

Energetická bezpečnost České republiky a její trendy

Lukáš Macák

Bakalářská práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

Ústav bezpečnostního inženýrství

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Lukáš Macák
Osobní číslo: A21192
Studijní program: B1032A020001 Bezpečnostní technologie, systémy a management
Forma studia: Kombinovaná
Téma práce: Energetická bezpečnost České republiky a její trendy
Téma práce anglicky: Energy Security of the Czech Republic and Its Trends

Zásady pro vypracování

- Popište terminologii vztaženou k energetické bezpečnosti.
- Popište současný stav energetického mixu ČR a jeho výhled do blízké budoucnosti.
- Popište současný stav energetického mixu vybraných zemí EU a jeho výhledy do blízké budoucnosti.
- Provedte porovnání energetické politiky ČR a vybraných zemí EU.
- Provedte prognózu energetické bezpečnosti ČR a EU z pohledu aktuálního bezpečnostního a technologického vývoje ve světě.

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. HRUBÝ, Zdeněk a Libor LUKÁŠEK. Energetická bezpečnost České republiky. Praha: Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 2015. ISBN 978-80-246-2974-2.
2. WAIŠOVÁ, Šárka. Evropská energetická bezpečnost. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2008. ISBN 978-80-7380-148-9.
3. LUKÁŠ, Luděk. Teorie bezpečnosti I. Zlín: Radim Bačuvčík – VeRBuM, 2017. ISBN 978-80-87500-89-7.
4. HROMADA, Martin. Systém a způsob hodnocení odolnosti kritické infrastruktury. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013. ISBN 978-80-7385-140-8.
5. VALOUCH, Jan. Bezpečnostní futurologie. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2016. ISBN 978-80-7454-621-1.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Martínek, Ph.D.**
Ústav elektroniky a měření

Datum zadání bakalářské práce: **23. listopadu 2024**
Termín odevzdání bakalářské práce: **2. června 2025**



doc. Ing. Jiří Vojtěšek, Ph.D. v.r.
děkan

Ing. Jan Valouch, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 23. listopadu 2024

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou energetické bezpečnosti České republiky a jejími současnými i budoucími trendy. Cílem práce je analyzovat stav energetického mixu České republiky, porovnat jej s energetickým mixem Evropské unie a nabídnout výhledy a prognózy budoucího vývoje. Práce se zaměřuje na terminologii energetické bezpečnosti, stav energetických zdrojů v České republice a Evropské unii, a analyzuje rozdíly v energetických politikách. Závěr práce nabízí prognózu budoucích trendů v oblasti energetické bezpečnosti v kontextu České republiky a Evropské unie.

Klíčová slova: energetická bezpečnost, Česká republika, Evropská unie, energetický mix, energetická politika, trendy, prognóza

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the issue of energy security in the Czech Republic and its current and future trends. The aim of the thesis is to analyze the state of the energy mix of the Czech Republic, compare it with the energy mix of the European Union, and provide forecasts and outlooks for future developments. The thesis focuses on the terminology of energy security, the state of energy resources in the Czech Republic and the European Union, and analyzes the differences in energy policies. Finally, the thesis provides a forecast of future trends in energy security in the context of the Czech Republic and the European Union.

Keywords: energy security, Czech Republic, European Union, energy mix, energy policy, trends, forecast

Poděkování

Děkuji své rodině za trpělivost, podporu a motivaci po celou dobu studia. Velké díky patří také vedoucímu bakalářské práce za odborné vedení, cenné připomínky a vstřícný přístup. V neposlední řadě děkuji všem přátelům a kolegům, kteří mi pomohli radou, sdílením zkušeností nebo jen povzbuzením ve chvílích, kdy to bylo potřeba.

