

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA EKONOMICKÁ

Bakalářská práce

Problematika energetického mixu v České republice

Issues of energy mix in the Czech Republic

Pavel Čepičan

Plzeň 2020

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma

„Problematika energetického mixu v České republice“

vypracoval samostatně pod odborným dohledem vedoucího bakalářské práce za použití pramenů uvedených v příložené bibliografii.

Plzeň dne 24.8.2021

v.r. Pavel Čepičan

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. et Ing. Miloši Novému, vedoucímu bakalářské práce za jeho odborné vedení a cenné rady při psaní této práce. Mé poděkování patří také celé rodině, která měla velkou trpělivost po celou dobu mého studia a velice mě podporovala.

Obsah

Úvod	9
1 Energetika České republiky.....	11
1.1 Energetický mix ČR.....	13
1.1.1 Fosilní zdroje	17
1.1.2 Jaderné zdroje	18
1.1.3 Obnovitelné zdroje.....	20
2 Státní energetická koncepce a budoucnost energetiky	27
2.1 Státní energetická koncepce	27
2.1.1 Poslání a rámec	27
2.1.2 Strategické cíle.....	28
2.1.3 Bezpečnost	28
2.1.4 Konkurenceschopnost	32
2.1.5 Udržitelnost.....	35
2.2 Budoucí trendy v energetice.....	37
2.2.1 Inovace.....	38
2.2.2 Reaktory IV. generace	39
2.2.3 Fotovoltaika	40
3 Současné a budoucí náklady energetických zdrojů	42
3.1 Vybrané elektrárny pro srovnání.....	42
3.2 Investiční náklady	43
3.2.1 Doba výstavby a životnost.....	43
3.2.2 Diskontní sazba a inflace	44
3.3 Provozní náklady.....	44
3.3.1 Vyrobená energie.....	44

3.3.2	Palivové náklady	45
3.4	Metodika ekonomického zhodnocení	45
3.4.1	Jednotkové náklady vyrobené energie pro jednotlivé zdroje	45
3.4.2	Výsledné ceny energie jednotlivých zdrojů	48
4	Zhodnocení a návrh energetického mixu	49
4.1	Uhelné elektrárny	49
4.2	Jaderné elektrárny	50
4.3	Plynové elektrárny	50
4.4	Fotovoltaické elektrárny	51
4.5	Větrné elektrárny	52
4.6	Zhodnocení	52
4.6.1	Zlepšení politiky a byrokracie	54
4.7	Návrh	54
4.7.1	První fáze	55
4.7.2	Druhá fáze	56
	Závěr	58
	Seznam použitých zdrojů	60
	Seznam tabulek	63
	Seznam obrázků	64
	Seznam zkratk	65
	Přílohy	
	Abstrakt	
	Abstract	

Úvod

Energetika a energie zůstávají v nastupujících 20. letech 21. století velkým světovým tématem. Celospolečenským tlakům na změnu myšlení se nevyhne ani Česká republika. Evropa a další světové mocnosti směřují své síly k vytvoření čisté energie a odvrácení celosvětového fenoménu globálního oteplování. V mezinárodní diskuzi převládá názor, že je nutností přejít na udržitelný koncept energetiky. Příkladem možného řešení může být Evropskou komisí představený European Green Deal, nebo v USA navrhovaný Green New Deal.

V České republice kvůli specifickým přírodním podmínkám je dominantním zdrojem energie uhlí. Tyto zdroje pracují především v základním zatížení. V roce 2000 dodávaly uhelné zdroje přibližně 70 % dodávané energie. Postupem času se však tento podíl významně snížil, zejména díky nahrazení výkonu některých uhelných elektráren jadernými zdroji. Vzrostl i podíl obnovitelných zdrojů a zaujímá významnou část na vyrobené energii u nás. Přes všechny snahy o snižování podílu uhelných zdrojů je třeba v průběhu času přejít na jiné zdroje, ať už kvůli životnímu prostředí nebo faktu, že se uhelné zdroje průběžně vyčerpávají. Na nové zdroje je potřeba přejít postupně a s rozvahou, abychom se vyvarovali velkým energetickým zlomům, které by mohly přinést značné ztráty.

Cílem bakalářská práce je návrh nového energetického mixu na základě nákladové analýzy jednotlivých zdrojů energie v České republice, a to v rámci nynějšího stavu energetických zdrojů a jejich budoucího vývoje. Analýza jednotlivých zdrojů z hlediska současných a budoucích nákladů poskytne ucelený pohled na danou problematiku, a pomůže tak v návrhu vhodného energetického mixu v rámci témat jako je bezpečnost, udržitelnost nebo konkurenceschopnost.

V průběhu času se stávají moderní technologie a inovace nedílnou součástí všech odvětví. Na základě Státní energetické koncepce bude zhodnocen daný stav české energetiky a její možný vývoj do budoucna. Budoucí vývoj energetiky záleží především na celosvětovém konsenzu světových mocností, vývoji nových technologií a jejich následné implementace do provozu. V nynější době lze hovořit o nástupu takzvaných disruptivních technologií, které mají tu moc nahradit nynější technologie, a tak zvrátit roky zaběhlý proces energetického vývoje.

Celková analýza energetického mixu je rozsáhlá problematika a je složité se jí zabývat. Z důvodu obsáhlosti a rozsahu tématu se práce zaměřuje zejména na náklady jednotlivých zdrojů, ať už na výstavbu nebo výrobu a vývoj těchto nákladů do budoucna. Dále budou navrženy alternativy, které by byly vhodné pro Českou republiku. Nákladová analýza daných zdrojů bude brána v souvislosti se společnou energetickou politikou Evropské unie, která tvoří širší rámec české energetiky. Tlak ze strany Evropské unie zapříčinil změnu staré koncepce, zapojení do procesu inovace a implementaci nových technologií tak, aby vyhověly novým společenským trendům a podmínkám.

Bakalářská práce se skládá ze čtyř hlavních kapitol. První kapitola se zabývá teoretickým popisem v rámci energetiky, a to zejména energetickým mixem, současným stavem energetiky a hlavními trendy jejího budoucího vývoje. V rámci této kapitoly se práce soustředí na jednotlivé energetické zdroje, jejich zastoupení v českém energetickém mixu a vývojem těchto zdrojů do budoucna. V druhé kapitole bude vymezena současná státní energetická koncepce České republiky a to zejména z pohledu bezpečnosti, konkurenceschopnosti, udržitelnosti a pravděpodobné směřování energetiky do budoucna. Následující kapitola se bude zabývat analýzou současných a budoucích nákladů jednotlivých energetických zdrojů v souvislosti se společnou energetickou politikou Evropské unie. Zvláště udržitelnost a bezpečnost hraje důležitou roli ve velikosti nákladů na jednotlivé zdroje. V návaznosti na provedenou nákladovou analýzu bude poslední kapitola obsahovat návrh nového energetického mixu, který nastíní to, jak by mohla vypadat česká energetika budoucnosti na pomyslné teoretické bázi.

1 Energetika České republiky

Energie je jednou ze základních a nezbytných zdrojů naší civilizace, je tedy hlavním zdrojem pokroku i pro Českou republiku. Aby se mohla Česká republika rozvíjet, je nutné zajistit její dodávku a cenovou dostupnost tak, aby byla bezpečným a stabilizačním prvkem rozvoje. Jednotlivé zdroje energie mají samozřejmě jiné ekonomické, ekologické a bezpečnostní parametry, a proto mají každý z nich i jiné sociální a společenské dopady.

Využívání určitých zdrojů energií je specificky závislé na dané lokalitě a jejich přírodních podmínkách, proto je velice složité vytvořit určitou centrální politiku tak, aby byla aplikovatelná na lokální nebo globální region. Energetika je jednou z nejnáročnějších investičních oborů a většina energetických systémů má dlouhou dobu realizace, ale také životnost. Plánování energetiky daných zemí je dlouhodobý proces a je zapotřebí inovačního a efektivního přístupu při realizaci daných cílů. Z těchto důvodů je také zapotřebí vysoké regulace, ať už na úrovni státní nebo nadnárodní resp. unijní. Kvůli zásadnímu vlivu energetiky na společnost je také klíčovým politickým tématem. Je zapotřebí energetiku plánovat a taktéž ji směřovat ke společenskému konsensu.

Kjótský protokol

Kjótský protokol je dohoda zástupců jednotlivých zemí o společném postupu při snižování emisí. Je to jedna z prvních mezinárodních úmluv či dohod na téma energetiky. Především se jedná o dokument, jejímž podepsáním a následnou ratifikací se všechny smluvní strany zavázaly ke snížení emisí skleníkových plynů o 5,2 % oproti hodnotám z roku 1990 (ekolist.cz, 2017). Výčet skleníkových plynů zahrnuje vedle oxidu uhličitého (CO₂) také metan (CH₄), kysličník dusný (N₂O), částečně halogenizované fluorované uhlovodíky (HFC), plně fluorované uhlovodíky (PFC) a fluorid sírový (SF₆) (Quaschnig, 2010, s. 50).

Pařížská dohoda

Pařížská dohoda je mezinárodní smlouvou o klimatické změně. Smluvními stranami jsou členové Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu. Dohoda byla podepsána

v prosinci 2015, má více hlavních bodů a hlavním posláním je vytvořit akční plán zaměřený na snížení globálního oteplování na úroveň nižší než 2°C.

Hlavní body smlouvy

- Dlouhodobý cíl: Ochrana klimatu – domluvení vlád na udržení nárůstu průměrné globální teploty výrazně pod hranicí 2°C tak, aby nárůst nepřekročil 1,5°C
- Závazky na snižování emisí skleníkových plynů
- Ambice každých 5 let zveřejňovat výsledky postupu v plnění cíle a každý další cyklus je navyšovat
- Solidárně napomáhat finanční cestou dalším rozvojovým zemím, snižovat emise a zlepšovat životní prostředí

Česká republika k dohodě přistoupila mezi posledními státy a ratifikovala smlouvu v roce 2017.

Národní akční plán

Národní akční plán (dále jen NAP) je soubor opatření, kterým se Česká republika zavazuje k plnění cílů daných Evropskou unií. NAP je koncepce týkající se určitého sektoru. Pro energetickou oblast můžeme vyjmenovat pět specifických NAP.

1. Národní akční plán pro obnovitelné zdroje energie

Tento plán byl sestaven českou vládou s návazností na směrnici Evropského parlamentu a Rady č. 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů, kdy je udáván cíl v roce 2020 dosáhnout 20 % z OZE na celkové spotřebě energie a 10 % z OZE v dopravě. Pro Českou republiku je určen minimální cíl 13 % z celkové hrubé spotřeby. Tato statistická data zatím nejsou k dispozici, takže nelze říci zda jsme cíl splnili nebo ne (Informační portál energetické gramotnosti, 2021).

2. Národní akční plán energetické účinnosti ČR

NAP pro energetickou účinnost zajišťuje následné cíle pro zvýšení energetické účinnosti a očekávané nebo dosažené úspory energie, včetně úspor při dodávkách, přenosu či přepravě a distribuci energie, a také i v konečném využití energie (Informační portál energetické gramotnosti, 2021).

3. Národní akční plán pro chytré sítě

V budoucnu se žádná elektrizační síť neobejde bez inteligentních prvků a zavedení takzvané chytré sítě, která bude důležitá pro řízení velkého množství elektrické energie z vysokoenergetických zdrojů vstupující do elektrické soustavy České republiky. Malé místní elektrické zdroje bude potřeba integrovat do dané sítě. Chytré řízení sítí umožní rozvoj trhu s elektřinou a zajistí konkurenceschopnost. Síť, elektrická infrastruktura a přístup k energii jsou důležité pro nastupující elektromobilitu. (Informační portál energetické gramotnosti, 2021).

4. Národní akční plán čisté mobility

Plán čisté mobility se zabývá podporou alternativních paliv, jako je například elektřina nebo pohon na zemní plyn či vodík. NAP se zaměřuje na podporu nízkoemisních vozidel, které mají přispět ke snížení emisí v sektoru silniční dopravy a snížením závislosti na ropě (Informační portál energetické gramotnosti, 2021).

5. Národní akční plán rozvoje jaderné energetiky v České republice

Posledním z plánů je rozvoj jaderné energetiky v ČR a jako jediný není vázán na směrnici Evropské unie a vychází z usnesení vlády ČR. Plán má za cíl upřesnit a naplánovat jednotlivé kroky v oblasti rozvoje jaderné energetiky jako je například dostavba 3. a 4. bloku jaderné elektrárny Temelín. Zároveň navazuje na Státní energetickou koncepci, které se budeme věnovat ve druhé kapitole (Informační portál energetické gramotnosti, 2021).

1.1 Energetický mix ČR

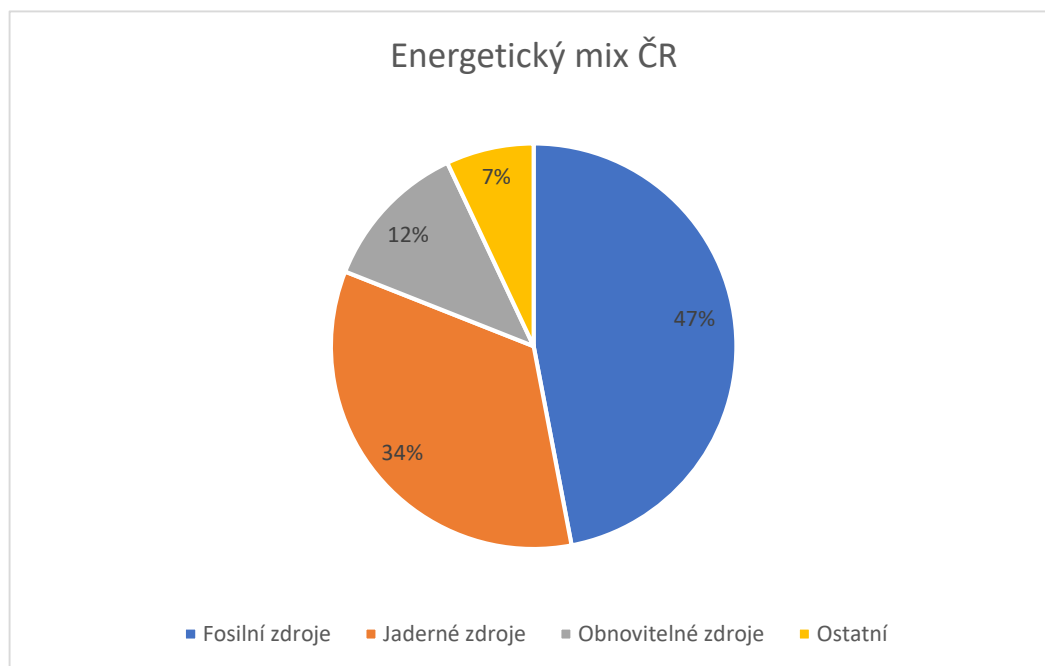
Složení zdrojů České republiky je specifické zejména díky svým geologickým a geografickým podmínkám, a to zvláště převahou fosilních paliv, jako je černé a hnědé

uhlí. Podle Českého statistického úřadu (2018) je podíl vyrobené energie v roce 2018 46,86 % z pevných fosilních paliv. Do fosilních paliv obvykle řadíme zejména černé a hnědé uhlí. Černé uhlí se na našem území těží v Ostravsko-karvinské pánvi, kdežto hnědé uhlí v pánvi Sokolovské a Mostevské. Mezi důležité tepelné elektrárny, které využívají pro výrobu elektřiny fosilní paliva můžeme zmínit například Tepelnou elektrárnu Dětmarovice, která jako palivo využívá černé uhlí a nachází se ve východních Čechách. Co se týče hnědého uhlí, můžeme zmínit například elektrárnu Pruněrov nebo Tušimice v Ústeckém kraji.

Dalším zdrojem v největším poměrovém zastoupení výroby elektrické energie je jádro. Jádro jako zdroj energie se objevilo na začátku druhé poloviny 20. století. Prvním využitím jaderné energie se zabýval vědecký tým italského fyzika Enrica Fermiho. V roce 1942 na univerzitě v Chicagu byl poprvé spuštěn první jaderný reaktor právě díky zásluze Fermiho týmu. O 9 let později byla jadernou reakcí vyrobena první elektřina a rozsvítily tak čtyři žárovky elektřinou, vyrobenou z tohoto reaktoru. První jadernou elektrárnou na území České republiky je Jaderná elektrárna Dukovany. Výstavba začala v roce 1978 a byla zprovozněna v roce 1985. Druhou a poslední jadernou elektrárnou v ČR je Jaderná elektrárna Temelín, která se nachází v jižních Čechách. Obě tyto elektrárny mají 34% podíl na celkové výrobě elektrické energie v ČR.

Posledním důležitým zdrojem pro Českou republiku jsou tzv. obnovitelné zdroje. Mezi ně obvykle řadíme zdroje sluneční, větrné, vodní, geotermální a biomasu. Ty zastupují přibližně 12 % celkově vyrobené elektrické energie.

