracuje na vyšších výkonech. V rámci 6. rámcového programu CORDIS FP6 se v období 2005 až 2010 podílí na společném výzkumu 8–10 MW větrné turbíny rovněž česká vědecká organizace. (35)

Perspektivy větrné energie

V Evropě jsou dobré podmínky pro rozvoj větrné energetiky. Navíc 90 % všech světových výrobců větrných elektráren pochází z Evropy a mají roční obrat vyšší než miliardu Euro. Instalovaná kapacita v Evropě vykazuje meziroční nárůst za posledních 6 let ve výši 40 %.

Praktické využití energetického potenciálu větru se stále podceňuje. Dokonce i v odhadech profesních organizací. V roce 1991 předpovídala Evropská asociace pro větrnou energii (EWEA) pro rok 2000 okolo 4000 MW, ale v roce 1997, kdy již bylo instalováno více jak 4600 MW, zdvojnásobila tento cíl na 8000 MW. Před koncem roku 1999 bylo ale instalováno více jak 9500 MW a v roce 2000 bylo realitou 12 887 MW. V roce 1997 EWEA stanovila

pro rok 2010 cíl 40 000 MW, přičemž v roce 2000 jej podle růstu zvedla na 60 000 MW a v roce 2003 na 75 000 MW (z toho 10 000 off-shore). Cílem pro rok 2020 bylo v roce 1997 stanoveno 100 000 MW, v roce 2000 150 000 MW (z toho 50 000 off-shore) a v roce 2003 180 000 MW (z toho 70 000 off-shore).

Vize větrné energie na světě v roce 2020 (36)

- 12 % celkové elektrické spotřeby, odpovídající 3000 TWh
- instalovaný výkon 1 245 030 MW
- 2,3 milionu pracovních míst
- kumulativní úspora 10 771 milionů tun oxidu uhličitého
- roční úspora 1832 milionů tun oxidu uhličitého
- snížení nákladů na 2,45 Eurocentů/kWh, instalační náklady 512 Euro/kW
- roční výroba 158 728 MW

Větrná energie v SRN se v jednotlivých spolkových zemích využívá velmi rozdílně. Rozdíly se vysvětlují politickou orientací zemských vlád spíše než geografickými podmínkami. Předjezdcem ve využívání větrné energie je spolková země Sachsen-Anhalt (pouze „on-shore“ potenciál), kde současná produkce kryje spotřebu z 36 %. Další spolkové země následují: Mecklenburg-Vorpommern 35 % a Schleswig-Holstein 33 %. Na konci seznamu jsou Hessensko 1,8 %, Bavorsko 0,5 % a Baden-Württembersko 0,46 %. Není náhodou, že posledně uvedené spolkové země stále sázejí na atomovou energii. (37)

Referenční prognóza Spolkové vlády SRN předpokládá v roce 2030 přínos větrné energie až ve velikosti 31 % obnovitelné energetické spotřeby a 61 % celkové výroby obnovitelné elektřiny. (38)

Jak veliký potenciál vítr představuje, lze dokladovat údaji ze studie, kterou vypracoval Czisch z Fraunhoferova institutu. (39) Uvádí místa, kde je FLH (Full Load Hours) vyšší než 1500 h/rok, mezi nimi některé oblasti západní Evropy a Norska, region poloostrova Jamal, Kazachstán, Maroko a Mauretánii. Uvádí, že potenciál větrného poloostrova Jamal činí 1100 TWh při FLH 3100 h a mohl by pokrývat polovinu celkové spotřeby Evropy. Je zřetelné, že takové řešení by bylo velmi sporné jak z energetického, tak i geopolitického hlediska. Dokladuje ale potenciál větrné energie.

Předpoklad vývoje ceny elektřiny z větrné energie

S neodvratným růstem cen primární fosilní a jaderné energie porostou ceny tepla a elektřiny vyráběné z těchto primárních energií. Tento proces je čistě teoreticky zvrátitelný jen za předpokladu nového levného nebo dotovaného energetického zdroje, který by byl v dohledné době v rozhodujícím objemu připojen k síti. Naopak ceny obnovitelné energie z různých zdrojů se budou stále zlevňovat, především tím, že nebude (kromě biomasy) potřeba nakupovat žádné primární energie, i tím, že objemem výroby zařízení se bude snižovat jeho cena.

V roce 2006 prohlásil předseda německého sdružení pro větrnou energii, že nejpозději během deseti let bude větrná energie nejlevnější energií. (40) Již v roce 2005 byla v některých chvílích větrná energie ze starších zařízení levnější než cena proudu z uhlí či atomu, obchodovaná na lipské burze EEX. Cena základního proudu stoupla během roku 2005 o téměř 62 %, zatímco cena větrného proudu kvůli stále se snižujícímu nadlepení díky zákonu EEG stále klesá. K tomuto také obr. 9 na str. V barevné přílohy.

Odhady větrného potenciálu v České republice

Firma KV Venti má ve výrobě elektřiny z větru v ČR vedoucí postavení na trhu a její vedení předpokládá, že i v budoucnu zůstane podíl této firmy na výrobě elektřiny z větru minimálně 55 %. Představitelé firmy (41) očekávají v České republice celkovou instalaci 1300 větrných elektráren o průměrné velikosti 2 MW s podílem cca 3 % elektráren o výkonu 3 MW. Celková produkce elektřiny by se měla pohybovat okolo 5 TWh/rok.

Podle Budapeštského fóra je instalovatelný potenciál v České republice 2200 MW. (42)

Petr Pávek z České větrné společnosti uvádí, že v ČR lze počítat s celkem 1000 větrnými elektrárnami o průměrné velikosti asi 1,5 MW, tj. instalovaných 1500 MW, podle zahraničních expertů s instalovaným výkonem 800–900 jednotek o 1,5 až 2,0 MW, což představuje cca 2,5 TWh/rok. (43) Ministerstvo životního prostředí ČR nicméně uvádí dostupný potenciál jako 3000 MW s tím, že pro dosažení této úrovně by bylo třeba překonat různé psychologické a sociální bariéry (nedůvěra v technologie a odpor obcí).

Postoj české veřejnosti k větrné energetice

Větrná energetika v ČR není ještě veřejností akceptována tak, jako u našich sousedů v Rakousku nebo Německu. U nás existuje několik lokálních i regionálních aktivit, které nesouhlasí s větrnou energií a prezentují zveličené nebo nepravdivé negativní údaje o větrné energetice. Také tyto iniciativy vedly Zastupitelstvo Plzeňského kraje k rozhodnutí zakázat v Plzeňském kraji jakoukoliv výstavbu větrných elektráren. (44)

Rovněž v Německu a v Rakousku, u našich nejbližších sousedů s obdobnou středoevropskou mentalitou, se konaly před deseti lety zřetelné protesty veřejnosti. V dokumentovaných případech (45) byly tyto protesty velmi často iniciovány a udržovány dlouhodobým zájmem a strategií energetických monopolistů, kteří nemají žádný zájem na rozvoji decentrální obnovitelné energetiky. Dnes je zásadní podíl (85 %) občanů v SRN pro rozvoj větrné energetiky. Ze zkušeností z referend v českých krušnohorských obcích plyne, že důležitým faktorem je věk respondentů – větrné elektrárny nechtějí spíše ti starší.

Nejrůznější bariéry v případě nových technologií, postupů i společenských zvyklostí jsou zcela obvyklé a všudypřítomné. Jejich překonání závisí na dobrých zkušenostech a je otázkou času. Na překonání bariér se může rovněž podílet

integrace obce do širšího projektu obnovitelné energetiky, kofinancováním, tvorbou nových pracovních míst a přínosem do obecních pokladen. Další možností je výstavba větrných elektráren u technických liniových staveb (dálnic, železnic) a mikrozdrojů, kde zčásti odpadají známé námitky proti možnému estetickému znešvařování krajiny. Estetické námitky mohou vyřešit vhodná výtvarná řešení.(46)

Diskuze kolem estetiky větrných elektráren je podmíněna především rychlým nástupem tohoto odvětví. Každý nový prvek v krajině přitahuje pozornost. Nová generace cestující po Německu, Rakousku a dalších evropských zemích bude považovat větrné elektrárny za něco zcela samozřejmého, stejně jako současná střední a starší generace považuje za zcela samozřejmý – ve srovnání s počtem větrných elektráren – podstatně vyšší počet obdobně velikých stožárů elektrického vedení vysokého a velmi vysokého napětí. Každému, kdo se narodí do světa s větrnými elektrárnami v krajině, budou připadat jako něco, co zde bylo od nepaměti, a proto to není třeba vehementně kritizovat.

Málokdy se uvádí, že větrná elektrárna může být dočasnou stavbou, kterou je možno demontovat, a že během několika dní lze navrátit místo do původního stavu.

Nebezpečí pro avifaunu

Mnoho studií zabývajících se tímto problémem poukazuje na to, že větrné elektrárny jsou marginální příčinou počtu zabitých ptáků ve srovnání s jinými důvody. V kompilaci (47) je uvedeno, že nejvíce ptáků zabíjejí skleněné fasády mrakodrapů, přičemž roční odhady se v tomto případě pohybují mezi 100 až 900 milionů usmrcených jedinců v USA a Kanadě. Odhady počtu ptáků usmrcených kočkami jsou okolo 100 milionů, 50 až 100 milionů úmrtí způsobí automobily a nejméně 174 milionů ptáků zahyne na elektrických vedeních. Uvádějí se ještě další zdroje (lov, rybolov...).

Studie v renomovaném časopise Nature (48) uvádí, že na jednu větrnou turbínu připadá asi 0,03 zabitého ptáka ročně. V ČR by tak na 1300 turbín představovalo 43 zabitých ptáků.

Nepřavidelná dodávka

Tomuto problému se přisuzuje například veliký blackout v roce 2006, který postihl velkou část Evropy. Primární příčinou ale bylo vypnutí vedení VVN nad kanálem v Severním Německu kvůli průjezdu velké zaoceánské lodi.

Nepřavidelná dodávka může způsobovat jisté obtíže, ty jsou ale řešitelné jednak pomocí smluvního odstavení elektrárny, nasměrování vyrobeného elektrického proudu pro jiná využití (teplo, výroba vodíku atd.), ale zejména uskladněním přebytečné energie.

V severním Německu se, v návaznosti na počínající výstavbu velikých off-shore větrných parků, plánuje vytvořit vymytím solných ložisek poblíž moře dutiny pro uskladnění aktuálně nadbytečné větrné energie systémem CAES či AA-CAES (viz skladování energie). Další možností je i změna spotřebitelských

stimulů, které by vedly ke zvýšení poptávky v obdobích nižší ceny, například plovoucí cena el. energie, jak bude vysvětleno dále.

Vítr v městech a malé turbíny

Relativně nová oblast „urban wind“ navrhuje větrné turbíny do městských oblastí. Kvůli vysoké nerovnosti povrchu dochází v městské aglomeraci k turbulencím a rychlým změnám směru větru. Proto je výhodné využívat větrné generátory se svislou osou rotace (VAWT), které byly sice před několika desetiletími prakticky opuštěny, dnes však slaví renesanci.

Aplikace v USA a Anglii

V USA již byly experimentálně instalovány nově vyvinuté typy větrných elektráren se svislou osou rotace na střeších budov a pro USA je predikován potenciál až 10^6 vhodných střeš s instalovaným výkonem 100–500 kW. (49)

Ve Velké Británii se počítá s aplikací větrných mikroturbín pro zásobování domácností. Navrhuje se využití generátoru s výkonem jednoho kilowattu, který by bylo možno instalovat bez zvláštního povolení. Pořizovací náklady činí 1500 liber a část nákladů by měla nést vláda. Na výhodných lokalitách se předpokládá, že by bylo možné tímto způsobem pokrýt až 30 % ročních nákladů na elektřinu v domácnosti s větrnou mikroturbínou. V budoucích třech letech se čeká obrát více jak 10 milionů Euro. (50)

Britská firma Quiet Revolution Ltd zahájí počátkem roku 2008 prodej tiché, bez vibrací pracující, elegantní a pro městskou zástavbu hodící se elektrárny QR5 s maximálním výkonem 5 kW a cenou 25 000 liber. Firma nyní vyvíjí i další typy, a to QR2,5 (2,5 kW) a QR12 (30 kW), které by měly být na trhu koncem roku 2008. Všechny tyto elektrárny jsou koncipovány se svislou osou rotace. (51)

Odhad možností mikro a urban v ČR

S těmito odvětvími nejsou u nás žádné zkušenosti, lze tedy pracovat jenom s řádovými odhady na základě analogií. U střešních aplikací bychom mohli počítat ve srovnání s USA se 150krát nižším potenciálem. Na základě hrubé analogie lze tento potenciál odhadnout na 7000 střeš s instalacemi o průměrném výkonu 100 kW na jednu střeš, což je instalované 0,7 GW, při výtěžnosti 15 % představuje roční výrobou asi 1 TWh.

Vedle střešních aplikací se nabízí osazovat malými turbínami (do cca 30 kW) liniové stavby v krajině (železniční a silniční) ve větrných lokalitách. Počítejme například s lehce dosažitelnými 500 km. Vzdálenost turbín by měla být kvůli zamezení vzájemné interakce asi 50 metrů. Tak získáváme 20 000 turbín s instalovaným výkonem 0,6 GW, což při průměrné výtěžnosti 15 % činí 0,8 TWh/rok.

Větrné mikrozdroje mohou být využity s výhodou jako lokální zdroje pro použití v domácnosti či pro napájení akumulátorů elektromobilů. Akumulační kapacita elektromobilů může být v údobích mimo jízdu využita jako

zdroj pro veřejnou energetickou síť, s výhodou na základě telemetrického řízení dodávky podle aktuální spotřeby (další o možnostech skladování energie viz na str. 69).

Turbíny Kite Gen

Zcela odlišnou koncepci má nový italský projekt využívající větrnou turbínu s vertikální osou rotace, jejímiž lopatkami jsou upoutané větrné draky. Ty jsou umístěny ve výšce 800–1000 metrů, kde je minimálně dvakrát rychlejší proudění než u země, tedy minimálně osmkrát větší energie. Draky jsou udržovány při rotaci ve správné pozici senzory a řídicím systémem. Pilotní experimenty již byly provedeny v průběhu roku 2007. Elektrárny využívající tento princip jsou plánovány ve velikosti až 1 GW, tedy do velikosti současných jaderných elektráren. Proud z nich by měl být velmi levný. Cenový odhad provedla firma Sequoia Automation. V případě elektrárny Kite Gen o výkonu 1 GW se cena pohybuje kolem 1,5 Euro/MWh. Idea využití draků pro výrobu elektrické energie získala v roce 2006 World Renewable Energy Award. Konvenční větrný park o stejném výkonu by potřeboval 80krát větší plochu. (52)

Předpokládá se, že by prostor elektrárny byl uzavřen pro leteckou dopravu, tak jako jsou běžně uzavírána široká okolí jaderných elektráren, vojenských prostorů a některých průmyslových objektů.

V ČR si lze představit výstavbu například dvou elektráren tohoto typu, které by byly schopny nahradit velký podíl jaderně vyráběné elektřiny.

energie větru

Větrná energie má zřetelně větší potenciál, než se v současné době předpokládá. I ve vnitrozemských oblastech bylo dosaženo v některých spolkových zemích SRN přes 35 % z celkově vyrobené elektřiny. Repowering a stavba stále větších elektráren (6 MW v r. 2007) skýtají velké možnosti. Větrná energie neničí přírodu a v případě potřeby může být elektrárna odstraněna beze stop a následků. Spolu s akumulací se může elektřina vyrobená z větru stát významnou součástí obnovitelného mixu. Na základě nového odhadu největšího provozovatele větrné energetiky v ČR (svůj současný odhad zakládá na 2 MW turbínách) počítáme s 6 TWh_{el}, v případě elektráren Kite Gen či velikých konvenčních jednotek v delším horizontu i 10 TWh_{el}. Jedním z důležitých předpokladů rozvoje větrné energetiky v ČR je změna společenského povědomí.

3.4.2 biomasa

Roční přírůstek veškeré biomasy představuje obnovitelný potenciál, který by byl schopen v globálním měřítku šesti až sedminásobně uspokojit celkovou energetickou spotřebu světa. Biomasa reprezentuje celou řadu možností: od kogenerace přes biogenní pohonné hmoty až po lokální vytápění domů a bytů pomocí peletek či výrobu biovodíku. Biomasa je surovinou nesčetných odvětví – zbytky po jejím zpracování jsou rovněž zdrojem energie.

Z hlediska energetiky je biomasa velmi široký pojem. Od cíleně pěstovaných energetických rostlin a rychloobrátkových lesů, trávy z nezemědělské údržby krajiny až po potravinářské zbytky. V relativně hustě osídlených průmyslových zemích severu je jedním z limitujících faktorů výroby bioenergie půda. Produktivita zemědělství stále roste, přičemž s tímto trendem lze počítat i do budoucna. V SRN se v současné době pěstují energetické rostliny na více jak jednom milionu hektarů. V roce 2030 by tato rozloha měla dosáhnout asi čtyř milionů hektarů. V ČR by bylo možné analogicky využít obdobný podíl plochy.

Energeticky využitelná biomasa může pocházet z mnoha různých zdrojů.

Zdroje energeticky využitelné biomasy:

1. cíleně pěstovaná biomasa

Energetická biomasa je v představách veřejnosti převážně reprezentovaná řepkou olejkou pěstovanou především na výrobu biodieselu. Je třeba zdůraznit (viz tabulka na str. 44), že právě tento způsob získávání bioenergie patří k jednomu z nejméně výhodných. Ve srovnání s bioplynem a metodou BTL (Biomass to Liquid – biopaliva druhé generace) poskytuje se srovnatelnými náklady na vyrobený GJ asi třikrát nižší energetický výnos. Mezi nejvýhodnější cíleně pěstovanou biomasu patří kukuřice a zelené žito, které jsou nejvýnosnějšími substráty pro výrobu bioplynu. Existují četné ekologické i agrotechnické důvody proti velkoplošnému pěstování řepky olejky.

Jak německý zemědělský svaz, tak Spolkové ministerstvo životního prostředí SRN vycházejí při odhadu půdy, jež by se dala využít na pěstování energetických plodin, z nárůstu zemědělské produktivity. Zatímco se dnes potřebuje na výživu jedné osoby 0,24 ha, lze v dlouhodobé perspektivě uvažovat s 0,15 ha. Podle toho může být v roce 2030 pro energetickou a materiálovou spotřebu SRN k dispozici plocha 4,5 milionu ha. (53)

Podle odhadu Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe lze nyní (v roce 2006) použít celkem 13 % plochy orné zemědělské půdy pro pěstování vhodných energetických rostlin. To v SRN odpovídá 1,6 milionu ha. Se zvyšující se efektivitou výroby potravin bude moci být v roce 2020 rozšířena na 3,45 a v roce 2030 na 4,4 milionu ha. (54)

Analogicky pro obdobné podmínky v ČR by bylo možno počítat při rozloze 3 047 000 ha orné půdy s 396 000 ha v roce 2006 s nárůstem na 854 000 ha

v roce 2020 a 1 089 000 ha v roce 2030. V roce 2030 by bylo tedy možné z cíleně pěstované biomasy při použití nejlepší praktiky (bioplyn, BTL) získat celkem $1\,089\,000 \cdot 178 = 194\text{ PJ}$, tedy $53,9\text{ TWh}_{\text{ter}}$.

Agrární komora Libereckého kraje tvrdí (55), že pro energetické účely lze vyčlenit 10 % zemědělské plochy pro celou ČR, tedy 428 000 ha, což by představovalo za analogických podmínek $428\,000 \cdot 178\text{ (GJ/ha)} = 76,2\text{ PJ} = 21,2\text{ TWh}_{\text{ter}}$.

2. biologické odpady ze zemědělské prvovýroby (slámy, slupky...)

Odpad ze zemědělské výroby je významným zdrojem energie. V následující tabulce jsou uvedeny hektarové výnosy a potenciály hlavních zemědělských odpadů.

Celková získatelná energie odpovídá dnes $12,2\text{ TWh}_{\text{ter}}$. S postupujícím zvyšováním efektivity výroby bude ale klesat i objem odpadů; předpokládáme, že dosáhne poloviny podílu, o nějž se sníží rozloha pro pěstování potravinářských plodin. V roce 2030 se tak sníží uvedený potenciál o 20 %, tj. na $9,8\text{ TWh}_{\text{ter}}$.

