

Perspektiva jaderné a obnovitelné energetiky

Stručný souhrn argumentů, proč je jaderná energie za svým zenitem, a proč jsou obnovitelné zdroje pro nás pro všechny mnohem lepším řešením

Milan Smrž
předseda národní sekce
viceprezident evropské asociace
milan.smrz@eurosolar.cz
<https://milansmrz.blog.idnes.cz/>

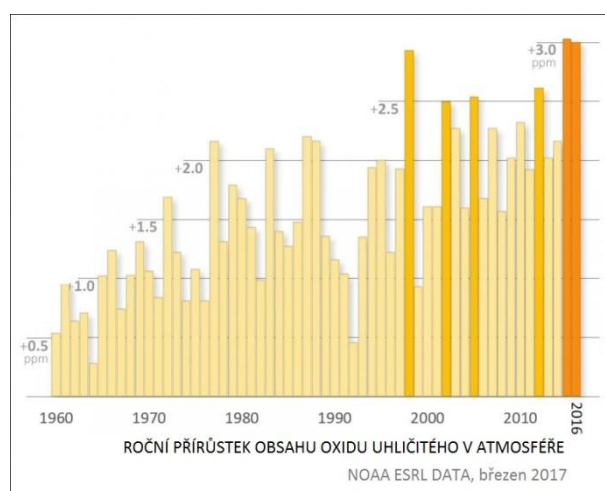
EUROSOLAR.cz, z.s.
U půjčovny 8/1353, 110 00 Praha 1
www.eurosolar.cz
www.eurosolar.org



ÚVOD	
<u>1.OBECNÉ TEZE</u>	3
1.1. Limity výroby	
1.2. Mezinárodní situace	
<u>2. EKOLOGICKÉ NÁSLEDKY</u>	5
2.1. Emise skleníkových plynů spojené s výrobou elektřiny	
2.2. Spotřeba chladící vody pro různé energetické výroby	
2.3. Vliv energetických zdrojů na avifaunu	
2.4. Externí náklady	
2.5. Řešení klimatické krize pomocí výroby elektřiny v jaderných elektrárnách	
FACIT- EKOLOGICKÉ NÁSLEDKY	8
<u>3. INVESTIČNÍ A ENERGETICKÉ NÁKLADY VÝROBY ENERGIE</u>	8
3.1. Investice do energetických zdrojů	
3.2. EPBT – energetická návratnost výroby energie	
3.3. Kapacitní faktory	
3.4. Geopolitická závislost na zdrojích a finanční stabilita	
3.5. Náklady na odstranění jaderné elektrárny	
3.6. Průběžné náklady jaderné a obnovitelné energie	
FACIT- INVESTIČNÍ A ENERGETICKÉ NÁKLADY VÝROBY ENERGIE	13
<u>4. ZDRAVOTNÍ NÁSLEDKY A BEZPEČNOST</u>	13
4.1. Onemocnění a úmrtí následkem energetických výrob	
4.2. Stárnutí jaderných reaktorů	
4.3. Outsourcing	
4.4. Teroristické útoky	
FACIT- ZDRAVOTNÍ NÁSLEDKY A BEZPEČNOST	15
<u>5. ODPADY Z VÝROBY ENERGIE</u>	15
5.1. Úložiště jaderného odpadu	
5.2. Reprocessing – riskantní přepracování paliva	
5.3. Odpad z obnovitelných zdrojů	
FACIT- ODPADY Z VÝROBY ENERGIE	17
<u>6. LIMITY DOSTUPNOSTI ENERGETICKÝCH SUROVIN</u>	17
6.1. Těžba uranu	
6.2. Těžba uranu z mořské vody	
6.3. Jiný štěpný materiál – thorium	
FACIT- LIMITY DOSTUPNOSTI ENERGETICKÝCH SUROVIN	19
<u>7. STABILITA ELEKTRICKÝCH SÍTÍ</u>	19
FACIT- STABILITA ELEKTRICKÝCH SÍTÍ	20
<u>8. CENA ELEKTRINY</u>	21
FACIT- CENA ELEKTRINY	22
<u>9. PROMĚNA ENERGETICKÉ SITUACE</u>	23
9.1. Proměna názorů na jadernou energetiku	
9.2. Celosvětové přírůstky instalované kapacity energetických zdrojů v roce 2016	
FACIT- PROMĚNA ENERGETICKÉ SITUACE	24
<u>10. ÚPLNÉ ZÁSOBOVÁNÍ OBNOVITELNOU ENERGIÍ</u>	24
10. 1. 100% obnovitelné scénáře	
10. 2. Příklady 100% obnovitelné realizace	
FACIT- ÚPLNÉ ZÁSOBOVÁNÍ OBNOVITELNOU ENERGIÍ	25
ZÁVĚR	26

Úvod

Čas se nachyluje. Klimatická změna nám dýchá svůj horký dech na záda a my musíme v rámci zachování této civilizace co nejrychleji jednat. Je alarmující, že stoupá nejenom celkové množství oxidu uhličitého v atmosféře, ale současně i stoupá jeho [meziroční přírůstek](#), to znamená, že stále ještě máme co do činění s téměř exponenciálním nárůstem.



Již nelze zůstat u zdvořilé snahy neděsit veřejnost. Nebudeme-li konat společně, zodpovědně a rychle, bude existence příštích generací zásadně ohrožena.

Situace nás zavazuje vyrábět všechny naše komodity co nejúspornějším způsobem a především využívat na výrobu nutné energie nízkoemisní zdroje. Smyslem této informační studie není obhajovat skutečnost či věrohodnost klimatické změny, neboť se domníváme, že [97% konsenzus](#) je dostatečným potvrzením, nehledě na často manipulované či uplácené kritiky antropogenní příčiny globálního oteplování.

Předmětem této studie je stručné posouzení aspektů dvou nízkoemisních zdrojů energie, a to obnovitelných zdrojů a jaderné energie.

1. OBECNÉ TEZE

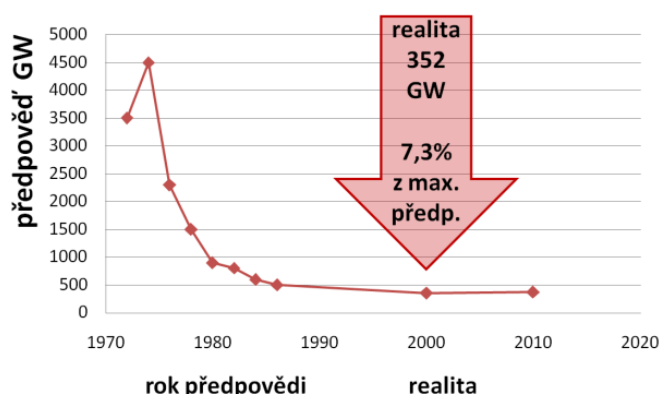
1.1. Limity výroby

Pro každou civilizační činnost existují dvě základní limity. Limita dostupnosti potřebných materiálů a limita vzniklých následků. To zásadní měrou platí pro energetický systém, který je ve své fosilně jaderné formě mimořádně materiálově závislý, a o němž se předpokládá, že je zodpovědný za 75% ekologických škod. Ještě před lety byly z hlediska energetiky obě limity vzdálené, v současnosti se rychle přiblížilo fatální nebezpečí klimatické změny. To zpochybňuje dlouhodobé využívání fosilních paliv, především pro výrobu elektřiny.

Současná česká energetická koncepce se opírá o fosilní a jadernou tradici naší energetiky. To potvrdila i zpráva SEK z roku 2008, která vyhradila jaderné energii ve srovnání s obnovitelnou energií mnohem důležitější místo.

S ohledem na globální oteplování, mezinárodní smlouvy a závazky, je nutno počítat s rychlým odstupem od fosilní energie a to jak ve výrobě elektřiny a tepla, tak i pro mobilitu. Moderní energetickou koncepci nelze stavět na výsledcích, které vycházejí ze stavu před deseti lety, když z pohledu tendencí a trendů byly již tehdy v mnoha aspektech zastaralé. Během posledních 10 let se situace dramaticky změnila a tuto skutečnost by měl nový energetický koncept České republiky reflektovat. Ještě v sedmdesátých letech se vkládaly do atomové energetiky veliké naděje a tomu také odpovídaly předpovědi IAEA, týkající se instalované kapacity pro rok 2000.

Předpovědi Mezinárodní asociace pro atomovou energii (IAEA) pro rok 2000



1.2. Mezinárodní situace

Energetická situace se v mnoha zemích dramaticky mění. Země, které se cítí být existenčně ohroženy klimatickou změnou, již začaly konat. Na klimatické konferenci v Marrákeši na konci roku 2016 se 48 zemí, z toho 43 nejohroženějších z [Climate Vulnerable Forums](#) rozhodlo do roku 2030 až 2050 odstoupit od spotřeby fosilních energetických zdrojů.

Českou republiku by z hlediska energetické koncepce mělo zajímat a inspirovat Německo, a to z několika důvodů. Je naším největším sousedem a největším obchodním parterem, jehož podíl na celkovém českém vývozu do EU v roce 2016 byl 38,6 procenta.

Pokládat vývoj energetické proměny „Energiewende“ za nesprávný, jak můžeme někdy od kritiků slyšet, je přinejmenším důkazem nedostatečné schopnosti nezaujatě přijímat nové pohledy. Je absurdní tímto způsobem vnímat energopolitiku jedné z vedoucích světových ekonomik, nejsilnějšího ekonomického subjektu EU i zemi, která se tradičně pohybuje mezi prvními místy v počtu patentních přihlášek na obyvatele.