Obr. 1: Energetický mix ČR

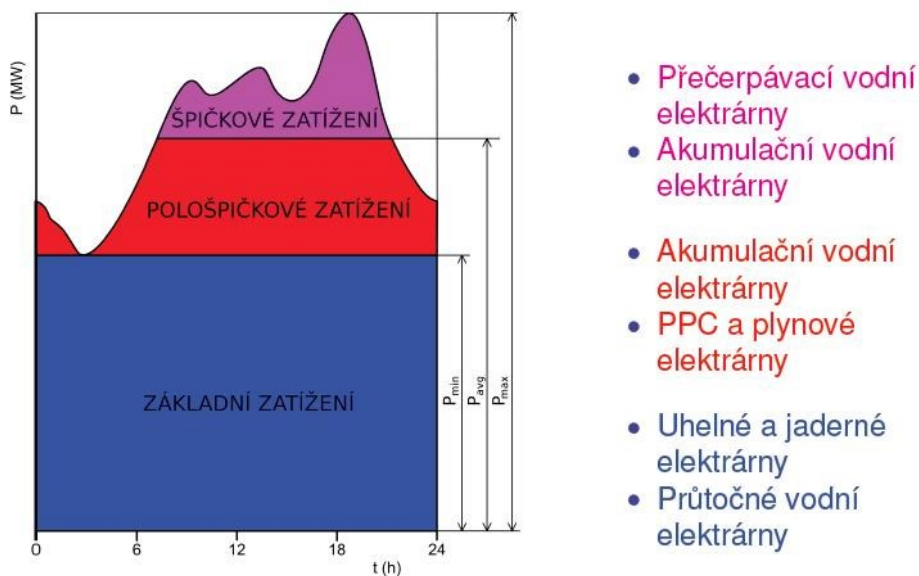


Zdroj: Vlastní zpracování (Český statistický úřad, 2018)

Každý zdroj energie má svá specifika, výhody i nevýhody. Pro lepší pochopení jednotlivých zdrojů a jejich funkce v energetickém mixu České republiky si v první řadě představíme denní diagram zatížení, na kterém si následně vysvětlíme a určíme jednotlivé zdroje pro daný koncept. Denní diagram (obr.2) zatížení ukazuje, jak velkého výkonu je potřeba v danou denní dobu. V zásadě rozdělujeme diagram do třech částí a to základní zatížení, pološpičkové zatížení a špičkové zatížení. Pro všechny tři typy zatížení jsou charakteristické různé vlastnosti a také vhodnost energetických zdrojů. V závislosti na výrobních nákladech a dané regulovatelnosti se zdroje zařazují do jednotlivých pásem zatížení.

Pro zdroje, které mají nízké výrobní náklady a obtížnou regulovatelnost platí, že jsou zařazeny do základního pásma zatížení. Mezi tyto zdroje řadíme zejména uhelné, jaderné a průtočné vodní elektrárny. V pološpičkovém zatížení se nacházejí paroplynové, plynové a některé uhelné. Do špičkového zatížení řadíme zejména elektrárny, které mají dobré regulační vlastnosti, dobře tak reagují na změny zatížení v dané elektrické soustavě a obvykle mají vyšší výrobní náklady. To jsou zejména obnovitelné zdroje a nejspecifičtější elektrárnou je pro toto zatížení přečerpávací vodní elektrárna.

Obr. 2: Pokrytí denního diagramu zatížení



Zdroj: (Havličková, 2017, st. 26)

Na základě využitelnosti jednotlivých zdrojů a rozdělení zdrojů elektrické energie, je můžeme rozdělit do třech základních skupin. První skupinou pokrývající 90 % z celkové výroby elektrické energie jsou základní zdroje zatížení. Tato skupina je nejrozšířenější a také nejdůležitější pro zachování celkové stability denního zatížení. Neméně důležitou druhou a třetí skupinu vyplňují pološpičkové a špičkové zdroje, které spolu s akumulací zdrojů pokrývají jednotlivé výkyvy a špičky ve spotřebě elektrické energie. Tyto zdroje jsou taktéž důležité při pokrývání nestabilní výroby elektrické energie. (Drábová, 2012, s. 18).

Tab. 1: Poměr zdroje na výrobě (%)

%	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Fosilní	59,5	58,3	55	52,7	52,7	55	58,1	54,8	53,8
Jaderné	32,6	32,4	34,7	35,4	35,2	32	29	32,6	34
Obnovitelné	7,5	9,1	10,1	11,8	11,9	12,8	12,7	12,4	11,9

Zdroj: Vlastní zpracování (Český statistický úřad, 2018)

Tab.2: Hrubá výroba elektřiny (GWh)

GWh	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Fosilní	51101,0	50920,0	48046,0	45736,0	45337,0	46101,0	48351,0	47604,7	47321,3
Jaderné	27998,0	28283,0	30324,0	30745,0	30325,0	26841,0	24104,0	28339,6	29921,3
Obnovitelné	6494,3	7946,5	8796,3	10213,4	10223,7	10696,3	10585,8	10791,3	10475,9

Zdroj: Vlastní zpracování (Český statistický úřad, 2018)

1.1.1 Fosilní zdroje

Chemická energie, kterou využíváme k výrobě elektřiny, vznikala tisíce let. Do fosilních paliv řadíme zejména zdroje, které vznikly převážně v druhohorách, jako je uhlí, zemní plyn a ropa. Tyto zdroje označujeme jako vyčerpatelné a neudržitelné.

Uhlí

Pro Českou republiku jako jednu z postsocialistických zemí jsou tepelné resp. uhelné elektrárny jednou z nejdůležitějších zdrojů elektrické energie. Energie vyrobená uhelnými zdroji zastává zásadní roli v tzv. diagramu zatížení, kde pokrývá základní zatížení tohoto diagramu. De facto se využívá převážně pro hlavní pokrytí ČR elektrickou energií.

Uhelné zásoby ke konci 70. let dosahovaly přibližně $11 \cdot 10^{12}$ tmp (měrného paliva), to se rovná 8,14 MWh za jednu jednotku měrného paliva. Z tohoto množství jsou prokazatelné zásoby kolem $1,1 \cdot 10^{12}$ tmp. Zbylé zásoby je nutné z ekonomického hlediska posuzovat velice opatrně, jelikož jen 6,5 % celkových zásob je z ekonomického hlediska těžitelné. Těžitelný ekonomický rozsah se však v čase postupně mění v závislosti na dostupnosti či nedostupnosti paliv na světových trzích (Kadrnožka, 1984, s. 15).

Co se týče zásob uhlí v České republice, byly zásoby černého uhlí odhadnuty na 29,2 mil tun k roku 2018 a při současné těžbě zbývá 7 let do vytěžení zásob. Těžbu černého uhlí v České republice zajišťuje zejména společnost OKD Nástupnická, s.r.o. a to především ve třech důlních závodech v Karvinsko-ostrovském regionu, pod které spadají čtyři doly (Karviná, Darkov, ČSM a Paskov). Ohledně hnědého uhlí nebo-li lignitu se zásoby na využívaných ložiscích odhadují na 634,2 mil. tun s životností 16 let. Těžbě lignitu se u nás věnují čtyři společnosti a to Severní energetická, a.s.

a Vršanská uhelná, a.s. ze skupiny Sev.en Energy (lomy ČSA a Vršany), Severočeské doly, a.s. (SD) skupiny ČEZ (lomy Libouš a Bílina) a Sokolovská uhelná, a.s. (SUAS), skupiny Sokolovská uhelná (lom Jiří) (Buřka, Veverková, 2019).

Co se týče využití uhlí jako zdroje energie, využíváme ho především jako palivo do tepelných elektráren. Tepelné elektrárny můžeme dělit následujícím způsobem: parní, kondenzační parní, teplárny, plynové, dieselové. Přičemž uhelné jsou především první dva typy, které si dále popíšeme.

Uhelné elektrárny u nás

Naší největší uhelnou elektrárnou jsou Počerady a jsou provozovány skupinou SevenEnergies. Tato elektrárna dosahuje výkonu 5x 200 MW a její roční výroba dosahuje cca 6000 GWh. Elektrárna je v provozu od roku 1970 a nedávno obdržela elektrárna Počerady od krajského úřadu výjimku na čtyři roky z evropských emisních limitů na rtuť. Elektrárnu Počerady do té doby čeká ekologizace za miliardy korun.

1.1.2 Jaderné zdroje

O energii uložené v jádrech jednotlivých prvků hovořili již starověcí Řekové. Podle antického filozofa Demokritose nelze dělit hmotu do nekonečna, jelikož na nejnižší úrovni existují dále nedělitelné částice, které označil slovem atomos od tohoto slova atomismus jako filozofický směr. Dnes už víme, že atomární energie lze využít způsoby, které nám poskytnou zdroj elektrické energie. Základem využití atomové energie je tzv. jaderná reakce.

Jaderná energetika v ČR

„V roce 2013 bylo v České republice vyrobeno 87,1 TWh elektrické energie. Z toho 44,2 TWh pocházelo z elektráren spalujících uhlí a 30,7 TWh pocházelo z jaderných elektráren.“ (Voříšek, 2015)

Přibližně jednu třetinu veškeré elektřiny v ČR je produkováno díky 6 jaderným reaktorům, které v České republice máme.

- První jaderná elektrárna začala vyrábět elektřinu v roce 1985
- Ze strany Vlády ČR má jaderná energetika silnou podporu
- Plány na nové jaderné reaktory v Temelíně jsou v současnosti pozastaveny

Jaderná energie je naším základním zatížením celkové spotřeby elektrické energie. Pro jadernou elektrárnu jako takovou je velice nevýhodné pozastavovat štěpné reakce a to zejména díky vysokým nákladům na jejich zahájení. Po zahájení reakce je už násobně méně nákladné tuto reakci udržet díky skutečnosti řetězení. Tento zdroj je tedy velice špatně regulovatelný a zároveň jako zdroj s velmi nízkými výrobními náklady je využíván především v základní oblasti denního diagramu zatížení. K roku 2018 byl podíl na celkově vyrobené energii přibližně 34% (Český statistický úřad, 2018).

Jaderná elektrárna Dukovany

První jadernou elektrárnou postavenou na našem území je Jaderná elektrárna Dukovany. V květnu roku 1985 byl zaveden do provozu první reaktorový blok a od července 1987 byly do provozu postupně uvedeny všechny čtyři jaderné bloky. Zvyšováním účinnosti a využitím výkonových rezerv se postupně zvýšil instalovaný výkon z původních 4x440 MW na nynějších 4x510 MW. Bezpečnostní systémy technologie i výrobní zařízení elektrárny jsou postupně modernizovány. Elektrárna nyní splňuje všechny současné požadavky na provoz jaderných elektráren a domácí i mezinárodní úřady během času dohlížejí na všechny spolehlivostní a bezpečnostní prvky elektrárny (Matěna, 1975, s.409).

Jaderná elektrárna Dukovany je naším základním zdrojem a tvoří tak primární zatížení naší elektrické soustavy. Elektrárna pokrývá přes 20 % celkové spotřeby České republiky a přispívá tak k naší energetické bezpečnosti a soběstačnosti. *„Za celou dobu provozu vyrobila přes 433 miliard kWh elektrické energie, což by stačilo na víc jak 28 let současné spotřeby všech domácností.“* (Skupina ČEZ, 2021)

Jaderná elektrárna Temelín

Naše druhá jaderná elektrárna leží přibližně 24 km od Českých Budějovic. Elektrická energie je získávána ve dvou jaderných blocích s tlakovodními reaktory typu VVER 1000 V 320. Jako vodní zdroj pro tyto výrobní bloky je využíváno vodního díla Hněvkovice, které leží na naší řece Vltavě a bylo vybudováno jako součást elektrárny. V roce 2003 se stal Temelín druhým největším energetickým zdrojem České republiky s instalovaným elektrickým výkonem 2000 MW. V únoru roku 1979 byl vydán investiční záměr a projekt byl zpracován Energoprojektem Praha v roce 1985. O dva roky později byla zahájena stavba prvních provozních objektů. Po změně politické a ekonomické situace v roce 1989 bylo rozhodnuto o snížení počtu bloků na dva. Stavba byla dokončena v roce 2000 a ve stejné roce byly poprvé zavezeny bloky palivem. První elektřina byla vyrobena tohoto roku 21. prosince. Aktuální elektrický výkon elektrárny je 2 x 1082 MWe a instalovaný výkon dvou turbogenerátorů je 1125 MWe. Elektrárna byla zbudována a postavena tak, aby odolala vnějším vlivům (Skupina ČEZ, 2021).

- klimatické účinky (vítr, sníh, déšť, venkovní teplota)
- vnější zátopy
- dopad letících předmětů (včetně letadel)
- tlakové vlny od explozí
- zemětřesení

1.1.3 Obnovitelné zdroje

Obnovitelná energie je vyrobena ze zdrojů, které jsou převážně specifikovány tak, že se během času přirozeně obnovují a jsou většinou uhlíkově neutrální. Jedná se zejména o přírodní jevy, jako je sluneční záření, vítr, vodní toky, geotermální teplo nebo slapové jevy. Mezi obnovitelné zdroje můžeme taktéž řadit biomasu. Každý z výše uvedených zdrojů je využíván pro své specifické vlastnosti různým způsobem a také v jiných částech planety. Obnovitelné zdroje jsou v poslední dekádě často skloňovaným tématem. Jejich vliv na složení energetických mixů národních států se stává významnějším a v posledních letech je po zařazení těchto zdrojů energií větší poptávka. Díky novým technologiím a inovacím jsou obnovitelné zdroje dostupnější i pro širší veřejnost a klasické koncové zákazníky, a to zejména fotovoltaické články.

I v České republice se staly nedílnou součástí energetického mixu. Pro svou dobrou regulovatelnost se některé využívají především pro špičkovou oblast denního

diagramu zatížení. V roce 2018 pokrývaly kolem 12 % celkově vyrobené elektřiny (Český statistický úřad, 2018). Tento podíl se z roku 2017 na rok 2018 částečně snížil.

Vodní energie

„Potřeba hledat nové, alternativní energetické zdroje a zdokonalovat obnovitelné zdroje již známé, je stále naléhavější.“ (Skupina ČEZ, 2007) Vodní koloběh v přírodě je neustále se obnovujícím zdrojem energie. Jako nejběžnější a nejznámější využití vodní energie je přeměna vodního toku na elektrickou energii. Tento způsob přeměny se jeví jako ekonomicky nejvýhodnější a je zároveň ekologicky šetrný. V minulém století zažila naše krajina rozsáhlou proměnu kvůli stavbě velkých vodních děl, jejichž realizace byla diskutabilní. V posledních letech se s ohledem na životní prostředí vracíme k malým vodním elektrárnám. Větší souhrn malých vodních elektráren může v celku představovat velký energetický zdroj a mohou tak ušetřit mnoho fosilních paliv, které škodí životnímu prostředí. Potenciál vodních toků je převážně soustředěn na malých řekách, na kterých už nejsou ideální podmínky pro výstavbu velkých elektráren VE (nad 10 MW). Další možností využití vodní energie je v přečerpávacích vodních elektrárnách (PVE). Jedinými přečerpávacími elektrárnami jsou na našem území Dalešice s instalovaným výkonem 450 MW, Dlouhé stráně 650 MW a Štěchovice 45 MW. Pro uvažování dalších PVE není v České republice žádné vhodné místo, které by umožňovalo vybudování toho typu elektrárny (Skupina ČEZ, 2007).

Dělení vodních elektráren

Vodní elektrárny můžeme dělit podle jejich instalovaného výkonu nebo podle typu.

Od 100 MW	velké elektrárny
Do 100 MW	střední elektrárny
Do 10 MW	horní výkonová hranice pro malé vodní elektrárny
Do 1 MW	MVE průmyslové, veřejné závodní
Do 100 kW	MVE drobné
Do 35 kW	mikrozdroje (starší verze)
Do 2 kW	mobilní zdroje

- **Průtočné elektrárny (říční)** – jsou umístěné v přímém kontaktu s vodním tokem. Podle dispozice mohou být břehové, nebo pilířové vždy v kontaktu s tělesem jezu

- **Derivační elektrárny** – umístěné na uměle vytvořeném kanálu, který se po určitém úseku derivace vrací do původního toku
- **Akumulační elektrárny (přehradové)** – využívají vodní nádrž pro akumulaci špičkový provoz
- **Přečerpávací elektrárny** – reverzní, nebo třístrojové (čerpadlo, turbína, generátor)
- **Vyrovňovací elektrárny** – k vyrovnání odtoků z akumulacních elektráren

Většina českých vodních elektráren je typ akumulacní a vyrábí tak většinu elektřiny z tohoto zdroje. Druhým typem jsou přečerpávací, jako jsou například Dalešice. Oba tyto typy jsou dobře regulovatelné a jsou tedy využívány především k pokrytí pološpičkových oblastí zatížení (Skupina ČEZ, 2007).