Podíly jednotlivých zemědělských odpadů

zemědělský odpad	t/ha	MJ/kg	ha v ČR	celkem PJ	%	konečné PJ
obilná sláma	4	15	1 500 000	90	25	22,5
otruby	1	16,5	1 500 000	24,7	20	4,9
řepkový koláč	2,4	18	250 000	10,8	20	2,1
řepková sláma	4	16	250 000	16	90	14,4
celkem						43,9

3. tráva a luční porosty z nezemědělské údržby krajiny

Trvalé luční porosty představují v celé ČR rozlohu 974 000 ha a s ohledem na dostupnost a dopravní cesty lze předpokládat racionální energetické využití jedné čtvrtiny. Z jednoho hektaru louky lze ročně v průměru získat 7 tun sušiny a z jednoho kila sušiny v průměru 400 litrů bioplynu (56), podle Andrease Kriega a Torstena Fischera až 500 litrů (57). Energetický obsah bioplynu rovněž variuje podle kvality vstupních surovin se střední hodnotou kolem 6 kWh/m^3 . (58) Z toho vychází $974\,000/4 \cdot 7 \cdot 450 \cdot 6 = 4,6\text{ TWh}_{\text{ter}}$.

Pro rok 2030 předpokládáme, že se podíl luk a jejich část, která se bude energeticky využívat, nezmění.

4. odpady ze dřeva

Pro ČR byl stanoven energetický potenciál dřeva podle BIOM (59) na 4,5 milionu m³, což odpovídá při průměrné výhřevnosti 12 GJ/t a měrné hmotnosti 600 kg/m³ (počítáno s vlhkostí 25 %) celkem 32,8 PJ, tj. 9,1 TWh_{ter.}. Srovnáme tento odhad s německým odhadem v Bádensku-Württembersku. Tam se ročně produkuje podle odhadu 3,6 milionu m³, což odpovídá celkem 18,5 miliardám kWh. To představuje 4,2 % primární energetické spotřeby. Bádensko-Württembersko má plochu 35 000 km² a podíl lesa 38,1 %, což ve srovnání s ČR (78 800 a 33 % lesů) představuje přesnou polovinu rozlohy lesa.

V Bádensku-Württembersku je rozdělení následující (v milionech m³):

0,17 použité dřevo v přírodním stavu

0,83 použité dřevo opracované

1,211 dřevo z lesa

0,9 odpad z pil

0,04 zbytek dřeva z průmyslu

0,47 dřevo z údržby krajiny

Přepočítáme německé hodnoty dvojnásobkem u dřeva z lesa a údržby krajiny a u ostatních položek jen o 50 % více s ohledem na vývoz nezpracovaného dřeva z ČR.

To tedy odpovídá pro ČR (v milionech m³):

0,255 použité dřevo v přírodním stavu

1,245 použité dřevo opracované

2,422 dřevo z lesa

1,35 odpad z pil

0,06 zbytek dřeva z průmyslu

0,94 dřevo z údržby krajiny

celkem 6,272 milionu m³

Při stejném přepočtu tedy: $6,272 \cdot 10^6 \cdot 0,6 \cdot 12 = 45,2$ PJ, což odpovídá 12,6 TWh_{ter.}

Počítejme se skutečností v polovině intervalu 9,1 až 12,6, což představuje 10,8 TWh_{ter.}

5. hnůž a kejda z hospodářských zvířat

Podle údajů Statistické ročenky bylo v ČR v roce 2005 po přepočtu celkem 2,3 milionu velkých dobytčích jednotek (VDJ). Na jednu VDJ se uvažuje průměrně 11 kWh/den, což pro všechny zvířata představuje potenciál $11 \cdot 2,3 \cdot 10^6 \cdot 365 = 9,2$ TWh_{ter.} (60) Jistá část těchto zvířat není ustájena nebo je chována v příliš malých chovech a jejich potenciál je pro výrobu bioplynu ztracen. Pakliže odhadneme tento podíl na 32 % z celkového množství, činí výnos bioplynu z fekálií $9,2 \cdot 0,68 = 6,2$ TWh_{ter.}

Počítejme analogicky k zemědělské výrobě, že se množství pěstovaných zvířat do roku 2030 sníží o 20 %. Potenciál fekálních zbytků tak poklesne na 5,0 TWh_{ter}.

6. tříděný komunální bioodpad

Počátkem září roku 2004 byl v Dolních Chabrech u Prahy započat experiment týkající se třídění bioodpadu a byl především orientován na zbytky ze zahrad. Zapojilo se do něj 2000 obyvatel, přičemž celkový počet obyvatel této městské části je 2744, zúčastnilo se tedy 73 %. V roce 2005 bylo nasbíráno celkem 276,02 tun a o rok později 265,19 tun. (61) Počítejme výhřevnost bioplynu 5 kWh a 120 m³ na tunu bioodpadu.

Na základě tohoto výzkumu lze stanovit potenciál sběru organického odpadu pro celou ČR: $0,73 * 120 * 6 * 270 * 10,5 * 10^6 / 2000 = 7,45 \text{ TWh}_{\text{ter}}$.

Předpokládáme zapojení větší části obyvatelstva i integraci potravinových zbytků, což by mohlo odpovídat v roce 2030 zvýšení o 25 %, tedy v roce 2030 na 9,2 TWh_{ter}.

7. směsné zemědělské kultury

V současné době se rozvíjí možnost využívání směsných rostlinných kultur, především se lničkou obecnou (*Camelina sativa*). Lnička se může pěstovat s obilím či luštěninami, přičemž nevyžaduje žádnou práci na poli navíc. Seje a sklízí se spolu s hlavní plodinou a po sklizni se bezproblémově oddělí na sítu. Ve směsné kultuře lze redukovat použití herbicidů, zvyšuje se úrodnost půdy vázáním dusíku a zlepšují insekticidní vlastnosti kultury. Lničku lze z agrotechnických důvodů pěstovat každým čtvrtým rokem. Při průměrném výnosu oleje 125 litrů/ha odpovídá energetický výnos 1,15 MWh/ha * rok. (62) Celkový potenciál lničky pro ČR při zapojení uvedeného podílu plochy obilí a luštěnin by představoval celkem 250 000 ha, což odpovídá 31 000 tun a celkové energii 0,3 TWh_{ter}. V roce 2030 s poklesem o 38 %, tj. na $0,3 * 0,62 = 0,2 \text{ TWh}_{\text{ter}}$. V zemědělství je podle rakouských údajů za posledních 10 let spotřeba konstantní. Udává se v průměrné velikosti 91 litrů na hektar. (63) ČR by bylo možné podle více uvedených předpokladů obhospodařit čistým olejem z lničky v decentrálním režimu více jak 11 % orné půdy.

Vedle směsných kultur se lničkou se v Německu a Francii provádějí pokusy směsných kultur obilí a topolů. Podle prvních zkušeností vede i takový způsob hospodaření, vedle zisku energetického dřeva, ke zvýšení výnosů základní plodiny.

Limity bioenergie a možnosti řešení

Rovněž bioenergie má své limity. Vedle dostupné půdy to jsou hlavně exhalace různých plynů a látek. Ty vznikají především na dvou místech celkových produkčních řetězců:

– při pěstování biomasy

při nesprávném a přílišném používání syntetických dusíkatých hnojiv dochází v půdě denitrifikačním procesem ke vzniku a uvolňování oxidů dusíku, jež jsou mnohonásobně významnějším klimaticky působícím plynem než oxid uhličitý. K podobným problémům může docházet i při nesprávném používání dusíkatých hnojiv organického původu. Řešením je bioorganické pěstování plodin, správně koncipované směsné kultury a omezená aplikace průmyslových hnojiv.

– při spalování biomasy

převážně při nižší teplotě a kratší zdržné době vznikají při spalování různé těkavé škodlivé sloučeniny (polychlorované dibenzofurany, dioxiny...), jež mají karcinogenní a teratogenní účinky. Když ovšem není biomasa spalována přímo, ale je přeměněna na bioplyn některou z dostupných technologií, ten pak vyčištěn na kvalitu zemního plynu (cca 98 % metanu) a následně využit, tento problém odpadá. Prekurzory zmíněných škodlivin se přemění na plynné složky bioplynu nebo zůstanou po anaerobní digesti v nezávadné formě v kapalném podílu.

Potenciály bioenergie:

zdroj biomasy	TWh _{ter} 2010	TWh _{ter} 2030
pěstovaná biomasa (zejména pro výrobu bioplynu)	21,2	53,8
zbytky ze zemědělské prvovýroby	12,2	9,8
tráva a luční porosty	4,6	4,6
odpadní dřevo a zbytky po těžbě	10,8	10,8
hnůj a kejda	6,2	5
tříděný komunální odpad	7,5	9,2
výnos ze směsných potravinářsko-energetických kultur	0,3	0,2
celkem	62,8	93,5

Racionální využití energie z biomasy

Pro energetické využití biomasy obecně existuje mnoho technologií, z nich zde budou uvedeny ty, které mají vysokou účinnost i další výhody. Zásadní přednost při využívání biomasy musí mít společná výroba tepla a elektřiny. Při samostatné výrobě tepla by měla mít biomasa především doplnkovou funkci, přičemž hlavní váhu by mělo mít sluneční zařízení v kombinaci s akumulací tepla.

Mikrokogenerace v domech a bytech

Jedním ze zásadních kroků pro výrobu elektřiny s potenciálem rychlého zavádění jsou mikrokogenerační jednotky pro společnou výrobu tepla a elektřiny. Tomuto účelu vyhovují především mikroturbíny a moderní, technologicky vyzrálý Stirlingův motor (64), které v současné době právě vstupují na trh. Zajímavá je koncepce Stelzerova lineárního motoru, jenž je se zcela jednoduchou konstrukcí a jedním pohyblivým dílem jakoby předurčen k hromadnému nasazení v těchto aplikacích. (65) Může se jednat o zařízení v různé velikosti, od bytových s elektrickým výkonem okolo 3–5 kW_{el} až po blokové elektrárny pro domy o výkonech v desítkách a stovkách kW_{el}. Na tuto proměnu by bylo vhodné poskytnout nejrozsáhlejší dotace, výhodné půjčky a další impulzy.

Ve Spojeném království se potenciál aplikace kogeneračních jednotek (66) odhaduje na 60 až 75 % všech britských domácností. Ve snaze podpořit instalaci kogeneračních jednotek vláda Spojeného království snížila daň na mikrokogenerační systémy z 17,5 na 5 %.

Odhad pro ČR

V ČR je 3,8 milionu obydlených bytů, z toho je 1,2 milionu vytápěno dálkovým teplem odpadajícím při výrobě elektřiny, ev. při jiných tepelných procesech. Na základě britského odhadu můžeme počítat se 70 % bytových jednotek pro kogenerační vytápění spolu s postupnou náhradou současné spotřeby zemního plynu bioplynem. Jedná se přibližně o využití 2 milionů bytů po částečné energetické sanaci s průměrnou spotřebou otopné energie kolem 90 kWh/m² * rok, přičemž jistá část celkové vstupní energie by se využila na výrobu elektrické energie. Podle moha údajů (DENA ...) lze izolaci a rekuperaci uspořít na otopné energii nejméně 60 % současné spotřeby. Celkový energetický příkon by tedy byl cca 120 kWh/m² * rok. Při účinnosti mikroturbíny či Stirlingova motoru 25 % můžeme počítat s výrobou 30 kWh/m² * rok, což při průměrné velikosti bytu 85 m² dostáváme pro všechny takto vytápěné byty: 30 * 85 * 2,0 * 10⁶ = 5,1 TWh_{el}/rok. Současne bude vyprodukována tepelná energie 15,3 TWh_{ter}.

Pro kogeneraci lze využít stávající zemní plyn s postupnou transformací na čistěný metan z bioplynu, případně moderní peletkové kogenerační jednotky či další zařízení, jak budou tržně a ekonomicky dostupná.

Mikrokogenerace nabízí několik možností optimálního začlenění do energetické soustavy:

- systémem různých, předem daných tarifních pásem či plovoucí ceny elektřiny a její indikace na místech spotřeby;
- možností centralizovaného/regionalizovaného telemetrického systému řízení výroby elektřiny podle momentální spotřeby.

Lze předpokládat, že majoritní zákaznické chování bude záviset především na racionálním přístupu k tvorbě zisku z prodeje vyrobené elektřiny. Samozřejmě však i na základě přirozeného denního, nočního i sezónního souběhu elektrické a tepelné spotřeby.

Decentrální výroba a spotřeba elektřiny v domech má i další výhody:

- snížení ztrát elektřiny a tepla v elektrických rozvodech;
- snížení ztrát tepla ve srovnání s centrální výrobou tepla;
- korespondence výroby elektrického proudu s produkcí tepla pro období špičkového odběru;
- korespondence se sezónní spotřebou.

Peletky

Většina dostupné biomasy, od odpadního dřeva až po trávu, slámu a další suché substráty, může být zpracována na peletky. Pro jejich energetické využití existuje několik vhodných technologií, především opět kogenerace v technicky vyzrálých zařízeních. Peletky v současné době představují stabilitu. Zatímco cena fosilních paliv roste, cena peletek zůstává stejná (viz obr. 10 na str. V barevné přílohy).

Rostlinné oleje

Získávání a energetické využívání čistých rostlinných olejů patří mezi možnosti, které jsou okamžitě k dispozici. Existující technologie lisování a využití zbytků po lisování pro energetické nebo krmivářské účely či pro zlepšení půdy činí tuto možnost ekonomicky ještě zajímavější.

Kogenerační elektrárna na olej

Kogenerační zpracování rostlinného oleje patří se svou velkou výtěžností mezi atraktivní možnosti výroby elektrické energie. Příkladem může sloužit nedávno instalovaná a do provozu spuštěná elektrárna s paroplynovým okruhem, kdy se ohřátý olej rozprašuje do plynové turbíny a zbytkové teplo expandovaných a ochlazených spalín je pak využito pro výrobu páry pro konvenční parní turbínu. Elektrárna provozovaná ve Schwäbisch Hallu v SRN má elektrický výkon 5,35 MW a elektrickou účinnost 45,4 %. (67) Schéma elektrárny najdete na obr. 11 na str. VI barevné přílohy.

Tato výroba elektrického proudu je výhodná především pro průmyslové podniky, které by si tímto způsobem mohly zajistit elektrický proud a teplo z kogeneračního uspořádání, v tomto zařízení spalovat rostlinný olej nebo syntetický diesel vyrobený z odpadní nebo pěstované biomasy a vyrábět si potřebnou elektřinu „just in time“.

Bioplyn

V současné době jsou známy dvě technologie výroby metanu z biologických substrátů. První je dnes prakticky výlučně užívaný proces anaerobního kvašení. Tento postup je dobře zvládnutou technologií, skýtající možnost energetického i materiálového využití nejrozličnějších biologických substrátů, včetně obtížně zpracovatelných nebo likvidovatelných či obtížných odpadů. Paleta je velmi široká – od fekálních odpadů a hnoje, zbytků jídla až po odpady potravinářského průmyslu a zemědělství, cílenou zemědělskou prvovýrobu či trávu z údržby krajiny. U našich sousedů v SRN a Rakousku je v současné době několik tisíc bioplynových jednotek. V ČR se větší výstavba teprve plánuje.

Vedle tohoto způsobu je již experimentálně ověřen a pro širší využití navržen způsob bio SNG umožňující výrobu bioplynu ze substrátů, které nelze zpracovat biotechnologicky. SNG je vysokoteplotním, katalyticky řízeným procesem. Touto cestou lze zpracovávat biomasu s vysokým obsahem celulózy (dřevo, dřevnaté stonky části rostlin) a substráty nevhodné pro metanizaci. Proces bio SNG bude během krátké doby zralý pro praktické aplikace.

Vedle energetického přínosu kogeneračního zpracování bioplynu na teplo a elektřinu přispívá metoda ke zvýšení hygieny venkovského prostředí zemědělských farem a provozů. Je vhodná pro celou řadu výkonů od desítek kilowattů až po megawatty, od malých zemědělských farem až po městské aglomerace.

Firma Bioenergie-Park Nawaro AG Leipzig vystavěla v pomořanském Penkumu největší bioplynovou stanici na světě. Ve 40 betonových fermentorech o průměru 24 metrů se zpracovává ročně 300 000 tun kukuřice, 20 000 tun obilí a 60 000 tun fekálních odpadů. Elektrický výkon zařízení, které pracuje od podzimu 2007, je 20 MW. (69)

Uskladňování tepla do podzemních aquiferů v letním období může značně zvýšit energetickou výtečnost celkového procesu. Jinou zajímavou možností, lehce realizovatelnou na základě stávajících plynových sítí, je výkup bioplynu a jeho dodávka do vysokotlakých páteřních rozvodů nebo jeho tankování do dopravních prostředků, jak je dále uvedeno ve výsledcích studie Lipského institutu pro energetiku a životní prostředí.

Podle nejnovějších německých studií lze zvýšit technickou spolehlivost celého zařízení i modifikovat spalovací proces, bude-li se bioplyn proměňovat na elektrickou energii s vyšší účinností v palivových článcích nebo paroplynových cyklech, za předpokladu využití energetických směsných kultur s kukuřicí, poskytující energetický výnos biomasy až 80 000 kWh/ha. Bioplyn má vynikající plošnou efektivitu rovněž jako biogenní pohonná hmota – pro průměrné osobní auto můžeme počítat s více jak 70 000 km/ha, zatímco biodiesel poskytuje 20 000 km/ha.

Technologie bioplynu navíc umožňuje využití vykvašeného substrátu s organicky vázaným uhlíkem a původními minerálními látkami, které budou vráceny na pěstební plochy. Organický uhlík tak zůstane dlouhou dobu vázán v organických podílech půdy.

Potenciál bioplynu a využití plochy v Německu

Dnes se využívá 300 000–350 000 ha zemědělské plochy pro výrobu bioplynu, což reprezentuje méně než 2 % (to se často neuvádí v diskuzích o konkurenci ke konvenčnímu zemědělství). Podle prognóz vývoje biogenních pohonných hmot a biogenních materiálů by se mohlo využít pro bioplyn 3 milionů ha. (68)

Ve Spolkové republice Německo bude v roce 2007 podle prohlášení Německého výboru pro kukuřici a na základě údajů statistického úřadu celková pěstební plocha kukuřice na siláž, včetně ploch na výrobu bioplynu, dosahovat hodnot až 1,435 milionů hektarů, což reprezentuje nárůst 6,6 % oproti předešlému roku. Plochy pro ostatní kukuřici, především na zrno, zůstávají prakticky nezměněny. Největší plocha pro kukuřici na siláž je v Bavorsku 436 900 ha a Dolním Sasku 407 800 ha.

Bavorsko má o cca 10 % menší plochu a o 20 % více obyvatel než Česká republika. V ČR byla kukuřice na zeleno a na siláž oseta v roce 2005 na 210 000 ha. Existují tedy ještě velké možnosti a rezervy, viz potenciál energetických rostlin.

Potenciál bioplynu pro Evropu

Podle studie Lipského institutu pro energetiku a životní prostředí existuje efektivní možnost výroby bioplynu s následnou možností jeho vtláčení po rektifikaci na kvalitu zemního plynu do současné distribuční sítě zemního plynu. V Evropě existuje potenciál ploch, které by byly schopny zajistit nezávislost na zemním plynu. Potenciály stanovené studií (70) představují pro rok 2005 300 miliard Nm³/rok a mohou v roce 2020 stoupnout na 500 miliard Nm³/rok. To perspektivně odpovídá nahrazení potenciálu zemního plynu ve velikosti současné spotřeby EU-28, činící 500 miliard Nm³/rok. Pro stanovení těchto potenciálů byla určující základní podmínka – zajištění potravinové soběstačnosti jednotlivých zemí. Pro dosažení úplného potenciálu v roce 2020 by bylo zapotřebí vybudovat v EU-28 od 25 000 do 50 000 bioplynových jednotek a asi 1000 jednotek pro bio SNG. To by pro ČR, podle podílu obyvatel, představovalo 500–1000 bioplynových jednotek.