Německo se do roku 2022 rozhodlo postupně odstavit všechny jaderné elektrárny. Bohužel současně se rýsující německá politická garnitura (GroKo) není příliš nakloněna dalšímu rozvoji obnovitelné energetiky, jaký by kopíroval minulý rozvoj a velká část dalšího rozvoje obnovitelné energetiky bude v dalším období nesena občany.

V USA se během několika málo let odstaví mimo další jaderná elektrárna [Indian Point](#) ležící asi 30 mil od centra New Yorku. Její výkon bude nahrazen obnovitelnými zdroji, racionálnější spotřebou elektřiny a dovozen elektřiny z hydroelektráren v Kanadě. V roce 2017 byly v USA ve výstavbě pouze [dva nové](#) jaderné reaktory. Ke konci téhož roku se ale [otevřela debata](#), zda výstavbu neukončit. Důvody jsou především finanční, konkuruje levný břidličný plyn (což z hlediska emisí není žádná výhra) a obnovitelné zdroje.

Hlavní scéna jaderného vývoje se přesune do Číny, Ruska, Indie, Koreje a několik zemí na Blízkém východě. V Číně se dokončují elektrárny, které používají starší model reaktoru AP1000. Pokud budou úspěšné, může to vyvolat větší zájem o tuto technologii.

Na druhé straně ambice [společnosti Toshiba](#) o instalaci 45 nových reaktorů po celém světě do roku 2030 již nevypadají příliš reálně.

2. EKOLOGICKÉ A DALŠÍ NÁSLEDKY

2.1. Emise skleníkových plynů spojené s výrobou elektřiny

Veškerá lidská činnost, s výjimkou života lovců a sběračů, je spojena s emisemi skleníkových plynů. Naléhavost zmírnění klimatických změn vyvolala intenzivní zájem o možnosti nefosilní výroby energie. Literární řešerše poskytují data energetické spotřeby a emisí skleníkových plynů pro různé energetické výroby ve značném rozmezí. Zatímco konvenční fosilní elektrárny způsobují emise téměř výhradně v místě elektrárny, většina emisí skleníkových plynů v cyklu jaderného paliva je způsobena ve fázích zpracování před a za elektrárnou.

Nejčastější typy reaktorů LWR (lehkovodní) a HWR (těžkovodní) spotřebovávají mezi 0,1 a 0,3 kWh (v průměru asi 0,2 kWh_{th}) za každou kWh vyrobené elektřiny. Tyto energie se promítají do množství emisí skleníkových plynů pro LWR a HWR v rozmezí od 10 do 130 g CO_{2e} / kWh_{el}, s průměrnou hodnotou 65 g CO_{2-e} / kWh_{el}.

Zatímco emise skleníkových plynů jsou nižší než u fosilních technologií (typicky 600-1200 g CO_{2-e}/ kWh_{el}), jsou vyšší než emise spojené s větrnou energií a vodními elektrárnami (přibližně 15-25 g CO_{2-e} / kWh_{el}) nebo mírně nižší než solární fotovoltaická nebo solární tepelná energie (přibližně 100 g CO_{2-e} / kWh_{el}).

technologie výroby elektřiny	energetická intenzita (kWh _{th} /kWh _{el})	emise skleníkových plynů (g CO _{2-e} /kWh _{el})
lehkovodní reaktory	0.18 (0.16 – 0.40)	60 (10 – 130)
těžkovodní reaktory	0.20 (0.18 – 0.35)	65 (10 – 120)
černouhelná elektrárna (nová subkritická)	2.85 (2.70 – 3.17)	941 (843 – 1171)
černouhelná elektrárna (superkritická)	2.62 (2.48 – 2.84)	863 (774 – 1046)
hnědouhelná elektrárna (nová subkritická)	3.46 (3.31 – 4.06)	1175 (1011 – 1506)
zemní plyn (otevřený cyklus)	3.05 (2.81 – 3.46)	751 (627 – 891)

zemní plyn (kombinovaný cyklus)	2.35 (2.20 – 2.57)	577 (491 – 655)
větrné turbíny	0.066 (0.041 – 0.12)	21 (13 – 40)
fotovoltaika	0.33 (0.16 – 0.67)	106 (53 – 217)
vodní elektrárny (průtočné na tocích)	0.046 (0.020 – 0.137)	15 (6.5 – 44)

Lenzen, M. (2008) *Life cycle energy and greenhouse gas emissions of nuclear energy: A review. Energy Conversion and Management* 49, 2178-2199

2.2. Spotřeba chladicí vody pro energetické výroby

Pro různé energetické zdroje a procesy je většinou potřeba [vody](#) pro chlazení kondenzačního cyklu. Z tabulky plyne, že spotřeba vody na celkový proces je nejvyšší u jaderné výroby, zatímco u obnovitelných zdrojů je nulová či mnohonásobně nižší.

Kondenzační výroba elektřiny spotřebovává značná množství vody. Pro jaderný proces o výkonu 1 GW to představuje 1440 až 3600 m³ vody za hodinu. Převážná část této vody se vypaří v elektrárně a spadne jinde. Díky změně klimatu se v mnoha regionech potýkáme s nedostatkem vody. Spotřebovávat vodu, která je zapotřebí pro život obyvatel, na provoz kondenzačních elektráren je nezodpovědné.

energetický zdroj/technologie	spotřeba vody (m ³ /GJ)
příprava jaderného paliva (centrifugy)	0,018 - 0,312
jaderná výroba elektřiny	0,378 - 0,705
jádro celkem	0,396 – 1,017
výroba elektřiny z uhlí	0,308 - 0,742
výroba elektřiny z větru	0,000
fotovoltaika	0,001 - 0,027

2.3. Vliv energetických zdrojů na avifaunu

Lidová slovesnost, ale i někteří čeští i světoví žurnalisté připodobňují větrné elektrárny sekáčům na ptáky; lze nalézt filmové záběry, na nichž jsou vidět jednotlivé incidenty, jak větrné turbíny zraňují či zabíjejí ptáky ([1](#) [2](#) [3](#)). Jistě se jedná o smutné záběry, ale jejich výpovědní hodnota je především emocionální, zatímco faktografie tento pohled nepodporuje.

Pro kvantitativní posouzení vlivu větrných elektráren na avifaunu je nutné mezi sebou porovnat různé technologie výroby elektrické energie. Z následující tabulky, zpracované na základě amerických dat, je patrné, že množství zabité avifauny ve vztahu k elektřině vyrobené v různých energetických zdrojích mimořádně variuje. Větrná energie na jednotku vyráběné elektřiny zabíjí nejméně jedinců avifauny. Jaderná výroba je pro avifaunu téměř 1,6 krát nebezpečnější a fosilní výroba, prezentovaná uhlím a plynem zabije na jednotku vyrobené energie třicetkrát více jedinců ve srovnání s větrem.

mrtví jedinci avifauny za rok	zdroj uhynutí	podíl v USA vyráběné elektriny v roce 2011	počet zabité avifauny v USA na 1% vyrobené elektriny 2011
46.000	větrná energie	3%	15300
458.000	jaderná energie	19%	24100
4.000.000	komunikační věže	-	-
24.000.000	fosilní elektrárny	67%	358200
72.000.000	otrava pesticidy	-	-
97.000.000	okna staveb	-	-
110.000.000	zdivočelé kočky	-	-

Zdroj: *The Avian and Wildlife Costs of Fossil Fuels and Nuclear Power, Journal of Integrative Environmental Sciences* vol. 9, no. 4, December 2012, 255-278, [Vermont Law School Research Paper No. 04-13](#)

Při projektování větrných parků je nezbytný proces EIA, který by z územních plánů výstavby větrných parků eliminoval lokality se zvýšeným nebezpečím pro avifaunu.

2.4. Externí náklady

Externí náklady jsou ty, které se nezapočítávají do ceny produktu, nejsou hrazeny výrobcem, ale dopadají na celou společnost a biosféru. Jejich hodnota nebývá klasickými ekonomy často brána v potaz. Hlavní externalitou jsou škody způsobované spalováním fosilních paliv a následky klimatické změny, které jsou neneseny nejširší společností.

Externí náklady dopadají na těžbu, transport a zpracování uranové rudy, kdy zejména při nižší kovnatosti roste množství vytěžené horniny a tomu odpovídají vyšší emisní a další škody.

Odpovídající externí náklady obnovitelných zdrojů na bázi větru, slunce a vody jsou maximálně dány spotřebou materiálu potřebného pro výrobu potřebných zařízení, která nejsou tak materiálově náročná, jako jaderné elektrárny.

Vedle výrobní ceny je nutno počítat s externími náklady, které jsou neoprávněně přenášeny na celou veřejnost. Jednu z největších položek představuje nedostatečné pojištění rizika. Vzhledem k možným haváriím jsou jaderné elektrárny chronicky podpojištěné; podle [finančních studií](#) by mělo pojištění průměrné elektrárny dosáhnout částky 72 miliard €, v čemž ale nejsou započteny pozdější následky.

[Studie](#) univerzity Johanna Keplera z Lince uvádí navýšení ceny jaderného proudu při různých scénářích pojištění v Německu na období 100 let v intervalu 0,14 až 2,36 €/kWh.