Celkově vyrobená elektřina díky vodním elektrárnám je k roku 2018 2679,42 GWh, což je přibližně 3% (Český statistický úřad, 2018).

Větrná energie

Využívání větrné energie pro výrobu elektřiny je ve světě a zvláště v České republice mladým odvětvím. Intenzivní zájem o větrnou energii nastal v 70. letech minulého století, kdy si společnost uvědomila hrozby plynoucí z globálního oteplování a potenciální ekologické hrozby. Větrná energie, jako i další obnovitelné zdroje, nahrazuje neekologická fosilní paliva. Dalším impulzem pro využívání jiných zdrojů energií bylo také vyhlášení ropného embarga zeměmi OPECU v roce 1973. Z tohoto důvodu začaly země v návaznosti na zvyšující se ceny ropy hledat jiné cesty, jak získat alternativní energetické zdroje. Jako jedni z prvních v Evropě začali větrnou energii využívat Dánové a tehdejší Spolková republika Německo. (Skupina ČEZ, 2007)

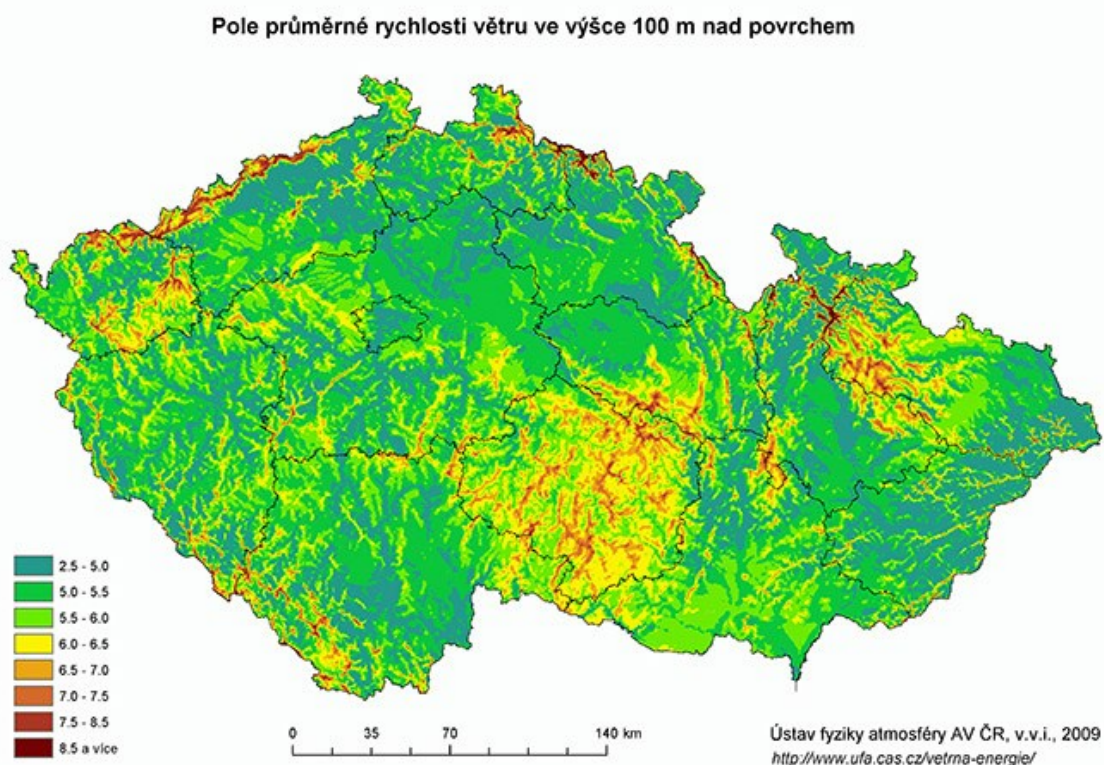
Větrná energetika v ČR

V dobách minulých se využívala síla větru jako pohon větrných mlýnů. Zajímavým poznatkem je větrný potenciál, který samozřejmě v těchto dobách nebylo jednoduché určit. Využívalo se zejména pozorování prvků v krajině, od ohýbání stromů, po účinky větru na kouř. Přesto nelze říci, že umístění mlýnu je argumentem pro výstavbu větrné elektrárny na tom samém místě. Po změření těchto lokalit bylo zjištěno, že 23 % lokalit bylo vhodných pro výstavbu VTE, ale 26 % bylo nevhodných (Skupina ČEZ, 2007).

V České republice existuje zvláštní fenomén týkající se rozvoje větrných elektráren. Zatímco od roku 1989 se v zemích západní Evropy navyšoval výkon větrných elektráren exponenciálně, v České republice je vidět tento trend pouze v letech 1990-1995. Po těchto letech měl vývoj spíše klesající tendenci a změnil se až po roce 2002 a to zejména z důvodu cenové politiky Evropského regulačního úřadu (Skupina ČEZ, 2007).

V nynější době je v České republice instalováno na 175 větrných turbín, které mají dohromady výkon 340 MW. V roce 2018 bylo vyrobeno větrnými elektrárnami 609 GWh elektrické energie, což odpovídá přibližně 0,6 % z celkové výroby. Výroba elektřiny se v průběhu let mírně zvyšuje, ale jsou to pouze desítky GWh a tak je tento vývoj nepatrný (Český statistický úřad, 2018).

Obr. 3: Pole průměrné rychlosti větru ve výšce 100 m nad povrchem



Zdroj: (Ústav fyziky atmosféry AV ČR, 2009)

Sluneční energie

Sluneční energie je jedna z nejčistších forem získávání elektrické energie, co se týče její výroby. V dnešní době jsou technologická řešení na takové úrovni, že efektivita

získávání elektrické energie ze slunce je velice účinná. Přesto jsou fotovoltaické elektrárny stále ještě o něco dražší než klasické zdroje. Proto se tohoto druhu energetického zdroje hojně využívá tam, kde není připojení do klasické elektrizační soustavy. V takovém případě se stává fotovoltaika výhodnou alternativou elektrického zdroje. Využíváme ji tedy zejména v odlehlých místech a na ostrovní režimy sítě (Skupina ČEZ, 2007).

Fotovoltaika v České republice

Za poslední dekády 20. století bylo využívání fotovoltaických systémů v České republice spíše okrajovou záležitostí. Využívaly se především do ostrovních režimů v odlehlých lokalitách bez možnosti připojení do sítě a pro napájení nezávislých objektů. Jednalo se především o soukromé projekty, jako jsou rekreační zařízení. Dalším využitím v této době bylo napájení veřejných zařízení, jako jsou parkovací automaty, nebo jiné komunikační zařízení. Rozmach u nás zažila fotovoltaika až po roce 2000, kdy jsou postupně místní samosprávou nasazovány podpůrné programy na rozvoj solárních systémů. Projekty byly určeny jak na demonstraci fotovoltaiky, tak na podporu výzkumu a vývoje. (Skupina ČEZ, 2007)

Tabulka č. 3 Dotační tituly na fotovoltaiku

	Datum	Motivační nástroj
1	2000	Vyhlášení programu Slunce do škol (Státní fond životního prostředí)
2	1.1.2001	Zavedení zvýhodněné 5% sazby DPH pro fotovoltaické systémy a komponenty
3	2001	První instalace z programu Slunce do škol
4	1.1.2002	Zavedení povinnosti vykupovat elektrickou energii z malých zdrojů, legislativa ERÚ
5	1.6.2002	Stanovení výkupní ceny elektrické energie z fotovoltaických systémů 6,- Kč/kWh – ceny, cenové rozhodnutí ERÚ
6	1.1.2003	Pokračování programu Slunce do škol
7	1.1.2003	Program na podporu instalací fotovoltaických systémů připojených k rozvodné síti Dotace 30 % na investiční náklady pro fyzické osoby do výkonu 2 kW Dotace 30 % na investiční náklady pro právnické osoby do výkonu 20 kW
8	1.1.2006	Zákon č. 180/2005 Sb. s vyhláškami – cenové rozhodnutí ERÚ, výkupní cena 13,20 Kč/kWh

Zdroj: (Skupina ČEZ, 2007)

V nynější době existují samozřejmě také dotační tituly na fotovoltaiku. „*Zájem o pořízení fotovoltaických technologií mezi Čechy stále stoupá. Potvrzují to i čísla z žádostí v rámci Nové zelené úsporám (NZÚ). Podle ministra životního prostředí,*

Richarda Brabce, mezi projekty z oblasti obnovitelných zdrojů financovanými skrze NZÚ vzrostl nejvíce zájem o fotovoltaiku, dokonce téměř o 60 procent“ (Hamalčíková, 2020,s. 1).

Mezi nejčastější podpůrné dotace v tomto odvětví můžeme zmínit například dotace na fotovoltaiku pro podnikatele „3. výzvu dotačního programu OPPIK Úspory energie - Fotovoltaické systémy s/bez akumulace pro vlastní spotřebu.“

Finanční stimul napomohl taktéž k vzestupu tzv. solárních baronů, kteří zneužívali státních dotací ke svému obohacení a vznikl tak v tomto odvětví organizovaný zločin.

Zastoupení solární energie v České republice v roce 2018 činilo přibližně 2,7 %, což je více než u větrné energie. Pravděpodobně díky tomu, že solární systémy jsou jednodušeji aplikovatelné do domácností, či podniků. (Český statistický úřad, 2018)

Biomasa

Když se v dnešní době řekne biomasa, málokdo si představí obyčejný oheň, pod který přikládáme dřevo. Jistě je to trochu zjednodušení, ale zároveň určitá podoba biomasy nás provází skrz lidskou civilizaci. Většinu tohoto času působila jako hlavní zdroj energie, dokud tuto roli s nástupem průmyslové revoluce a technologií nepřevzala fosilní paliva. Přesto je biomasa pořád hlavním zdrojem v některých rozvojových zemích. Biomasa jako moderní zdroj energie patří mezi obnovitelné zdroje. Je to především biologicky rozložitelná část výrobků, odpadků a zbytků v zemědělství a lesnictví. Někdy jsou využívány taktéž zemědělské produkty, kterou jsou pěstovány právě za účelem využití jako biomasy.

Hlavní typy biomasy v ČR

Všechny typy biomasy jsou biologického původu a zahrnují rostlinnou biomasu pěstovanou v půdě a vodě, živočišnou biomasu, produkci organického původu a organické odpady. Typy biomasy můžeme dělit podle výhřevnosti obsahu vody nebo objemové hmotnosti. Zároveň se používají specifické rostliny z různých průmyslových oborů od papírenství, zemědělství, lesnictví až po komunální odpad.

- dřevní odpady – štěpky, piliny, hobliny, kůra, větve a pařezy
- nedřevní fytohmota – zelená biomasa, obilná a řepková sláma, energetické plodiny (tzv. nová biomasa)

- průmyslové a komunální odpady rostlinného původu – např. papírenské odpady
- produkty živočišné výroby – kejda, chlévská mrva
- čistírenské kaly, skládky odpadů, tříděný komunální odpad
- kapalná biopaliva.

Pokud využíváme bioodpady, čerpáme tak nejlevnější zdroj biomasy, právě proto je nejpoužívanějším zdrojem dřevní odpad. Pokud se jedná o těžbu a zpracování dřeva produkuje Česká republika přibližně 50 % odpadu z tohoto odvětví. Zhruba 30 % odpadu připadá na těžbu a 25 % na zpracování vytěženého dřeva. V následující tabulce vidíme jednotlivé druhy biomasy a jejich výhřevnost, která je závislá na obsahu vody a jeho kvalitě (Skupina ČEZ, 2007).

Tabulka 4: Výhřevnost biopaliv s proměnným obsahem vody

Druh paliva	Obsah vody %	Výhřevnost MJ/kg	Objemová hmotnost kg/m ³
Polena	10	16,4	375
Polena	20	14,28	400
Polena	30	12,18	425
Dřevní odpad	10	16,4	170
Dřevní odpad	20	14,28	190
Dřevní štěpka	30	12,18	210
Dřevní štěpka	40	10,1	225
Sláma obilovin (balíky)	10	15,5	120
Sláma kukuřice (balíky)	10	14,4	100
Lněné stonky (balíky)	10	16,9	140
Sláma řepky (balíky)	10	16	100

Zdroj: (Energ.cz,2021)

Zastoupení biomasy v české energetice

Podle Českého statistického úřadu je zastoupení biomasy v české energetice přibližně 5,5 %. Podílí se na něm tři kategorie, které ČSU měří, a to pevná biomasa 2120,88 GWh, bioplyn 2607,21 GWh a obnovitelné komunální odpady 100,19 GWh. Tento údaj je k roku 2018. V průběhu času tento podíl zůstává konstantní (Český statistický úřad, 2018).

2 Státní energetická koncepce a budoucnost energetiky

S energetikou se nerozlučně pojí taktéž politika, politická rozhodnutí a plánování do budoucna. V této kapitole si představíme Státní energetickou koncepci, která udává energetický směr po několik dalších let a následně navážeme na možný budoucí vývoj. Koncepce byla zhotovena v roce 2014 a následujícího roku vydána. Její účinnost je do roku 2040, kdy se bude vytvářet nová státní koncepce a nahradí tak tu stávající.

2.1 Státní energetická koncepce

„Státní energetickou koncepcí formuluje vláda České republiky politický, legislativní a administrativní rámec ke spolehlivému, cenově dostupnému a dlouhodobě udržitelnému zásobování energií. Státní energetická koncepce je ve smyslu zákona¹ strategickým dokumentem vyjadřujícím cíle státu v energetickém hospodářství v souladu s potřebami hospodářského a společenského rozvoje, včetně ochrany životního prostředí, sloužícím i pro vypracování územních energetických koncepcí“ (Státní energetická koncepce, 2015, s.4).

2.1.1 Poslání a rámec

Hlavní poslání Státní energetické koncepce je spolehlivost, bezpečnost, šetrnost k životnímu prostředí a konzistentní dodávání elektřiny pro spotřebu obyvatelstva a ekonomiky ČR za přijatelné a konkurenceschopné ceny. Současně je nutné, aby zabezpečovala nepřerušované dodávky elektrické energie v krizových situacích pro fungování nejdůležitějších složek státu a přežití obyvatelstva.

Vizi české energetiky je cenově dostupné, spolehlivé a dlouhodobě udržitelné zajištění dodávek elektrické energie jak domácnostem, tak hospodářstvím. Vize obsahuje tři základní pilíře, na kterých staví strategické cíle české energetiky.

Bezpečnost – konkurenceschopnost- udržitelnost.

Jedním z nejdůležitějších prvků v současném vývoji energetiky, jak v globálním tak v místním měřítku, je velká míra nejistoty, ať už z hlediska politicko-ekonomického

¹ Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů (dále jen zákon)

posunu, v technologickém rozvoji, nebo ve vysoké náročnosti požadavků na ochranu životního prostředí. Nejvhodnější odpovědí na tyto otázky je efektivní využívání domácích zdrojů. SEK (Státní energetická koncepce) stanovuje určité definované strategické cíle tak, aby byla naplněna dlouhodobá vize koncepce a zároveň určuje strategické priority pro daný časový interval, který je dán zákonem.

2.1.2 Strategické cíle

„Strategické cíle vychází z energetické strategie EU a směřují k naplnění poslání Státní energetické koncepce a k dosažení dlouhodobé vize energetiky ČR“ (Státní energetická koncepce, 2015, s.4).

Strategické cíle jsou v SEK definovány jako tři výše zmíněné vlastnosti. Tedy bezpečnost, konkurenceschopnost a udržitelnost. Každý z těchto cílů je definován v rámci energetické strategie Evropské unie.

Bezpečnost

Bezpečnost dodávek elektrické, ale i tepelné energie je jedním z nezbytných požadavků. Je potřeba zajistit dodávky v takových případech, jako je skoková změna vnějších podmínek (výpadek primárního zdroje, poruchy, útoky nebo kolísavost cen na trhu).

Konkurenceschopnost

Konkurenceschopnost chápeme v tomto případě jako energetickou a zároveň jako sociální přijatelnost. Cena energií by měla být srovnatelná z hlediska porovnání se zeměmi v regionu a přímými dodavateli, jak pro průmyslové spotřebitele, tak pro domácnosti.

Udržitelnost

Udržitelný rozvoj energetiky je schopnost udržet produkci ve vhodných mezích, z hlediska environmentálního (nezhoršovat kvalitu ŽP), finančně ekonomického, lidských zdrojů a sociálních dopadů (zaměstnanost) a primárních zdrojů (dostupnost).