Některé předpoklady lipské studie:

- energetický výnos bioplynu z ha se počítá poloviční než v případě analýzy Agentury pro obnovitelné zdroje – zřetelně tedy existuje v tomto ohledu dostatečná rezerva;
- v uvedeném součtu není uvažována sláma, protože autoři studie soudí, že její využití by znamenalo velké narušení materiálových toků v zemědělství (toto jiní autoři potvrzují pouze částečně, jiní vidí sběr slámy ekologicky a agrotechnicky pozitivní); (71)
- uvedený potenciál nezohledňuje příspěvky surovin z potravinářského průmyslu či zbytků potravin;
- zohledněny jsou možnosti přístupu k vysokotlaké části plynové sítě, to představuje 95 % evropské plochy s tím, že pro bioplyn je stanoven ekonomický okruh 30 km a pro SNG bio 150 km;

- energie ve dřevu a dřevěném odpadu se počítá na úplně suchý materiál, na rozdíl od potenciálu dřeva uvedeného v citovaném článku BIOM. Tím vzrůstá využitelná energie přes čtyřicet procent.

Ve zmíněné studii je rovněž zpracován potenciál výroby metanu z bioplynu pro všechny evropské země.

Potenciály pro bioplyn v ČR (PJ)

položka	2010	2020
exkrementy	14	14
podestýlka	1	1
energetické rostliny	60	92
celkem	75	107

Pro odhad množství exkrementů se uvažuje s ustájením 68 % hovězího dobytka a drůbeže a 100 % prasat.

Potenciály pro bio SNG v PJ

položka	2010	2020
lesní hospodářství	70	55
zemědělské zbytky	11	17
dřevozpracující odvětví	13	15
celkem	94	87

V roce 2010 by tedy podle této studie mohlo být v ČR k dispozici 169 PJ, tj. 47 TWh_{ter}, a v roce 2020 194 PJ, tj. 54 TWh_{ter}, což odpovídá elektrickému výkonu 14,1, resp. 16,2 TWh_{el} (při 30 % elektrické účinnosti).

Pro racionální energetické využití bioplynu jsou optimální především plynové turbíny. V současném světě se tato zařízení využívají k výrobě elektřiny v oblasti nižších a středních výkonů, především ze zemního plynu. Nové generace turbín mají vyšší výkon, vyšší účinnost a spolehlivost. Vedle čištěného bioplynu či bio SNG se taková zařízení hodí i pro další paliva biogenního původu.

Účinnost plynových turbín závisí na poměru tlaků na vstupu a na výstupu z turbíny, resp. na teplotě vstupujícího plynu. Zatímco v 50. letech byla teplota spalín 700 °C, moderní zařízení dosahují teploty až 1400 °C. To je umožněno izolací lopatek progresivními materiály na bázi nitridu křemíku a chlazením lopatek. Plynové turbíny se využívají především od 100 kW_{el} až po velké plynové turbíny o 310 MW_{el}. Elektrické účinnosti se pohybují okolo 40 %. V kategorii středně malých turbín 300 kW_{el} lze již dnes nalézt výrobky, jejichž účinnost je přes 50 % – Wilson Microturbine™. (72) Plynové turbíny mají velký význam jako součásti tzv. paroplynových cyklů. V principu kombinovaný cyklus

vychází ze skutečnosti, že entalpie spalin na výstupu z turbíny je ještě dostatečná, aby stačila k výrobě páry v přiřazeném cyklu parní turbíny.

Použití nových plynových turbín v kogeneračních jednotkách výroby tepla a elektřiny je pokusem o zvýšení celkové účinnosti a snížení emisí. Protože účinnost plynových turbín v otevřeném cyklu kolísá v rozsahu asi 30–42 %, může být účinnost kombinovaných paroplynových cyklů až 58 %, dokonce u bloku s kogenerací tepla a elektřiny (CHP – Combined Heat and Power) se může dosáhnout až 85 % využití paliva. Rychlý vývoj plynových turbín povede v budoucnosti k vyšším účinnostem a vyššímu elektrickému výkonu.

Za předpokladu např. 45 % elektrické účinnosti může výroba elektřiny z celkového bioplynu v roce 2020 dosáhnout až 24 TWh_{el}, což reprezentuje více jak jednu třetinu současné elektrické spotřeby v ČR.

Koncept biovodíku

Pro úplnost bude uveden koncept biovodíku, který v sobě nese podnětné myšlenky, ale nesplňuje koncepci decentrality. Využívá totiž poměrně komplikovanou technologii. Vodíkové hospodářství, především tzv. biovodík, vyráběný katalytickým štěpením metanu z bioplynu, nebo vodík vyráběný parním reformingem, skýtá obrovské možnosti především díky vysoké účinnosti. Podle studie Tetzlaffa (73) lze celou německou spotřebu (průmysl, služby, doprava, bydlení), tj. 13 513 PJ primární energie, uspokojit 6379 PJ energie biomasy, která se s vysokou účinností ve formě vodíku použije jako zdroj v palivových článcích.

- účinnost energetického cyklu automobilů („tank to wheel“) stoupne v případě vodíkového palivového článku na 45 % ve srovnání se současnými 15 %;
- při výrobě elektrické energie z biovodíku je účinnost okolo 87 % v elektrárnách, využití primární energie 28 % (jaderné elektrárny) a 38 % (tepelné elektrárny);
- pro energetické rostliny se počítá v modelu SRN 44 % orné půdy;
- při započtení lineárního nárůstu produktivity výroby potravin a z toho vyplývající úspory zemědělské půdy využitelné pro pěstování energetických rostlin vzroste v průběhu dalších dvaceti let plocha energeticky využitelné půdy o 53 %;
- rovněž výnos energetických rostlin vzroste za 20 let při 4 % ročním nárůstu výnosu z dnešních 20 t na 44 t. V roce 2020 by tak v Německu mohlo být k dispozici až 129 000 PJ z biomasy, není tedy pochyb, že lze touto cestou uspokojit veškeré energetické nároky.

V konceptu biovodíku je současně uvedena možnost podzemního skladování oxidu uhličitého, který při výrobě odpadá čistý, jako kompenzace zvýšeného obsahu v atmosféře i jako budoucí zdroj uhlíku.

Pro ČR by se analogicky jednalo po přepočtu na počet osob o spotřebu 6379/8, tj. 797 PJ, což je 221 TWh primární energie v biomase, což je více jak dvojnásobná hodnota, než byla uvedena jako potenciál pro rok 2030.

biomasa

Z bioplynu vyrobeného v ČR podle scénáře Lipského institutu z prakticky veškerého biopotenciálu (s výjimkou trávy, tříděného komunálního bioodpadu, zbytků jídla a zbytků z potravinářského průmyslu) by bylo možné v případě nasazení účinných turbín (více jak 45 %) vyrobit k roku 2020 celkem až 24 TWh_{el}. Pro nižší účinnosti a soudobý potenciál by se mohlo jednat o 14 TWh_{el}.

Vedle uvažovaného potenciálu bioplynu ještě zbývá potenciál nezapočítaných substrátů o odhadované velikosti minimálně 18 TWh_{ter}, což odpovídá cca 5 až 8 TWh_{el} pro rok 2010, resp. 2020. Tento podíl může být modelově využit pro mobilitu, a proto nebude zohledněno odpadající teplo.

Tepelné potenciály z kogenerace odpovídají pro rok 2010 45 TWh_{ter} a 40 TWh_{ter} v roce 2020.

Odhady pořízené na základě kombinace českoněmeckých dat, optimálních energetických výnosů bioplynu a integrace dalších energeticky využitelných zbytků převyšují shora uvedené o cca 40 %, čímž zvyšují věrohodnost výsledků Lipského institutu.

3.4.3 malá vodní síla

Česká republika se nachází na rozvodí tří moří a svou geografickou polohou je předurčena k využití vodní energie především v malých vodních elektrárnách. Technický potenciál řek ČR činí 3380 GWh/rok. Výstavba vodních elektráren má v České republice bohatou tradici. Ve 30. letech minulého století bylo na území bývalého Československa v provozu více než 11 000 vodních elektráren, tedy asi osmkrát více než dnes.

Celkový instalovaný výkon vodních elektráren v roce 2005 představoval 1,02 GW, což zhruba činilo 17 % celkového instalovaného výkonu. Na tomto čísle se podílely velké vodní elektrárny VVE (od 10 MW) s celkovým výkonem 742,8 MW a malé vodní elektrárny MVE (do 10 MW) o výkonu 276,7 MW.

Do sítě dodaly v roce 2005 vodní elektrárny celkem 2,37 TWh, z toho VVE 1,30 TW a 1,07 TWh MVE. Potenciál výroby činí podle Ekowattu (74) v MVE celkem 1,6 TWh, což by představovalo zvýšení instalovaného výkonu o cca 1/3. Podle MPO (75) představuje využití zbývajících potenciálu 100 MW, zatímco u (76) činí adiční potenciál 220 MW.

Kdybychom počítali s tradičním potenciálem v polovině daného rozmezí, pak by se jednalo o potenciál 160 MW, což by podle výnosů pro polovinu počtu elektráren do 1 MW a polovinu do 10 MW představovalo, podle statistik z roku 2005, roční výrobu 0,6 TWh.

Podle údajů MPO je využití plného výkonu u jednotlivých typů vodních elektráren následující (vyčísleno jako procenta plného výkonu z celého roku):

rozmezí instalovaného výkonu	celkový instalovaný výkon (MW)	výroba 2005 (TWh)	účinnost (%)
do 1 MW	123,2	0,34	31,5
1–10 MW	153,5	0,73	53,9
nad 10 MW	742,8	1,3	20

Je zřetelné, že celková účinnost je závislá na průtoku vody. V případě malých MVE je odvislá od počasí a malých průtoků v nepříznivých obdobích i v obdobích silných mrazů. Výkon větších MVE není podroben takovým fluktuacím, a proto je vyšší. Velké vodní elektrárny slouží především jako špičkové zdroje.

malá vodní energie

V oblasti malé vodní síly není v ČR příliš velké pole pro zásadní rozvoj. Z uvedených hodnot vychází potenciál průměrné roční výroby elektřiny v malých vodních elektrárnách do 10 MW o velikosti 1,6 TWeI.

3.4.4 nízkopotenciální odpadní teplo

V mnoha průmyslových procesech odpadá množství tepla, které se většinou nevyužívá. Jedná se především o nízkopotenciální teplo různých procesů například v metalurgickém, hutnickém, keramickém, papírenském i v potravinářském průmyslu. Jednou z možných technologií výroby elektřiny je organický Rankinův cyklus (ORC), pracující s organickými kapalinami při nižších teplotách. Možností je i Kalinův proces využívající amoniakální vodné roztoky.

Německá studie

Ve studii Fraunhoferova institutu pro otázky životního prostředí, bezpečnosti a energetiky v Oberhausenu o tržních možnostech využívání nízkopotenciálního a odpadního tepla se uvádí technický tepelný potenciál ve výši 85 GW, což při možném využití 6–10 % reprezentuje potenciál ve výši 5 až 8,5 GW_{el}.

Při investičních nákladech 1,25 milionu Euro na 1 MW elektrického výkonu odpovídá tedy využití celkového potenciálu nákladům 6,25 až 10,5 miliard Euro. Studie byla vypracována na zakázku firmy Aqua Society a bude pokračovat ověřováním výsledků. (77)

Holandská studie

V holandské studii byl původní evropské dvanáctce určen nízkoteplotní potenciál (méně než 140 °C) na 730 PJ. Technologie je zatím použita v průmyslovém rozsahu v některých technologiích, např. papírenském průmyslu. (78)

Přepočet pro ČR

Převodem průměrné německé hodnoty počtem obyvatel vychází 0,8 GW_{el}, což při vysokém stupni využití 90 % prezentuje asi 6,3 TWh; převodem evropského odhadu z původní dvanáctky (362,5 milionu obyvatel) vychází $730/3,6 \cdot 35,1 = 5,8$ TWh. Průměr činí 6 TWh/rok.

nízkopotenciální odpadní teplo

Zdroj nízkopotenciálního tepla nebývá v ČR většinou uváděn. Na základě analogií k existujícím studiím lze ročně uvažovat s výrobou 6 TWh_{el}.

Zde musíme počítat s nízkou účinností okolo 8 % a odhadem pětinou dostupného tepla, protože zbytek nebude vhodný pro vytápění kvůli nízké teplotě. To odpovídá 15 TWh_{ter}.

3.4.5 fotovoltaika

Fotovoltaika se považuje za budoucí „královnu“ dostupných obnovitelných zdrojů. Zpracovává sluneční záření na elektrický proud. Celkově dopadá na zemi 15 000krát více energie, než v současné době spotřebovává naše civilizace z fosilních a jaderných zdrojů.

Po objevu fotoelektrického jevu francouzským fyzikem A. E. Becquerelem v roce 1839 byly první praktické články vyrobeny až Bellovými laboratořemi jako vedlejší produkt výroby tranzistorů v roce 1954. Velmi tenká vrstva křemíku byla impregnována minimálním množstvím dalších elementů a po vystavení slunečnímu osvětlení vyráběla malé množství elektřiny. Až do šedesátých let se jednalo o laboratorní kuriozitu, poté se, v době počínajících kosmických letů, ve fotovoltaických článcích rozpoznal efektivní a dlouhodobě pracující zdroj energie pro satelity. Fotovoltaické články stály v 60. letech okolo 40 000 USD/W, zatímco dnes jejich cena poklesla na cca 5–6 USD/Wp.

Současný stav fotovoltaického trhu

Především díky Německu dosahuje evropský fotovoltaický trh neobyčejných výsledků. Celková instalace fotovoltaiky v EU dosáhla v roce 2006 celkových 3418,5 MWp, z čehož bylo k síti připojeno 96,9 %. Z toho většina, celých 3063 MWp, je instalována v Německu. Cíle dané Bílou knihou EU o fotovoltaike pro rok 2010 byly dosaženy o čtyři roky dříve. V ČR bylo v roce 2005 instalováno pouhých 111 kWp a v roce 2006 241 kWp. Průměr na občana v EU činil v roce 2005 3,94 Wp, přičemž v ČR činil 0,05 Wp. Největší instalace byla v Lucembursku 51,47 Wp, následovala SRN s 18,56 Wp na hlavu.

V roce 2006 byl průměr v EU 7,38 Wp, přičemž v SRN dosáhl 37,16 a v ČR činil 0,08 Wp na hlavu. Světová produkce fotovoltaických panelů se během dvou let zdvojnásobila, když v roce 2004 byla 1256 MWp a v roce 2006 2535,6 MWp.

Rozvoj fotovoltaiky by byl zřejmě ještě větší, kdyby nedošlo kvůli velkému nárůstu výroby k nedostatku křemíku. Přechodný nedostatek křemíku ve světě bude však brzy překonán. Na základě tržního průzkumu časopisu Sun & Wind Energy z roku 2006 vyplynulo, že čtyři největší světoví výrobci křemíku – Hemlock Semiconductor (US), Wacker Polysilicon (D), REC Silicon (US) a Tokuyama (J) zvýší svou produkci a přidají se další menší výrobci v Číně a Rusku. V roce 2010 bude dostatečný potenciál pro roční výrobu 12 GWp fotovoltaických článků. Podle jiného zdroje o rok později (PHOTON solar annual 2007) se předpokládá ztrojnásobení výroby křemíku z 50 000 tun na 150 000 tun. Ve spojení se zvyšující se účinností se v roce 2011 předpokládá roční výroba přes 20 GWp (viz obr. 12 na str. IV barevné přílohy). (79)

Pro EU je významná kvalitní pozice fotovoltaických evropských producentů na světovém trhu. Nejlépe z nich je etablován německý sektor, který měl v roce 2006 obrát 3,7 miliardy Euro (v roce 2005 3,0 miliardy) a zaměstnával 35 000 osob ve srovnání s 30 000 v roce 2005. Celkem je v SRN registrováno v této branži 5000 firem včetně 50 velikých průmyslových.

Zajímavé jsou stále podceňované odhady fotovoltaiky. V roce 2005 předpovídala renomovaná švýcarská banka Sarasin & Cie AG, která se zabývá investováním ekologických projektů, trh s fotovoltaikou v roce 2010 ve velikosti 2350 MWp a v roce 2020 5800 MWp, což odpovídá ročnímu nárůstu 13 %. (80)

Podle studie z roku 2006 očekává v období do 2010 meziroční nárůst 26 %, a pro období 2011 až 2020 meziročně 21 % a v roce 2020 výrobu 31 GWp. (81)

Odhady cenových relací v budoucnu

Jakkoliv se často uvádí, že fotovoltaické články jsou drahé a stejně drahá je i vyrobená elektřina, ukazuje nejnovější vývoj na reálnou tendenci snižování nákladů. Studie The True Cost of Solar Power (82) naznačuje, že ceny fotovoltaických systémů neklesnou na úplnou hodnotu nákladového snížení, protože nabízejí „vynikající možnost podstatně zvýšit výdělků fotovoltaických firem v přicházejících letech“. Ceny solární elektřiny se v roce 2004 odpojily od výrobních nákladů, a protože poptávka převyšuje nabídku, nebude se cena automaticky snižovat. Díky velké poptávce tato situace zřejmě vydrží několik let.

V roce 2006 byla typická cena zahrnující výrobní náklady, výzkum a vývoj (R & D), instalaci a provozování slunečních fotovoltaických systémů zhruba 3,6 USD/watt, což odpovídá sluneční elektřině za 0,25 USD/kWh. Při ceně 0,25 USD/kWh může být v zemích OECD 5–10 % rezidentní elektřiny vyráběno ze Slunce, což by odpovídalo 150 až 300 GW slunečních elektráren.

V roce 2010 poklesne typická cena nejméně o 40 % na 0,15 USD/kWh, což odpovídá 2,5 USD na watt instalovaného výkonu. Nejlepší výrobci a instalace sníží cenu na 0,12 čili 1,85 USD/watt v „normálních“ slunečních podmínkách a pod 0,10 USD/kWh ve výhodných slunečných lokalitách.

S cenami od 0,1 až 0,15 USD/kWh v roce 2010 bude cena slunečního proudu nižší než síťová elektřina pro nejméně 50 % rezidentů v zemích OECD, což by otevřelo trh za uvažovaných podmínek pro 1500 GW.

Konečná cena podle výše zmiňované studie byla v roce 2006 2,88 Euro (u velmi dobrých investorů a stavitelů 2,144 Euro/kW) a do roku 2010 klesne až na 2,08.

Obdobné předpovědi byly k dispozici již v roce 2006, jak je vidět na obr. 13 na str. VI barevné přílohy.

Vize fotovoltaiky pro rok 2030

- 0,05 až 0,12 Euro/kWh, ploché panely mají účinnost min. 25 % a životnost 40 let
- EROI je menší než 1 rok
- roční výroba v Evropě 20–40 GW
- nová pracovní místa pro 200 000 až 400 000 osob
- v Evropě instalováno 200 GW
- fotovoltaika zprostředkuje přístup k elektrickému proudu pro půl miliardy lidí

Postoj české veřejnosti

Fotovoltaika má ze všech obnovitelných zdrojů jednu z největších EPBT a cca 60 g CO₂/kWh, i když je i dnes již nižší, než má dnes jaderná energie (2007 – 65 g/kWh). Se zvyšující se účinností ale energetická návratnost klesá a se snižujícím se podílem fosilní energie budou klesat i nepřímé emise oxidu uhličitého. Fotovoltaika se zdá být z hlediska akceptace veřejností nejméně problematickým zdrojem obnovitelné energie, i když v průběhu léta 2007 se objevily v denním tisku zprávy o protestech proti fotovoltaické elektrárně na jižní Moravě. (83)

Velmi pomalu ustupují a stále se ještě občas objevují názory, že fotovoltaický článek nevyrobí za dobu své životnosti tolik energie, kolik jí je třeba na jeho vlastní výrobu. To již dávno není pravda. Nejeefektivnější články mají dnes energetickou návratnost ne vyšší než 1,5 roku z garantované životnosti minimálně 15–20 let.