OBSAH

ÚVOD.....	9
1 TERMINOLOGIE ENERGETICKÉ BEZPEČNOSTI	10
1.1 HISTORIE ENERGETICKÉ BEZPEČNOSTI	10
1.2 ZDROJE ENERGIE	11
1.2.1 Fosilní paliva	11
1.2.1.1 Uhlí	14
1.2.1.2 Ropa	15
1.2.1.3 Zemní plyn	17
1.2.2 Jaderná energie	18
1.2.3 Obnovitelné zdroje energie	19
1.2.3.1 Sluneční energie	20
1.2.3.2 Větrná energie	23
1.2.3.3 Vodní energie	25
1.2.3.4 Biomasa	26
1.2.3.5 Geotermální energie	28
1.3 DIVERZIFIKACE ZDROJŮ A DODAVATELŮ	29
1.4 POLITICKÉ A GEOPOLITICKÉ FAKTORY ENERGETICKÉ BEZPEČNOSTI	29
1.5 TECHNOLOGICKÉ INOVACE V ENERGETICE	30
1.5.1 Chytré sítě (Smart Grids)	30
1.5.2 Bateriová uložení	31
1.5.2.1 Lithium-iontové baterie	31
1.5.2.2 Redox-flow baterie	31
1.5.2.3 Jiné baterie	31
1.5.2.4 Palivové články	32
1.5.2.5 Přecherpacovací vodní elektrárny (PVE)	34
1.5.3 Vodík	35
1.5.4 Moderní jaderné technologie	37
1.5.4.1 Malé modulární reaktory (SMR)	37
1.5.4.2 Jaderná fúze	39
1.6 DEFINICE ENERGETICKÉHO MIXU	40
2 STAV ENERGETICKÉHO MIXU ČR A JEHO VÝHLEDY	42
2.1 HISTORICKÝ VÝVOJ ENERGETICKÉHO MIXU ČR	42
2.2 HISTORICKÝ VÝVOJ ENERGETIKY ČR V 21. STOLETÍ	47
2.2.1 Energetický regulační úřad (2001)	47
2.2.2 Otevření trhu s elektřinou a plynem (2002-2007)	47
2.2.3 Fotovoltaický boom (2009-2010)	48
2.2.4 Prolomení těžebních limitů (2015)	49
2.2.5 Ukončení těžby uranu (2017)	49
2.3 SOUČASNÁ STRUKTURA ENERGETICKÉHO MIXU ČR	50
2.4 VÝHLEDY ČESKÉ REPUBLIKY	52
2.4.1 Státní energetická koncepce ČR	52
2.4.1.1 Aktualizace státní energetické koncepce	54
2.4.2 Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu	54
2.4.3 Vodíková strategie České republiky	55
2.4.4 Národní akční plán čisté mobility ČR	56

2.4.5	Národní akční plán rozvoje jaderné energetiky v ČR	57
2.4.6	Plán pro malé a střední reaktory v ČR	58
2.4.7	Národní akční plán pro chytré sítě	59
3	STAV ENERGETICKÉHO MIXU EU A JEHO VÝHLEDY	60
3.1	VÝHLEDY EU	60
3.1.1	Green Deal	61
3.1.2	Fit For 55	62
3.1.3	REPowerEU	62
3.1.4	Strategie EU pro vodík	63
3.1.5	Směrnice o bezpečnosti dodávek plynu (EU 2017/1938)	64
4	POROVNÁNÍ ENERGETICKÉ POLITIKY ČR A VYBRANÝCH STÁTŮ EU	65
4.1	FINSKO	65
4.1.1	Energetická politika a výhledy Finska	66
4.1.2	Vztah ke klimatickým cílům EU a Green Dealu	67
4.1.3	Porovnání energetické politiky ČR a Finska	68
4.2	POLSKO	69
4.2.1	Energetická politika a výhledy Polska	70
4.2.2	Vztah ke klimatickým cílům EU a Green Dealu	71
4.2.3	Porovnání energetické politiky ČR a Polska	71
4.3	NĚMECKO	72
4.3.1	Energetická politika a výhledy Německa	73
4.3.2	Vztah ke klimatickým cílům EU a Green Dealu	75
4.3.3	Porovnání energetické politiky ČR a Německa	75
5	PROGNÓZA	77
5.1	POZITIVNÍ SCÉNÁŘ ČR	77
5.2	POZITIVNÍ SCÉNÁŘ EU	78
5.3	REALISTICKÝ SCÉNÁŘ ČR	79
5.4	REALISTICKÝ SCÉNÁŘ EU	80
5.5	PESIMISTICKÝ SCÉNÁŘ ČR	81
5.6	PESIMISTICKÝ SCÉNÁŘ EU	82
5.7	PROGNÓZA NA ZÁKLADĚ DAT Z GRAFŮ	83
	ZÁVĚR	85
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	87
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	95
	SEZNAM OBRÁZKŮ	97
	SEZNAM TABULEK	98
	SEZNAM GRAFŮ	99

ÚVOD

Energetická bezpečnost je jedním z klíčových aspektů moderní státní politiky, a to nejen v České republice, ale v celém světě. S ohledem na neustále rostoucí spotřebu energie, globální politické nestability a tlak na přechod k udržitelnějším a ekologičtějším formám výroby energie, se stává otázka zajištění stabilního a cenově dostupného přístupu k energetickým zdrojům strategickou prioritou. Česká republika, stejně jako většina států Evropské unie, čelí výzvám spojeným s diverzifikací zdrojů, zvyšováním energetické efektivity a přechodem na obnovitelné zdroje energie.

Cílem této práce je analyzovat současný stav energetické bezpečnosti České republiky a vybraných států Evropské unie, přičemž zvláštní důraz bude kladen na energetický mix a jeho vývoj v budoucnosti. Práce se zaměřuje na terminologii energetické bezpečnosti, současný stav a výhledy energetického mixu České republiky a Evropské unie, a nabídne srovnání energetických politik České republiky a vybraných států Evropské unie. V neposlední řadě se pokusí předpovědět budoucí trendy v této oblasti na základě dostupných dat a analýz.