Při [propočtu](#) celkové škody NPN (největší předpokládané nehody) se uvádí částka 6000 miliard €, což rozpočteno na vyrobenou elektrinu za 50 let životnosti elektrárny by představovalo příplatek k ceně jedné kWh ve výši půl €.

2.5. Řešení klimatické krize pomocí výroby elektriny v jaderných elektrárnách

Koncem prvního desetiletí nového tisíciletí bylo na světě podle údajů IAEA v provozu 437 atomových elektráren a 28 nových ve výstavbě. Na základě pokročilého stáří jaderných

zařízení nelze očekávat masivní nárůst jejich celkového počtu. Pouze k tomu, aby došlo ke stabilizaci současného počtu reaktorů, bylo by nutné do 10 let vybudovat a uvést do provozu 80 nových reaktorů, tzn. každých šest týdnů jeden. V dalším desetiletí by se muselo jednat dokonce o 200 reaktorů, které by měly být připojeny k síti – tedy každých 18 dní jeden. Během třiceti let by se muselo jednat celkem o 400 nových reaktorů, aby zůstal podíl vyráběné elektrické energie stejný. Jako prostředek proti odvrácení klimatického kolapsu je tedy atomová energie iluzí.

Facit - ekologické následky

Nepřímé emise způsobené jadernou a obnovitelnou energií jsou podobně nízké, při snižujícím se obsahu uranu v těžených horninách ale porostou a limitně mohou dosáhnout hodnot pro plynové elektrárny.

Negativní vliv větrných elektráren avifaunu je značně přeceňován, ve skutečnosti jsou i z tohoto hlediska nejbezpečnější, jaderná energetika zabíjí o 60% více avifauny.

Spotřeba vody pro výrobu elektřiny v jaderné kondenzační elektrárně je o několik řádů vyšší než v případě větru a fotovoltaiky.

Externí náklady podpojištěním jaderných elektráren jsou velmi vysoké, pohybují se v rozmezí řádově vyšším, než je výrobní cena elektřiny v jaderných elektrárnách.

Pro nahrazení starých jaderných elektráren by bylo na světě třeba postavit stovky nových jaderných elektráren. To je iluzí, již kvůli odporu veřejnosti v západních zemích. Takové investice by současně zbrzdily rozvoj obnovitelné energetiky.

3. INVESTIČNÍ A ENERGETICKÉ NÁKLADY VÝROBY ENERGIE

3.1. Investice do energetických zdrojů

V tabulce jsou uvedeny celosvětové [investice](#) do energetických zdrojů v miliardách dolarů.

rok	jaderná výroba	OZE	výroba z uhlí	těžba uhlí
2011	12,05	340,73	133,89	971,52
2012	-	336,88	137,58	1091,97
2013	9,35	335,65	116,23	1069,30
2014	13,03	324,88	132,49	1126,32
2015	21,64	331,69	133,56	938,02
2016	26,32	316,13	117,21	707,78

Mezinárodní smlouva Euratom zaručuje jaderným elektrárnám různá privilegia a daňová zvýhodnění, mimo jiné formou výhodných kreditů. Ve [studii](#) „Der EURATOM-Vertrag zur europaweiten Förderung der Atomenergie - Noch mehr Geld für noch mehr Risiko?“, kterou zadala frakce GUE/NGL v EP, jsou uvedeny příklady využití kreditů k jiným účelům, než k jakým byly schváleny. V roce 2004 bylo 223,5 milionu € využito nikoliv pro zvýšení bezpečnosti stávajícího, ale pro výstavbu nového 2. bloku Cernavoda v Rumunsku. Ve druhém případě bulharské elektrárny Kozloduj byla analyzována bezpečnostní opatření financovaná z Euratom kreditů. Jejich následkem se reaktor vyhnul roztavení jádra.

III. dodatek novelizované smlouvy [Euratom](#) z března 2010 umožňuje finanční výhody pro výstavbu jaderných zařízení; a to osvobození od daní a cel týkajících se vědeckého a technického vybavení a substancí s výjimkou stavebních materiálů a administrativního vybavení i zjednodušení vstupu a pobytu zaměstnaných cizích státních příslušníků členských států. Ve smlouvě je zdůvodněna povaha veřejné prospěšnosti jaderných zařízení. Na likvidaci jaderného odpadu a odstranění vysloužilé elektrárny se sice dávají stranou prostředky, ale ty nejsou zdaněny, ani se neví, kolik jich na konečnou likvidaci jaderného odpadu bude zapotřebí, protože ještě nebyla kompletně (včetně konečného uložení paliva či jeho zbytků) zlikvidována žádná vysloužilá elektrárna. Rovněž cena jaderného paliva poroste, pakliže se začne uran těžit z málo výnosných substrátů, či z mořské vody, jak se někdy navrhuje.

Nejpodstatněji ale roste vlastní cena stavby. Během dvaceti let se mezi šedesátými a osmdesátými lety minulého století v Německu zvýšila cena za výstavbu jaderné elektrárny se stejným výkonem 1,2 GW celkem sedminásobně (Biblis A a Neckarwestheim).

Cena jaderných reaktorů se dnes již prudce zvyšuje i během jedné stavby a termíny dokončení se prodlužují. Po dlouhé době 15 let další budovaná evropská elektrárna Olkiluoto 3 ve Finsku měla být spuštěna v roce 2009 a původní smlouva mezi finskou firmou Teollisuuden Voima (TVO) a firmou Areva-Siemens z roku 2003 uváděla cenu 3,2 miliardy €. TVO zveřejnila v prosinci 2011, že komerční provoz bude zahájen v srpnu 2014. V roce 2012 odhadla [AREVA](#) náklady na stavbu elektrárny Olkiluoto 3 na 8,5 miliardy € a od této doby firma žádné další cenové údaje nezveřejnila. V roce 2016 citoval finský tisk [zdroje](#), které uvádějí, že elektrárna nebude připojena dříve, než v roce 2019. Cenový odhad navýšil finální cenu o půl miliardy €. U francouzské EPR elektrárny ve Flamanville je situace podobná.

Následkem těchto prodlev a nárůstu ceny se několik velikých firem jako Areva, EON či EDF dostaly do hlubokých finančních problémů a byly částečně dotovány z veřejných prostředků. Americká firma Westinghouse vyhlásila v roce 2017 [bankrot](#). Čtyři rozestavěné jaderné elektrárny na jihovýchodě USA byly ponechány neznámému osudu.

Původní cena nově, po dvaceti letech plánované výstavby JE v Anglii byla [stanovena cena](#) výstavby na 20,2 miliardy € a v roce 2016 byla částka, ještě před zahájením stavby upravena na 41,6 miliardy €. V průběhu roku 2014 povolila Evropská komise dlouhodobou dotaci na elektřinu vyrobenou v plánované britské JE Hinkley Point C. Rozhodnutím Evropské komise by měla být jaderná výroba elektřiny [dotována](#) pevnou výkupní cenou po dobu 35 let až do výše 92,5 liber za MWh. Tato cena je asi dvojnásobkem průměrné výrobní ceny elektřiny ze

stejného roku. Rozhodnutí o dotacích se stalo předmětem žaloby dvou členských států EU – Rakouska a Lucemburska.

Krátce po skončení klimatického summitu v Paříži koncem roku 2015 rozhodla Evropská komise rozšířit tuto výjimku i na další budoucí stavby jaderných elektráren, které mohou být podpořeny se státního rozpočtu. Smysl tohoto rozhodnutí je zřejmě navrátit výrobní kapacity do rukou velikých energetických firem.

Výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů naproti tomu není - s výjimkou biomasy - zatížena náklady na pořízování energetických surovin. Vítr a slunce jsou zdarma. „Grid parity“ (vyrovnání průměrné prodejní ceny elektřiny od dodavatele s průměrnou výrobní cenou elektřiny z vlastního fotovoltaického zdroje) bylo v Německu a v USA v oblasti New Yorku dosaženo ve třetím kvartálu roku 2011. Ve slunečních lokalitách jižní Evropy (Španělsko, Itálie) pak v roce 2012.

V roce 2016 bylo v Německu dosaženo vyrovnání cen pro systém s akumulací, tedy fotovoltaický proud z vlastní střechy je levnější než proud od dodavatele i ve chvílích, kdy slunce nesvítí. Jako i v jiných případech, také zde cenové předpovědi rozvoje obnovitelných zdrojů pokulhávaly za skutečností. Grid parity bylo ve skutečnosti dosaženo dříve, než bylo několik let před tím předpovězeno.

Zatímco ceny fotovoltaického a větrného proudu klesají, cena jaderně generovaného proudu roste. Studie [Temelinomika](#) z roku 2012 předpokládá budoucí výrobní cenu elektřiny z dostavěné elektrárny Temelín ve výši 3,99 Kč/kWh, což v posledních letech významně převyšuje výrobní cenu elektřiny z obnovitelných zdrojů.