Jistým problémem jsou instalace fotovoltaiky na starší či historické budovy, i když takové instalace existují v některých evropských zemích, které jsou známé dobrou péčí o kulturní památky. Při hlubším pohledu je zřejmé, že z obecného hlediska přístupu ke kulturnímu dědictví a památkové péči je nutné fotovoltaiku, jako i ostatní obnovitelné zdroje, podporovat, což ovšem nevylučuje citlivě a odpovědně zpracovaný záměr.

Velké fotovoltaické instalace

V současné době stále rostou možnosti fotovoltaiky a na výhodných lokalitách se stavějí stále větší fotovoltaické elektrárny. V září 2007 byla u španělské Beneixamy v provincii Alicante dána do provozu největší fotovoltaická elektrárna o výkonu 20 MWp. Celková investice činila 120 milionů Euro a elektrárna byla postavena během jednoho roku. (84)

U městečka Moura v portugalském regionu Antalejo bude do konce roku 2009 spuštěna poslední část největší fotovoltaické elektrárny na světě s celkovým výkonem 64 MW. Náklady budou 250 milionů Euro a elektrárna bude zabírat 100 ha. (85)

Nové materiálové možnosti fotovoltaiky

Výzkumný tým University Delaware pod vedením Allena Barnetta a Christiany Honsbergové dosáhl v průběhu roku 2007 významného milníku ve vývoji velmi účinných fotovoltaických článků VHESC (Very High Efficiency Solar Cell), konstruovaných na základě krystalického křemíku. Za standardních pozemských podmínek bylo dosaženo účinnosti 42,8 %. Výzkumný tým se spojil s firmou Du Pont, která investovala do dalšího výzkumu 100 milionů dolarů. Cílem sdružení je dosáhnout solárního článku s účinností 50 % a Barnett oznámil, že nové vysoce účinné fotovoltaické články by mohly být vyráběny už v roce 2010. (86)

Krystalický křemík není jedinou materiálovou možností fotovoltaických článků, existují ještě další materiálové možnosti. V takzvané druhé generaci se jedná o tenké vrstvy křemíku nebo i jiných polovodičů na bázi především kombinace CIS (Cooper Indium Diselenide) nebo kadmium teluridu. Jsou levnější, ale jejich účinnost je kvůli defektům nižší. U Grätzelových článků, které nepoužívají křemík, ale barvivové systémy pro absorpci fotonů a nanomateriál pro transport vzniklých elektronů, se očekává 4–5násobné snížení ceny ve srovnání s články křemíkovými. Mají nižší účinnost, ale současně několik výhod. Tyto články nejsou tepelně závislé a mohou pracovat oboustranně. Mezi jejich pozitiva patří i pohodlná možnost přímé integrace do fasád a oken budov. Umějí zpracovávat i nepříznivé úhly dopadu pro ranní a podvečerní světlo. To staví jejich výtěžnost na roveň

	1980	dnes	2015	2030	dlouhodobě
průměrná cena systémů bez daně (2006 Euro/Wp)	>30	5	2,5	1	0,5
průměrné náklady na výrobu slunečního proudu v jižní Evropě (2006 Euro/kWh)	>2	0,3	0,15	0,06	0,03
průměrná účinnost standardních FV modulů (%)	až 8	až 15	až 20	až 25	až 40
průměrná účinnost modulů s koncentrátorem (%)	cca 10	až 25	až 30	až 40	až 60
průměrná doba energetické amortizace v letech (jižní Evropa)	>10	2	1	0,5	0,25

běžným článkům křemíkovým. (87) Grätzlův tým dosáhl v případě barvivových článků v roce 2007 nejvyšší účinnosti 11 % a v tomtéž roce byla v Cardiffu ve firmě G24 Innovations zahájena výroba těchto fotovoltaických článků.

Ekonomické odhady

Evropská fotovoltaická technologická platforma zveřejnila v červenci 2007 strategický materiál. Dokument Strategic Research Agenda bude významný pro dosažení cílů 7. rámcového programu EU. V jižní Evropě může být solární proud konkurenceschopný do roku 2015 a v roce 2020 v celé Evropě. (88)

Skupina velkých výrobců fotovoltaiky (Conergy, First Solar, Hemlock, LDK, M.Setek, Motech, Q-Cells, REC, SolarWorld, SunEdison, SunPower, Suntech a Wacker) hodnotila svůj výrobní potenciál a sumarizované výsledky jsou uvedeny v následující tabulce (89):

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
výroba (GWp)	1,7	2,6	4	6,1	10,2	15,1	20,5
nárůst výroby (ročně %)	44	58	53	54	66	48	36
průměrná velko-obchodní cena (USD/Wp)	3,7	4,3	4,1	3,8	3,7	3,5	3,3
nárůst ceny modulu (ročně %)	14	16	-5	-7	-4	-4	-6
průměrná cena instalace (USD/Wp)	7,1	7,8	7,5	7	6,6	6,2	5,9
nárůst ceny instalace (ročně %)	-2	9	-3	-8	-6	-5	-6

Potenciály fotovoltaiky ve světě

Ve starších scénářích pro úplné zásobování obnovitelnými zdroji, které byly uvedeny na straně 30, se budoucí podíl fotovoltaiky pohybuje v různých zemích od 9,4 % v předpovědi z roku 1982 až po 35 % v předpovědi z roku 2003. Někdy se užívají pro dokreslení potřebné plochy groteskní příklady. Podle Environmental & Renewable energy information centre by bylo při dnešní technologii možné pokrýt celou spotřebu Spojených států z fotovoltaických článků na celkové ploše 13 125 čtverečních mil, což je méně než 12 % státu Nevada. To je méně, než v tomto státě kontroluje armáda. (90)

Jak veliký potenciál může být k dispozici, dokládá studie Newcastle Photovoltaic Application Centre. (91) Kdyby se fotovoltaické zařízení začlenilo

do struktury budov, postačovalo by 10 % jejich celkové plochy, aby byla pokryta veškerá spotřeba elektrické energie Velké Británie. Byl při tom zohledněn prakticky využitelný potenciál, tedy různá denní a roční nabídka sluneční energie a různá spotřeba během dne. Těchto 10 % plochy budov postačuje, jak říká zpráva, také v zimě, obtíže nastávají pouze v zimní večerech.

V roce 1993 byla ve spolupráci Institutu pro elektrické teplo Univerzity v Hannoveru a Městských podniků Aachen (STAWAG) obhájena diplomová práce s názvem Možný příspěvek fotovoltaiky k elektrickému zásobování města. Tato práce rozebírala různé scénáře zásobování elektřinou v městě Aachen. Nejprogresivnější scénář za použití zásobníků energie vyrovnávajících denní a noční rozdíly výroby poskytl 65 % pokrytí celkové spotřeby včetně průmyslové pouze ze slunečního proudu. (92)

Na tiskové konferenci uspořádané v rámci fotovoltaického setkání představilo rakouské technologické ministerstvo (BMVIT) fotovoltaický plán pro Rakousko. Do roku 2050 by mělo Rakousko pokrývat spotřebu elektřiny z 20 % ze slunečního proudu z panelů integrovaných do budov. Technický potenciál fotovoltaiky integrované do budov představuje cca 140 km² střech a 50 km² fasád, přičemž 20 % celkové elektrické spotřeby v roce 2050 představuje pouze 85 km² střech a 28 km² fasád. To je jenom 60 % uvedených potenciálů. (93)

Podle studie (94) zpracované kolínskou firmou Ecofys GmbH, je v současných německých městech asi třikrát více ploch pro instalaci slunečních panelů nebo solárních kolektorů, než se soudilo před deseti lety. To jsou výsledky výzkumného projektu, který se zabývá vzorovými projekty a potenciály solární městské výstavby v rámci programu Udržitelné městské struktury. Největší plochy představují panelové domy a sociální výstavba z 50. až 70. let. V celém Německu se jedná o 2344 milionů m². Podle vedoucí projektu Dagmar Everdingové odpovídá tento potenciál elektrárně o výkonu 40 GW, což představuje téměř polovinu dnes instalovaného výkonu v Německu. V České republice nebude situace v tomto ohledu zásadně odlišnou.

Americká agentura Energy Information Administration ve svém Annual Energy Outlook 2005 predikuje do roku 2025 snížení ceny instalovaného kWp fotovoltaiky z 8600 USD v roce 2004 na 3180 v roce 2025 (při přepočtu na USD 2003), což reprezentuje pokles na 37 %, i v odhadu účinnosti je studie velice zdrženlivá – za 20 let počítá s účinností 22 %, čemuž současné výsledky nenaspěvují. (95)

Odhad potenciálu pro ČR

Při současné fotovoltaické technologii lze získat z jednoho metru čtverečního, na nějž v průměru u nás ze Slunce dopadne 1000 kWh/rok, asi 120 kWh/rok. Pro odhad plochy počítáme v tuto chvíli se současnou účinností, jakkoliv je jisté, že vysoce účinné fotovoltaické systémy budou k dispozici během několika let. Pro uspokojení celkové spotřeby v roce 2005 tzn. 59 TWh/rok

je při dnešní účinnosti potřeba plocha 491 km². Jakkoliv se v současné chvíli podíl fotovoltaiky pohybuje v řádu setin až desetin procenta, je zřetelný neobyčejný nárůst výrobních kapacit, stálý nárůst účinnosti modulu a stále vyšší zájem veřejnosti.

Plocha pro aplikaci fotovoltaiky není příliš omezena – fasády a střechy s výjimkou historických objektů, protihlukové stěny dálnic, železnic. Jediným konkurentem budou sluneční kolektory pro výrobu teplé vody. Jak již bylo ukázáno, kvalifikované odhady odborných i investičních expertů velmi často podhodnocují fotovoltaický potenciál a lze předpokládat, že se tak děje neustále. Na základě toho se lze domnívat, že fotovoltaika může v průběhu 30 až 40 let dosáhnout desítek procent z celkového koláče výroby elektrické energie, přičemž konkrétní velikost podílu bude v deseti následujících letech záviset především na společensko-politické podpoře. Pak se stanou fotovoltaické články na vlastním domě ekologickým standardem, společenskou nutností a výrazem solidárnosti se Zemí a jejími obyvateli. Dosáhne-li cena fotovoltaického proudu hladiny stále rostoucí ceny elektřiny z fosilně-jaderného mixu, bude limitou zásadní integrace fotovoltaiky pouze výrobní kapacita. Do roku 2050 je možné přijmout rakouský model s tím, že jsou pravděpodobné vyšší výsledky.

fotovoltaika

Sluneční energie má mnohem větší potenciál, než se v současnosti předpokládá. Výzkumné výsledky i cíle poskytují naději pro vstup do sluneční éry. Odhad potenciálu je v tomto případě závádějící, protože spolu s akumulační kapacitou může fotovoltaika ve dlouhodobém časovém horizontu pokrývat veškerou spotřebu elektřiny. Podle rakouského modelu na rok 2050 a s nižší výrobou ubažujeme cca 10 TWhel. Rozvojové možnosti jsou ale prakticky neohrazené.

3.4.6 solární architektura

Domy vybudované podle pravidel solárního stavitelství a architektury nelze brát jako samostatné energetické zdroje, i když jejich provoz je ekonomický, ekologický a z obecného hlediska ohleduplný. Z velké části pozůstávají integrované energetické zdroje ze solárních panelů, fotovoltaických článků a spalovacích zařízení na biomasu. Tato energetická zařízení jsou ale uvedena jinde. Mimo aktivní energetické zdroje v nízkoenergetických, pasivních či lépe řečeno nízkoemisních domech existují další specifické komponenty a prvky, které mohou významně nadlepšovat energetickou bilanci a přispívat k úsporám energie. Jedná se především o:

- účinnou tepelnou izolaci domu;
- koncepci domu jako slunečního kolektoru;
- rekuperaci odpadního tepla – to pak předejde vstupující vzduch;

- využití zemního tepla – v zemních registrech se v létě chladí a v zimě ohřívá vzduch;
- sezónní zásobníky teplé vody (v domech i pro celá sídliště);
- stavební materiály s nízkou spotřebou energie na výrobu, zpracování i likvidaci;
- solární chlazení (klimatizace) – mají pozitivní zpětnou vazbu – čím více svítí, tím více chladí.

V této spojitosti často zmiňovaná tepelná čerpadla (pakliže nejsou provozována obnovitelně vyráběnou el. energií) *nejsou*, přestože se nalézají v dotačních programech úspory tepla a obnovitelných energií v ČR, *žádným obnovitelným zdrojem*. To uvádí i zpráva Spolkového úřadu pro životní prostředí. (96)

Do koncepce sluneční či nízkoenergetické architektury rovněž patří kalkulace šedé (embodied – zabudované) energie. Je třeba využívat lokální materiály, což uspoří pohonné hmoty a materiály s malou spotřebou energie na výrobu, ale i na konečnou likvidaci stavby. „Sluneční architektura“ využívá přírodní stavební materiály, dřevo, slámu, hliněné omítky a vystřihává se naopak materiálů, na jejichž výrobu bylo potřeba značné množství energie (především hliník a jeho slitiny).

Ve Švýcarsku byl již roce 1993 postaven v Trinu dům, který průměrně spotřebuje $1 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$ a není vybaven žádným topným či ventilačním systémem. Energie se zajišťuje jižní prosklenou fasádou a teplem z vnitřních spotřebičů a důmyslnou, většinou přírodní izolací. Na stavbu domu bylo použito vedle celulózových izolací pěnové sklo, dřevo a vápenec. Tepelnou pohodu regulují obyvatelé žaluziemi a větráním. (97)

Sluneční domy nemusejí být jen novostavby. Prvořadým úkolem jsou energetické sanace staršího bytového fondu. Existují energeticky sanované domy, které jsou nulemisní. Energetická sanace domů na rozsáhlých územích přitom nemusí být otázkou mnoha let. V rakouské spolkové zemi Štýrsko měly domy před deseti lety v průměru kolem $200 \text{ kWh/rok} \cdot \text{m}^2$ a nyní nemají v průměru více než $50 \text{ kWh/rok} \cdot \text{m}^2$. (26) Nízkoenergetické novostavby si může dovolit i běžný stavebník. Jak bylo uvedeno v kapitole o stoprocentních scénářích a realizacích, nezvyšuje koncept sluneční architektury cenu stavby o více jak 6–10 %.

3.4.7 zásobování teplem

V České republice byla v roce 2006 celková spotřeba tepla asi 97 TWh. Za přednostní a v budoucnu zjevně největší zdroj otopné energie je nutno považovat odpadní teplo z kogenerace, a to jak v případě biomasy, tak i geotermální energie. S ohledem na stále rostoucí požadavky na biomasu není v principu správné orientovat veřejnost na zajištění otopné energie z biomasy bez kogenerace. Budoucí funkce energetické biomasy bude spočívat především v doplňkové a záskokové funkci k získávání otopné energie

ze Slunce v obdobích bez slunečního svitu a na výrobu biopaliv, která budou v hybridních automobilech alternativou k elektrickému pohonu z akumulátorů.

Zásadním zdrojem tepla je ovšem sluneční energie zachycovaná kolektory. Kolektor může u nás poskytnout za rok například 650 kWh/m², a budou-li letní přebytky uskladněny v sezónním akumulátoru, mohou se stát hlavním zimním zdrojem tepla. Na 10 m² by se tedy vyrobilo 6500 kWh tepla, což by při spotřebě 50 kWh/m² * rok, postačovalo na 130 metrů podlahové plochy. Plošnou konkurencí k výrobě tepla na stítech se do jisté míry může stát fotovoltaická výroba proudu. Se zvyšující se účinností fotovoltaické přeměny bude tento problém mizet. Stíchy obytných domů nejsou jedinou možností, nabízejí se průmyslové objekty, protihlukové bariéry dálnic a železničních koridorů a další plochy. Bude možné využít princip oboustranného prospěchu „win-win“, kdy se budou energetická zařízení montovat nikoliv na betonové desky protihlukových bariér, ale místo nich.

zdroje tepla	TWh_{ter}
kogenerace z bioplynu (průměr z potenciálů 2010 a 2020)	40
kogenerace z geotermální energie (limitu představují horkovody)	23
kogenerace z odpadní energie	15
teplo z dvaceti milionů m ² slunečních kolektorů	13
celkem	91

Kdybychom počítali s 20 m² kolektory na milionu místech, dostáváme za rok energii celkem $6500 * 2 * 10^6 = 13 \text{ TWh}_{\text{ter}}$. V tabulce na protější straně jsou uvedeny tepelné obsahy z potenciálů kogenerace a geotermie, tak jak byly zmíněny v jednotlivých kapitolách.

Zajištění dalšího tepla, například procesního, se může realizovat mimo jiné i pomocí vodíku, který se může vyrábět z přebytků aktuální výroby obnovitelné elektřiny elektrolýzou.

3.4.8 obnovitelná mobilita

Tento odstavec se záměrně nejmenuje biopaliva, protože biopaliva jsou pouze jednou z možností obnovitelné mobility. Přednostní a také mnohem důležitější variantou je elektromobil.

Elektromobily

Přímé využívání obnovitelně vyrobeného elektrického proudu pro pohon elektromobilů představuje neoptimálnější možnost obnovitelné mobility. Elektromobily EV1 vyrobené v Kalifornii byly opatřeny velmi účinnými bateriemi na bázi hydridů kovů a byly schopny na jedno nabití ujet 80 až 100 mil, ale se současnými Li-ion bateriemi by mohly ujet až 300 mil. Existence úspěšného elektromobilu byla trnem v oku ropným společnostem, velkým výrobcům konvenčních motorů,

ale i firmě General Motors, která je sice vyrobila, ale za pomoci administrativy státu Kalifornie jejich výrobu zastavila a přes protesty nájemců dala elektromobily sešrotovat. O této kauze, vrcholící v 90. letech, existuje film, jenž případ podrobně dokumentuje. (98)

Ekonomika elektromobilů je přesvědčivá. Elektrická energie generovaná z fotovoltaických článků nebo větrných elektráren se může s ohledem na nespojitou výrobu stát významným zdrojem pro akumulaci energie do elektrických vozů. Konkrétní projekt v současné době realizuje kalifornská firma AC Propulsion. Podle nejnovějších předpokladů by mohlo v SRN jezdit kolem roku 2020 asi milion těchto aut a po tomto datu lze očekávat široký tržní průlom. Největší podíl budou mít hybridní automobily, které se budou napájet ze zásuvky a na větší vzdálenosti budou podpořeny spalovacím motorem. Čistě elektrické automobily budou hrát důležitou roli v městském provozu. Poněvadž jsou úsporné, spotřebovával by jeden milion elektromobilů pouze 0,3 % výroby elektřiny roku 2020. Rovněž uspoří velké množství emisí oxidu uhličitého, čím větší bude podíl obnovitelných energií, tím větší tento efekt bude. (99)

Současná mobilita představuje v ČR asi 4,1 milionů aut s průměrným ročním dojezdem asi 15 000 km. Při průměrné spotřebě 6 litrů na 100 km a účinnosti motoru 25 % to představuje využívanou energii:

$4,1 \cdot 10^6 \cdot (15\,000/100) \cdot 6 \cdot 10^{-2} = 9,2 \text{ TWh}$, tato energie by mohla být dobře kryta z elektrické energie s tím, že by se jednalo o hybridní automobily v kombinaci elektřiny a biopaliv.

Přibližně 11 % zemědělských strojů s dieslovým motorem by mohlo být decentrálně saturováno z lničkového oleje pěstavného ve směsných kulturách s jinými plodinami (dále také viz str. 43 biomasa).

Významným aspektem využívání elektromobilů je potenciální možnost využití tepla při kogenerační výrobě elektřiny pro nabíjení akumulátorů ve srovnání s přímým využitím biopaliva ve spalovacím motoru, kdy teplo uniká bez užitku.

Úsporné automobily

Jedním z příkladů úsporného automobilu je německé LOREMO (Low Resistance Mobile) se spotřebou 2 litry, velmi malou hmotností a cenovou dostupností. Provoz efektivních automobilů je nespornou podmínkou obnovitelné mobility. Auto by mělo být na trhu počátkem roku 2009 s emisemi pod 50 g CO₂/km.