2.1.3 Bezpečnost

Pohotovostní zásoby primárních energetických zdrojů

Pro daný rok je potřeba stanovit pohotovostní zásoby jednotlivých primárních zdrojů, ty jsou určeny jako součet okamžitých dostupných zásob z kapalných zdrojů paliv

a zemního plynu v zásobnících, tuhého paliva na skladech těžebních společností a jednotlivých výrobců, z jaderného paliva a dále také intermitentních i neintermitentních obnovitelných zdrojů energie v odpovídajícím roce. Pro toto určení je použita následující rovnice (Státní energetická koncepce, 2015, s.31).

$$AZ_{PEZ} = (Im_{KP} - Ex_{KP}) * k_{KP} + PEZ_{ZP} * k_{ZP} + PEZ_{TP} * k_{TP} + PEZ_{JP} * k_{JP} + PEZ_{iOZE} * k_{iOZE} + PEZ_{noZE} * k_{noZE}$$

$$RZ_{PEZ} = \frac{AZ_{PEZ}}{PEZ} * 100\%$$

kde:

AZ_{PEZ} absolutní výše pohotovostní zásoby PEZ [PJ]

RZ_{PEZ} relativní výše pohotovostní zásoby PEZ [%]

Im_{KP} dovoz PEZ z kapalných paliv zahrnující ropu a ropné produkty [PJ]

Ex_{KP} vývoz PEZ z kapalných paliv zahrnující ropu a ropné produkty [PJ]

k_{KP} koeficient podílu zásob PEZ z kapalných paliv na čistém dovozu [-]

PEZ_{ZP} spotřeba PEZ ze zemního plynu [PJ]

k_{ZP} koeficient podílu zásob PEZ ze zemního plynu na tuzemské spotřebě [-]

PEZ_{TP} spotřeba PEZ z tuhých paliv zahrnujících uhlí a uhelné deriváty [PJ]

k_{TP} koeficient podílu zásob PEZ z tuhých paliv na spotřebě [-]

PEZ_{JP} spotřeba PEZ z jaderného paliva [PJ]

k_{JP} koeficient podílu zásob PEZ z jaderného paliva na spotřebě [-]

PEZ_{iOZE} spotřeba PEZ z intermitentních obnovitelných zdrojů [PJ]

k_{iOZE} koeficient podílu zásob PEZ z intermitentních OZE [-]

PEZ_{noZE} spotřeba PEZ z neintermitentních obnovitelných zdrojů [PJ]

k_{noZE} koeficient podílu zásob PEZ z neintermitentních OZE [-]

PEZ celková spotřeba PEZ [PJ]

Zdroj: (Státní energetická koncepce, 2015, s.31, 32)

Diverzifikace primárních energetických zdrojů

Dalším důležitým faktorem je diverzifikace primárních zdrojů tak, aby se zabránilo problémům s výpadkem dodávek daného zdroje. Tato diverzifikace je určena jako součet druhých mocnin podílů dílčích druhů PEZ (primárních energetických zdrojů) a celkové roční spotřeby primárních energetických zdrojů v odpovídajícím roce na bázi Herfindahl-Hirschmanova indexu viz. níže. Jednotlivé zdroje rozdělujeme do pěti kategorií, plynná paliva, tuhá paliva, jaderné palivo a obnovitelné zdroje.

$$H_{PEZ} = \sum_{i=1}^N \left(\frac{PEZ_i}{PEZ} \right)^2$$

kde:

H_{PEZ} diverzifikace primárních energetických zdrojů [-]

PEZ_i spotřeba dílčího druhu PEZ [PJ]

PEZ celková spotřeba PEZ [PJ]

N počet dílčích druhů PEZ [-]

„Herfindahl-Hirschmanův Index (HHI), který nabývá hodnot v intervalu (1/N,1), měří v rámci ekonomické teorie obecně velikost firem relativně k velikosti daného odvětví a je tedy vlastně indikátorem míry tržní konkurence v rámci odvětví“ (Státní energetická koncepce, 2015, s.32).

Pro tento ukazatel jsou využívána data, statistiky a budoucí výhledy zpracované na Ministerstvu průmyslu a obchodu podle jejich metodiky. Ukazatel nabývá hodnot od 1/5 do 1. Cílem je tento ukazatel snížit a dlouhodobě udržet pod hodnotou 0,25.

Dovozní závislost

Následující parametr udává závislost na dovozu primárních energetických zdrojů. Ten je stanoven podle metodiky Mezinárodní energetické agentury (IEA) jako podíl čistého dovozu PEZ a jejich celkové spotřeby v odpovídajícím roce.

$$DoZ = \frac{\sum_{i=1}^N (Im_i - Ex_i)}{PEZ} * 100\%$$

kde:

DoZ dovozní závislost [%]

Imi velikost dovozu dílčího druhu PEZ [PJ]

Exi velikost vývozu dílčího druhu PEZ [PJ]

PEZ celková spotřeba PEZ [PJ]

N počet dílčích druhů PEZ [-]

Pro parametr jsou použity rovněž statistiky a budoucí výhledy Ministerstva průmyslu a obchodu, stejně jako u předchozího parametru. Tento parametr je potřeba udržet na úrovni EU28 a nebo pod ní (Státní energetická koncepce, 2015, s.34).

Bezpečnost provozu infrastruktury

Elektrizační infrastruktura je jedním ze základních bezpečnostních prvků a její bezpečnost je tedy nutné určitým způsobem měřit. Pro ní je použito plnění kritéria N-1, které je základním kritériem pro hodnocení spolehlivosti provozu elektrizační soustavy. Zmíněné kritérium udává schopnost udržet normální parametry chodu soustavy i při výpadku jakéhokoliv prvku tzn. vedení, transformátor, blok atd.. Tento chod musí být na úrovni velmi vysokého napětí (vvn). I při tomto stavu může krátkodobě dojít k lokálnímu omezení dodávky. Tento ukazatel je provozovatelem přenosové soustavy zpětně vyhodnocován na základě dynamického modelu přenosové soustavy.

Soběstačnost v dodávkách elektřiny

Dodávky elektřiny a jejich soběstačnost v daném roce měříme jako podíl hrubé výroby elektřiny a spotřeby hrubé elektřiny v daném roce.

$$SEE = \frac{TBV}{TBS} * 100\%$$

kde:

SEE soběstačnost v dodávkách elektřiny [%]

TBV tuzemská brutto výroba elektřiny [GWh]

TBS tuzemská brutto spotřeba elektřiny [GWh]

Pro výpočet tohoto ukazatele jsou využívány statistiky Energetického regulačního úřadu a zároveň statistiky a budoucí výhledy Ministerstva průmyslu a obchodu. Tento ukazatel je nutné udržovat na úrovni nejméně 90 % (Státní energetická koncepce, 2015, s.35).

2.1.4 Konkurenceschopnost

Míra integrace do mezinárodních sítí

„Míra integrace do mezinárodních sítí je stanovena jako souhrnná disponibilní přenosová kapacita v poměru k maximálnímu zatížení, která je určena podílem sumární exportní, respektive importní, schopnosti přenosové soustavy (PS) v daném roce a výhledu maximálního netto zatížení PS pro odpovídající rok tímto způsobem“ (Státní energetická koncepce, 2015, s.35).

$$P_{Ex\%} = \frac{P_{sumEx}}{P_{maxLoad}} * 100\%$$

$$P_{Im\%} = \frac{P_{sumIm}}{P_{maxLoad}} * 100\%$$

kde:

$P_{Ex\%}$ souhrnná disponibilní přenosová kapacita v exportním směru [%]

$P_{Im\%}$ souhrnná disponibilní přenosová kapacita v importním směru [%]

P_{sumEx} sumární exportní schopnost PS [MW]

P_{sumIm} sumární importní schopnost PS [MW]

$P_{maxLoad}$ maximální netto zatížení PS [MW]

Tento ukazatel je vyhodnocován provozovatelem přenosové sítě společností ČEPS, a.s.,. Ukazatel je určován na základě vlastní metodiky společnosti pro účely plánovaného rozvoje přenosové soustavy v horizontu 7 a 15 let. Cílem je udržet ukazatel minimálně na 30 % zatížení ES České republiky, což je trojnásobek cílů

Lisabonské dohody. Díky tomu odpovídá česká energetická strategie tranzitnímu charakteru (Státní energetická koncepce, 2015, s.36).

Diskontované náklady na zajištění energie

Jednotlivé náklady na zajištění energie jsou velice důležitým prvkem v rámci konkurenceschopnosti. Pokud jsou náklady příliš vysoké, má to značné dopady na konkurenceschopnost státu. Tyto diskontované náklady se určují z prostředků vynaložených na zabezpečení dodávek energie, ostatních proměnlivých nákladů na provoz všech zdrojů elektřiny a tepla, investičních nákladů do zdrojů a infrastruktury, nákladů na realizaci úspor a nákladů na dovoz primárních energetických zdrojů. Všechny tyto náklady se sčítají podle vzorce:

$$DCF = \sum_{j=1}^N \frac{CF_j}{(1 + DF)^j}$$

kde:

- DCF Diskontované náklady k danému roku (discounted cash flow) [mil Kč]
- DF Diskontní faktor odpovídající bezrizikové výnosové míře a rizikové přírážce [%]
- CF_j Náklady (cash flow) v daném roce j [mil Kč]
- N Celkový počet let, na který jsou diskontované náklady kvantifikovány

Všechna potřebná data jsou opět statistiky a budoucí výhledy MPO podle jejich vlastních metodik. Cílem tohoto ukazatele je přiměřeně optimalizovat náklady s respektováním energetické bezpečnosti a udržitelnosti dodávek (Státní energetická koncepce, 2015, s.37).

Poměry cen energie na velkoobchodním trhu k průměru globálních konkurentů

Daný poměr určuje cenovou hladinu energie. Vychází z podílu cen energií obchodovaných na velkoobchodním trhu a průměrných cen příslušných energií v rámci daných zemí OECD. Poměr se určuje podle následujícího vzorce.

$$p_{CE} = \frac{C_{EVO}}{C_{Epr}} * 100\%$$

kde:

p_{CE} poměr ceny energie na velkoobchodním trhu k průměru EU [%]

C_{EVO} cena energie na velkoobchodním trhu [Kč/MWh]

C_{Epr} průměrná cena energie v rámci OECD nebo BRICS [Kč/MWh]

Cílem tohoto bodu je udržení cenové hladiny energie nanejvýš na úrovni 120 % úrovně OECD (Státní energetická koncepce, 2015, s.37).

Konečná cena elektřiny na hladině nn a vn a zemního plynu:

Konečnou cenu elektrické energie na hladině nn i vn určujeme jako součet cen za silovou elektřinu, za přenos distribuci elektřiny a systémové služby a dále příspěvku na OZE a KVET (kombinovaná výroba elektřiny a tepla) v odpovídajícím roce, včetně poplatku za činnost OTE.

Cenu zemního plynu v konečné fázi určíme jako součet komoditní ceny plynu, plateb za uskladnění a služby, ceny za přepravu a ceny za distribuci v odpovídajícím roce, a stejně jako u nn a vn včetně poplatku za činnost OTE (Státní energetická koncepce, 2015, s.37).

Obchodní bilance dovozu a vývozu energie

Obchodní bilance dovozu a vývozu energie v daném roce je stanovena jako součet obchodních bilancí zahraničního obchodu jednotlivých dovážených a vyvážených druhů primárních energetických zdrojů v odpovídajícím roce následovně (Státní energetická koncepce, 2015, s.39):

$$OB_{PEZ} = \sum_{i=1}^N (Im_i - Ex_i) * c_i$$

kde:

OB_{PEZ} obchodní bilance dovozu a vývozu energie [mld. Kč]

Im_i velikost dovozu dílčího druhu PEZ [PJ]

Ex_i velikost vývozu dílčího druhu PEZ [PJ]

c_i cena dílčího druhu PEZ [Kč/MJ]

N počet dílčích druhů PEZ [-]

Ukazatel vyjadřuje stav české energetiky, tedy jestli energii vyvážíme nebo dovážíme, můžeme tak lépe hodnotit ekonomickou konkurenceschopnost v tomto oboru.

Ostatní parametry

Dalšími parametry, které udává Státní energetická koncepce pro sekci konkurenceschopnosti jsou podíl výdajů na energii na celkových výdajích domácností, podíl sektoru energetiky na hrubé přidané hodnotě, podíl dovozu energie na hrubé přidané hodnotě a sumární ekonomická přidaná hodnota (EVA) sektoru energetiky. Tyto parametry jsou neméně důležité a mají také svojí roli při hodnocení konkurenceschopnosti energetiky České republiky.

2.1.5 Udržitelnost

Energetická náročnost tvorby hrubé přidané hodnoty

Energetická náročnost tvorby hrubé přidané hodnoty se měří jako podíl celkově spotřebovaných primárních energetických zdrojů a velikosti hrubé přidané hodnoty (rozdíl mezi celkovou produkcí a mezispotřebou) v daném roce a to podle rovnice (Státní energetická koncepce, 2015, s.39):

$$EN = \frac{PEZ}{HPH}$$

kde:

EN energetická náročnost tvorby HPH [MJ/Kč]

PEZ celková spotřeba PEZ [PJ]

HPH hrubá přidaná hodnota [mld. Kč]

Vliv na životní prostředí

Vliv výroby elektrické energie je jedním z nejdůležitějších parametrů pro hodnocení udržitelnosti. Určuje se jako množství vypuštěných emisí CO₂, SO₂, NO_x, polétavého prachu v tisících tun [tis. t] a polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH v kilogramech [kg] v daném roce (Státní energetická koncepce, 2015, s.40).

Podíl energeticky užívané zemědělské půdy

Neméně důležitým faktorem je využívaná zemědělská půda pro účely výroby elektrické energie nebo tepla. Pro toto zhodnocení využíváme poměr součtu zemědělské půdy využívané pro pěstování energetických plodin a zemědělské půdy využívané pro účely ostatního energetického využití k souhrnné rozloze zemědělské půdy v daném roce podle této rovnice (Státní energetická koncepce, 2015, s.40):

$$p_{ZeP} = \frac{ZeP_E}{ZeP} * 100\%$$

kde:

p_{ZeP} podíl energeticky užívané zemědělské půdy [%]

ZeP_E rozloha energeticky užívané zemědělské půdy [tis. ha]

ZeP celková rozloha zemědělské půdy [tis. ha]

Podíl fosilních paliv na spotřebě primární energie

Podíl fosilních paliv na spotřebě primární energie udává kolik spotřebujeme fosilních paliv na výrobu celkové elektrické spotřeby v České republice. Tento ukazatel počítáme pro daný rok podle tohoto vzorce (Státní energetická koncepce, 2015, s.41):

$$P_{FP} = \frac{PEZ_{FP}}{PEZ} * 100\%$$

kde:

P_{FP} podíl fosilních paliv na spotřebě primární energie [%]

PEZ_{FP} primární energetické zdroje z fosilních paliv [PJ]

PEZ celková spotřeba PEZ [PJ]

Podíl obnovitelných zdrojů energie na hrubé konečné spotřebě

„Podíl OZE na hrubé konečné spotřebě v daném roce je stanoven jako poměr konečné spotřeby obnovitelných zdrojů energie k celkové hrubé konečné spotřebě energie v odpovídajícím roce“: (Státní energetická koncepce, 2015, s.42)

$$p_{OZE} = \frac{KS_{OZE}}{HKS} * 100\%$$

kde:

p_{OZE} podíl OZE v konečné spotřebě [%]

K_{SOZE} konečná spotřeba OZE [PJ]

HKS hrubá konečná spotřeba [PJ]

Spotřeba elektřiny na obyvatele

Dalším parametrem pro hodnocení udržitelnosti české energetiky je spotřeba elektřiny na obyvatele, ta se vypočítává z podílu čisté domácí spotřeby elektřiny a počtu obyvatel v daném roce takto: (Státní energetická koncepce, 2015, s.42)

$$SEO = \frac{TNS}{PO}$$

kde:

SEO spotřeba elektřiny na obyvatele [kWh/obyv.]

TNS tuzemská netto spotřeba elektřiny [GWh]

PO počet obyvatel [mil. obyv.]

Ostatní parametry

Dalšími parametry pro hodnocení udržitelnosti energetiky v ČR je elektroenergetická náročnost tvorby hrubé přidané hodnoty a podíly OZE a KVET na dodávkách tepla ze SZT.