3.2. EROI – energetická návratnost výroby energie

Pro posouzení skutečné hodnoty jednotlivých energetických zdrojů je zapotřebí brát v potaz významný parametr a tím je energetická návratnost. Vyjadřuje se jako procenta resp. násobek celkové vložené energie, jež je zapotřebí pro získání energie. Je-li EROI nižší než jedna, celý proces samozřejmě ztrácí smysl, protože žádnou energii navíc neprodukuje.

zdroj energie	EROI
uhlí	18
konvenční ropa	16
zemní plyn	7
ropné písky	5
biodiesel ze soji	5,5
etanol z obilí	1,4
voda	40 +
vítr	20
fotovoltaika	6
jádro	5

Zdroje: International Energy Agency; U.S. Energy Information Administration; U.S. Department of Agriculture; studies by Charles A. S. Hall et al. ScientificAmerican.com/apr2013/eroi

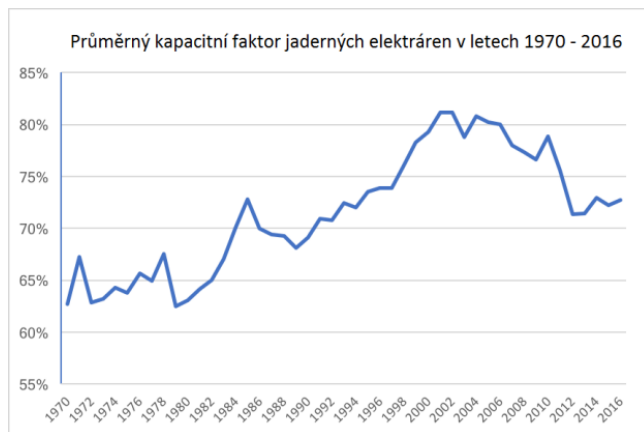
Minimální EROI, nutné pro zajištění základních potřeb průmyslové civilizace se uvádí v rozmezí 5-9. Jaderná energie leží na spodní hranici. Při snižujícím se obsahu uranu v těžené rudě může EROI klesnout pod 5. Podle [výpočtů](#) Storma a Smithe by při obsahu 0,01 – 0,02% U cyklus již žádnou netto energii nepřinášel.

3.3. Kapacitní faktory

Kapacitní faktor výroby elektrické energie je poměr reálné výroby určitého zařízení (elektrárny) a teoretické možnosti maximální výroby za stejný čas. Kapacitní faktory jednotlivých energetických zdrojů je značně liší a mezi sebou se liší i konkrétními místy. V následující tabulce jsou uvedeny [kapacitní faktory](#) v USA v roce 2009.

zdroj	kapacitní faktor (%)
uhlí	63,8
CCGT	42,2
OZE bez hydro	33,9
jádro	90,3

Čím je kapacitní faktor vyšší, tím je zdroj stabilnější. Jádro je nejstabilnějším zdrojem, když ale vezmeme v úvahu časovou závislost průměrného světového kapacitního faktoru JE, vidíme, že podléhá dlouhodobým změnám, jak je patrné z následujícího grafu.



Při posuzování vlivu stability zdrojů na síť je třeba mít na mysli jejich velikost, popřípadě podíl velikosti zkoumaného zdroje na celkovém instalovaném výkonu. U velkých zdrojů jakými jsou jaderné elektrárny, tvořící významnou část celkové elektrické produkce, je třeba myslet na potíže, při náhlé potřebě okamžitého odpojení od sítě. Postupné odpojení větrných elektráren díky snížení proudění v určitém regionu nikdy nepřinese okamžitý a nečekaný výpadek elektrické výroby (i vzhledem k úspěšným předpovědím) a okamžité odpojení jedné větrné nebo fotovoltaické elektrárny od sítě bude mít velmi malý vliv.

3.4. Geopolitická závislost na zdrojích a finanční stabilita

Být závislý na dodávkách zdrojů a surovin ze zahraničí je vždy riskantní. Dnes se to možná tak nejeví, ale situace se může kdykoliv změnit. Do hry vstoupí nejistota daná politickými okolnostmi vzájemných vztahů exportní a importní země, případě dalších okolností. Energie získatelná ze zdrojů na vlastním území vždy poskytne energetickou nezávislost a svobodu. Nezávislost na dovozu energetických surovin představuje ekonomiku, při níž prostředky za nákup energetických surovin a energie zůstávají v zemi původu, což a znamená zvýšení resilience proti výpadkům a oscilacím trhu se surovinami. Nikdo nám nebude moci diktovat politické podmínky za dodávky energetických surovin. Cena základních energetických surovin obnovitelného systému - především slunečního záření a větru - je a zůstane nulová, díky obecné dostupnosti. Cena energie z plně obnovitelného systému nebude proto v budoucnu nikdy růst, neboť cena zařízení na konverzi energie (fotovoltaika, CSP, větrné elektrárny) bude při zvyšující se kvalitě a účinnosti stále klesat a v jistém horizontu bude kopírovat inflaci.

Naopak, dovoz primárních energetických surovin, jaderného paliva nebo fosilních surovin bude vždy závislý na ceně a stále již poroste.

3.5. Náklady na odstranění jaderné elektrárny

Kritici jaderné energie poukazují často na rostoucí náklady na výstavbu elektrárny, i na možné poruchy a havárie během provozu, ale vcelku malá pozornost se věnuje odstranění vysloužilé elektrárny.

V časopise jaderných vědců [Bulletin of the Atomic Scientist](#) uvádí profesor jaderného inženýrství z MIT, David H. Rose, nejspolehlivější odhad nákladů na vyřazení jaderné elektrárny z provozu ve výši 10-15% nákladů na výstavbu. Tento odhad je hluboce podceněný, jak ukazuje příklad Yankee Nuclear Power Station v Rowe, Massachusetts, kde odstranění trvalo 15 let, tedy pětikrát tak dlouho ve srovnání s výstavbou. Cena odstranění reaktoru vybudovaného na počátku šedesátých let za 39 milionů USD (inflačně k roku ukončení 184 milionů USD), dosáhla 608 milionů USD. Reaktor pracoval do roku 1992. Použité palivové tyče jsou skladovány v elektrárně, protože pro ně stále neexistuje trvalé úložiště. Jejich sledování a zabezpečení, aby nepadly do rukou teroristů nebo nebyly spláchnuty do blízké řeky, si vyžádá náklady 8 milionů USD ročně. Tyto náklady budou pokračovat neznámý počet let.

David Lochbaum z Union of Concerned Scientists odhaduje, že i bez průběžných nákladů na uskladnění a kontrolu budou soudobé náklady na odstranění starého reaktoru okolo 500 milionů USD.

3.6. Průběžné náklady jaderné a obnovitelné energie

Průměrné průběžné operační náklady (O&M) na fotovoltaickou elektrárnu průmyslové velikosti se podle [NREL](#) pohybují okolo 17 USD/10 MWh, zatímco pro jadernou elektrárnu pokročilého typu jsou podle [EIA](#) 243 USD/10 MWh.

Facit - investiční a energetické náklady výroby energie

V letech 2011 – 2016 bylo do jaderné výroby elektřiny na světě investováno pouhých 4,1% z celkových investic do OZE.

Nově budované evropské reaktory EPR ve Finsku a Francii mají již nyní skluz minimálně 10 let a jejich rozpočet se prozatím zvýšil z původních 2,6 miliardy na 9 miliard €, resp. 10, 5 miliardy €.

Žádná výstavba jaderné elektrárny se nemůže uskutečnit bez dotací, státních záruk, daňových úlev a výhodných půjček, např. podle smlouvy Euratom.

Kapacitní faktor JE je ve srovnání s jinými zdroji vysoký, ovšem OZE s účinnou akumulací mohou dosáhnout vyšší hodnoty.

Obnovitelné zdroje zajistí na rozdíl od jaderné energie vyšší míru finanční stability a politické nezávislosti země.

Náklady na odstranění jaderné elektrárny pravidelně několikanásobně převyšují předpokládanou částku.

O&M náklady na elektřinu generovanou v moderní jaderné elektrárně jsou 14 krát vyšší než tytéž náklady na elektřinu generovanou průmyslovou fotovoltaikou

4. Zdravotní následky a bezpečnost

4.1. Onemocnění a úmrtí následkem energetických výrob

Každá výroba energie sebou nese rizika úrazů a úmrtí. Počty úmrtí z roku 2012 jsou souborně uvedeny v [následující tabulce](#) a jsou vztaženy na 1 PWh.

energetický zdroj	počet úmrtí /PWh
uhlí	100.000
zemní plyn	4.000
fotovoltaika na střeších	440
větrné turbíny	150
hydroenergie	1400
jádro	90

Je velmi pravděpodobné, že počty úmrtí uváděné s jadernou výrobou by mohly být mnohem vyšší, protože například u počtu obětí Černobylské havárie je rozptýl počet obětí, uváděných v odborných publikacích, v rozmezí mnoha řádů. Od 54 obětí až k 1 milionu podle [profesora Jablokova](#) z RF, jehož zprávy jsou ignorovány Světovou zdravotnickou organizací (WHO) i Světovou agenturou pro atomovou energii (IAEA).

Podle [Otto Hug Strahleninstitut für Gesundheit und Umwelt e. V.](#) v Mnichově bylo během 10 let před černobylskou havárií v Bělorusku zaznamenáno celkem 7 případů rakoviny štítné žlázy u dětí, zatímco v období od roku 1986 do konce roku 2004 onemocnělo touto nemocí asi 1300 dětí a mladistvých. Celkově vzrostly nové případy rakoviny štítné žlázy ze 123 případů za rok (1975-1984) na více než tisíc případů za rok (2002 - 2004).