Biopaliva

Evropská komise svou směrnicí 2003/30/EG na podporu a využívání biopaliv stanovila náročné cíle. Do konce roku 2010 by mělo být nejméně 5,75 % fosilních paliv nahrazeno palivy biogenními a do konce roku 2020 nejméně 8 %. Biopaliva představují poměrně velkou škálu možností, od bioplynu vyrobeného různou cestou z různých substrátů přes lokálně lisované přírodní oleje až po proces výroby uhlovodíkových směsí Fischer Tropšovou syntézou – proces BTL (Biomass to liquid) – takzvaná biopaliva druhé generace. Dále jsou uvedeny hektarové výnosy jednotlivých biopaliv. (100)

Srovnání energetického výkonu biomasy a fotovoltaiky

Přímé využití sluneční energie při současném stupni fotovoltaické konverze vztahené na plochu je nejméně 25–30krát výnosnější a v technologické perspektivě 5–10 let bude ještě vyšší. Jeden ha fotovoltaiky, při výkonu 120 kWh/ m² * rok představuje 1,2 GWh/rok, tj. 4,3 TJ, přičemž nejvýnosnější proces využívající biomasu poskytuje 0,178 TJ. To představuje asi 4 % dopadající energie s tím, že od této hodnoty je třeba navíc odečíst energetické náklady na zemědělské práce a dopravu biomasy. Výhoda přímé výroby elektřiny spočívá v možnosti využití nezemědělské a zastavěné plochy a výhody u biomasy lze spatřovat v produkci méně závislé na aktuálních podmínkách a dobré možnosti skladování.

Přehled biopaliv a některých jejich parametrů

	bio- diesel	čistý olej	bio- etanol	bioetanol z ligno- celulózy	BTL	bioplyn	biovodík
hektarový výnos (GJ/ha)	51	51	cukr: 132 škrob: 54	21 (navíc vznikají potraviny)	135	178	160
ekvivalent fosilní náhrady l/ha	1408	1420	4054; 1660	640	3907	4977	4742
výr. náklady (Euro/GJ)	19	14	24; 22	30	30	21	26–37
úspora CO ₂ /ha	3,4	3,3	7,2; 2,9	1,6	10	8	–
náklady na úsporuCO ₂ Euro/t CO ₂	154	83	290; 252	295	272	273	–

Potenciály obnovitelné mobility

V současné době lze považovat populární biodiesel, ale i čistý rostlinný olej za přechodné a u oleje především lokální aplikace, které mají i jisté nevýhody – především vysokou potřebu zemědělské půdy. Neideálnější možností výroby biopaliv, jak z kapacitního hlediska, tak i z důvodů biodiverzity rostlinných vstupů, se zdá v současnou chvíli být proces BTL. V SRN by bylo podle údajů Agentury pro obnovitelné suroviny možné počítat s potenciálem výroby 4 milionů hektarů, což by touto technologií mohlo pokrýt 25 % současně německé spotřeby. V rámci Evropy by bylo možné takto pokrýt asi 40 % celkové spotřeby pohonných hmot. (101)

Bez ohledu na to, že v ČR je menší hustota obyvatel než v SRN a že během 25 let lze předpokládat zapojení více jak jednoho milionu hektarů pro produkci energetické biomasy, je třeba počítat s konkurencí budoucí biomasy pro obecné energetické využití (bioplyn, pevná biomasa) a pro mobilitu, realizovanou bioplynem nebo „Sundieselem®“ (BTL).

Z tohoto důvodu je třeba obnovitelnou mobilitu chápat jako vícevrstvé řešení s podporou hromadné dopravy, snížením průměrné spotřeby osobních aut na 3 litry, používáním elektromobilů a hybridních aut doplňujících přímé nabíjení akumulátorů ze sítě nebo lokálních zdrojů ještě kapalnými biopalivy. Elektřina představuje díky vyšší účinnosti stacionárních zdrojů, v nichž bude vyráběna, i díky kogeneračnímu využití tepla lepší řešení.

Rizika výroby biopaliv:

- již dnes jsou v Indonésii zakládány plantáže pro získávání oleje na výrobu biodieselu na místech mýcených původních deštných pralesů;
- v Jižní Americe bioenergetické plantáže konkurují výrobě potravin.

Tyto excesy nejsou dány biopalivy, jejichž koncept je správný, ale neexistencí či malou legislativní i občanskou aktivitou, které by mohly devastujícímu jednání zabránit (EIA a protesty lokálních NGO a veřejnosti v producentských i spotřebitelských zemích). Na současném stavu se rovněž podílí veliký tlak investičních společností na tvorbu zisku.

Hodnota energetických rostlin spočívá především v jejich lokálním či regionálním využití. Pro výrobu biopaliv první generace je zřetelnou nevýhodou převažující potřeba monokultur, zatímco pro paliva generace druhé, a částečně pro bioplyn, jsou vhodné jakékoliv směsi, včetně přirozených lučních porostů.

Žádný obnovitelný energetický systém využívající proměnné vstupy nelze provozovat bez účinných krátko–, středně– i dlouhodobých akumulátorů energie, které by byly schopny překlenout denní i sezónní výkyvy výroby a spotřeby. V současné době se akumulaci elektrické a tepelné energie věnuje velika pozornost, čemuž nasvědčují četné světové konference na toto téma.

V grafu na obr. 14 na str. VII barevné přílohy jsou přehledně uvedena data o nejrůznějších způsobech akumulace elektrické energie. Díky rozmachu technologií mobilních telefonů dosáhly Li-polymerové baterie v posledních letech velmi vysoké účinnosti a technologického rozmachu.

4.1.1 přečerpávací elektrárny

Současně jsou v instalovány v ČR celkem tři přečerpávací elektrárny s maximálním výkonem necelých 1,2 GW a celkovou kapacitou 6 GWh.

Studie Výzkumného ústavu energetického v Praze z roku 1978, podle odkazu (102), navrhuje dvacet lokalit, kde by bylo – zejména kvůli tehdy předpokládanému rozvoji jaderné energetiky – příhodné vybudovat kapacity na vyrovnávání odběrového diagramu. Vybraná místa disponují celkovým výkonem 12 000 MW a mohla by ročně akumulovat až 20 000 GWh. S ohledem na existenci jiných akumulačních kapacit lze s největší pravděpodobností pokládat výstavbu přečerpávacích elektráren v ČR za ukončenou.

Účinnosti přečerpávacích elektráren v celém cyklu se uvádějí okolo 75 %, ale u nejmodernějších zařízení, jako jsou přečerpávací elektrárny s proměnnými otáčkami turbíny v Goldistahlu v Durynsku, bylo zjištěno průměrných 82 %. (103)

4.1.2 pneumatické zásobníky

Současně provozované pneumatické zásobníky se používají v kombinaci s plynovou turbínou, protože pro kompresi vzduchu potřebného pro spalování jsou zapotřebí asi dvě třetiny celkového výkonu turbíny. Ze všech uváděných možností akumulace energie mají největší účinnost a nejnižší investiční náklady.

Nejstarší pneumatický zásobník energie CAES (Compressed Air Energy Storage) je v německém Huntorfu. Tam v 310 000 m³ velkých podzemních dutinách pracuje 290 MW turbína a její pomocí lze do sítě dodat při maximálním nabití 780 MWh (104). Obdobný zásobník je v McIntosh v Alabamě.

Účinnost zásobníků CAES zahrnuje ale i používání plynu. Použití plynu není z obnovitelného hlediska protimluv, neboť lze v rámci obnovitelného scénáře využít skladovaný metan z bioplynu a stlačený vzduch, do nějž byla akumulována přebytková energie. Stlačený vzduch významně nadlepšuje celkovou energetickou bilanci.

Zřetelně existuje výhodná možnost využití bioplynu v kombinaci s podzemními zásobníky. Jistou část těchto podzemních zásobníků, které nyní jsou používány pro sezónní uskladnění zemního plynu, by bylo možno uvolnit, protože vyráběný bioplyn bude mít své zásoby v siláži u producentů biomasy a výrobců bioplynu a určitou část roku na polích. Uvolněná část podzemních zásobníků by mohla být využita za obdobných podmínek pro uskladnění stlačeného spalovacího vzduchu pro provoz turbín. Koncern RWE má v ČR ve svém vlastnictví zásobníky pro uskladnění dvou miliard metrů krychlových plynu za normálního tlaku. Plyn je uskladněn při tlacích od 60 do 160 bar. Existují ještě další podzemní zásobníky, jejichž majitelem jsou Naftové doly Hodonín. (105) Podle údajů RWE můžeme tedy počítat s vnitřním geometrickým objemem zásobníků cca $18 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Když bychom počítali jen polovinu tohoto objemu pro stlačený vzduch, náš objem je 29 x větší než objem kaverny v Huntorfu. Za předpokladu obdobného možného poklesu tlaku 30 bar (tento pokles se využívá v obou výše zmíněných zásobnících) můžeme počítat s celkovou využitelnou energií 22,6 GWh_{el} za současného využití 26,4 GWh zemního plynu (čištěného bioplynu). Výkon tohoto zařízení může být ve stovkách MW až jednotkách GW. Analogicky podle Huntorfu vychází, že do tohoto systému by bylo možno uložit 15,2 GWh přebytkové energie do stlačeného vzduchu.

V současné době se experimentálně pracuje na sofistikovaném systému AA–CAES (Advanced Adiabatic...), jenž nebude používat žádný spalovací proces, ale pouze pneumatické turbíny, přičemž bude zpětně využito teplo vznikající při kompresi. Předpokládaná účinnost tohoto procesu by měla být vyšší než 70 %. Výkony systému se plánují využívat především na vyrovnávání hodinových (v řádu 100 MW) a denních (v řádu GW) fluktuací výroby elektrické energie ve větrných elektrárnách. Pro tyto aplikace se počítá s velikostmi 30 až 300 MW s kapacitami do 2 GWh. Pro uskladnění stlačeného vzduchu počítáme s přírodními podzemními i umělými dutinami, získanými např. vymytím solných vrstev. (107)

4.1.3 elektrické akumulátory elektromobilů

V roce 1982 byl přihlášen patent firmy Audi AG komunikace elektromobilů se sítí. Princip V2G (vehicle to grid) v současné době pokračuje studii na univerzitě Delaware a kalifornská firma AC Propulsion připravuje výrobu prvních 1000 aut, která budou „komunikovat“ se sítí. Při použití lithiových polymerových baterií se počítá s účinností 99,8 %. Jak bylo uvedeno v časopise New Scientist ze 4. prosince 2007, každý takto provozovaný elektromobil může za rok vyprodukovat až 4000 USD při hrubých nákladech 600 USD na potřebnou přípojku. (108)

technologie	technická zralost	účinnost	náklady	energetická hustota	počet cyklů	zátěž živ. prostředí	poznámka
elektrochemicky							nejčastější způsob
Pb akumulátory	3	3	3	1	1000	1	
– otevířené	3	3	2,5	1	1500	1	
– plynotěsné	3	2,5	3	2	2000	1	
NiCd	2	2	2	2	1500	3	
MeMH	2	3	1	3	5000	3	
Li-ion	1	3	1	3	>5000	3	
Li-polymer							
elektrostaticky							slibné
kondenzátory	1	4	2	3	neomezeně	3	
elektromechanicky							slibné velmi slabné
setrvačníky	2	3	3	2,5	>10 000	3	
stlačený vzduch	3	3	4	2	neomezeně	3	
elektrodynamicky							sporná aplikace
supravodivé elektromagnety	1	3	?	1	neomezeně	3	
chemicky							různé využití
vodík	2	2	2	4	omezená živ. paliv. článků	3	
termicky/termochem.							časté velmi slabné
teplá voda	3	3	2	2	neomezeně	3	
hydrid hořčíku	3	3	2	3	neomezeně	3	

Legenda: 1 nevýhodné, 2 relativně výhodné, 3 výhodné, 4 velmi výhodné

Zdroj: H. Scheer, H. Ossenbrink, 1999

Určitou nevýhodou může být chybějící infrastruktura a neexistující elektrická síť o dostatečném výkonu u parkovacích míst. Pro rozšíření tohoto způsobu se nabízí v rámci EU jednoduchá možnost standardizace přístupu k síti a nutnost 100 % recyklace baterií. (109)

Orientační odhad akumulací kapacity elektromobilů v ČR

V roce 2007 se v ČR zvýšil počet osobních automobilů na 4,1 milionu. Počítáme-li s 10 % elektromobilů s průměrnou jednotlivou akumulací kapacitou 30 kWh a využitelným výkonem 10 kW na jedno auto, dostáváme hodnotu uskladněné energie $4,1 \cdot 10^5 \cdot 30 = 12,3 \text{ GWh}$, s maximálně možným výkonem v průměrné polovině maximálně možného výkonu $4,1 \cdot 10^5 \cdot 5 = 2 \text{ GW}$. Pouze tato možnost již převyšuje současně dostupnou akumulací kapacitu v přečerpávacích elektrárnách v ČR.

4.1.4 vodík

Část energetických expertů považuje vodík za budoucí energetický nosič číslo jedna, zatímco jiní za způsob, jak vtáhnout do hry atomovou energii. Vodík jako univerzální nosič použitelný pro všechny možné energetické i další aplikace (výrobu elektřiny a tepla, procesní teplo, technologické procesy...) navozuje myšlenku energetické centralizace. Manipulace s tímto plynem, především jeho zkapalnění a doprava jsou energeticky náročné, a proto dnes mnozí jeho roli spíše kritizují. Objemová energetická hustota je ve srovnání s metanem třikrát nižší.

Účinnost celkového vodíkového cyklu pozůstávajícího z elektrolýzy vody, uskladnění vodíku a výroby elektřiny je nízká a při současném stavu techniky dosahuje necelých 30 %. Dlouhodobý výhled leží u 50 %. Pakliže by se využilo zkapalnění, snížila by se celková účinnost vodíkového řetězce na výhledových 20–25 %.

Přehled současných i možných budoucích metod akumulace

způsob akumulace	akumulační kapacita	účinnost ($E_{\text{výš}}/E_{\text{vst}}$)	maximální výkon (GW)
Li-pol. akumulátory elektromobilů (10 % všech)	12,3 GWh	0,99	2
caes	16,9 GWh	0,82 (bez výroby elektřiny z plynu)	např. 1–2
přečerpávací elektrárny	6 GWh	0,75	1,2
aa caes	např. 6 GWh	0,7	např. 1
zkapalněný vodík	např. 1 GWh	0,3	např. 10 MW

Pro efektivní výrobu vodíku z obnovitelných zdrojů tak padají v úvahu případy, kdy nelze elektřinu využít a bylo by nutné vodní, sluneční nebo větrnou elektrárnu z provozu vyřadit.

4.1.5 **alternativní organizace odběru elektřiny ze sítě**

Současně s akumulací lze rovněž jinak organizovat prodej elektrického proudu. Energetické sítě mohou být inteligentní. Reálný experiment zorganizoval v malé distribuční síti v okolí Mannheimu Fraunhoferův institut pro sluneční systémy – ISE. V rámci experimentu dostávaly jednotlivé domácnosti SMS výzvu, aby při zvýšené produkci slunečního proudu začaly prát. Kdo se podílel na snížení spotřební špičky, dostal malý finanční bonus. V domácnostech byly instalovány přístroje zaznamenávající spotřebu a účastníci experimentu vyplňovali dotazníky. Inteligentně řízená síť tak umožnila snížit spotřebitelské náklady a omezit výkyvy v síti tím, že na zvýšenou výrobu bude bezprostředně reagovat zvýšená spotřeba. Experiment prokázal, že pomocí jednoduchého organizačního uspořádání lze snížit odběrové špičky v lokální síti až o 35 %. (110)

Podle prof. Georga Erdmanna z Institutu pro energetické systémy TU Berlín by bylo možné uskladňovat přebytečnou energii u zákazníků. To není ovšem nový princip. Již v minulosti se v noci, kdy byl malý odběr proudu, elektricky ohřívala voda a přes den se používala pro vytápění bytu. Řízení bylo tehdy těžkopádné, dnes by se proces dal realizovat mnohem pružněji. Tak by bylo možné například reagovat na dostupnou větrnou energii. Poklesne-li poptávka v období slabého větru, zamezí se krátkodobému nárůstu ceny proudu. Stojí-li megawatthodina ve výjimečných chvílích až 2000 Euro, mohla by klesnout na 80–90 Euro, kdyby se taková technika využívala ve velkém objemu. (111)

Cílem by se měla stát „plovoucí“, v čase proměnná cena elektrické energie. Tento systém by pomocí vyspělé komunikační techniky stanovoval okamžitou cenu podle aktuální nabídky a spotřeby, a tak by ovlivňoval okamžité spotřebitelské chování. Snižoval by odběr elektřiny v obdobích velké spotřeby a naopak, a tak pomáhal regulovat spotřebu na základě výroby.

Známou a nejběžněji uváděnou námitkou proti obnovitelným energiím je údajná nedostatečnost jejich možných potenciálů, případně nezralost dostupných technologií. Na mnoha úrovních – jak teoretických, tak i praktických – bylo ukázáno, že i současné účinnosti a potenciály jsou schopny uspokojit současnou spotřebu a že pro budoucnost existují velmi slibné výhledy. S ohledem na relativní novost některých technologií existuje reálná možnost nečekaně rychlého rozvoje.

Mnoho dalších předsudků (mrtví ptáci pod větrnými elektrárnami, záporný EROI fotovoltaických článků...) bylo vyvráceno v jednotlivých kapitolách této práce. Mnohdy se uvádějí i další argumenty proti obnovitelným energiím. Ve snaze ovlivnit veřejné mínění se často prezentují námitky ekonomické, především to, že obnovitelné zdroje a energie z nich jsou příliš drahé a nemístně zatíží spotřebitele. Rozpor těchto tvrzení lze doložit názorným grafem ze studie Spolkového ministerstva životního prostředí, ochrany přírody a reaktorové bezpečnosti (BMU). Graf najdete na obr. 15 na str. VIII barevné přílohy.

Obdobně se v poslední době argumentuje, že se potraviny zdražují následkem pěstování rostlin pro energetické využití. Jak bylo uvedeno v kapitole o biomase, v odstavci týkajícím se scénáře pro evropský bioplyn, jsou detailní scénáře koncipovány z hlediska udržení potřebné plochy pro produkci potravin a předpokladu potravinové soběstačnosti každé země.

6.1 politické a obecné přínosy

Mnohé z těchto aspektů jsou ekonomicky nevyčíslitelné a jejich následky mohou být existenciální:

- udržení civilizačního standardu;
- zamezení budoucím válkám o zdroje;
- zachování životního prostředí, klimatu a biodiverzity;
- snížení geopolitické závislosti na dovozu;
- snížení důsledků možných válečných nebo teroristických útoků.

6.2 ekonomické přínosy

makroekonomické

- úspora prostředků na nákup primárních energií;
- omezení stále se zvětšující finanční závislosti na energetických komoditách z dovozu;
- úspora prostředků a energie na dopravu primárních energií;
- přínos přímých daní;
- vázanost na místo.

Jednou z velmi málo zmiňovaných předností lokální energetiky je její dodavatelská i odběratelská vázanost na lokální (regionální) struktury. Větrné elektrárny jsou vystavěny na příhodných místech, kde vane vítr s danou minimální průměrnou rychlostí, a jsou připojeny k elektrickým rozvodům, bioplynové jednotky jsou navázány na lokální pěstování energetických rostlin nebo na využívání lokálního komunálního či zemědělského odpadu. Produkováné teplo je napojeno k lokálním odběratelům. V případě geotermie nebo malé vodní síly jsou tyto vazby zcela jednoznačné.

Jmenované skutečnosti zamezují snížení příjmů a zrušení pracovních míst přesunem průmyslových výrobních tam, kde jsou výhodnější podmínky (nižší mzdy, nižší ceny pozemků, nižší nájem, daňové prázdny...), jak to dnes a denně

vidíme ve většině plně rozvinutých evropských ekonomik. V obnovitelné energetice zůstávají vytvořená pracovní a produkční místa lokálně vázaná tam, kde vznikla.

mikroekonomické

Zásadním přínosem lokálně koncipované obnovitelné energetiky je lokální tvorba hodnot. Ve srovnání se současnou praxí, kdy se velká část zisku energetických společností redistribuuje do center nebo i za hranice, zůstávají zisky a další přínosy (např. nižší ceny energií pro odběratele) lokální energetiky v regionu, a tím se zvyšuje jeho ekonomický potenciál.