2.2 Budoucí trendy v energetice

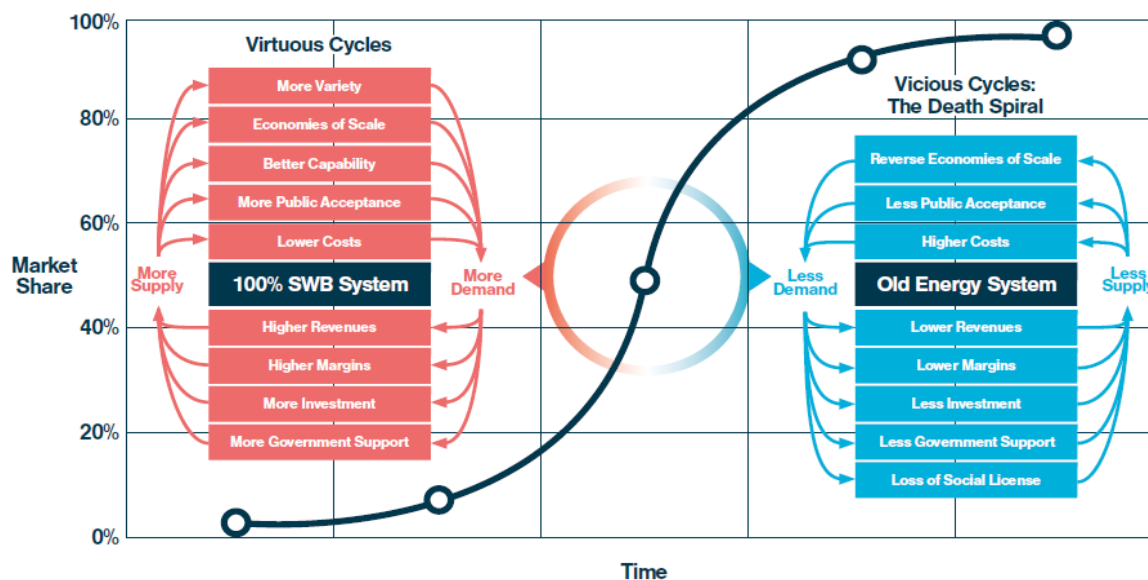
Energetika, jako jeden z oborů, který vznikl poměrně dávno, prošel dlouhou cestou vývoje. Vývoj je důležitý ve všech oborech a jinak to není ani zde. V energetickém průmyslu je o to důležitější, že díky výzkumu, vývoji a inovacím zachováte konkurenceschopnost oproti konkurentům a udržujete ceny na přijatelné hladině. Přes to všechno se může zdát, že se vývoj energetiky v posledních letech zpomaluje, což může být způsobeno rychlým vývojem ostatních odvětví. Dalším důvodem můžeme připomenout důležitost bezpečnosti, tzn. je potřeba každou novou inovaci stokrát prozkoušet, než je možné ji nasadit do ostrého provozu.

V této kapitole se zaměřím na nejzajímavější trendy v energetice a popíšeme si, jak by mohla energetika vypadat v budoucnu.

2.2.1 Inovace

Po staletí nahrazovala jedna technologie druhou. Ani v dnešní době tomu není jinak. Tento efekt nahrazení je většinou provázen tzv. porodními bolestmi. Když jedna technologie nahrazuje druhou, původní technologie se dostává do potíží, lidé ztrácejí práci, konzervativci své těžce investované peníze a celý obor tím upadá. Na druhé straně nová technologie vytváří nové pracovní pozice, nové příležitosti investic a také v dnešní době ve většině případů větší efektivitu, menší dopad na životní prostředí atd. Tento efekt můžeme v angličtině nazvat „*disruption*“.

Rozpad starého odvětví a nahrazení novým má postupně několik určitých kroků. Tento rozpad je hnán konvergencí daných technologií, která umožňuje spustit smyčku kladné zpětné vazby. Ta akceleruje nástup této technologie a tento progres tedy není lineární. Jednotlivé kroky způsobují rychlejší postup kroků navazujících a zrychlují tak nástup technologie. Klasickým příkladem kladné zpětné vazby je například z finančnictví známé složené úročení. Tedy čím více peněz vložíte, tím více jich získáte a čím více jich získáte, tím jich více můžete vložit. Tento koncept funguje u nahrazení technologie technologií pouze v určité části časové linie. Ve většině příkladu disrupce technologií je tato křivka ve tvaru „S“. (Rethink X, 2020, str. 17)



Obr. 4: Kauzální křivka nové technologie

Zdroj: (Rethink X, 2020, str. 17)

Podle studie společnosti RethinkX, která se zabývá možným vývojem energetiky, můžeme právě tento vývoj vidět u uhelné energetiky. Nahrazení uhlí je nevyhnutelné

a to zejména díky snižujícím se nákladům na solární panely, větrné turbíny a velkokapacitní baterie.

2.2.2 Reaktory IV. generace

Dalším faktorem je také politický tlak na snižování emisí a to zejména Evropskou unií. Pro ČR jsou tedy kvůli geopolitickým a geografickým podmínkám možné pouze určité scénáře pro nahrazení uhlí. První cestou je rozšiřování jaderného podílu na výrobě elektrické energie, tedy dostavba Dukovan a Temelína. V Dukovanech je nyní připraveno místo na jeden reaktor, který ale po dostavbě nahradí nynější reaktory. Znamená to tedy pouze nahrazení jedné kapacity za druhou. V Temelíně je nyní místo na další dva reaktory. Podle zkušeností ze zahraničí, je ale stavba nových reaktorů nebo celých elektráren velice nákladným a zdlouhavým procesem Ing. Kubín V. (osobní rozhovor, 22. dubna 2021). Podle mého názoru je tato skutečnost překážkou pro rozšiřování podílu jádra na energetickém mixu ČR. Je tedy zřejmé, že v našem případě dokážeme zachovávat tento podíl.

Politika v dnešní době zásadně ovlivňuje podobu energetiky v národních státech. Jak ukazuje poslední vývoj politických vztahů např. s Ruskem, který byl vyřazen z tendru na dostavbu Jaderné elektrárny Dukovany, je potřeba pro stavbu tohoto typu elektrického zdroje vytvořit vhodné podmínky pro hladký průběh realizace. Mluvíme zde o politické shodě na státní úrovni a na mezinárodní úrovni např. Evropská unie.

Podle Státní energetické koncepce můžeme říci, že plán do roku 2040 pro ČR je překlenout toto období dostavbou Dukovan, se kterými se počítá, a vyčkat na konkurenceschopnost obnovitelných zdrojů, reaktory IV. generace a jadernou fúzi (Státní energetická koncepce, 2015).

Právě jaderné reaktory IV. generace jsou možnou alternativou do budoucna. Pro tyto reaktory vznikalo v roce 2001 Mezinárodní fórum pro generaci IV. V této organizaci je zastoupení vlád, které využívají v nynější době jadernou energetiku. Zakládajícími státy jsou např. USA, Kanada, Francie, Japonsko nebo Velká Británie. Cílem této organizace je spolupracovat na vývoji jaderné energetiky a umožnit tak efektivnímu výzkumu reaktorů, které naplňují požadavky na bezpečnost a ekonomičnost budoucího rozvoje jádra.

Požadavky na reaktor

Hlavními požadavky na nový reaktor, jak už bylo řečeno, je zejména bezpečnost. Požadavky bezpečnosti nejsou kladeny pouze na reaktor, ale i na ostatní přídavné technologie kolem celého jaderného procesu. Základním konceptem je jednoduchá robustní konstrukce, která bude odolná takovým způsobem, aby zajistila ochranu před pádem letadla nebo zemětřesením. Dále je kladen důraz na pasivní bezpečnostní prvky, které by měly pracovat nezávisle, aby při výpadku jednoho byl nahrazen druhým. Dalším důležitým prvkem je zabránění úniku štěpného materiálu. Řešením je co nejvyšší vyhoření paliva a recyklace bez nutnosti separování plutonia (Katzer, 2011, s. 20).

Dalším požadavkem na budoucí reaktor je samozřejmě ekonomičnost. Mluvíme zejména o snížení nákladů na výstavbu. Tato část tvoří největší podíl na celkových nákladech, je tedy mnohem vyšší než náklady na samotný provoz. Řešením tohoto problému je tedy sériová nebo modulární výroba. Vyřadilo by se tím tedy schvalovací řízení a tím by se zkrátila doba pro projektování, schvalování a výstavbu. Dalším ekonomickým prvkem je samozřejmě životnosti reaktoru. Jeho životnost se odráží na nákladnosti výstavby v tom smyslu, že čím delší životnost, tím je jeho návratnost vyšší (Katzer, 2011, s. 20).

Předpokladem a požadavkem je zapojení reaktoru do vodíkového hospodářství. Vedlejší produkt výroby elektřiny reaktoru je vodík. Ten by měl sloužit jako zdroj pro jiné obory průmyslu nebo pro uchovávání energie (Katzer, 2011, s. 20).

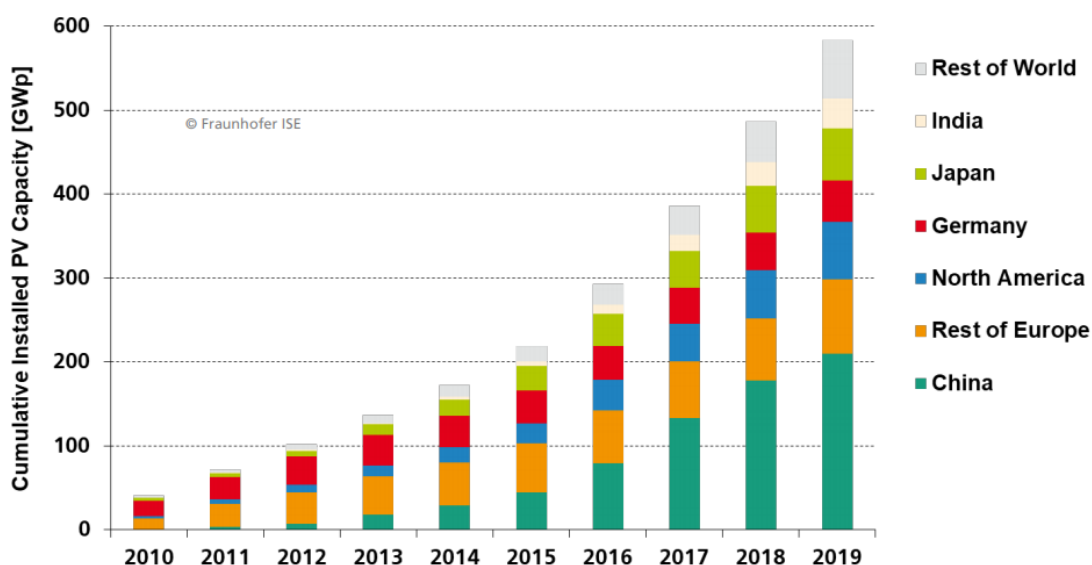
V současné době většina reaktorů pracuje s otevřeným cyklem, tedy vyhořelé palivo není recyklováno a je ukládáno do jaderných skladů. Proto je třeba, aby reaktory IV. generace mohly využívat vyhořelé palivo, nebo-li transuran. Ve vyhořelém palivě by měl být po spotřebování v reaktoru dále přítomen potenciál pro využití v těchto reaktorech (Katzer, 2011, s. 20).

2.2.3 Fotovoltaika

Solární panely jsou jedním z nejrychleji rostoucích segmentů v energetice. V posledních 20 letech se cena solárních panelů a modulů rapidně snížila a taktéž se navýšila účinnost. Zlepšila se spolehlivost a zároveň výnos těchto solárních systémů, což mělo za následek snížení ceny vyráběné elektřiny. Díky tomu můžeme mluvit

o navyšování instalovaného výkonu. Jak jsme se dozvěděli v kapitole „Inovace“, pokud selepší technologická dostupnost, nebo účinnost, zvedne se zájem společnosti o tuto technologii, zároveň se zvýší výnos a to opět přitáhne investory. V roce 2018 byl instalovaný výkon fotovoltaických systémů 100 GW_p a celkový výkon kolem 500 GW_p (Fraunhofer ISE,2019, s.15).

Obr. 5: Globální instalovaný výkon PV



Zdroj: Fraunhofer ISE,2019, s.14

S postupujícím vývojem nových technologií se i solární systémy stávají účinnější a výnosnější než předchozí generace. Jelikož je fotovoltaika závislá na denním záření a ovlivňují je i atmosférické jevy, jako je oblačnost a také roční období, je potřeba ukládat špičkové výkony těchto systémů a využívat je při vyšší poptávce po elektrické energii. Řešením je například kogenerace s jinými zdroji nebo uchovávání elektrické energie ve vysokokapacitních bateriích. Tento způsob nemusí být aplikován pouze u fotovoltaiky, ale zároveň i u větrných turbín. Podle RethinkX je velká pravděpodobnost spojení těchto třech důležitých technologií, které budou nahrazovat staré zdroje elektrické energie.

3 Současné a budoucí náklady energetických zdrojů

Klíčovým parametrem pro jakékoliv investiční rozhodování je ekonomická návratnost daného projektu. Historicky podle tohoto kritéria vycházela nejlépe elektrická energie z uhelných zdrojů a také z jaderného paliva resp. uranu. Ačkoliv toto kritérium bylo v minulosti přijatelné, v dnešní době musíme brát v úvahu i ekologickou stránku věci a v případě jaderné energetiky i tu bezpečnostní. Náhled na energetiku se tedy v posledních desetiletích posunul a je potřeba zohledňovat v nákladech nové skutečnosti.

Pro posouzení ekonomické návratnosti budeme počítat s investičními a provozními náklady, které jsou ideální pro hodnocení jednotlivých technologií a jejich ekonomické výhodnosti. Do toho zahrnujeme samozřejmě různé druhy nákladů jako jsou náklady na výstavbu, provoz, nebo na palivo, a to zejména díky různým druhům technologií. Pokud mluvíme o jaderné elektrárně, můžeme zmínit např. náklady na výstavbu (jsou i u ostatních druhů technologií), náklady na uvedení do provozu nebo na chod elektrárny, které jsou u jaderné elektrárny velmi vysoké. Dalším specifikem můžeme zmínit emisní povolenky pro uhelné elektrárny. Každá daná technologie má různé druhy nákladů, proto je třeba tyto náklady vzít a celkově unifikovat pro možnost posouzení různých druhů elektráren. Všechny informace o nákladech a další data jsou brána ze zprávy OECD, Projected Costs of Generating Electricity – 2020 Edition

3.1 Vybrané elektrárny pro srovnání

Pro posouzení současných a budoucích nákladů vybereme pět elektráren z vybraných technologií a porovnáme jejich vstupní parametry. Vybrali jsme jaderné, fotovoltaické, větrné elektrárny, uhelné a plynové zejména z důvodu vhodnosti pro Českou republiku. Jelikož pro vodní elektrárny nejsou v ČR vhodné podmínky, resp. není prostor pro jejich další výstavbu, tuto možnost vypouštíme z výpočtů. Jaderné elektrárny jsou uvedeny pouze jako medián výkonů tzn. nejčastější výkon reaktoru, fotovoltaické elektrárny jsou uváděny v podobě komerčně využívaných s kapacitním faktorem (na kolik procent jsou využívány) a větrné elektrárny jsou uváděny typu onshore. Větrné elektrárny můžeme dělit na onshore (ve vnitrozemí) a offshore (na pobřeží). Pro naše srovnání bereme elektrárny ve vnitrozemí z důvodů absence pobřeží

v ČR. Dále budeme počítat plynové elektrárny typu OCGT, nebo-li elektrárny s plynovými turbínami.

3.2 Investiční náklady

Každý investiční projekt má své dané náklady, v našem případě mluvíme o nákladech na přípravu stanoviště výstavby, samotnou výstavbu elektrárny, výrobu elektrické energie, uvedení do provozu a financování elektrárny. Každý druh elektrárny má své specifické náklady. Například pro výstavbu jaderné elektrárny jsou potřeba tisíce dělníků, inženýrů a dalších pracovníků. Velké množství betonu, oceli, technický komponentů a dalších řídicích technologií. Na druhé straně fotovoltaické elektrárny jsou závislé zejména na specifické technologii, na pozemcích a dalších specifických faktorech. Jednotlivé druhy technologií vyrábějící elektrickou energii je třeba posoudit určitým způsobem, proto si potřebujeme určit v jaké veličině budeme vyjadřovat tyto investiční náklady (např. USD/kW).

Investiční náklady je možné brát ze dvou různých stran. Pokud bereme v potaz vázání finančních prostředků v průběhu výstavby nebo ne. Pokud ano, jsou zde uvažovány skutečnosti, jako je doba výstavby, úroková míra, způsob financování nebo inflace. V takovém případě hovoříme o diskontovaných investičních nákladech. V případě, že tyto skutečnosti zanedbáme, mluvíme o měrných investičních nákladech. Tento typ investičních nákladů můžeme zamýšlet u projektů s krátkou dobou výstavby.

3.2.1 Doba výstavby a životnost

Významným parametrem je doba výstavby a životnost jednotlivých projektů. Průměrná doba stavby jaderné elektrárny je okolo 8,7 let a uhelné elektrárny 4 roky (Schneider, M., Froggatt A., 2020). Oproti tomu doba výstavby fotovoltaických a větrných elektráren je s jadernými nesrovnatelná a tak zde můžeme brát v potaz takzvané „overnight cost“, což jsou náklady bez započítání diskontní sazby a inflace. Pro případ plynové elektrárny bereme dobu výstavby v souhrnu jako 5 let.

Investiční náklady jsou během doby výstavby rozděleny lineárně a celková hodnota investice je přepočtena do okamžiku uvedení zařízení do provozu.

Pro fotovoltaické a větrné elektrárny je použita pouze „overnight cost“

Doba životnosti pro jaderné elektrárny je určena jednotně na 60 let, pro uhelné elektrárny 40 let, pro plynové elektrárny 30 let, pro fotovoltaiku 40 let a pro větrné turbíny 20 let.