První část práce bude věnována terminologii energetické bezpečnosti, která je nezbytná pro pochopení celkového rámce problematiky. Následně bude analyzován současný stav energetického mixu České republiky a jeho předpokládané výhledy. Třetí část se zaměří na stav energetického mixu v Evropské unii a porovnání jednotlivých politik členských států. Závěrem bude vypracována prognóza vývoje v této oblasti, včetně analýzy rizik a příležitostí spojených s možnými scénáři energetické politiky.

1 TERMINOLOGIE ENERGETICKÉ BEZPEČNOSTI

Energetická bezpečnost je koncept, který se týká dostupnosti spolehlivých, cenově dostupných a udržitelných energetických zdrojů pro zajištění fungování hospodářství a společnosti. Zahrnuje minimalizaci rizik spojených s přerušением dodávek energie, jako jsou geopolitické konflikty, výpadky infrastruktury nebo přírodní katastrofy, a také zajištění dlouhodobé udržitelnosti energetických zdrojů prostřednictvím přechodu na obnovitelné zdroje energie a energetickou účinnost. Energetická bezpečnost zahrnuje jak ochranu proti krátkodobým krizím, tak zajištění dlouhodobé stabilní a bezpečné energetické politiky. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Energetická bezpečnost je klíčovým tématem pro současnou společnost, protože energie je zásadní pro ekonomický rozvoj, technologický pokrok, a zajištění základních potřeb. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

1.1 Historie energetické bezpečnosti

Historie energetické bezpečnosti úzce souvisí s vývojem průmyslu, geopolitiky a přístupu k energetickým zdrojům. Její význam narůstal spolu s industrializací a závislostí na fosilních palivech. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

V 19. století, během průmyslové revoluce, hrálo klíčovou roli uhlí, které se stalo hlavním zdrojem energie pro průmyslové státy, zejména ve Velké Británii. Energetická bezpečnost tehdy znamenala především dostupnost uhlí pro průmysl a dopravu. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Na počátku 20. století se ropa stala strategickým energetickým zdrojem, zejména během první světové války, což vedlo ke snaze kontrolovat ropná naleziště, zejména na Blízkém východě. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Zásadní moment přišel v 70. letech s ropnými krizemi, kdy OPEC omezil dodávky ropy a ceny prudce vzrostly. To vedlo k ekonomickým problémům v průmyslových zemích a k uvědomění si zranitelnosti na dodávky ropy. Od této chvíle začaly vlády usilovat o diverzifikaci zdrojů, což vedlo k rozvoji jaderné energie, zemního plynu a k většímu zájmu o obnovitelné zdroje. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

V 21. století se energetická bezpečnost stala ještě širším tématem, když se do popředí dostala udržitelnost a změna klimatu. Rostoucí závislost na zemním plynu, zvláště v Evropě,

ukázala zranitelnost vůči geopolitickým konfliktům, jako je rusko-ukrajinský konflikt, což vedlo k hledání jiných, alternativních dodavatelů ropy a LNG. Také byla intenzivnější snaha o přechod na čisté a obnovitelné zdroje energie. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

1.2 Zdroje energie

Zdroje energie hrají klíčovou roli v moderní společnosti, neboť umožňují chod průmyslu, dopravy, výroby elektřiny a dalších základních služeb. Existují různé typy energetických zdrojů, které můžeme rozdělit na obnovitelné a neobnovitelné. Neobnovitelné zdroje, mezi které patří fosilní paliva jako ropa, uhlí a zemní plyn, stále tvoří většinu globální energetické produkce, avšak jejich zásoby jsou omezené a jejich využívání má negativní vliv na životní prostředí. Spalování fosilních paliv vede k emisím skleníkových plynů, které přispívají k globálnímu oteplování a změně klimatu. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Obnovitelné zdroje energie, jako jsou sluneční, větrná, vodní a geotermální energie, představují stále významnější alternativu. Tyto zdroje jsou považovány za udržitelné, protože jejich využívání nemá zásadní negativní dopad na životní prostředí a jejich zásoby jsou prakticky nevyčerpatelné. Přestože obnovitelné zdroje energie představují naději pro dlouhodobou energetickou bezpečnost, jejich integrace do stávajících energetických systémů naráží na různé technické a ekonomické výzvy. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Pro zajištění stabilní energetické dodávky je tedy důležité kombinovat oba typy zdrojů a postupně přecházet na čistší a udržitelnější alternativy. Globální přechod na obnovitelné zdroje je podporován technologickým pokrokem, legislativními opatřeními a změnami v politických prioritách, které se zaměřují na snížení emisí a zvýšení energetické bezpečnosti. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