Tuto skutečnost uvádí Hans Troje (112) na příkladě bioplynové stanice o výkonu 500 kW, kdy se prostředky na její výstavbu získaly v regionu a jejíž odpadní teplo se ve velikosti dvou třetin z celkové energie lokálně spotřebovává. Regionální přínos bude dosahovat 300 000 Euro a v tom obsažené mzdy a zisky lze rozdělit zhruba následovně:

- 35 % výnosy investorů a pronajímatelů ploch pod zařízením
- 28 % výnosy dodavatelů obnovitelných surovin
- 16 % úspora nákladů u spotřebitelů tepla
- 14 % platy vyplacené u provozovatele a u dodavatelských firem
- 7 % dodatečná živnostenská daň (v SRN od pátého roku provozu)

Zajímavé je ekonomické vyhodnocení, které bylo uskutečněno v rámci projektu České rozvojové spolupráce v Zambii. Tam byla v okrese Chibombo v Centrální provincii instalována v naluyandském venkovském zdravotním centru fotovoltaická elektrárna o výkonu 0,85 kWp, přičemž roční úspora (svíčky, ruční světlá pro noční strážce, petrolej do lednice na uskladnění vakcín a sér) byla ohodnocena na 840 USD ročně. (113) Za životnost zařízení lze tímto způsobem našetřit na novou fotovoltaickou sestavu (předpokládáme stejné ceny fotovoltaického zařízení, které se ale reálně budou snižovat) i na potřebné opravy, náhradní díly a nové baterie.

Zvýšení zaměstnanosti

Jedním z důležitých profitů decentralizované energetiky je vznik mnoha nových pracovních míst a pracovních příležitostí. Ta vzniknou jak ve výrobě zařízení obnovitelné energetiky, tak při jejich obsluze, provozu a údržbě. Hlavní výhodou nových míst v obnovitelných branžích je jejich velmi široké spektrum.

Jsou potřeba vysoce kvalifikovaní pracovníci ve výzkumu a vývoji, mnoho míst v projekci nových zdrojů od geologických odborníků přes projektanty elektrických soustav a množství řemeslných profesí až po obsluhu sklizňových mechanismů na sběr biomasy. Namátkou lze uvést např. 2 miliony pracovních míst ve slunečním stavitelství v Evropě nebo nárůst nových pracovních míst ve fotovoltaické oblasti v Německu, jak ukazuje tabulka na protější straně.

rok	počet zaměstnanců
2003	22 000
2004	30 000
2005	42 500
2010	93 000 (odhad)
2020	> 200 000

V Rakousku by ve fotovoltaické branži mohlo k roku 2020 vzniknout více než 4000 nových pracovních míst, přičemž v roce 2005 zde bylo pouze 800 pracovních míst. V SRN bylo podle údajů BMU v branži obnovitelné energetiky v roce 2004 157 000 a v roce 2006 již 214 000 pracovních míst. (114)

6.3 zdraví obyvatel

Jak jsme zjišťovali v roce 2006 na MZ ČR, není zpracován žádný materiál, který by se pokusil hodnotit aktuální i potenciální vliv současného fosilně-jaderného energetického systému na zdraví obyvatel ČR. Zdravotní aspekt se běžně přiřazuje k externalitám současného fosilně-jaderného energetického systému. Není pochyb, že kdyby se snížily emise ze spalování uhlí i kapalných fosilních paliv, mělo by to pozitivní vliv na výskyt civilizačních nemocí, především astmatu, alergií, ale i vznik rakovinných onemocnění.

Podle studie MST se stále zvětšují celosvětové náklady na zdravotní následky fosilního energetického systému. K roku 2025 se ve srovnání s rokem 2007 zdvojnásobí a dosáhnou roční hodnoty téměř 12 miliard USD. (115)

V principu bezemisní výroba obnovitelné elektřiny z větru a slunečního záření je zřejmým zdravotním přínosem, ale i používání biopaliv může vést v oblasti zdraví k nečekaným profitům. Pro kvantitativní srovnání emisí z fosilních a biogenních paliv slouží graf na obr. 16 na str. VIII barevné přílohy. (116)

7 Souhrn potenciálů obnovitelných zdrojů energie v České republice a návrh potřebných kroků

Tabulka současných potenciálů výroby elektřiny a tepla, tak jak byly odvozeny v jednotlivých kapitolách této studie.

obnovitelný zdroj	výhled 2030 TWh _{el}	TWh _{ter}	výhled 2040 + TWh _{el}	poznámka k výhledu
geotermální energie	2,6	23	13	ekonomicky až do celkové spotřeby tepla (cca 100 TWh), jinak bez omezení
větrná energie	6	–	10	Kite Gen a velké elektrárny
biomasa bioplyn	14 (2010)	40	24 (2020)	vzestup daný účinností, větší rozlohou pěstebních ploch a vyššími výnosy energ. rostlin
biomasa ostatní	5	–	8	vyšší podíl sběru a třídění bioodpadu
malé vodní elektrárny	1,6	–	1	výtěžnost se zřejmě sníží větší fluktuací srážek
velké vodní elektrárny	1,3	–	1	výtěžnost se zřejmě sníží
odpadní teplo	6	15	4	se zvyšující se optimalizací procesů bude objem odpadního tepla z technologií klesat
fotovoltaika	10 (2050)	–	20 (2050 +)	prakticky neomezený potenciál
solární kolektory	–	13	–	dtto
celkem	46,5	91	81	

Potenciály výroby energie a tepla (viz tabulka na protější straně) představují podle dnešních znalostí a realistických předpokladů maximální hranice jednotlivých technologií. Tyto hranice jsou respektovány zahraničními odbornými institucemi především v zemích, kde jsou obnovitelné zdroje celospolečenským tématem.

Obor obnovitelných energií sice není nový, ale do ohniska společenského, ekonomického a odborného zájmu se v některých zemích dostal teprve před několika málo lety. Má proto významný rozvoj technologií, účinností, nových konceptů i výnosů stále ještě před sebou. Tuto skutečnost nezobrazují podhodnocované krátkodobé předpovědi budoucích výkonů jednotlivých obnovitelných zdrojů.

Čas pro nás nepracuje. Víme, jak dlouho trvá výstavba energetických zdrojů a jak náročné jsou rekonstrukce a energetické sanace bytového fondu. Ač jsou na konci této knihy uvedeny různé legislativní a energopolitické kroky, jež by bylo vhodné akceptovat, uvedeme praktické kroky, které považujeme za prvořadé:

- výstavba regionálních a lokálních bioplynových stanic na zpracování vhodných energetických rostlin a zemědělských a komunálních bioodpadů, včetně doplnění existujících kompostáren zpracovávajících vhodné substráty bioplynovými jednotkami;
- zapojení těchto jednotek do systému skladování energie, například formou CAES, s využitím částečné kapacity velkých podzemních zásobníků;
- modifikace legislativy pro stavbu nových domů ve smyslu obligatorního využití obnovitelných zdrojů spolu se současnou výhodnou dotací nebo bezúročnou půjčkou na OZE;
- legislativní a daňová podpora nejdůležitějším obnovitelným odvětvím, především tedy energetické sanaci domů, výstavbě nízké- či nulemisních domů a mikrokogeneraci sníženou sazbou DPH a/nebo zrychlenou odpisovou sazbou či jiným daňovým zvýhodněním;
- podpora většího zájmu investorů a investičních společností o směřování prostředků do obnovitelných zdrojů.

Jedním z ilustrativních příkladů nepochopení pozitiv obnovitelných zdrojů a decentralního zásobování je energetické zásobování nedávno zprovozněných elektronických bran systému Kapsch. Zde, místo toho, aby byly brány osazeny fotovoltaickými panely v kombinaci s malým větrným generátorem a s akumulátory, které by bylo třeba vyměnit jednou za 7 až 10 let, budou muset být během 2 až 3 let vyměněny celé generátory či mnohdy do lokalit draze přivedena síť. Fosilní řešení znamená stále dražší spotřebu fosilních paliv; každý den se musí dolévat palivo a kontrolovat generátor. Obnovitelné řešení je prakticky bezobslužné, s ohledem na provozní náklady levnější a podle zákona č. 180/2005 by provozovatel měl nárok na zelené bonusy. Fotovoltaické řešení distantní lokalizace bylo ekonomicky výhodné již v minulosti, kdy měly fotovoltaické aplikace kratší záruky, nižší výkon a vyšší cenu.

Energetika by se konečně měla vymanit z dlouhodobého konceptu „jednoho z průmyslových odvětví“ a stát se celospolečenskou výzvou. Energetika je výlučnou a determinující součástí lidské civilizace stejně jako „modus vivendi“ každého species, které na Zemi žije. Právě podle způsobu získávání potřebné energie rozlišujeme a kategorizujeme všechny živé organismy, společenství a ekosystémy.

Energetická proměna je nevyhnutelná. Je třeba, aby budoucí energetika byla obnovitelná a účinná. Jen to zajistí udržitelnost. Energetickou proměnu je třeba realizovat co nejdříve, dokud to finance umožní. Až bude globalizované hospodářství stále více rdoušeno rostoucími cenami fosilně-jaderných energií i nově se objevujícími náklady na kompenzaci klimatických změn, bude prostředků stále méně. Jakékoliv váhání v oblasti obnovitelných zdrojů a surovin může mít fatální následky.

V mnoha technických a technologických profesních předpovědích a scénářích se objevují hodnoty, které byly odvozeny a posouzeny nejenom na základě technických předpokladů, ale i s ohledem na zaběhlé vzorce jednání a chování v rámci stávajících hospodářsko-ekonomických podmínek. Objevují se tvrzení jako: *neochota zemědělců, s ohledem na zvyklosti* a podobně, které pak v dalším vedou k zásadnímu snížení diskutovaných potenciálů. Takto již předem zredukované hodnoty se stanou základem politických rozhodnutí, kde se s nimi zachází jako s technickou či technologickou limitou. Tyto rozdíly se rozlišují jako teoretické, technické a dostupné potenciály. To se ale v evropské praxi často opouští, protože technický potenciál je dosažitelný politicky a teoreticky nelze v dané situaci překročit.

Obnovitelné energie poskytují dostatečný potenciál, který může dlouhodobě zajišťovat energetickou spotřebu v rámci lokálních struktur, regionů, zemí i světadílů. To se také na mnoha místech již stalo. Prakticky všude jsou ale podmínky, které umožňují pokrýt racionální energetickou spotřebu specifickou kombinací jednotlivých obnovitelných zdrojů. Obnovitelné energie aktivují množství finančního, výzkumného a kreativního potenciálu ve společnosti, a rovněž proto nemohou být žádným krokem zpět.

pravděpodobný vývoj energetiky

Jak již bylo řečeno, nemáme velkou důvěru k časovým údajům, a proto jsme tuto práci nekoncepovali na základě časového rozvoje, což lze rovněž doložit konfrontací různých českých a německých realizací i plánů rozvoje obnovitelné energetiky. Závěrem chceme shrnout pravděpodobné a nepravděpodobné cesty vývoje energetiky:

velmi pravděpodobné až jisté

- snižování cen energie z obnovitelných zdrojů;
- zvyšování cen fosilních a jaderných energetických zdrojů;
- rostoucí ekonomická efektivita i jednotlivý výkon obnovitelných zdrojů energie;
- snižování ceny a energetické náročnosti při výrobě jednotlivých komponent obnovitelných zdrojů díky zvětšování objemu produkce.

nepravděpodobné

- nalezení nové bezemisní technologie výroby elektrické energie, která by měla nad obnovitelnými zdroji zásadní cenové a operační výhody;
- nalezení způsobu efektivního odstraňování oxidu uhličitého;
- zásadní urychlení výzkumu jaderné fúze.

Celospolečenské diskuzi je třeba podrobit představu trvale udržitelného růstu, protože trvalý růst, tak jak jej dnes vidíme – tedy růst kvantitativní, objemový – zjevně není dlouhodobě možný. Je třeba definovat jiné modely. Může to být cesta udržitelného sestupu či koncepty založené na hledání přírodních a z přírody odvozených strategií a postupů. Je třeba hledat a nalézt cestu ven ze začarovaného dogmatu stálého růstu. Cestu, která bude podporovat globální výměnu informací a špičkových technologií, ale která bude vycházet z lokální spotřeby lokálně produkováných surovin a energií, protože každé místo a každý region má své suroviny a své materiály. S proměnou energetiky do lokální formy a energetické autonomie dojde rovněž k žádoucím politickým a společenským změnám – podpoře malých celků, regionů, a tudíž k návratu demokracie k jejím původním kořenům.

Je možné souhlasit s těmi, kteří říkají, že lidská mysl je nevyčerpatelným zdrojem. Záleží ale na tom, kterak se její kreativita využije. Zda ku prospěchu všech, nebo jen některých.

Použité zkratky a odborné termíny

on-shore	větrné elektrárny umístěné na pobřeží
off-shore	větrné elektrárny umístěné v moři
on-grid	fotovoltaická elektrárna připojená k síti
off-grid	fotovoltaická elektrárna samostatně pracující, nepřipojená k síti
OZE	obnovitelné zdroje energie
EROI	energy return on investment – energetická návratnost, někdy též označovaná EPBT – energy pay back time
J	joule, základní jednotka energie
kJ	10^3 J
MJ	10^6 J
GJ	10^9 J
TJ	10^{12} J
PJ	10^{15} J
kWh	kilowatthodina, jednotka energie
MWh	10^3 kWh
GWh	10^6 kWh
TWh	10^9 kWh
W	watt, základní jednotka výkonu
kW	10^3 W
MW	10^6 W
GW	10^9 W
TW	10^{12} W
FLH	Full Load Houres – hodiny plného výkonu za rok
repowering	nahrazování stávajícího generátoru větrné elektrárny výkonnějším
Wp	špičkový výkon fotovoltaiky za normalizovaných podmínek

Poznámky

- (1) Hans Josef Fell: Von Euratom zu Eurenw, konference EUROSOLAR, 8.–9. května, 2003 Berlín
- (2) Schmieder, B., und Taormina, N. (2001), Das Energieverbrauchsfenster, Diplomarbeit CEPE/ETHZ
- (3) Daniel Spreng und Marco Semadeni Energie, Umwelt und die 2000 Watt Gesellschaft als Grundlage zu einem Beitrag an den Schlussbericht Schwerpunktsprogramm Umwelt (SPPU) des Schweizerischen National Fonds (SNF), CEPE Working Paper Nr. 11, Dezember 2001, ETH Zentrum, WEC, Zürich, www.cepe.ethz.ch
- (4) Wackernagel, M. and Rees, W. (1996). Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. New Society Publishers, Philadelphia, PA and Gabriola, Island, BC.
- (5) Informační blok o úsporách energie, BMU, Hannover Messe, IV/2006
- (6) Flash Eurobarometer 206a, the Gallup Organisation, Hungary
- (7) Mythos Atomkraft. Ein Wegweiser: Felix Matthes (ed.), Heinrich Böll Stiftung, Berlín, 2006, 379 str., ISBN 3–927760–51–X
- (8) Jan Willem Storm van Leeuwen and Philip Smith: Nuclear power – the energy balance, 2005, www.stormsmith.nl
- (9) Marcela Bilek, Clarence Hardy a Manfred Kenzen: Life – Cycle Energy Balance and Geenhouse Gas Emission of Nuclear Energy in Australia, 2006, www.dpmc.gov.au/umpner/docs/commissioned/ISA_report.pdf
- (10) Peter Diehl: Reichweite der Uran–Vorräte der Welt, 2006, http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/atomkraft/uranreport2006_lf.pdf
- (11) Michael Meacher: Solarzeitalter 4/2006, str. 95
- (12) Iwao Tabushi, Yoshiaki Kobuke & Takako Nishiya, Nature 280, 665–666 (23 August 1979)
- (13) Technical Report. Recovery System for Uranium from Seawater with Fibrous Adsorbent and Its Preliminary Cost Estimation. Takanobu Sugo, Masao Tamada, Tadao Seguchi, Takao Shimizu, Masaki Uotani, Ryoichi Kashima. Nihon Genshiryoku Gakkaiishi, Vol. 43, No. 10 (2001)
- (14) Ulf Bosselt: Solarzeitalter 1/2007, str. 14
- (15) Steve Thomas: The Economics of Nuclear Power, PSIRU, Business School, University Greenwich, 2006
- (16) <http://www.aee.at/index.htm?schule/schule02.php>
- (17) Gunnar Boye Olesen, Sustainable Energy News, No. 57, srpen 2007
- (18) Alex Rosen: Effects of the Chernobyl Catastrophe, Literature Review, Heinrich–Heine University, Düsseldorf, Germany, January 2006
- (19) Hans–Josef Fell MdB: Stellungnahme zur Kernfusion, <http://www.hans-josef-fell.de/>
- (20) Tiskové prohlášení Spolkového ministerstva životního prostředí a reaktorové bezpečnosti, Nr. 263/07, Berlín, 1. 10. 2007, http://www.bmu.de/pressemitteilungen/aktuelle_pressemitteilungen/pm/40059.php
- (21) Gabriela von Goerne: Solarzeitalter 19, 2, str. 11, 2006
- (22) Björn Peiprzyk, Bundesverband Erneuerbare Energie (BEE), in: Solarzeitalter 2, str. 15, 2006
- (23) Africa Geographical, August 2007, str. 103
- (24) <http://www.passivhaus–blog.com/2007/02/19/immer–mehr–passivhauser–in–deutschland/>
- (25) Samso – Denmarks Renewable Energy Island, informační materiál, 2003
- (26) Informace ze semináře se zástupci Zemské vlády v St. Pölten při příležitosti odborné exkurze pořádané Senátem ČR do Rakouska za obnovitelnými zdroji, květen 2007

-
- (27) 60% dezentrale Energieversorgung mit Erneuerbaren Energien in fünf Jahren, Solarzeitalter 19,3, 2007, str. 27
- (28) http://www.solarportal24.de/nachrichten_13305_juwi_gmbh__100_prozent_strom_aus_erneuerbaren_bis_2030.html
- (29) Arbeitsbericht Nr. 84, TAB: Herbert Paschen, Dagmar Oertel, Reinhard Grünwald; únor 2003
- (30) http://geothermal.inel.gov/publications/future_of_geothermal_energy.pdf
- (31) Vlastimila Dvořáková, Julia Bartoš: Geothermal energetical potential in the Czech Republic, ppt presentation
- (32) In: Exporthandbuch Tschechischer Republic: Marktchancen für Erneuerbare Energien; Deutsche Energie-Agentur DENA
- (33) <http://www.erdwaerme-kraft.de>
- (34) Osobní sdělení dne 27. 11. 2007, ing. Tomáš Klíma, MPO Praha
- (35) EU Project Reference: 19945
- (36) FUTURE PROSPECTS FOR WIND POWER MARKETS, 2004, www.ewea.org
- (37) Ralf Bischof (BWE) Fachtagung: Windenergie in Deutschland, September 2007
- (38) Hermann Scheer, Solarzeitalter 19. 3. 2007
- (39) http://www.iset.uni-kassel.de/abt/w3-w/fohlen/magdeb030901/fole_51.html
- (40) Bundesverband Windenergie e.V., Pressemitteilung vom 01. Februar 2006 <http://www.wind-energie.de/de/presse-service/einzelanzeige/article/windenergie-senkt-auch-2005-die-kosten/138/browser/1195508954/>
- (41) Osobní sdělení dne 1. 10. 2007, David Josefy, KV Venti
- (42) Public Information Forum „Economies in Transition, the IEA and Renewable Energy“, Budapest, October 13, 2003, str. 7
- (43) Exporthandbuch Tschechischer Republic: Marktchancen für Erneuerbare Energien; Deutsche Energie-Agentur, DENA
- (44) Josef Vít: Plzeňský kraj bez vrtulí, Plzeňský deník, Publicistika, str. 29, 28. 2. 2007
- (45) Franz Alt, Jürgen Claus, Hermann Scheer: Windiger proteste, Ponte Press Bochum, 1998
- (46) Jan Oelker: Zeichen setzen – ein Plädoyer für ästhetische Gestaltung von Windparks, Solarzeitalter 19. 2. 2007, str. 16
- (47) <http://www.currykerlinger.com/birds.htm>
- (48) <http://www.nature.com/nature/journal/v447/n7141/full/447126a.html>
- (49) Refocus, July/August 2004, str. 42–45
- (50) <http://www.iwr.de/news.php?id=10521>, ze dne 2. 5. 2007
- (51) <http://www.quietrevolution.co.uk>
- (52) www.kitegen.com
- (53) Biokraftstoffe, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Gülzow, 2007
- (54) <http://www.unendlich-viel-energie.de/index.php?id=272>
- (55) Energetická koncepce Libereckého kraje 2007
- (56) Biogas vom Grünland: Potenziale und Erträge Annette Prochnow, Monika Heiermann, Christine Idler, Bernd Linke, Pia Mähner, Matthias Plöchl, Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim
- (57) <http://www.kriegfischer.de>
- (58) <http://www.nawaro-kommunal.de/bioenergie/biogas.html>
- (59) Jan Motlík, Jaroslav Váňa: Biomasa pro energii (1), Zdroje – Biom_cz.mht
- (60) Kurzinformation Abschlussbericht Biogas-Initiative Südtirol http://www.energy-technology.it/files/Kurzfassung_Abschlussbericht_BIS1.pdf
- (61) Mailové sdělení odboru životního prostředí MHMP, dne 15. 11. 2007