3.2.2 Diskontní sazba a inflace

Pro výpočet finančních toků u nákladů na jaderné elektrárny je potřeba kvůli délce výstavby počítat také s časovou nesrovnalostí dané veličiny. Je tedy nutné ke zvolenému okamžiku tyto hodnoty přepočítat. Pro náš případ využijeme tzv. nominální diskontní sazbu, která zahrnuje vliv inflace, resp. deflace. Tím si zajistíme započítání budoucích nákladů daných projektů.

Jestliže známe reálný diskont a míru inflace, nominální diskont můžeme vypočítat podle vztahu:

$$r_n = (1 + r_r)(1 + i) - 1, \text{ kde}$$

r_n ...diskontní sazba nominální

r_r ... diskontní sazba reálná

i ... míra inflace

Zpráva OECD využívá v tomto případě diskontní sazby 3,7 a 10%. Tyto diskontní míry jsou uvedeny taktéž u solárních a větrných elektráren, ale rozdíl mezi investičními náklady diskontovanými a měrnými investičními náklady „overnight cost“ u těchto elektráren jsou oproti jaderným minimální.

3.3 Provozní náklady

Pro výpočty je nutné určit si vstupní parametry, které budou využívány při výpočtech. Jednotlivá data jsou brána ze tří studií zaměřujících se na náklady jednotlivých zdrojů (Tidball, R., Bluestein, J., Rodriguez, N., 2010, s.64, 66), (Varro, L., Ha, J., 2015, s.6), (International Energy Agency, 2020).

3.3.1 Vyrobená energie

Základním parametrem pro výpočty je množství vyrobené energie. Na něm závisí provozní náklady. Pro jaderné elektrárny uhelné a plynové jsme zvolili zátěžový parametr 85%, což odpovídá 7446 hodinám zatížení ročně, s předpokladem běžící v základním zatížení, stejně tak jako report OECD. U fotovoltaiky a větrných turbín jsme využili právě zprávy OECD, kde jsou jednotlivé kapacitní faktory vypsány, z těch

uděláme průměr, kterým si zajistíme stálost výsledků. Pro fotovoltaické elektrárny jsme vzali průměr vyřízení ze zemí podobné zeměpisné šířky. Průměr tedy vyšel 14,9% pro soláry a 29,4% pro větrné elektrárny (International Energy Agency, 2020, s.50, 51)

3.3.2 Palivové náklady

Pro výpočet palivového nákladu pro jaderné elektrárny bylo rozhodnuto OECD o harmonizování ceny paliv pro matematické modely. Pokud by byly velké rozdíly cen paliva z různých zemí, ovlivnilo by to negativně relevantnost dat.

Náklady na jaderné palivo cyklu bylo určeno na 50 USD za libru jaderného paliva. Náklady na výrobu paliva (těžba, mletí, zpracování a obohacení) byly určeny na 7 USD/MWh, dále pak náklady na transport, skladování, nebo likvidaci činí 2,33 USD/MWh.

U uhelných elektráren je potřeba brát v úvahu ceny uhlí, resp. dovoz. Jeho cena je určena rovněž jako jednotná a to 110 USD/tunu. A samozřejmě všechny náklady na jeho těžbu, zpracování atd. jsou zahrnuty do variabilních nákladů.

V poslední řadě určujeme cenu za plyn (4 USD/ MBTU) a jeho těžbu, zpracování a další nutné úkony s plynem spojené.

3.4 Metodika ekonomického zhodnocení

Aby bylo možné porovnat jednotlivé zdroje z hlediska nákladů, je potřeba určit jednotkovou cenu každého z nich. Budeme tedy počítat celkovou hodnotu investice zvýšenou o diskontní sazbu (jaderné elektrárny), kterou sečteme s jednotlivými náklady na provoz elektrárny a tuto hodnotu vydělíme celkovým výkonem, hodinami zatížení v roce (85%) a délkou životnosti dané elektrárny. Tímto získáme náklad na jednu MWh daného zdroje. V potaz je třeba brát také různé procento zatížení jednotlivých zdrojů, které vstupuje do nákladnosti daného zdroje.

3.4.1 Jednotkové náklady vyrobené energie pro jednotlivé zdroje

Pro výpočet těchto nákladů využijeme tzv. LCOE – Levelized Cost of Energy, neboli sdruženou cenu energie (International Energy Agency, 2020, s. 35), tento vzorec si upravíme do použitelné podoby tak, abychom zahrnuli všechny stanovené parametry.

$$LCOE(P) = \frac{\text{Celkové náklady během životnosti projektu}}{\text{Celkově vyrobená elektřina}}$$

Jaderné elektrárny

$$LCOE(P) = \frac{INV * (1 + r_n)^t + (FN * V * T) + (V * VN * T)}{V * T * T_h}, \text{ kde}$$

P...jednotková cena [\$/MWh] T_h...roční vytížení [h]

INV...celková hodnota investice

r_n...diskontní sazba

FN...průměrné fixní náklady na provoz [\$/MWh]

VN...průměrné variabilní náklady na provoz [\$/MWh]

T...doba životnosti [roky, resp. v hodinách]

t...doba výstavby [roky]

V...výkon elektrárny [MW]

$$P = \frac{(5,50347 * 10^{10}) * (1 + 0,003)^9 + (90 * 1250 * 525 600) + (1250 * 0,49 * 525 600)}{1250 * 60 * 7446}$$

$$P = 207,7 \text{ \$/MWh}$$

Uhelné elektrárny

$$P = \frac{INV * (1 + r_n)^t + (FN * V * T) + (V * VN * T)}{V * T * T_h}$$

$$P = \frac{(1,53108 * 10^{10}) * (1 + 0,003)^4 + (27,53 * 772 * 350 400) + (772 * 4,59 * 350 400)}{772 * 40 * 7446}$$

$$P = 105,18 \text{ \$/MWh}$$

Fotovoltaické elektrárny

$$P = \frac{INV + (FN * V * T)}{V * T * T_h}$$

$$P = \frac{(5,031744 * 10^7) + (11,68 * 4 * 350\ 400)}{4 * 40 * 1305}$$

$$P=319,4 \text{ \$/MWh}$$

Větrné elektrárny

$$P = \frac{INV + (FN * V * T)}{V * T * T_h}$$

$$P = \frac{(2,2578 * 10^8) + (30,3 * 14 * 175\ 200)}{14 * 20 * 2575}$$

$$P = 416,22 \text{ \$/MWH}$$

Plynové elektrárny

$$P = \frac{INV * (1 + r_n)^t + (FN * V * T) + (V * VN * T)}{V * T * T_h}$$

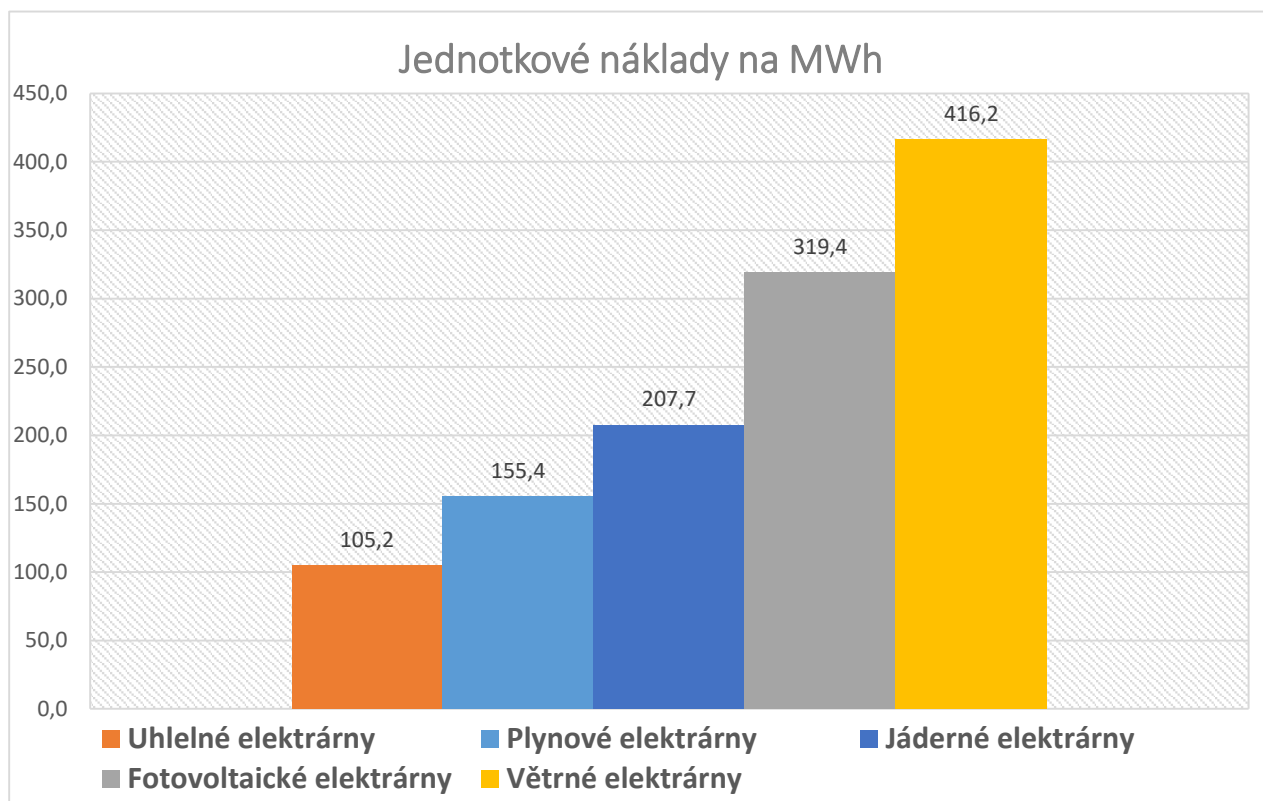
$$P = \frac{(1,469578 * 10^9) * (1 + 0,003)^5 + (10,53 * 240 * 262\ 800) + (240 * 3,17 * 262\ 800)}{240 * 30 * 7446}$$

$$P= 155,4 \text{ \$/MWh}$$

Jednotlivé investiční a provozní náklady jsou data z celosvětových reportů jelikož nejsem schopen tyto data dohledat pro naši republiku (Tidball, R., Bluestein, J., Rodriguez, N., 2010, s.57), (Varro, L., Ha, J., 2015, s.6), (International Energy Agency, 2020,s.64, 66).

3.4.2 Výsledné ceny energie jednotlivých zdrojů

Obr. 6: Graf jednotkových nákladů [\$/MWh]



Zdroj: Vlastní zpracování

Z výpočtů a grafu vidíme (Obr.5) nejnižší náklady na MWh elektrické energie v současné době zastávají uhelné zdroje. Je to především způsobeno dobrým poměrem výkonu elektráren, jejich nákladů na provoz a výstavbu. Na druhé straně jsou obnovitelné zdroje, které nyní nejsou konkurenceschopné a jejich instalace je většinou podporována dotacemi a celkovou politikou národních států. Nejvyšší hodnota vyšla u větrných elektráren a to zejména díky nízké roční zátěži, která vstupuje do rovnice jako negativní prvek, a také díky poměrově vyšším nákladům na výstavbu než je například u fotovoltaiky.

4 Zhodnocení a návrh energetického mixu

V předchozí kapitole byla vypočítána výhodnost každého z vybraných zdrojů. Z výsledků je vidět, že jsou obnovitelné zdroje stále mnohem dražší než ty konvenční, jako je uhlí, jádro nebo plyn. Přesto je potřeba brát v úvahu nutnost změny energetiky na bezuhlíkovou a udržitelnou v rámci možností daného státu a také závazky které máme k Evropské unii z pohledu Pařížské dohody a dalších ujednání.

Pro tyto závazky byla proto vytvořena Uhelná komise, která vytvořila čtyři plány ukončení uhelné energetiky. Z těchto čtyř plánů nakonec zvítězil tzn. koncepční plán, který počítá s ukončením uhlených zdrojů do roku 2038. Koncepční plán bude stát k roku 2043 okolo 326 mld. Kč a jeho emisní stopa bude 564 mil. tun oxidu uhličitého (Kubátová, 2021). V dalších kapitolách si popíšeme jednotlivé zdroje a pohled na ně z hlediska konkurenceschopnosti, bezpečnosti a udržitelnosti.

4.1 Uhelné elektrárny

Pro uhelné zdroje nám v předchozí kapitole vyšla jednotková cena nejlépe a to 105,2 \$/MWh. Přesto, že se jedná o nejlepší výsledek z hlediska konkurenceschopnosti, musíme se zamyslet nad budoucím vývojem uhelného zdroje. Uhlí jako takové není příliš vhodné pro snižování emisí, tak jak jsme se zavázali a tak nesplňujeme parametr udržitelnosti, ale i když tuto skutečnost opomineme, jsou zde další problémy, jako je například nedostatek uhelných zásob v ČR. Mohli bychom namítnout, že uhlí můžeme dovážet. To by však zapříčinilo závislost české energetiky na zahraničních zdrojích, které nejsou taktéž nevyčerpatelné, a snížilo by to bezpečnost tohoto zdroje hlavně z hlediska dovozní závislosti.

Dalším problémem je budoucí zvyšování nákladů zejména kvůli zdražujícím emisním povolenkám na tento druh elektrárny (Kubátová, 2021). Podle finančního ředitele ČEZ se dokonce s těžbou skončí dříve, jelikož se snížila poptávka právě po uhelných zdrojích (iRozhlas, 2021). Tato poptávka upadá zejména díky zmíněnému zdražování emisních povolenek a neochoty bank dále podporovat uhelnou energetiku (Lukáč, Mašek, 2021). Z tohoto důvodu se tak stává uhlí nerentabilní podnikání a mnoho společností od ní upouští. *„Vlastníci českých uhelných elektráren většinu zdrojů brzy vypnou. Za uhlí, které dnes pokrývá přes 40 procent české spotřeby, si země*

nepřipravila včas náhradu. Už po roce 2025 v Česku akutně hrozí nedostatek elektřiny“ (Kubátová,2021). Z tohoto důvodu nevidím uhelné zdroje jako tu správnou cestu, kterou bychom se měli vydat, což plyne jak z ekonomického hlediska, tak z hlediska udržitelnosti. Tento postoj taktéž zaujímá Evropská unie resp. česká vláda.

4.2 Jaderné elektrárny

Co se týče jaderných elektráren z výsledků a výpočtů jsme zjistili, že jaderný zdroj je přibližně na průměru cen, které jsme spočítali. Obě naše jaderné elektrárny dokáží dodat České republice velký díl elektrické energie a je proto třeba se zaměřit minimálně na zachování nynějších výkonů nebo je v nejlepším případě rozšířit. *„Až bude hotový nový blok jaderné elektrárny Dukovany, mohly by se dostavět jeden nebo dva nové bloky jaderné elektrárny v Temelíně. Dostavba Temelína by mohla být začátkem 40. let. Investorem by měl být ČEZ.“* (Aktuálně.cz, 2021) Pro naši energetiku je tedy nutné vyjednat u Evropské unie zařazení jádra do tzv. zeleného zdroje, aby bylo možné do budoucna splnit normy Evropského parlamentu. Po tomto kroku by bylo možné zaměřit se na samotnou technologii, která je z hlediska udržitelnosti zajímavou alternativou uhelných elektráren. Jaderné elektrárny jsou dobrým příkladem technologie, která má potenciál být jedním z udržitelných zdrojů pokud se naše politika v Evropské unii zaměří na prosazení jádra jako zelené energie.

Pokud mluvíme o bezpečnosti jaderné energetiky je nutné se zaměřit se na spolehlivé dodavatele, tak aby jsme splnili parametry z druhé kapitoly. Jedná se například o diverzifikaci dodavatelského řetězce jaderného zdroje. Česká republika by se měla stát střediskem pro jadernou energetiku, jelikož svojí geografickou pozicí a rozlohou je pro jadernou technologii nejvhodnějším zástupcem, když pomineme uhelné elektrárny. Podle mého názoru bychom se měli zaměřit na jaderné reaktory IV. generace a jejich využití tak, aby bylo do budoucna zajištěné výhradní postavení české energetiky jako exportního subjektu na trhu.