Fatální jaderné katastrofy (Kyšty, Three Mile Island, Černobyl, Fukušima) nejsou jediným zdrojem ionizujícího záření dopadajícího na životní prostředí nad přirozené pozadí. Dlouholetá výzkumná činnost německých vědců z [mnichovského Helmholtzova centra](#) (Scherb, Voigtová, Kusmierz), přinesla statistické průkazy účinků nízkoprahového záření, jež se projevuje u jaderných elektráren a dalších jaderných zařízení při běžném provozu, především změnou poměru pohlaví při narození dětí (sex-odds).

Závěry z publikace americké [National Academies of Sciences, Engineering and Medicine](#) považují za prokázané, že i nízké hladiny ionizující radiace představují zdravotní riziko.

4.2. Stárnutí jaderných reaktorů

Starší jaderné reaktory vykazují větší bezpečnostní nedostatky – především proto, že jejich celosvětový arzenál byl v roce 2015 v průměru 28,8 let [starý](#), čímž vzrostlo riziko nehody s těžkými následky. Riziko nehody klesá od uvedení do provozu s tím, jak se elektrárna zaběhne a jak se personál při řízení elektrárny profesionalizuje; po dosažení minima se riziko opět zvyšuje s ohledem na [stárnutí celého komplexu](#), včetně mikrotrhlin a radiačního stárnutí materiálu.

V Německu se dohodlo odstavení jaderných elektráren po 32 provozních letech, ve Francii po 40 a ve Finsku po 60 letech.

4.3. Outsourcing

V jaderných elektrárnách používá na některé odborné práce outsourcing, tedy najímání cizích firem na konkrétní úkoly. Právě při této organizaci práce je vysoké riziko nezodpovědně vykonané práce. Konkrétních příkladů klasického šlendriánu lze nalézt mnoho, jak v jaderných elektrárnách Temelín a Dukovany, tak i například v německé elektrárně [Phillipsburg](#), kde byly vykázány kontroly zařízení na detekci radiace, ale pak se šetřením ukázalo, že nebyly provedeny. V českých elektrárnách byly zjištěny nedostatečně kontrolované a vadné sváry. Outsourcing je anonymní a firmy, které byly na práci najaty, nejsou spojeny s elektrárnou či jejími zaměstnanci žádným profesním či osobním poutem, pouze finančně.

4.4. Teroristické útoky

Považuje se za možné, že při plánování teroristických útoků na centrum New Yorku v roce 2001 zvažovali únosci úder na elektrárnu Indian Point, 35 mil od centra Manhattanu. Jedno z unesených letadel letělo poblíž této elektrárny a při vojenských akcích v Afganistanu byly v jednom úkrytu nalezeny plány jaderné elektrárny. Spekuluje se nad tím, že únosci nakonec

tento cíl nezvolili, protože se obávali, že by byli sestřeleni raketovou obranou elektrárny ještě před vlastním zásahem. Nevěděli, že neexistovala.

Německá fyzička Oda Becker ve své [studii](#) poukazuje na možnost (teroristického) útoku protipancéřovou raketou Kornet 14-AT s dvojnásobnou kumulativní náloží ruské výroby, která má průraznost 1,2 m ocelové stěny a pravděpodobně může být ke koupi na blízkovýchodních trzích.

Jinou možností teroru je použití takzvaných špinavých bomb, které mohou být použity pro cílenou kontaminaci rozptýlením ukradeného nebo zneužitého radioaktivního materiálu např. výbuchem konvenční trhaviny. Následky na zdraví mohou být mimořádně veliké. Podle [APS](#) dochází v USA ke zmizení nejméně jednoho radioaktivního zdroje ročně. Na základě analýze následků historických událostí s ukradenými zářiči Brazílii se však zdá, že enormní by byly především ekonomické důsledky.

Facit – zdravotní následky a bezpečnost

Negativní zprávy o následcích jaderných havárií se často zamlčují a bagatelizují. Počet obětí černobylské havárie z různých odborných pramenů se liší v rozmezí mnoha řádů od 54 obětí až po milion.

Běžný provoz jaderných zařízení je podezřelý z mutagenních účinků – fenomén chybějících dívek v okolí jaderných zařízení.

Prodávování životnosti jaderných reaktorů přináší další riziko, stejně jako nezodpovědný outsourcing.

Zdravotní škody a úmrtí způsobené obnovitelnými zdroji na bázi sluneční a větrné energie se mohou týkat pracovníků, kteří nedodržují při montáži bezpečnostní předpisy.

Dalším možným ohrožením je zneužití radioaktivního materiálu, který by mohl padnout do rukou teroristů nebo vyděračů. Nebezpečí roste s objemem radioaktivního materiálu.

5. Odpady z výroby energie

5.1. Úložiště jaderného odpadu

Skutečnost, že ani po 60 letech od spuštění prvního komerčního reaktoru není nikde na světě žádné trvalé úložiště vysoce radioaktivního jaderného odpadu je alarmující. Je pravdou, že pro nakládání s jaderným odpadem sice existuje mnoho návrhů, ale žádné fungující řešení. Často se pro celý jaderný proces používá označení „Open End Technology“. Stávající úložiště jsou v mnoha případech problematická, jak zevrubně popisuje [zpráva](#) německého BUNDu. Jedná se jak o faktické chyby a neznámé faktory stárnutí materiálů (těsnění, šrouby, polymerní materiály na stínění neutronů...), tak i formální nedostatky, jako chybějící stavební povolení.

Dodnes není na světě žádné konečné úložiště jaderného odpadu. V Yucca Mountains v USA se utratilo za výstavbu úložiště [15 miliard](#) dolarů, ale rozhodnutím prezidenta Obamy byla nakonec stavba přerušena, z důvodů častých zemětřesení v oblasti.

V EU se staví od roku 2004 ve Finsku trvalé úložiště jaderného odpadu a mělo by být předáno do užívání v roce 2023. Cena byla stanovena na 818 milionů €.

Objevila se [nejistota](#) ohledně stability měděných kontejnerů, v níž budou palivové články uzavřeny. Podle Petera Szakálose ze Švédské akademie věd se může měď rozpouštět i čisté, bezkyslíkaté vodě, takže se odhaduje, že by měděné kontejnery byly těsné pouhých 1000 let místo požadovaných 100.000 let.

5.2. Reprocessing – riskantní přepracování paliva

O přepracování paliva se často hovoří jako o alternativě k úložišti a o možnosti získání další energie ze separovaného plutonia. To je nesprávné tvrzení, protože množství odpadu by se nesnížilo, naopak by se zvětšil jeho objem a navíc to znamená využívání plutonia jako jedné z nejnebezpečnějších látek. Množství recyklovaného plutonia je 1%. V USA se z těchto důvodů k reprocessingu nepřistoupilo.

V anglickém Sellafieldu se v roce 2018 po velkých nákladech, kontaminaci okolí a Irského moře [uzavře](#) závod na přepracování paliva - produkční jednotka vyrábějící jaderné palivo MOX (Mixed Oxide), směs oxidů uranu a plutonia.

Podle [USC](#) představuje přepracování paliva rovněž riziko, že se vysoce nebezpečný štěpný materiál – plutonium dostane do nepovoláných rukou. Méně než 6 kilogramů postačuje k výrobě jaderné nálože.

Přepracování a použití plutonia jako reaktorového paliva je mnohem dražší než uranové palivo a likvidace vyhořelého paliva přímo. Ministerstvo energetiky USA nedávno zveřejnilo odhady, že zařízení na přepracování s roční kapacitou odpadajících 2 000 tun vyhořelého paliva by stálo až 20 miliard dolarů. Laboratoř Argonne National Laboratory odhadla, že cena za přepracování vyhořelého paliva by se pohybovala od 0,4 do 0,6 centu na kilowatthodinu.

5.3. Odpad z obnovitelných zdrojů

Často se předhazuje, že po ukončení životnosti fotovoltaických panelů, zůstanou na polích stát opuštěná torza slunečních elektráren. To neodpovídá skutečnosti. V EU velmi dobře funguje systém PV Cycle, který dosahuje vysoké míry recyklace starých a poškozených fotovoltaických panelů. V posledních letech bylo recyklováno 96% doslouživších panelů, což je míra recyklace, která nebyla dosažena v žádné jiné komoditě, či materiálu.

Recyklace kovových materiálů z větrných elektráren nečiní žádné problémy.

Facit – odpad z výroby energie

Jaderný odpad je třeba dlouhou dobu izolovat od životního prostředí, nejradioaktivnější na 100.000 let. To klade velké nároky na způsob uskladnění, použité materiály a výběr místa.

Zatím nikde na světě neexistuje konečné úložiště, v USA byla stavba přerušena a nový projekt se staví ve Finsku. V té souvislosti se objevily otázky ohledně stability

Přepracování palivových článků je složitou operací, při níž množství ani objem radioaktivního odpadu neklesnou. Získané plutoniové palivo je velmi nebezpečné a zneužitelné.

Vysloužilá fotovoltaika se naopak recykluje v rámci evropského systému v neobvykle vysoké míře 96%.