-
- (62) <http://www.bv-pflanzenoele.de/pdf/Mischfruchtanbau.pdf>
- (63) Ländlicher Raum, On-line Fachzeitung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, November 07 <http://www.laendlicher-raum.at/article/archive/10407/>
- (64) www.sunmachine.de
- (65) <http://www.faktuell.de/StelzerMotor/>
- (66) Fuel Cell Works, 13. 4. 2005, <http://www.fuelcellworks.com/Suppage2451.html>
- (67) UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT, Forschungsbericht 298 97 343, UBA-FB 000137186X, Instrumente zum Klimaschutz in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung, <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2157.pdf>
- (68) Biogas 2006: Zubau erstmals gleichauf mit Windkraft, Leipzig 01.02.2007, tisková zpráva, Fachverband Biogas e. V., http://www.biogas.org/datenbank/file/notmember/presse/PM_070201_FVB_Jahresb_06_Prog07.pdf
- (69) Ostseezeitung, 15.–16. September 2007, str. 9
- (70) Möglichkeiten einer europäischen Biogaseinspeisungsstrategie, Institut für Energetik und Umwelt GmbH, Torgauer Strasse, Lipsko, 31. ledna 2007
- (71) Martin Kaltschmitt, Dieter Merten, Nicole Fröhlich, Moritz Nill: Energiegewinnung aus Biomasse, Berlin, Heidelberg 2003
- (72) http://www.wilsonturbopower.com/micro_overview.html
- (73) Karl Heinz Tetzlaff „Biowasserstoff aus der Landwirtschaft – Energiebereitstellung der neuen Art“, Biomasse Tagung, 2003, IfaS, Birkenfeld
- (74) www.ekowatt.cz
- (75) Zpráva o plnění indikativního cíle výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů za rok 2005, podle § 7 zákona č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, MPO Praha 2006
- (76) Public Information Forum „Economies in Transition the IEA and Renewable Energy“, Budapest, October 13, 2003, str. 5
- (77) www.iwr.de, ze dne 19. 12. 2005
- (78) Blok, K., J. de Beer and C. Geuzendam, Nederlandse R & D-opties voor verbetering van de energie – efficiëntie, Dept. of Science, Technology & Society, Utrecht University, The Netherlands, www.iwr.de, ze dne 19. 12. 2005
- (79) Photovoltaic energy barometer, Euroobserver 49, April 2007
http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat_baro/observ/baro172.pdf
- (80) <http://www.intersolar.de/61+M5f537f4e346.html>
- (81) http://www.newvalue.ch/files/Bank%20Sarasin_20061207.pdf
- (82) The True Cost of Solar Power, Photon, April 2007,
http://www.photon-consulting.com/en/true_cost_2007/index.htm
- (83) Znojemský týden 33/2007, www.znoj-tyden.cz
- (84) <http://www.city-solar-ag.com/index.php?id=185>
- (85) <http://www.solarserver.de/solarmagazin/news2004m04.html>
- (86) <http://www.udel.edu/PR/UDaily/2008/jul/solar072307.html>
- (87) Kevin Bullis: Auf dem Weg zur wettbewerbsfähigen Solarenergie, Technology Review 9/2006
- (88) http://www.eupvplatform.org/fileadmin/Documents/MG_SRA_Complete_070604.pdf
- (89) PHOTON Consulting
- (90) Environmental and renewable energy information centre, www.solareco.com
- (91) In: Hermann Scheer: Sluneční strategie, str. 115, Nová Země, 1999

-
- (92) Ralf Bischof, „Möglicher Beitrag der Photovoltaik zur elektrischen Energieversorgung einer Stadt“, Diplomarbeit am Institut für Elektrowärme der Universität Hannover, Juni 1993, in: <http://www.sfv.de/druckver/artikel/2007/eigenenerg.htm>
- (93) Solarserver.de, Arsenal Research,
<http://www.solarserver.de/solarmagazin/newsa2007m09.html>
- (94) <http://www.ecofys.de/>
- (95) [http://tonto.eia.doe.gov/FTPROOT/forecasting/0383\(2005\).pdf](http://tonto.eia.doe.gov/FTPROOT/forecasting/0383(2005).pdf)
- (96) Jens Schuberth, Helmut Kaschenz: Elektrische Wärmepumpen – eine erneuerbare Energie? Umweltbundesamt, Fachgebiet I 4.4 „Rationelle Energienutzung“, Dessau, 13. April 2007
- (97) Yvonne Kaiser, Anna Haas: Solar Buildings for Tomorrow, Building a New Century, 5th European Conference – Solar Energy in Architecture and Urban Planning, str. 359
- (98) www.sonyclassics.com/whokilledtheelectriccar/
- (99) <http://www.hans-josef-fell.de/cms/content/view/124/148/>
- (100) Biokraftstoffe – eine vergleichende Analyse, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2006
- (101) Biokraftstoffe, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow, 2006
- (102) http://www.cez.cz/presentation/static/encyklopedie/encyklopedie_energetiky/06/precerpel_1.html
- (103) <http://www.neueenergie.net/index.php?id=664>
- (104) Fritz Crotogino KBB GmbH, Hannover, Germany and Klaus-Uwe Mohmeyer and Dr. Roland Scharf: Huntorf CAES – More than 20 Years of Successful Operation, Spring 2001 Meeting, Orlando, Florida, USA, 15–18 April 2001
- (105) telefonické sdělení dne 18. 1. 2006, ředitel ing. Jan Nehoda z RWE
- (106) Samir Succar: Global Prospects for Wind Energy, Addressing The Challenges of an Intermittent Energy Source, Princeton Environmental Institute, IAC International Workshop on Energy, 2005
- (107) Chris Bullough, Christoph Gatzen, Christoph Jakiel, Martin Koller, Andreas Nowi, and Stefan Zunft: Advanced Adiabatic Compressed Air Energy Storage for the Integration of Wind Energy, Proceedings of the European Wind Energy Conference, EWEC 2004, 22–25 November 2004, London UK
- (108) <http://environment.newscientist.com/channel/earth/energy-fuels/dn13000-electric-cars-could-act-as-batteries-for-the-energy-grid-.html>
- (109) Tomi Engel: Das Elektrofahrzeug als Regelenergiefabrik des Solazeitalters, Solarzeitalter 3/2005, str. 11–15
- (110) Sebastian Gölz, Georg Bopp, Britta Buchholz, Roland Pickhan: Waschen mit der Sonne – Direkter Verbrauch von lokal erzeugtem PV Strom durch gezielte Lastverschiebung in Privathaushalten, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg
- (111) http://www.sonnenseite.com/index.php?pageID=6&news:oid=n8878&template=news_detail.html
- (112) Hans Troje: Regionale Wertschöpfung durch Erneuerbare Energien, Solarzeitalter, 19. 3. 2007, str. 70
- (113) Martina Mandová, ADRA: Evaluační zpráva z projektu „Work on Promises“, prosinec 2007, Praha
- (114) Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung, Stand: Juni 2007, http://www.zsw-bw.de/info/brochures/broschuere_ee_zahlen_2007_de.pdf
- (115) http://www.rmst.co.il/fossil_cost.htm
- (116) Additives for Bio-ethanol fuels. Akzo Nobel Surface Chemistry AB

Program modelování obnovitelné energetické soustavy

V rámci scénáře je k dispozici program, jenž je umístěn na internetové adrese <http://model.eurosolar.cz/> a odkud je možno za registraci stáhnout program pro nekomerční potřebu. Program umožňuje navrhovat konkrétní energetickou obnovitelnou soustavu pro Českou republiku, sledovat její chování za různých podmínek a sledovat vliv změn slunečního energetického mixu i velikosti obnovitelných dodávek.

Program modelování bude založen na volbě procentního podílu obnovitelné elektřiny z celkové netto čisté spotřeby ČR; v dalším kroku bude nabídnuto složení slunečního mixu s možností úpravy a potvrzení instalovaných výrobních kapacit různých obnovitelných zdrojů energie. Další komponentou bude akumulace energie do stávajících i perspektivních akumulačních systémů. Takto koncipovaný energetický mix bude pracovat v reálně modelovaném prostředí klimatických podmínek. Výsledkem budou grafická znázornění výrobních charakteristik, zejména zajištění konstantní dodávky obnovitelné elektřiny. Změnou vstupních parametrů bude možné analyzovat závislost stability systému na různém zastoupení jednotlivých OZE a akumulačních kapacitách.

Předpokládáme, že v budoucnu bude k dispozici program, který umožní detailně modelovat energetickou soustavu jakékoliv části území České republiky.

Doporučení pro přechod na úplné zásobování ČR obnovitelnými energiemi

základní energetické koncepty

- **podpořit paralelní vývoj všech technologií obnovitelné energetiky**

V budoucím energetickém mixu budou zastoupeny všechny obnovitelné technologie, a tak je třeba všechny tyto technologie podpořit.

- **všechny investice do energetiky směřovat do obnovitelných zdrojů energie**

V budoucích letech bude třeba nasměrovat velké investice do energetického hospodářství. Zákonodárné struktury musejí vytvořit potřebné rámce, podle nichž by tyto investice směřovaly do výstavby zařízení obnovitelné energetiky.

- **vytvořit dostatečný rozpočet pro podporu energetické sanace bytového fondu**

Velkou spotřebu energie představuje především vytápění bytů a domů. Pro tyto účely je třeba připravit programy a finanční nástroje.

- **masivně podpořit kogeneraci**

Veliké potenciály spočívají v současném využívání kogeneračně vyrobené elektřiny a tepla, především v oblastech biomasy a geotermie.

- **zvyšovat podíl pohonných hmot vyrobených z obnovitelných vstupů**

Je nezbytné stále zvyšovat podíl biogenních pohonných hmot s tím, že je nutné rovněž brát v potaz, jakým způsobem se pěstují suroviny pro jejich výrobu. Nelze připustit výrobu biogenních pohonných hmot na úkor ničení původních biotopů, například kácením deštných pralesů. Využití čistých biopaliv je třeba daňově podpořit tak, aby se jejich využívání stalo co nejdříve hospodárné. Vedle jejich přímí- chávání je třeba zákonně podpořit i přímé využívání čistých biopaliv vyrobených ekologicky únosným způsobem.

- **zavádět alternativní pohony**

Vysoce účinný a při použití ekologicky vyrobeného proudu vysoce čistý pohon automobilů představují elektromotory. Je třeba rozvinout výzkumné a tržní strategie pro vývoj a zavádění elektromobilů a hybridních automobilů.

- **urychlit výstavbu sítí pro elektřinu z obnovitelných zdrojů**

Obnovitelně produkováná elektřina se vyrábí především decentrálně, zatímco současné elektrické sítě jsou koncipovány z hlediska centrálních fosilně – jaderných struktur, což představuje překážku pro další výstavbu. Zákonodárné aktivity by měly zajistit podmínky, zavazující provozovatele sítí k jejich přestavbě pro udržitelné a bezpečné zásobování obnovitelnými zdroji s vysokou prioritou.

- **oddělit dodavatelskou funkci od provozu distribučních sítí**

Obnovitelné energie, které jsou vázány na sítě (proud a plyn), jsou stále znevýhodňovány přístupem k přenosovým sítím, protože firmy zabývající se přenosem jsou propojeny se současnými energetickými dodavateli.

- **diferencovat a zvýšit výkupní cenu pro fotovoltaiku integrovanou do budov a dalších staveb**

Stavebně integrovaná fotovoltaika je šetrnější k životnímu prostředí a více zachovává krajinný ráz, proto je jí třeba podpořit více než fotovoltaiku v krajině.

- **zachovat prioritní přístup k přenosovým elektrickým sítím pro obnovitelnou elektřinu**

Pro další rozvoj obnovitelné elektroenergetiky je třeba bezpodmínečně zachovat pro obnovitelné zdroje prioritní přístup k přenosovým sítím.

- **umožnit prioritní přístup bioplynu do plynových sítí**

Principy úspěšného zákona na podporu výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů je třeba přenést do oblasti bioplynu a vytvořit analogický zákon s prioritním přístupem k síti a takové zvýhodnění výkupní ceny, které by zajistilo okamžitou hospodárnost výroby bioplynu.

- **vystavět decentrální tepelné sítě**

Přestavba na zásobování teplem z obnovitelných zdrojů vyžaduje podporu výstavby nové infrastruktury tepelných sítí se sezónními zásobníky.

zvýšení energetické účinnosti

- **vytvořit mechanismy pro vzrůst energetické účinnosti**

Velké potenciály snížení spotřeby lze realizovat efektivním využíváním elektřiny, tepla, chladu a pohonných hmot. Je třeba vytvořit efektivní mechanismy, které by podpořily zájem firem i jednotlivců na zvyšování energetické účinnosti.

- **podpořit tepelnou izolaci budov**

Důslednou tepelnou izolací je možno snížit spotřebu tepla na vytápění budov z více jak 200 kWh/m² * rok, což v současné době představuje kolem 40 % celkové konečné spotřeby energie. Podporou důsledné izolace je možné dosáhnout jedné čtvrtiny a tu pokrýt obnovitelnými zdroji energie.

- **podpořit výstavbu solárních a pasivních domů**

V oblasti novostaveb je již dnes možné budovat sluneční domy, které jsou vytápěny ze 100 % slunečním teplem, a pasivní domy s malým podílem spotřeby vnější energie. Je potřeba tyto stavby podporovat.

- **orientovat plánování výstavby udržitelným směrem**

Budoucí výstavbu je nutno plánovat tak, aby většina obytných i funkčních staveb využívala pro výrobu elektrické energie, topení i chlazení přímé sluneční záření, bioenergie a zemské teplo. Je třeba vytvořit podmínky pro optimální využívání obnovitelné energie a při plánování staveb je privilegiovat.

- **omezovat energetickou spotřebu automobilů**

Předpokladem pro dosažení významného podílu obnovitelně získávaných pohonných hmot je zásadní snížení spotřeby automobilů. Je třeba uzákonit taková opatření, která by k tomuto cíli vedla.

- **omezovat energetickou spotřebu stand-by režimů**

Omezit ztráty energie při provozu běžných zařízení a přístrojů v režimu stand-by pomocí technologických zlepšení a podpořit výrobu a prodej na síti nezávislých přístrojů strojů a zařízení (stand alone).

energopolitické cíle

- **zachovat a zlepšovat zákon na podporu výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů**

Zákon č. 180/2005 (i analogické zákony v dalších zemích, především EEG v SRN) prokázal, že je účinným nástrojem pro zavádění OZE na výrobu elektřiny, a je tedy nutné zajistit, aby se dále rozvíjel bez zhoršení podmínek pro výkup.

- **100 % obnovitelné energetické zásobování zahrnout do ústavy**

Pouze 100 % obnovitelná energetika může zachovat současnou podobu společnosti.

- **vypracovat energetické strategie pro 100 % zásobování do roku 2050 pro všechny energetické sektory**

Přestavba energetického zásobování do 100 % podoby vyžaduje rozsáhlé investice a spolupráci aktérů z oblasti politiky, průmyslu, zemědělství a obyvatelstva.

- **prosazovat úplné zásobování obnovitelnými energiemi jako jednotný evropský cíl**

Podporovat cíl společné evropské politiky pro 100 % obnovitelnost do roku 2050. Pro evropskou integraci energetických cílů je třeba především podporovat spolupráci ČR s Německem jako předjezdce v obnovitelných energiích.

- **vypracovat a přijmout zákon o teple**

Pro rychlý rozvoj obnovitelné energetiky je třeba stanovit podmínky zvyšující investiční jistotu pro průmysl a uživatele. V rámci tohoto zákona nelze považovat za obnovitelný zdroj energie tepelná čerpadla, jejichž vstupní energie pochází převážně z fosilně–jaderného mixu.

- **posílit vzdělávání a informovanost o obnovitelných zdrojích**

Je třeba vytvořit odpovídající učební plány pro všechny typy škol a zajistit prostředky pro informační kampaně směřované na veřejnost.

- **podpořit vznik nových firem zabývajících se obnovitelnou energetikou**

Je důležité podpořit vznik podniků a subjektů zabývajících se vývojem, výrobou, instalací a opravami zařízení obnovitelné energetiky, například lepším zajištěním dostupného rizikového kapitálu.

- **alokovat výzkumné prostředky pro vývoj obnovitelných energií**

Obrovské prostředky stále ještě plynou na fúzní a štěpné jaderné procesy, včetně 7. rámcového programu EU pro výzkum. Tuto praxi je třeba změnit a více prostředků věnovat na výzkum a vývoj OE.

- **odstranit administrativní bariéry pro integraci zařízení OZE**

V oblastech stavebnictví, ochrany přírody a památkové péče je třeba odstranit mnoho předpisů a regulací, které brání výstavbě zařízení pro obnovitelnou energetiku, aniž by byla dotčena potřebná ochrana přírody, kulturního dědictví, životního prostředí a obyvatelstva.

- **ukončit subvence pro fosilně-jaderné hospodářství**

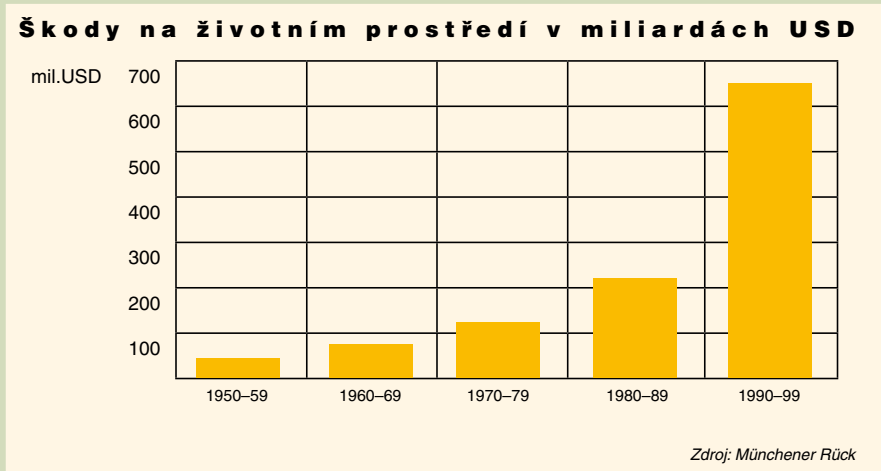
OE nejsou konkurenceschopné nejenom kvůli nezakalkulování externích nákladů energetického zásobování, ale rovněž vinou přímých a skrytých subvencí, poskytujících fosilně–jadernému průmyslu konkurenční výhody. Jedná se především o daňové subvence pro jaderný průmysl, nezdanění fosilních paliv pro leteckou a lodní dopravu a finančních rezerv pro likvidaci jaderného odpadu.