4.3 Plynové elektrárny

Plynové elektrárny jsou velice zajímavou alternativou pro zaplnění energetického mixu. Z výsledků vidíme, že jejich cena je druhou nejlepší ze všech zkoumaných zdrojů. Z hlediska konkurenceschopnosti je tento zdroj více než přijatelný. Co se týče bezpečnosti můžeme namítnout, že je třeba plyn dovážet a tak je tento aspekt

diskutabilní. Přestože je většina plynu z Ruské federace, je třeba říci, že tento plyn nakonec odebíráme ze západní Evropy z projektů jako je Nord stream atd. Z tohoto důvodu bychom mohli doporučit tento zdroj jako náhradu uhelných elektráren, i když z hlediska udržitelnosti je plyn také zdrojem emisí. Přesto si myslím, že to není tak vhodným zdrojem elektrické energie, jako je například jádro. Plynové elektrárny mají samozřejmě nižší emise než uhlí, ale z mého hlediska je jádro vhodnější. To co je pro plynové elektrárny zásadní, je zařazení těchto zdrojů do pokrývání špiček denního diagramu. Tam vidím jejich místo a nejlepší možné využití tohoto druhu elektráren. Přesto je však možné, že je plyn zatím jedinou možnou náhradou za uhlí. „*Jedinou smysluplnou náhradou za uhlí je pro Česko plyn,*“ říká náměstek ministra průmyslu René Neděla (Kubátová, 2021).

4.4 Fotovoltaické elektrárny

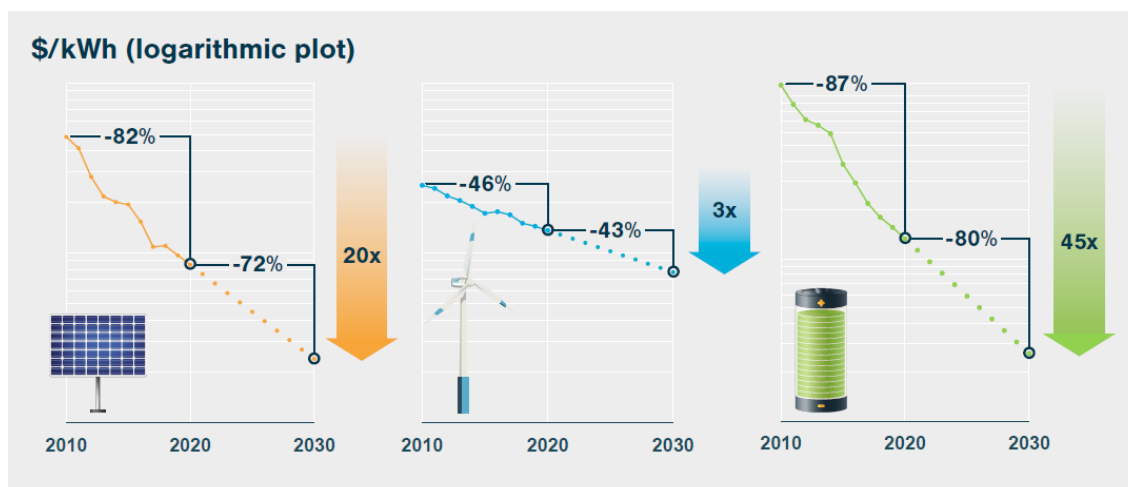
Sluneční zdroje splňují předpoklady bezuhlíkaté a udržitelné energie, ale bohužel je nutné, aby i ty byly ekonomicky výhodné, jinak se tato skutečnost projeví na ceně elektrické energie, viz třetí kapitola, kde se cena projevila jako druhá nejhorší.

Přestože jsou obnovitelné zdroje, zejména vítr a slunce cenově nekonkurenceschopné, zlepšuje se v čase jejich cenová dostupnost. V minulém roce vzrostl v České republice výkon fotovoltaických elektráren o jednu desetinu na 25,2 MW (Aktuálně.cz, 2021). Zlepšující se konkurenceschopnost už lze zaznamenat i na podílu vyrobené energie z tohoto zdroje v Evropské unii. Z obnovitelných zdrojů, jako je vítr a solární energie, v loňském roce pocházelo 38 procent elektřiny v EU. Podíl fosilních paliv, jako je uhlí a plyn, činil pouze 37 procent (Aktuálně.cz, 2021).

Podle studie Rethinx se za posledních 10 let snížila cena za kW/h o 82 % u fotovoltaiky, o 43 % u větrné energie a o 87 % u vysokokapacitních baterií (Obr. 7) (Rethinx, 2020, s.8).

Co se týče bezpečnosti fotovoltaiky, je na tom z hlediska tohoto aspektu v rámci možností velice přijatelně. Jediné bezpečnostní riziko vidím v dodávkách energie z tohoto zdroje a to z důvodu velkých výkyvů slunečního svitu.

Obr. 7: Změna ceny elektřiny obnovitelných zdrojů a baterií



Zdroj: RethinX, 2020

Změna se kterou studie počítá, by umožnila vyrovnat ceny těchto technologií s konvenčními zdroji a zajistit tak jejich konkurenceschopnost a bezpečnost dodávek. Zejména snížení cen baterií je příležitostí pro změnu celého systému energetiky jak ve světě tak u nás.

4.5 Větrné elektrárny

Ohledně větrných elektráren jsem velice skeptický. Jednotková cena větrného zdroje vyšla podle výpočtů 416 \$/MWh, což je nejhorší výsledek ze všech. Tento zdroj je tedy velice nekonkurenceschopný a je proto velice složité v této technologii vidět náhradu za jakýkoliv zdroj z výše uvedených. Z hlediska bezpečnosti je na tom podobně jako fotovoltaika, tedy přijatelně dobře, až na stálost dodávek. Jediné, co větrný zdroj splňuje velice dobře, je udržitelnost. Zdroj je tedy v tuto chvíli nevhodný pro základní zatížení. Přesto je možné, že se v budoucnu stane levnějším z hlediska nákladů alepší se tím jeho konkurence a stane se tak vhodným kandidátem pro zařazení do energetického mixu.

4.6 Zhodnocení

Podle Státní energetické koncepce je období od roku 2015 do roku 2040 tzv. přechodné. Celkově na mě tato koncepce působí dojmem vyčkávacím a je pojata velice neurčitě. Dozvídáme se, že bychom měli do 25 let dostavět jaderné bloky v Dukovanech

a Temelíně, postupně snižovat výkon uhelných elektráren a tzv. vyčkávat na IV. generaci reaktorů, na konkurenceschopnost obnovitelných zdrojů a na jadernou fúzi.

Podle mého názoru tento přístup podceňuje situaci. Pro obnovitelné zdroje máme státní podpory, které zapříčinily velké solární podvody, výstavbu jaderných bloků se nedaří dokončovat, prodražuje se a po dostavbě reaktoru v Dukovanech se budou muset odstavit stávající bloky. České republice nedávno také zkomplikovali situaci bezpečnostní složky, které nedoporučili využívat jaderné technologie ze země s autoritářským režimem (Čína) a po aféře ve Vrběticích se vyškrtl z tendru také ruský Rosatom. Je tedy velký problém pouze započít daný projekt. Jak říká redaktor Hospodářských novin „*V soutěži tak zůstává francouzská EdF, korejská KHNP a americká Westinghouse. První dvě jmenované nemají ještě hotový reaktor potřebné velikosti a americká firma si kvůli problémům s dostavbou dokonce prošla bankrotem.*“ (Lukáč, 2021) V Temelíně je místo na další dva reaktory, ale jejich dostavba není v projednávání a s největší pravděpodobností ještě několik let nebude. Za posledních 50 let se jaderná fúze nepovedla zprovoznit v potřebném měřítku a myslím si, že uvedení do praxe bude trvat ještě několik desítek let.

Právě z tohoto hlediska je strategie vyčkávání přinejmenším odložením problému. Pro udržení pozice České republiky jako energeticky soběstačné země je třeba vynaložit investice do inovací. Podle mého názoru je zajímavý právě pohled zmiňované studie RethinX. Při využití nových technologií jako je řídicí umělá inteligence, velkokapacitní baterie, tzv. energy storage, fotovoltaické elektrárny a větrné turbíny by bylo možné z části reformovat českou energetiku. Je potřeba vytvořit takové podmínky, aby bylo pro domácnosti, firmy, nebo instituce výhodné zapojit se do energetické přeměny ČR. Z hlediska vývoje je potřeba velkých investic do těchto oborů. Co se týče jaderné energetiky, je potřeba zlepšit proces výstavby jaderných bloků aby se co nejvíce snížila doba potřebná k uvedení elektráren do provozu.

Dle mého názoru je potřeba masivních investic do nových technologií, aby Česká republika byla jedna z prvních, která bude schopna využít nových příležitostí a čelit budoucím problémům. Jako řešení vidím zejména vývoj a výzkum velkokapacitních baterií a dalších technologií pro tzv. „energy storage“, které by zvýšily účinnost a využitelnost obnovitelných zdrojů. Zejména Česká republika by se mohla stát díky lithiovým zdrojům místem, kde se začne využívat velkokapacitních baterií. Řešení splňuje společenskou představu o čisté energii a využívá nových přístupů

a technologií k ještě lepší efektivitě získávání energie z přírodních zdrojů. Prevencí před stagnací české energetiky a před nutností odběru energie ze zahraničí je rychlé jednání. Dalším aspektem je budoucí energetická náročnost celé společnosti a to zejména s nástupem elektromobility, která značně zatíží elektrickou soustavu a zvýší potřebu energie.

4.6.1 Zlepšení politiky a byrokracie

Pro zlepšení popsané situace vidím zejména specifické kroky, které by mohly pomoci vyřešit tento problém. Prvním zásadním důvodem neflexibilního postupu při vytváření dobrých podmínek pro energetiku je nepříznivá až špatná situace v oblasti politiky a byrokracie.

Rozdělená politická společnost zapříčiňuje neustálé politické boje o moc a vlastní pravdu a dostává se tak do situace, kdy nejsou politické strany schopny najít konsensus a kompromis. Z tohoto důvodu je potřeba, aby Státní energetická koncepce byla schválena napříč politickým spektrem, pro to aby se při změně vlády zachovala konzistence energetické politiky. Všechno ovlivňují mocenské kroky našich ústavních činitelů a okolních států či světových mocností. Pokud se tento problém povede vyřešit a politické strany najdou společnou řeč, vyřeší se tím část velice rozsáhlého problému.

Další částí politicko-ekonomického problému je byrokracie. Zejména protahování byrokratických postupů, jako jsou zdlouhavá výběrová řízení. Je potřeba změny zákona o zadávání veřejných zakázek, ve kterém je hlavním parametrem cena, která velice ovlivňuje kvalitu a zároveň bezpečnost daných projektů. Zkrácením byrokratického procesu se urychlí potřebná doba pro schvalování a projektování. Tím by se snížila celková doba pro realizaci projektů, jako je například aktuální dostavba Dukovan. Těmito kroky by bylo možno zlepšit celkový stav české energetiky a zároveň jejího rozvoje.

4.7 Návrh

Pokud chceme navrhnout nový energetický mix, musíme si uvědomit, co je zejména ze socio-ekonomického hlediska pro Českou republiku zapotřebí, v potaz ovšem musíme vzít i Evropskou unii. Z mého pohledu je naprosto nutné oprostít se od uhelného zdroje a nahradit ho. Shodují se tedy s Evropskou unií a navrhuji tepelné elektrárny zaměnit jadernými do takové míry, jak jen to naše prostředky umožňují.

To nám zajistí pokrytí základního zatížení denního diagramu. Další nutností je bezpečné dodání elektrické energie ve špičkách. Co se týká špičkového zatížení navrhuji nastavit energetickou politiku na podporu zelené energie pro malé subjekty jako jsou domácnosti nebo firmy. Pokud by část nově postavených rodinných domů byla od základu nastavená na energeticky pasivní stavbu, postupem času by se snížila spotřeba elektrické energie. Vybudováním elektrické infrastruktury se zapojením výše zmíněných nových technologií (chytrá síť, umělá inteligence pro řízení sítě, velkokapacitní baterie), bychom dosáhli efektivní distribuce elektrické energie mezi subjekty, jako jsou solární elektrárny, větrné elektrárny, ale taktéž malé energetické zdroje na domácnostech nebo institucionálních stavbách.

Energetický mix a budoucnost české energetiky tedy navrhuji ve dvou fázích. První je realistická, shoduje se s výhradami se Státní energetickou koncepcí a z hlediska technologií je proveditelná v blízké budoucnosti. Druhá je inovativní, pohlíží více do budoucnosti a z celkového hlediska velice zajímavá. Stavím na výše zmíněné studii RethinX a vidím možný energetický mix v novodobých technologiích, které budou popsány v dalších kapitolách.

4.7.1 První fáze

Jádro je jeden ze zdrojů, který zajišťuje základní oblast denního diagramu zatížení, avšak tato oblast zatížení je zároveň pokrývána uhelnými zdroji, které je potřeba nahradit. Proto v první fázi navrhuji vystavět další jaderné reaktory, zejména v Temelíně. Co se týče Dukovan, beru vystavění reaktorů za nutnost a za hotovou záležitost. Je nutné zaplnit základní zatížení jádrem, proto navrhuji co nejdříve vystavět kompletní potenciál obou jaderných elektráren. To znamená navýšení poměru jádra na úkor ostatních zdrojů. Dále je potřeba zaměřit se na výzkum využití jaderné technologie a to zejména reaktorů IV. generace.

Protože máme omezený prostor pro jádro, je nutné doplnit mix dalšími zdroji na vykrytí špičkových oblastí denního diagramu. Pro doplnění špičkového zatížení navrhuji této fázi využít plynových elektráren a také obnovitelných zdrojů. Oba tyto zdroje jsou dostupným řešením pro naši energetiku a splňují, ať už částečně nebo úplně, všechny nutné parametry pro nynější potřeby české energetiky. Plyn, jakožto konkurenceschopný zdroj doplněný o fotovoltaické elektrárny, je vhodnou náhradou tepelných elektráren, které jsme se do roku 2038 zavázali vyřadit z energetického mixu.

Uhelné elektrárny dle mého názoru mají místo v energetice, zejména jako záloha pro výpadky v síti tzv. záložní zdroje. Myslím si, že důležitější než bezuhlíkatá energetika je konstantní a bezpečná dodávka elektrické energie. Tento názor se mnou sdílí i německý scénář ukončení uhelné podpory a počítá s uhlím pouze jako se záložním zdrojem.

4.7.2 Druhá fáze

Budoucnost našeho mixu by měla být v efektivních budoucích technologiích, jako jsou solární elektrárny, větrné turbíny a hlavně nové inteligentní sítě v kombinaci s umělou inteligencí a elektrickými bateriovými články. Kombinace s vytvořenou elektrickou infrastrukturou by mohla nabídnout alternativu uhelných elektráren. Pokud by totiž byla vystavěná infrastruktura inteligentních sítí založených na uchovávání elektrické energie, bylo by možné překonat nevýhody, které v sobě zahrnují obnovitelné zdroje a to je neschopnost konzistentně vyrábět energii.

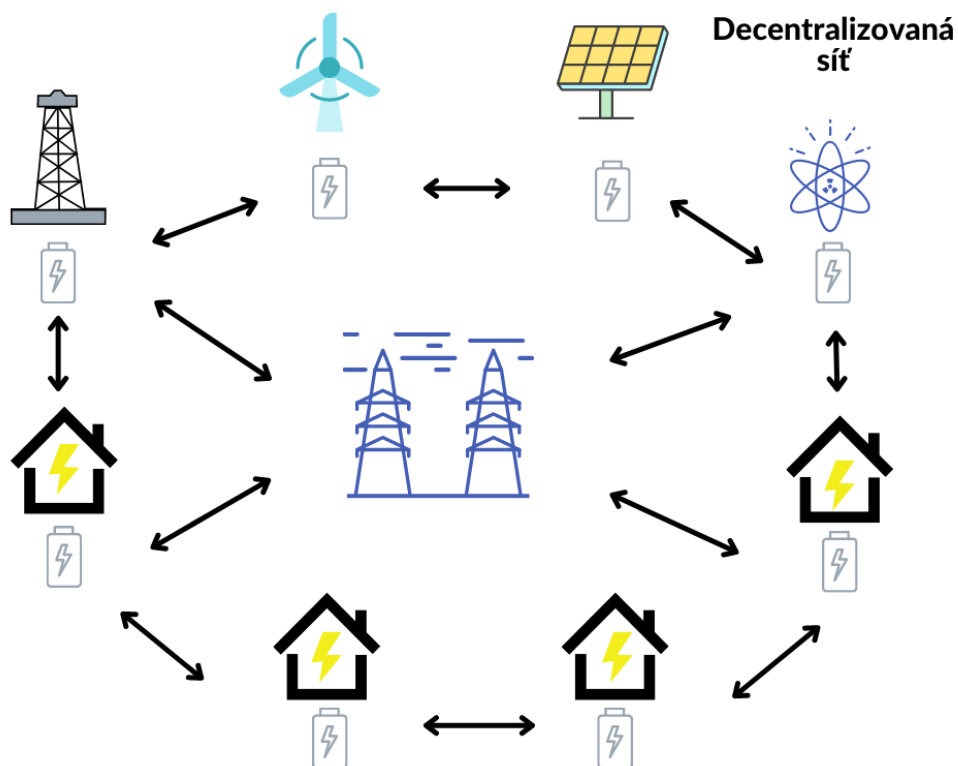
Příkladem technologie uchování energie je například britský start-up Gravity, který uchovává elektrickou energii na základě gravitační síly. Gravity lze využít pro kilometrové šachty v dolech, do kterých se spouští těžké závaží (sta až tisíce tun), při spouštění vytvářelo energii a při vytažení by spotřebovávalo energii (Aktuálně, 2021). Kromě velkokapacitních baterií nebo zmíněné gravitační technologie, existují také koncepty ekonomického uchování energie. Se zajímavou zprávou přišel časopis Foreign Policy, který představuje koncept využívání energetických špiček v ukrajinských jaderných elektrárnách. Ukrajinská státní společnost Energoatom plánuje vystavět vedle jaderných elektráren kryptoměnové těžební haly a pomocí energetických přebytků z elektráren pokrývat spotřebu těžebních strojů na těžbu známé kryptoměny Bitcoin (Kalousek, 2021).