6. LIMITY DOSTUPNOSTI ENERGETICKÝCH SUROVIN

6.1. Těžba uranu

Všechny zdroje pro fosilní a jadernou energetiku jsou konečné. Současná spotřeba uranu pro stávající evropské reaktory, představující asi 43% světového počtu, je 21 kt za rok. Historické údaje z mnoha zemí ukazují, že z ložiska nelze v průměru vytěžit více než 50-70% uranu. [Analýza](#) novějších údajů z Kanady a Austrálie vede k modelu s průměrnou životností těžby 10 ± 2 roky. Na základě těchto předpokladů lze pro všechny větší existující a plánované uranové doly do roku 2030 lze odhadnout dosažení maxima těžby uranu ve výši 58 ± 4 kt kolem roku 2015. Pak výroba uranu poklesne do roku 2025 na maximálně 54 ± 5 kt a do roku 2030 na nejvýše 41 ± 5 kt. Během příštích 10-20 let nebude toto množství pro stávající a plánované jaderné elektrárny dostačovat. Bude obtížné vyhnout se nedostatku uranu i za použití útlumového scénáře do roku 2025 v míře 1% ročně. Pokud nebude globální ústup od jaderných technologií dobrovolný, bude to znamenat konec současných dodávek levného uranu. Některé země si nebudou moci dovolit potřebné množství uranového paliva, což může znamenat, že v těchto zemích dojde k nedobrovolnému a možná chaotickému vyřazování jaderných elektráren, zhorší se ztráty, výpadky a celková situace.

6.2. Těžba uranu z mořské vody

S ohledem na omezené zásoby uranu pro jaderné elektrárny se někdy navrhuje [těžba uranu z mořské vody](#). Koncentrace uranu v mořské vodě je velmi nízká - pouhé 3 mikrogramy na litr, ale celkové množství rozpuštěného uranu se odhaduje na 4.5 miliard tun kovového uranu, což je ve srovnání s pozemskými zásobami okolo 17 milionů tun uranu ohromující množství.

Současná spotřeba a uvedená koncentrace rozpuštěného uranu by ale vyžadovaly každoroční zpracování objemu Severního moře. Energetická i materiálová spotřeba na čerpání a filtraci vody by byla tak velká, že tento postup nemá žádnou perspektivu. Řešením by mohlo být použití adsorbentů umístěných v oceánských proudech. Tato technologie v současné době umožňuje výrobu malých množství uranu za nereálné ceny. Extrapolace pro průmyslové měřítko nebyla provedena. Vzhledem k současným znalostem by však bylo extrémně riskantní, aby jaderný průmysl zahájil průmyslovou strategii založenou na možné těžbě uranu z mořské vody, především z cenových důvodů.

Dalším aspektem je EROI, energetická návratnost. Ugo Bardi (*Der Geplünderte Planet, oekom, 2013, str. 170*) předpokládá, že získání uranu by vyžadovalo prakticky stejné množství energie, jaká by se při současné jaderné technologii z tohoto procesu získala.

6.3. Jiný štěpný materiál - thorium

Uvažuje se o možnosti využití [thoria jako paliva](#) pro jaderné elektrárny. Thorium však nemůže být použito samo o sobě, k udržení jaderné energie je nutná řetězová reakce, a proto musí být použito spolu se štěpným materiálem, jako je obohacený uran, uran 233 nebo plutonium. Ve srovnání s reaktory provozovanými samotným uranem neposkytují tedy reaktory plněné thoriem a uranem žádné evidentní výhody. Všechny typy jaderných paliv, ať už uranu – nebo thoria, vytvářejí během provozu reaktoru velké množství tepla a pakliže selžou systémy jeho odstraňování, může teplo způsobit vážné bezpečnostní problémy, jak bylo vidět ve Fukušimě.

Oddělení energetiky UCS dospělo k závěru, že volba mezi palivy na bázi uranu a palivo na bázi thoria je v podstatě považováno za jednu z priorit, bez zásadního rozdílu řešení problémů s jadernou energií - nakládání s odpady, riziko šíření, bezpečnost, ekonomika a udržitelnost. Zpráva rovněž uvádí, že v současné době v USA neexistuje žádná infrastruktura pro palivo založené na thoriu a zpracování těchto paliv je na nižším stupni technické zralosti, ve srovnání se zpracováním paliva na bázi uranu. U nákladů RD & D (výzkum, vývoj a rozvoj) se očekává, že budou v případě thoria vyšší.

Předpokládá se, že fluoridové thoriové reaktory, které by pracovaly s vysokou teplotou paliva ve formě roztavené soli, by byly podstatně bezpečnější než reaktory současné generace. Thoriové reaktory však mají zásadní nedostatky. Vážné bezpečnostní problémy představuje uchovávání štěpných produktů v palivu a není zřejmé, zda tyto problémy mohou být účinně vyřešeny. Thoriové reaktory rovněž představují nebezpečí proliferace a jaderného terorismu, i další problémy, protože zahrnují nepřetržité oddělování nebo přepracování paliva za účelem odstranění produktů štěpení. Rovněž mohou efektivně vyrábět U-233, jež je použitelný v jaderných zbraních. Rovněž není vyřešena likvidace použitého paliva.

Stabilizace a likvidace pozůstatků malého experimentu s roztaveným fluoridem, který pracoval v Oak Ridge National Laboratory v šedesátých letech minulého století a potýkal se s technicky náročným problémem vyčištění a lokalita ještě nebyla zcela dekontaminována. Po padesáti letech se v roce 2017 uvažovalo o zalití [radioaktivních zbytků](#) do betonu.

Facit – limity dostupnosti energetických surovin

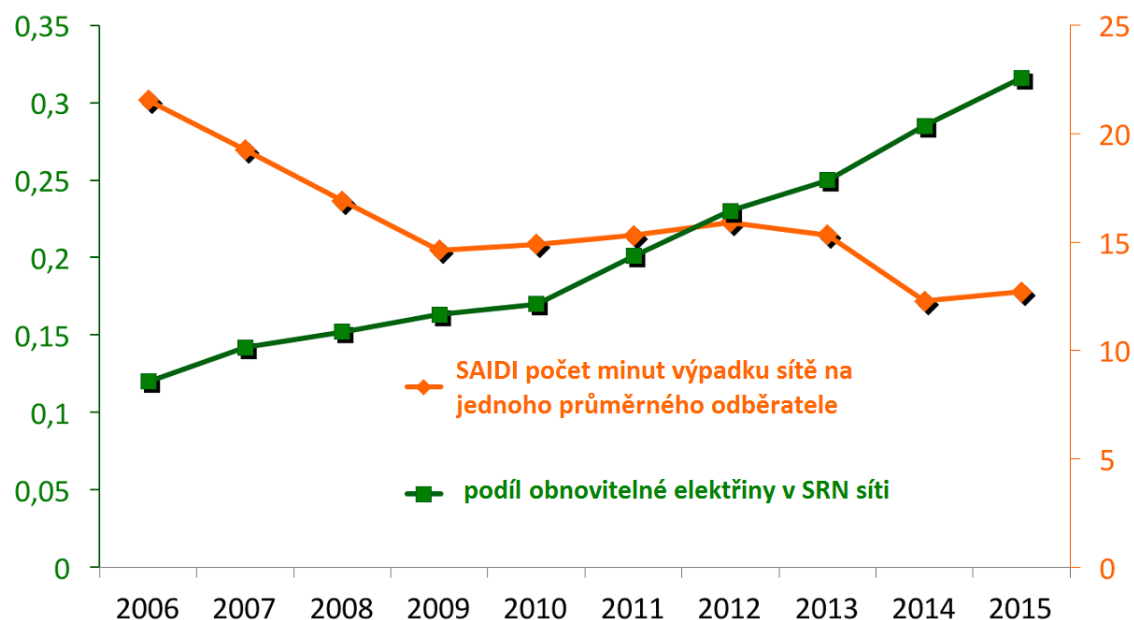
Zásoby uranu postačují při současné spotřebě na několik málo desetiletí, těžba z moře je ekonomicky i energeticky neúnosná.

Využití thoria pravděpodobně nepředstavuje žádnou výhodu, protože k provozu thoriového reaktoru je zapotřebí štěpný materiál, uran nebo plutonium. Není vyřešeno odstraňování štěpných produktů z roztaveného paliva a neexistuje žádná infrastruktura na velkoobjemové zpracování potřebného thoria.

7. STABILITA ELEKTRICKÝCH SÍTÍ

Jednou z častých námitek proti vyšší penetraci elektrické sítě obnovitelnou energií je intermitence slunečních a větrných zdrojů, která podle kritiků způsobí kolísání nabídky a povede k blackoutům.

Tato námitka se ale nepotvrzuje, jak dokládá graf hodnotící stabilitu německé sítě parametrem [SAIDI](#) (System Average Interruption Duration Index) v závislosti na procentu obnovitelné elektřiny v síti. Je z příloženého patrné, počet průměrných minut blackoutů na jednoho obyvatele s rostoucím podílem klesá.