- **spolupracovat s dalšími zeměmi na založení Mezinárodní agentury pro obnovitelné energie**

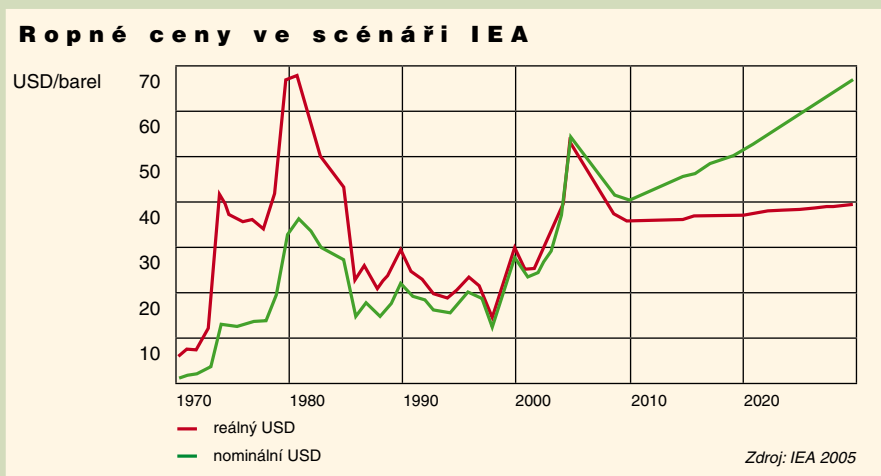
Na mezinárodním poli je energopolitika zásadní měrou ovlivňována názory Mezinárodní energetické agentury (IEA), která předpokládá obrovský nárůst spotřeby a masivní využívání fosilní a jaderné energie. Aby se v globálním měřítku mohly posuzovat možnosti obnovitelné energie, je třeba založit nezávislou Mezinárodní agenturu pro obnovitelné zdroje (IRENA).

Barevná příloha

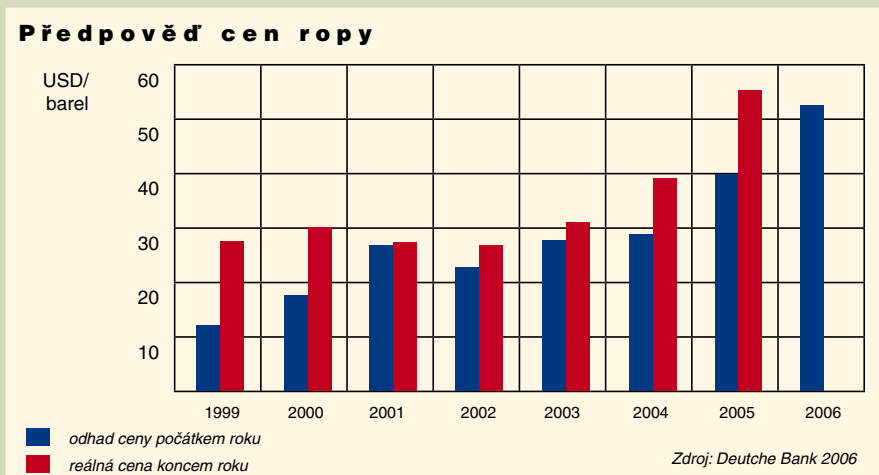
Obrázek č. 1 Graf k textu o vlivu energetického systému na životní prostředí na straně 11



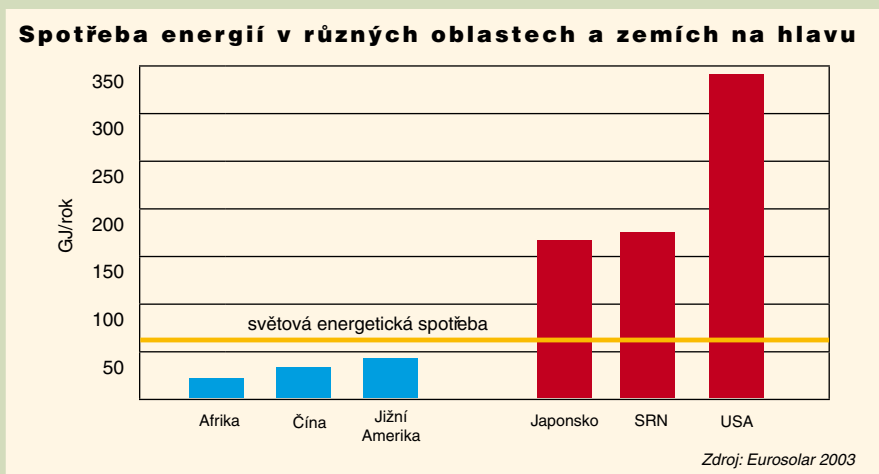
Obrázek č. 2 Graf k textu o předpovědích cen ropy na straně 12



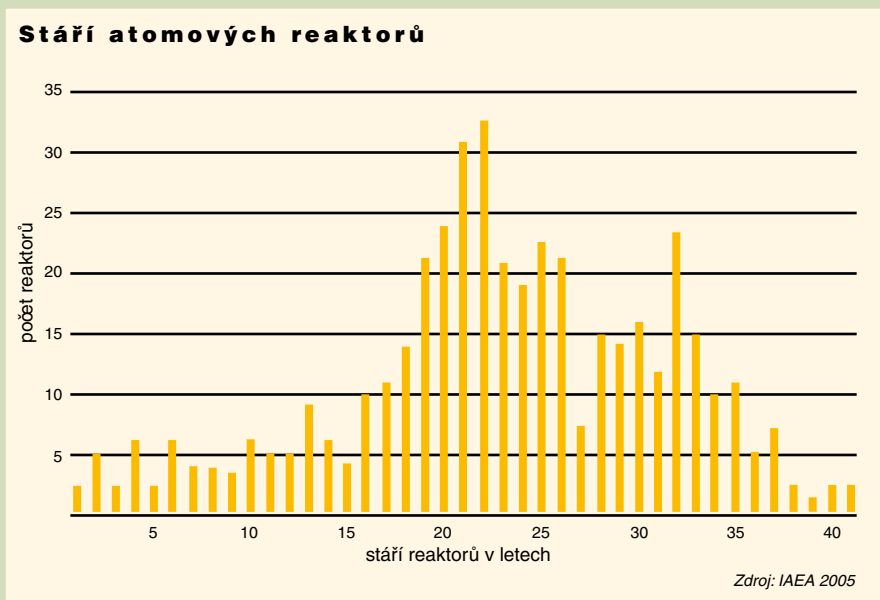
Obrázek č. 3 Graf k textu o předpovědích cen ropy na straně 12, tentokrát z dílny renomované banky



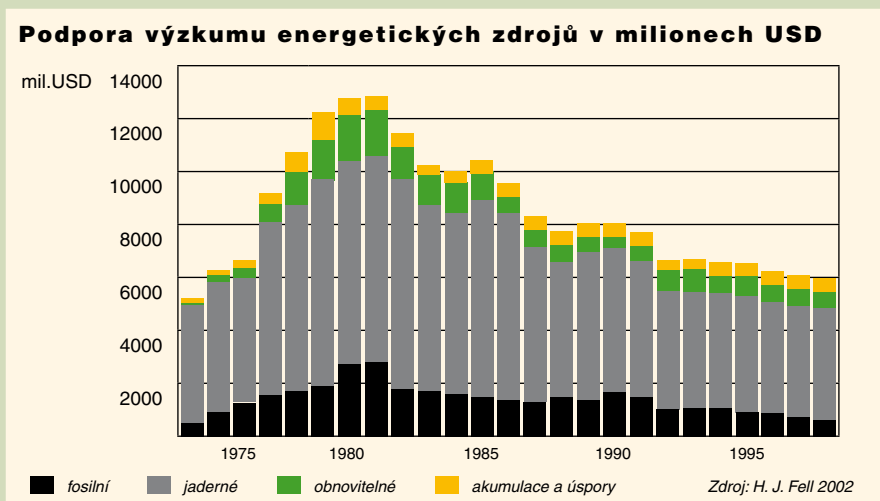
Obrázek č. 4 Graf k textu o řešení problematiky stálého růstu spotřeby na straně 15



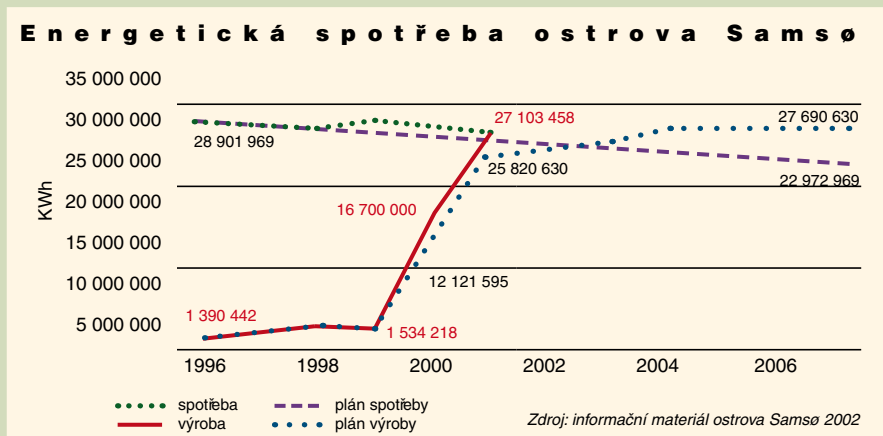
Obrázek č. 5 Graf k textu o pozici jaderné energetiky v rámci stávajícího energetického systému na straně 20



Obrázek č. 6 Graf k textu o diametrálních rozdílech v podpoře fosilně-jaderných a obnovitelných zdrojů na straně 23



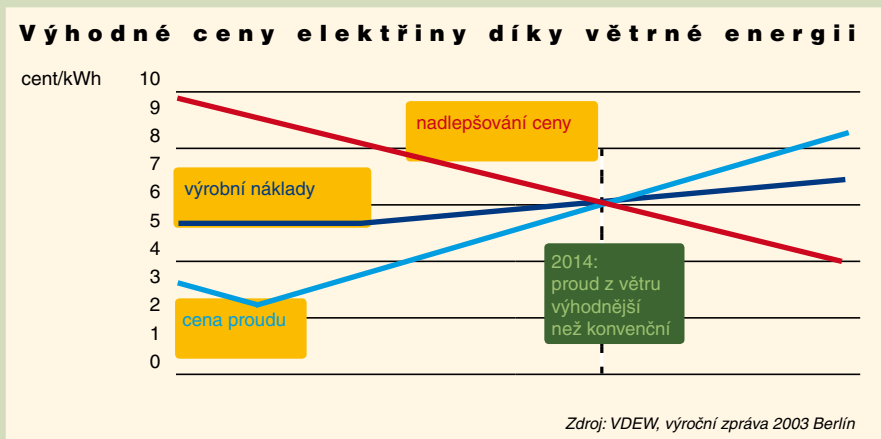
Obrázek č. 7 Graf k textu o konkrétních energeticky nezávislých projektech na straně 31



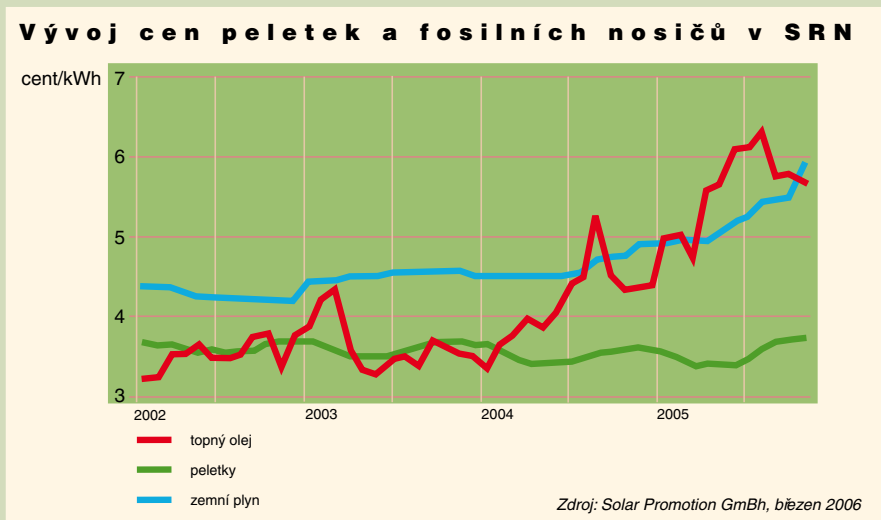
Obrázek č. 8 „Duhová energie“ – k odstavci o energeticky nezávislém ostrově Samsø v Dánsku na straně 31



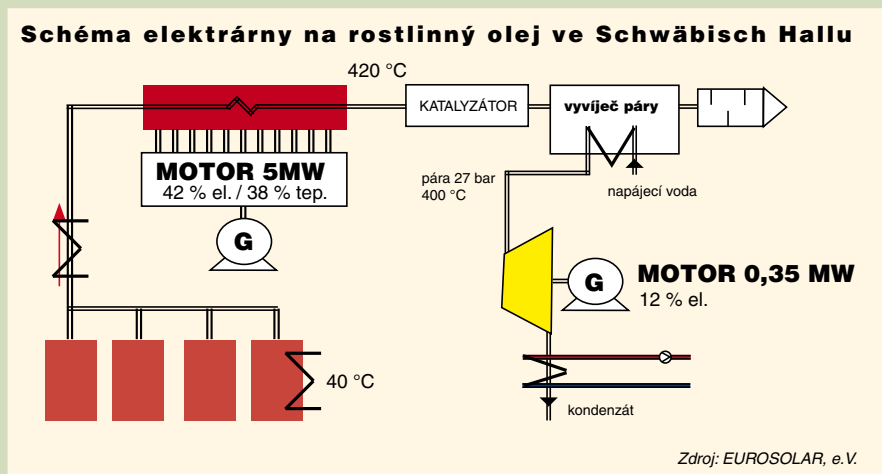
Obrázek č. 9 Graf k textu o vývoji cen větrné energie na straně 39



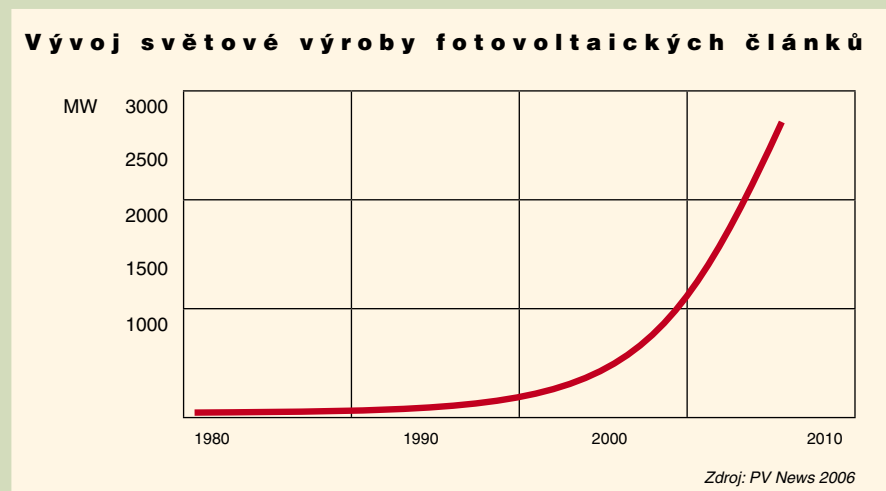
Obrázek č. 10 Graf k textu o racionálních způsobech využití biomasy na straně 49



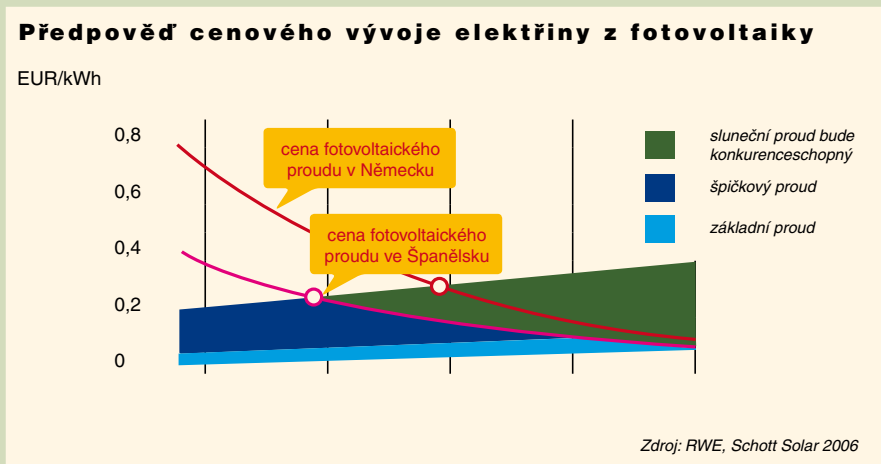
Obrázek č. 11 Graf k textu o konkrétním způsobu využití rostlinného oleje na straně 49



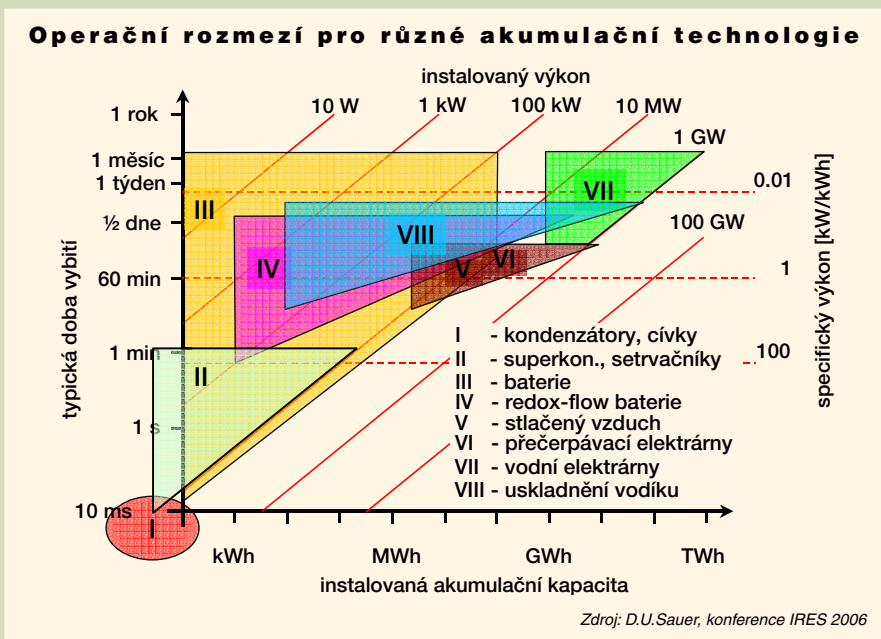
Obrázek č. 12 Graf k textu o perspektivách výroby fotovoltaických článků na straně 57



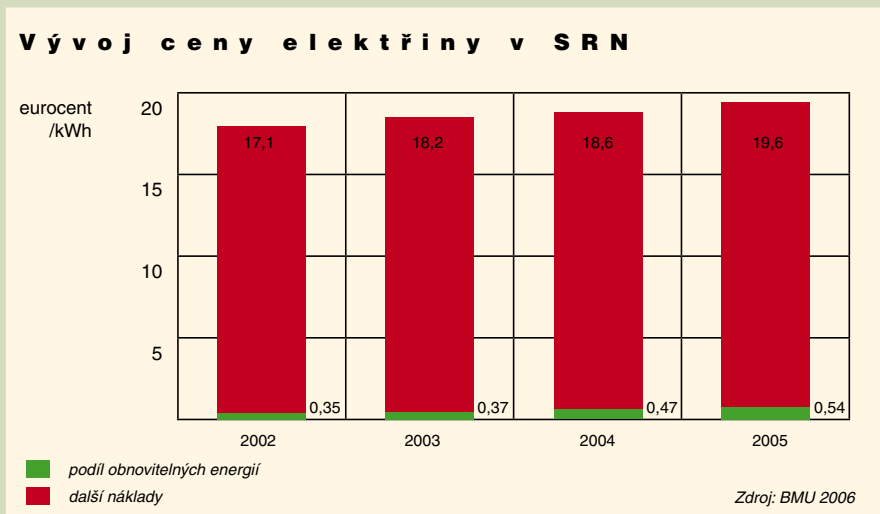
Obrázek č. 13 Graf k textu o cenovém vývoji elektřiny z fotovoltaiky na straně 58 zpracovaný pro Německo a Španělsko



Obrázek č. 14 Graf k textu o možnostech skladování energie vyrobené z obnovitelných zdrojů na straně 69



Obrázek č. 15 Graf k textu o předsudcích proti obnovitelným energiím na straně 74



Obrázek č. 16 Graf k textu o vlivu obnovitelné energetiky na zdraví obyvatel na straně 77