Vyřešením problému s uchováním energie by se umožnilo pokrývání energetických špiček a v nejlepším případě i pokrytí části základní oblasti diagramu zatížení. Z tohoto hlediska bychom mohli energetický mix stavět na dobře nastavené atomové energii v kombinaci s výše zmíněným inteligentním řízením obnovitelných zdrojů. Pokud by umělá inteligence s kombinací velkokapacitních zařízení (baterií) dokázala efektivně rozdělovat a přesouvat energie do míst s aktuální spotřebou, mohli bychom postupem času nastavit síť takovým způsobem, aby nebylo třeba velké množství velkých energetických projektů. Vytvořila by se tak decentralizovaná energetická síť, která by

těžila z přínosu množství zapojených menších zdrojů. Síť by efektivně distribuovala energii do míst kde je zrovna potřeba a pokud by bylo energie větší množství než je potřeba, využilo by se nabíjení velkokapacitních baterií. Pro navržený scénář je nutný společenský konsensus a individuální zodpovědnost všech společenských vrstev, tak aby bylo možné zapojit do sítě velké množství subjektů.

„Moderní energetika směřuje k decentrální výrobě, kdy místo obřích fosilních zdrojů produkuje elektřinu větší počet menších jednotek, většinou využívajících energii slunce a větru.“ (Zenkner, 2019)

Obr. 8: Decentralizovaná síť



Zdroj: Vlastní zpracování

Závěr

Energetika je klíčovým oborem, který se po desítky let vyvíjel do dnešní podoby. Energetický obor je svým charakterem velice investičně náročný a inovační změny se projevují pomalu. V posledních letech můžeme v České republice vidět stagnaci energetiky a tak je potřeba začít hledat vhodná řešení, které by posunula výrobu elektrické energie do 21. století. S rychlým vývojem technologií se otevírají nové možnosti v řízení elektrických sítí, v možnostech „energy storage“, ale také ve využití jednotlivých zdrojů. Z geografických a demografických důvodů má Česká republika potenciál stát se průkopníkem nových technologií a inovací. Kde jinde je možnost experimentovat na malých ostrovních režimech než v zemi s deseti miliony obyvatel a s kvalitním elektrifikačním zázemím.

V bakalářská práce popisuje nynější stav energetického mixu České republiky a celkovou situaci energetických zdrojů. Česká republika je stále závislá na spalování fosilních paliv, avšak tendence využívání jaderné energie spolu s obnovitelnými zdroji stoupá. Popsaná Státní energetická koncepce vykresluje budoucí plány české energetiky a ukazuje danou problematiku budoucího rozhodování, které nebude snadné. Také odhaluje slabiny české energetické politiky ve smyslu nesystematičnosti řešení a nutnosti rychlého jednání. Budoucí trendy energetiky nastiňují některé z mnoha různých cest energetického vývoje a ukazují nám, jak funguje přechod z jedné technologie na druhou. V našem případě vykresluje řešení systému propojení třech technologií fotovoltaiky, větrných elektráren a velkokapacitních baterií a v druhé řadě vývoj reaktorů IV. generace.

Na základě nákladové analýzy práce byla zjištěna nynější nekonkurenceschopnost obnovitelných zdrojů zejména větru a stále převažující výhodnost uhlí a plynu. Obnovitelné zdroje by se ale měly postupem času vyrovnávat konvenčním zdrojům a to zejména díky novým technologiím a společenskému tlaku. Díky snižujícím se nákladům na dané technologie je možné předpovědět budoucí dominance těchto zdrojů, a o to se opírá pozdější návrh energetického mixu. Ukazuje se prozatímní ekonomická výhodnost fosilních a jaderných paliv, které jsou ale v nynější politické situaci v horším postavení, jak u západních evropských zemí, tak v USA. Cílem práce bylo navrhnoutí nového energetického mixu České republiky v souvislosti s energetickou politikou České

republiky resp. Evropské unie a současnými společenskými požadavky na zelenou energii. Tento cíl byl z hlediska společensko-ekonomického pohledu splněn a to zejména vhodným zapracováním výzkumu energetických technologií a zpracováním nákladové analýzy, která nám pomohla k lepšímu vhledu do dané problematiky. Nový energetický mix splňuje požadavky společenského pohledu na budoucnost energetiky a zohledňuje budoucí potřeby České republiky.

Seznam použitých zdrojů

- Drábová, D. Zpráva NEK II: Perspektivy české energetiky. Praha : ČSEN, 2012.
- Kadrnožka, J. (1984). Tepelné elektrárny a teplárny. Praha, Česko: SNTL
- Bufka, A., & Veverková, J., Ministerstvo průmyslu a obchodu, (2019, 5.listopad) Uhlí v České republice. [vid. 2019-11-5]. Dostupné z: <https://energetika.tzb-info.cz/19810-uhli-v-ceske-republice>
- Kornia, L. (2019). Parní turbíny provozní zkušenosti. Brno, Vysoké učení technické v Brně
- Matěna, Š., (1975). Výroba a rozvod elektrické energie I. Praha, Česko: SNTL
- Skupina ČEZ. (2021). Jaderná elektrárna Dukovany. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobnizdroje/jaderna-energetika/jaderna-energetika-v-ceske-republice/edu>
- Český statistický úřad. (2019). Statistická data vyhledaná 12.2.2021 Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/home>
- Skupina ČEZ. (2007). Obnovitelné zdroje energie a možnost jejich uplatnění v ČR. Praha. Česko: Skupina ČEZ. Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/vzdelavani/obnovitelne_zdoje_energie_a_moznosti_jejich_vyuziti_pro_cr.pdf
- Hamalčíková, K. (2020, 8. leden) Dotace na fotovoltaiku 2020: Podnikatelé mohou žádat od 13. ledna, domácnosti využijí NZÚ. [cit. 19.dubna 2021] Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/dotace-na-fotovoltaiku-2020-a-nova-zelena-usporam>
- Fotovoltaický jev. micronix [online]. 2013 [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: <http://www.micronix.cz/solarix/zakladni-informace/fotovoltaicky-jev>
- Katzer, M. (2011). Jaderné reaktory 4. generace. (Bakalářská práce). Vysoké učení technické v Brně. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=40916
- Fraunhofer ISE. (2019) Photovoltaics Report –ISE, Dostupné z: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>
- Schneider, M.,Froggatt A., (2020). The World Nuclear Industry Status Report 2020. Dostupné z: https://www.worldnuclearreport.org/IMG/pdf/wnisr2020-v2_lr.pdf
- Tidball, R., Bluestein, J., Rodriguez, N., (2010) Cost and Performance Assumptions for Modeling Electricity Generation Technologies, National renewable energy Laboratory Dostupné z: <https://www.nrel.gov/docs/fy11osti/48595.pdf>
- Varro, L., Ha, J., (2015) Projected costs of generating electricity 2015 Edition, International Energy Agency Dostupné z: <https://www.iea.org/reports/projected-costs-of-generating-electricity-2015>
- International Energy Agency (2020), Projected Costs of Generating Electricity – 2020 Edition Dostupné z: https://www.oecd-neo.org/jcms/pl_51110/projected-costs-of-generating-electricity-2020-edition?details=true

Informační portál Energetické gramotnosti (2021), Národní akční plán [cit. 27. července 2021], Dostupné z: <https://www.informacni-portal.cz/clanek/narodni-akcni-plan#article-top>

Ekolist.cz (2021) Před 20 lety byl přijat Kjótský protokol na ochranu klimatu. [vid. 2018-07-14]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/pred-20-lety-byl-prijat-kjotsky-protokol-na-ochranu-ovzdui>.

Quaschnig, Volker, (2010). Obnovitelné zdroje energií. Přeložil Václav Bartoš. Praha: Grada Publishing

Zenkner P. (2019). Budoucnost energetiky je v decentralizaci. Domácnosti, které si samy vyrábí elektřinu, budou schopné pokrýt až polovinu veškeré spotřeby. [cit. 2021-08-16]. Dostupné z: <https://archiv.hn.cz/c1-66555670-decentralizace-je-technicky-problem-i-obchodni-prilezitost>

Dorr, A., Seba, T., (2020) Rethinking Energy 2020-2030, 100% Solar, Wind, and Batteries is Just the Beginning. Dostupné z: <https://static1.squarespace.com/static/585c3439be65942f022bbf9b/t/5fa57fc9d228a73c73ec4669/1604681700368/Rethinking+Energy+2020-2030.pdf>

iRozhlas (2021). ČEZ s těžbou hnědého uhlí skončí o 12 let dříve. Špatně se s ním podle finančního ředitele obchoduje. ČTK Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/ekonomika/cez-hnede-uhli-cerne-uhli-energie_2108101224_ere

Kubátová,Z., (2021) Odchod od uhlí: Hádáme se o datum, ale nevíme, jak ho nahradit. Seznam zprávy. Dostupné z: <https://www.seznamzpravy.cz/clanek/odchod-od-uhli-hadame-se-o-datum-ale-nevime-jak-ho-nahradit-147783>

Kubátová,Z., (2021) Uhlí končí, už za čtyři roky může chybět elektřina Seznam zprávy. Dostupné z: <https://www.seznamzpravy.cz/clanek/odchod-od-uhli-hadame-se-o-datum-ale-nevime-jak-ho-nahradit-1477>

Kubátová,Z., (2021) Uhlí v Česku skončí v roce 2038. Komise ale vařila z vody, chybí analýzy. Dostupné z: <https://www.seznamzpravy.cz/clanek/konec-uhli-v-cesku-uhelna-komise-vari-z-vody-nema-vsechny-analyzy-13222183>

Aktuálně.cz (2021) Britové chtějí v opuštěné šachtě OKD skladovat elektřinu. Unikátní projekt má zelenou. Ekonomika. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/britove-chteji-v-uhelne-sachte-okd-vyrabet-elektrinu-na-vzac/r~5a91c934f91611ebbc3f0cc47ab5f122/>

Aktuálně.cz (2021), Česko zaostává v instalaci solárních zdrojů, Polsko postupuje mnohem rychleji. Ekonomika, ČTK. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/vykon-novych-solarnich-zdroju-v-pololeti-vzrostl-o-desetinu/r~5c12fa46f39211eba7d80cc47ab5f122/>

Lukač, P., (2021), Jádro je pro klima nejlepší. Otázka je, zda ho Česko stihne postavit před odstavením špinavého uhlí. Hospodářské noviny., Dostupné z: <https://archiv.hn.cz/c1-66960650-jadro-je-pro-klima-nejlepsi-otazka-je-zda-ho-cesko-stihne-postavit-pred-odstavenim-spinaveho-uhli>

Lukač, P., (2021), Uhlí už se nevyplácí spalovat ani Sokolovské uhelné. Česko ale stále neví, jak ho nahradit Dostupné z: <https://archiv.hn.cz/c1-66958060-uhli-uz-se-nevyplaci-spalovat-ani-sokolovske-uhelne-cesko-ale-stale-nevi-jak-ho-nahradit>

Lukač, P., Mašek, A., (2021), České banky i pojišťovny dávají ruce pryč od uhlí. Někde je tabu už teď, Hospodářské noviny, Dostupné z: <https://archiv.hn.cz/c1-66962130-ceske-banky-i-pojistovny-davaji-ruce-pryc-od-uhli-nekde-je-tabu-uz-ted>

Aktuálně.cz (2021), Obnovitelná energie je hlavním zdrojem elektřiny v EU. Česko zaostává, míní studie.ČTK, Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/studie-obnovitelna-energie-uz-je-hlavnim-zdrojem-elektriny-v/r~2ed9eee45eec11ebb0f60cc47ab5f122/>

Kalousek Z., (2021), Ukrajina představuje plán integrace kryptoměn do roku 2024, kurzy.cz, Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/zpravy/604437-ukrajina-predstavuje-plan-integrace-kryptomen-do-roku-2024/>

Aktuálně.cz, (2021), Havlíček připustil dostavbu Temelína. Sobotkova vláda měla tendr dokončit, říká Babiš, ČTK Dostupné z: https://zpravy.aktualne.cz/havlicek-pripustil-dostavbu-temelina-sobotkova-vlada-mela-te/r~10b9e298ec6811eba7d3ac1f6b220ee8/?utm_source=www.seznam.cz&utm_medium=sekce-z-internetu#dop_source_zone_name=hpfeed.sznhp.lptag&dop_ab_variant=null

Seznam tabulek

Tab. 1: Poměr zdroje na výrobě (%).....	14
Tab. 2: Hrubá výroba elektřiny (GWh).....	14
Tab. 3: Dotační tituly na fotovoltaiku.....	24
Tab. 4: Výhřevnost biopaliv s proměnným obsahem vody.....	26

Seznam obrázků

Obr. 1: Energetický mix ČR.....	15
Obr. 2: Pokrytí denního diagramu zatížení.....	16
Obr. 3: Pole průměrné rychlosti větru ve výšce 100 m nad povrchem.....	23
Obr. 4: Kauzální křivka nové technologie.....	39
Obr. 5: Globální instalovaný výkon PV.....	42
Obr. 6: Graf jednotkových nákladů [\$/MWh].....	48
Obr. 7: Změna ceny elektřiny obnovitelných zdrojů a baterií.....	51
Obr. 8: Decentralizovaná síť.....	55

Seznam zkratek

NAP – Národní akční plán

OZE – obnovitelné zdroje energie

PPC – provozované paroplynové elektrárny

kWh – kilowat hodina

MWh – megawatt hodina

GWh – gigawatt hodina

TWh – terawatt hodina

MW – megawatt

MWe – megawattelektron

VVER – vodovodní energetický reaktor

VE – vodní elektrárna

PVE – přečerpávací vodní elektrárna

MVE – malá vodní elektrárna

VTE – větrná elektrárna

OPPIK – operační program podnikání a inovace pro konkurenceschopnost

MJ/kg – megajoule na kilogram

Kg/m³ – kilogram na metr čtvereční

SEK – Státní energetická koncepce

ŽP – životní prostředí

PJ – petajoule

PEZ – primární energetické zdroje

HHI – Herfindahl–Hirschman Index

EVA – ekonomická přidaná hodnota

nn – nízké napětí

vn – vysoké napětí

vvn – velmi vysoké napětí

OTE – operátor trhu s energiemi

KVET – kombinovaná výroba elektřiny a tepla

PAH – polycyklické aromatické uhlovodíky

GWp – gigawatt fotovoltaických

OCGT – open cycle gas turbine

MBTU – 1000 British thermal unit

LCOE – levelized cost of energy

Abstrakt

Čepičan, P. (2021). *Problematika energetického mixu v České republice* Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta ekonomická, Česko.

Klíčová slova: energetika, náklady, energie, elektřina, cena, jaderná elektrárna, obnovitelné zdroje, státní energetická koncepce, elektrárna, MWh, uhlí, budoucnost, trendy, uchování energie, inovace, technologie

Bakalářská práce řeší problematiku energetického mixu České republiky. Zabývá se nynějším stavem české energetiky a jejím budoucím vývojem. Popisuje podobu Státní energetické koncepce a zaměřuje se na bezpečnost, konkurenceschopnost a udržitelnost. Zároveň ukazuje možné budoucí trendy tohoto odvětví a jednotlivé koncepty inovativních technologií. Pomocí nákladové analýzy zjišťuje jaké energetické zdroje jsou z pohledu konkurenceschopnosti nejlepší a navrhuje nový energetický mix, tak aby vyhovoval nynějším a budoucím požadavkům společnosti a ekonomiky České republiky.

Abstract

Čepičan, P. (2021). *Issues of energy mix in the Czech Republic*. University of West Bohemia, Faculty of Economics, Czech Republic.

Key words: energy, energetic, costs, energy, electricity, price, nuclear powerplant, renewable energy, national energetic conception, MWh, coal, future, trends, energy storage, inovation, technology

The bachelor thesis addresses the issue of the energy mix of the Czech Republic. It deals with the current state of the Czech energy sector and its future development. It describes the form of the State Energy Concept and focuses on security, competitiveness and sustainability. At the same time, it shows possible future trends in this sector and individual concepts of innovative technologies. Using a cost analysis, it finds out which energy sources are the best in terms of competitiveness and designs a new energy mix to meet the current and future requirements of society and the economy of the Czech Republic.