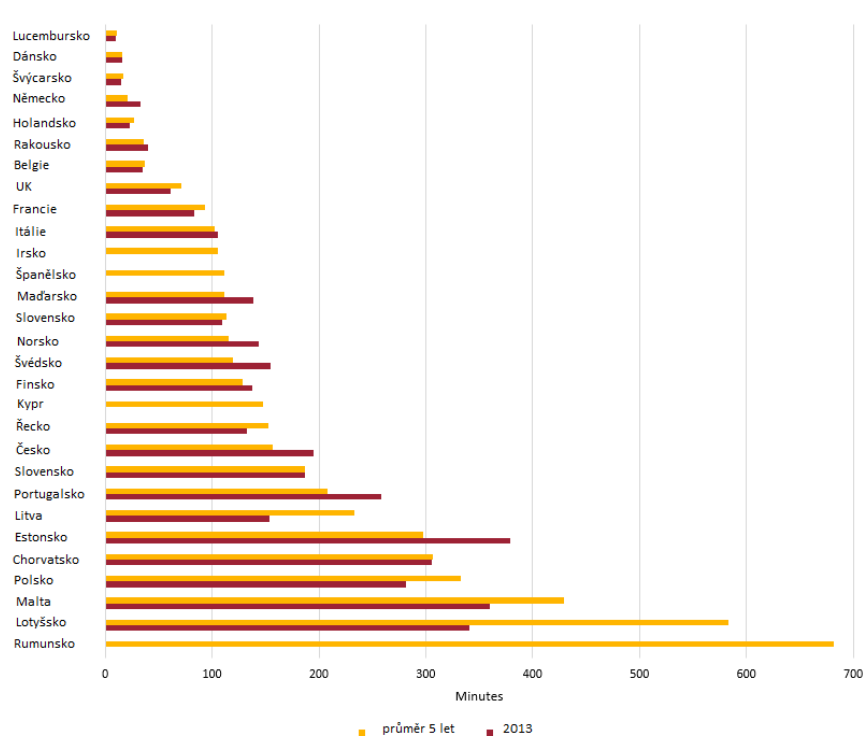


Sources

a) SAIDI: Bundesnetzagentur

b) Green Power: Federal Ministry of Economic Affairs and Energy: Entwicklung des Anteils erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch in Deutschland

To, že se nejedná pouze o německé specifikum, ukazuje následující [tabulka](#), která udává parametr SAIDI pro různé evropské země.



Pouze s výjimkou Lucemburska (jež je importérem elektrické energie) jsou všechny země s nízkým parametrem SAIDI převážně zeměmi s vysokým podílem obnovitelné elektřiny - Dánsko, Německo a Rakousko.

Facit – stabilita sítí

Se zvyšujícím se podílem obnovitelných intermitentních zdrojů roste stabilita dodávky elektrické energie, což bylo konstatováno v různých zemích.

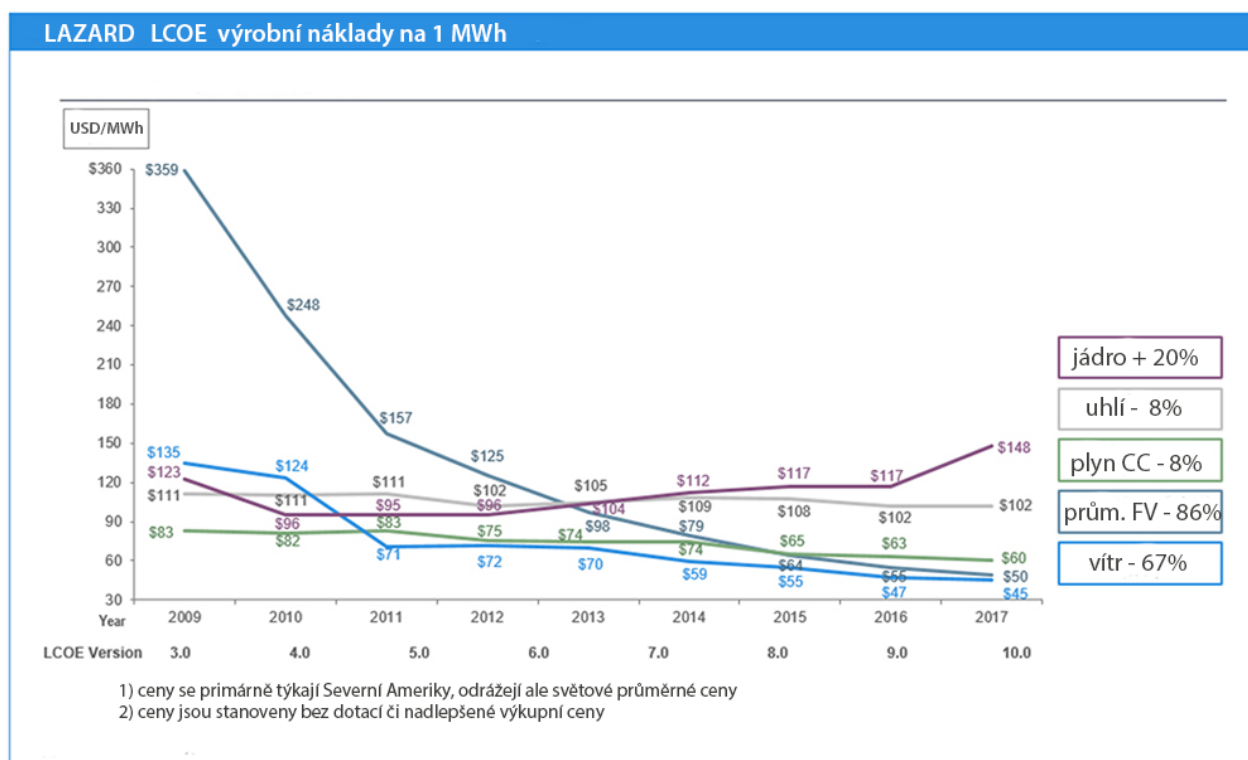
8. CENA ELEKTRINY

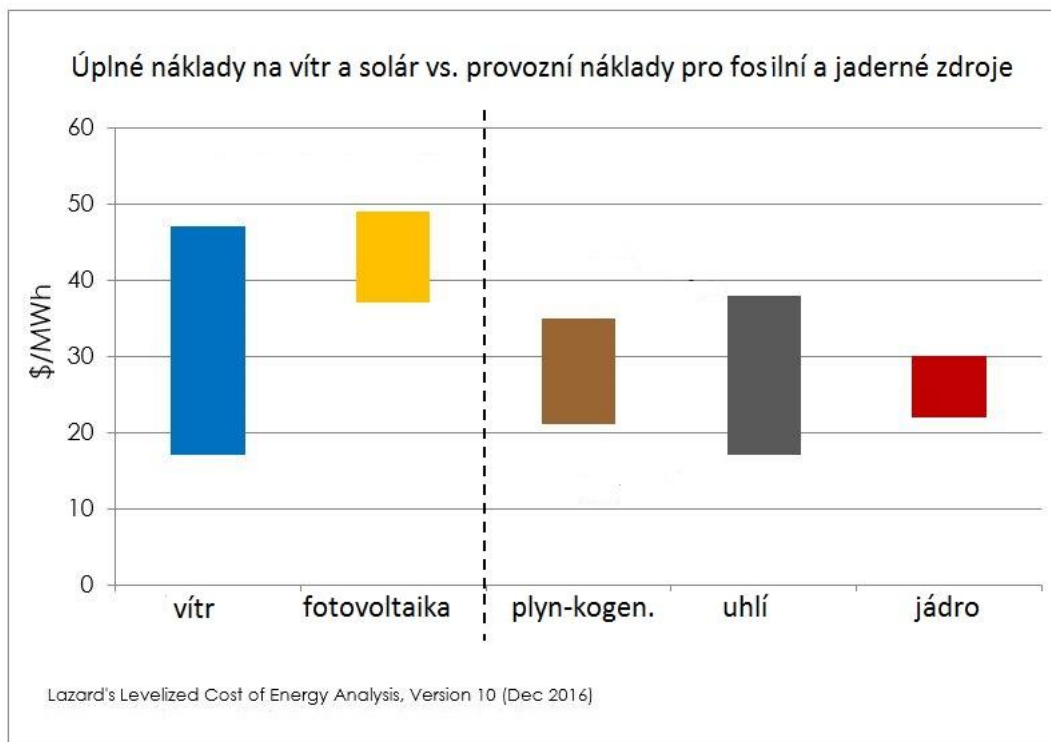
Obnovitelná elektřina je dnes levnější než fosilní a jaderné zdroje. K tomuto závěru v loňském roce došla na základě pravidelných ročních ekonomických analýz mezinárodní investiční banka [Lazard](#), jež je jednou z vedoucích světových firem pracujících na poli finančního poradenství, řízení aktiv, oblasti fúzí, akvizic a dalších finančních strategií a pracuje pro velké světové energetické koncerny jako Areva, Enel a Iberdrola.

Obecně lze říci, že průmyslové velikosti solárních i větrných parků poskytují levnější elektřinu než uhlí i jádro, v některých případech i zemní plyn. Zde jsou některé LCOE ceny (v US centech na 1 kWh) v případě nových zdrojů stavěných v roce 2017: Krystalická fotovoltaika v průmyslovém rozměru v rozmezí 4,6 až 5,3 tenkovrstvá fotovoltaika je o 0,3 až 0,5 levnější, větrná energie onshore (na pevnině) je v rozmezí 3,0 až 6,0.

Naproti tomu uhlí poskytuje cenu v rozmezí 6 až 14,3 a jaderná elektrárna 11,2 až 18,3. Nákladová cena jaderné elektřiny neobsahuje cenu finálního a úplného odstranění jaderné elektrárny, tzv. decommissioning. Ještě dražší by byly uhelné elektrárny s technologií zachytu a ukládání oxidu uhličitého (CCS technologie) a v mnoha případech i plynová kogenerace.

V citované studii banky Lazard se porovnávají vyrovnané náklady energie (LCOE), tedy ty, co jsou vztaženy na jednotku vyrobené elektřiny za celou životnost elektrárny. V této ceně jsou započteny veškeré náklady na projekt, jeho výstavbu, potřebná paliva, vodu a všechny další průběžné náklady, včetně demontáže zařízení (u ceny jaderně generované elektřiny bez nákladů na demontáž jaderné elektrárny).





Uvedený graf srovnává investiční a provozní náklady obnovitelně generované elektřiny ze slunečních a větrných zdrojů vs. provozní náklady v případě konvenčních zdrojů v roce 2016. Je patrné, že cena větrné energie je srovnatelná s mezními náklady uhelné výroby elektřiny plus náklady na palivo a v případě sluneční energie jsou nejnížší celkové náklady o nižší než nejvyšší marginální náklady výroby elektřiny z uhlí. Ve výhodných větrných lokalitách budou výrobní náklady elektřiny nižší než nejnížší provozní náklady jaderné elektrárny.

Facit – cena elektřiny

Cena elektřiny z obnovitelných zdrojů klesá a zdá se, že ještě jistou chvíli klesat bude. Jak u fotovoltaiky, která se během 10 let z nejdražšího zdroje stala zdrojem nejlevnějším, tak i v případě větrné elektřiny.

Cena primárních energií, slunce a větru, pro výrobu v těchto zdrojích neporoste, protože nemůže být obchodním artiklem.

9. PROMĚNY ENERGETICKÉ SITUACE

9.1. proměna názorů na jadernou energetiku

Situace se během poslední dekády v mnohém změnila. Co se před desíti lety běžně [psalo](#) o výhodách jaderné výroby elektřiny a jaká je situace dnes?

1. jsou spolehlivé

- ano, mají vysoký kapacitní faktor, ale nejsou kompatibilní s obnovitelným systémem, který může dodávat 100%

2. neemitují skleníkové plyny

- LCA (Life Cycle Analysis) ukazuje, že emitují
- při postupném snižování kovatosti uranové rudy porostou nepřímé emise CO₂

3. mají konkurenceschopnou cenu

- to dnes vůbec není pravda, naopak jádro je u nově stavěných elektráren nejdražší zdrojem

4. jsou kompaktní (relativně malé na jednom místě)

- to je nesporná výhoda pro jejich majitele
- jaká to v tom výhoda pro uživatele?
- při tragických událostech je to nevýhoda (teroristický útok, zemětřesení, válečná událost...)

5. současné elektrárny jsou bezpečné

- jistě jsou bezpečnější než kdysi
- že jsou bezpečné se ale tvrdilo vždy, i před velkými haváriemi a uváděla se velmi nízká pravděpodobnost větší havárie, což nebylo splněno

6. provozní náklady jsou nízké

- mají ale vysoké investiční náklady, takže tato výhoda se eliminuje
- obnovitelné zdroje mají provozní náklady mnohem nižší

7. jsou silné a účinné

- to znamená centralizované, to je zajímavé pro provozovatele a majitele ale pro spotřebitele i z hlediska stability a resilience je výhodnější decentralizovaný systém

9.2. Celosvětové příspěvky instalované kapacity energetických zdrojů v roce 2016

Meziroční příspěvky instalované [výrobní kapacity](#) v GW pro různé zdroje na světě jsou uvedeny v následující tabulce, a jasně demonstrují, které zdroje mají jasnou převahu. Instalovaný výkon není identický s množstvím vyprodukované elektřiny.

zdroj	solar FV	vítr	OZE celkem	plyn	uhlí	jádro
GW	74	52	164	29	57	9,4

V EU bylo v roce 2016 z celkové nově [instalované kapacity](#) 24.5GW celých 21.1GW, neboli 86% z větru, slunce, vody a biomasy.

Facit – proměny energetické situace

Během posledních deseti let se zásadně a velmi rychle proměňují názory na jadernou energetiku, především v lépe informovaných zemích.

Tomu zcela reálně odpovídají instalované kapacity jednotlivých energetických zdrojů, kde výrobní potenciál OZE je řádově vyšší, než u jaderné technologie.

V EU činil v roce 2016 podíl nových instalací OZE z celkových instalací téměř 90% kapacity.

10. ÚPLNÉ ZÁSOBOVÁNÍ OBNOVITELNOU ENERGIÍ

10. 1. 100% obnovitelné scénáře

Úplné zásobování obnovitelnou energií je nejenom jediným schůdným a již v tuto dobu celosvětově dostupným řešením mnoha současných problémů: globální oteplování, omezená dostupnost současných energetických surovin, ekologická kompatibilita, tvorba stabilních pracovních míst a konečně i nejnižší cena.

V současné době existují a stále přibývají scénáře, které jsou koncipovány především na bázi sluneční a větrné energie, zde jsou některé z nich:

- 1) [100% scénář pro Japonsko](#)
- 2) [100% scénář pro celý svět](#) z univerzity v Lappeenranta, modelující zajištění energie pro oblasti elektřiny, tepla i mobility, včetně potřebné akumulace a dostavby sítí
- 3) [Modelace obnovitelné energetické soustavy pro ČR](#) on line, EUROSOLAR.cz
- 4) [M. Jacobson et al](#): 100% čistá a obnovitelná větrná, vodní a sluneční energie pro všechny sektory spotřeby a 139 zemí na světě, vytvořený na Stanfordské univerzitě.

Stanfordský scénář je postaven na energetickém mixu energie z větru, vody a slunce (WWS) a předpokládá následující rozložení zdrojů:

zdroj elektřiny	zastoupení v %
FV na residenčních střeších	14,89
solární elektrárny	21,36
koncentrátorové sluneční elektrárny (CSP)	9,72
FV na komerčních/státních budovách	11,58
vítr na pevnině (onshore)	23,52
vítr mimo pevninu (offshore)	13,62
energie vln	0,58
geotermální energie	0,67
vodní energie	4,0
přílivové elektrárny	0,06

Autoři uvádějí další výhody: snížení spotřeby energie o 42,5%, zajištění energii pro všechny, tvorba 24,3 milionu trvalých pracovních míst a zajištění energie pro elektrifikaci, transport, topení/chlazení, průmysl zemědělství, to vše do roku 2050 a týká se 139 zemí světa.

10. 2. Příklady 100% obnovitelné realizace

- Ostrov Samsø v Kattegatu od roku 2002 (100% obnovitelná elektřina, kompenzace dopravy další výrobou elektřiny z offshore větrných elektráren, obnovitelné teplo)
- Spolková země Burgenland/Rakousko od roku 2013 (100% elektřina z lokálního větru a biomasy)
- Okres Lüchow-Danneberg/SRN od roku 2011 (100% elektřina z lokálního větru a biomasy) na cestě k 100% obnovitelnému teplu a mobilitě
- Nieder Österreich/Rakousko (100% elektřina z lokálních OZE: voda, vítr...)
- Kostarika (95-99% elektřiny z OZE, plná dekarbonizace do roku 2021)
- Uruguay (95% elektřiny z OZE)
- Ostrov El Hierro/Španělsko (100% elektřiny z OZE)
- obec Kněžice ve středočeském kraji (100% elektřina a teplo z bioplynu a biomasy)
- [a mnoho dalších](#) měst, míst a okresů na celém světě již takového cíle dosáhlo, nebo jej chce dosáhnout v příštích letech.

Facit – 100%

Existuje množství 100% obnovitelných, nebo k této hranici se blížících realizací na všech kontinentech světa, stejně jako řada teoretických scénářů.

Nepodařilo se zjistit, že by některá obec, okres či země usilovaly o úplné zásobování 100% jadernou energií.

Závěr

Zdá se být velmi pravděpodobné, že jaderná energetika po šedesáti letech nemá již budoucnost. Vrstí se problémy s financováním, ukládáním odpadu a dostupností štěpného materiálu. Jaderná zařízení v běžném provozu jsou podezřelá z vlivu na lidská embrya. Jaderné elektrárny spotřebovávají značná množství chladicí vody. Navrhovaná nová řešení nejsou ve stádiu technologické zralosti a nepřinášejí zásadní zlepšení.

Jaderná energie a její materiály přinášejí stále nebezpečí proliferace jaderných zbraní a riziko zneužití i teroristických útoků. Jaderná energie je energií z velkého centralizovaného zdroje.

Jako řešení se nabízí úplné zásobování obnovitelnou energií, které je reálné na základě pozitivních příkladů v okolí České republiky i na základě fundovaných scénářů z univerzit ve Finsku a Spojených Státech. Obnovitelnou energií, jejíž následky pro životní prostředí i lidské zdraví jsou ve srovnání s jadernou energií minimální, energií, kterou nelze vojensky ani teroristicky zneužít, energií, která je zde pro všechny.

Obnovitelná energie představuje v tuto chvíli nejlevnější zdroj, to i včetně akumulace, a na rozdíl od fosilní a jaderné energie se v budoucnu nebude zdražovat.

Nezanedbatelným pozitivem obnovitelného energetického systému je tvorba nových a stálých pracovních míst všech možných úrovní a profesí.

Z důvodů uvedených v této studii je třeba zásadně přehodnotit českou energetickou koncepci, zadat detailní scénář úplného zásobování České republiky lokální obnovitelnou energií, například ve finské univerzitě Lappeenranta a podrobit výsledky celospolečenské diskuzi.