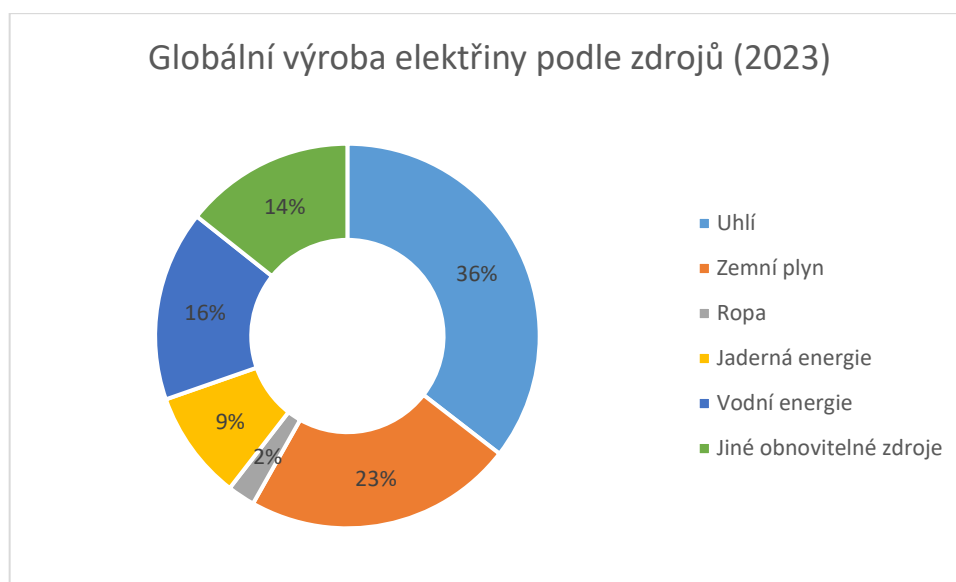
1.2.1 Fosilní paliva

Fosilní paliva, která zahrnují uhlí, ropu a zemní plyn, jsou klíčovým zdrojem energie a hrála zásadní roli při rozvoji moderní civilizace. Díky své vysoké energetické hustotě a relativní dostupnosti se stala primárním palivem pro výrobu elektřiny, dopravu a průmyslové aplikace. I přesto, že v posledních desetiletích se stále častěji diskutuje o jejich ekologických a geopolitických rizicích, fosilní paliva stále tvoří podstatnou část globálního energetického mixu. [4]

Fosilní paliva jsou výsledkem miliony let trvajících geologických procesů, během kterých byly zbytky rostlin a živočichů vystaveny vysokému tlaku a teplotám. Uhlí, ropa

a zemní plyn jsou tak koncentrací energie uložené ve formě chemických vazeb, které se při spalování uvolňují. Od průmyslové revoluce v 18. století fosilní paliva zásadně ovlivnila rozvoj průmyslu, urbanizace a růst ekonomiky. V této době bylo uhlí hlavním palivem, které pohánělo parní stroje a výrobní závody. Později, v 20. století, se staly dominantními ropa a zemní plyn, které umožnily rychlý rozvoj automobilové dopravy a moderní energetiky. [4]

Navzdory rostoucímu tlaku na snižování emisí skleníkových plynů fosilní paliva stále tvoří většinu globální energetické spotřeby. Podle Statistical Review of World Energy 2024 od Energy Institute pocházelo v roce 2023 přibližně 60 % celosvětové výroby elektřiny z fosilních paliv, přičemž uhlí se na produkci podílelo 35,2 %, zemní plyn 22,5 % a ropa 2,3 %. Uhlí zůstává nejvýznamnějším zdrojem pro výrobu elektřiny, zatímco zemní plyn se využívá v energetice a průmyslu a ropa je klíčová především pro dopravu. [5]



Graf 1 Globální výroba elektřiny podle zdrojů v roce 2023

Zdroj dat: [5]

Fosilní paliva mají stále nějaké zásadní výhody, mezi které patří vysoká energetická hustota, široce rozvinutá infrastruktura a schopnost zajistit stabilní a spolehlivé dodávky energie. Přestože obnovitelné zdroje, jako jsou solární a větrná energie, zaznamenávají rychlý růst, fosilní paliva nadále dominují globálnímu energetickému mixu a zůstávají klíčovým pilířem světové energetiky. [5]

Nicméně, tato dominance fosilních paliv přináší několik klíčových problémů. Prvním a zřejmě nejzásadnějším problémem je jejich dopad na životní prostředí. Spalování fosilních paliv je hlavním zdrojem emisí oxidu uhličitého (CO_2), který je jedním z hlavních

skleníkových plynů přispívajících ke globálnímu oteplování. Kromě CO₂ jsou emise z fosilních paliv zodpovědné za produkci dalších škodlivých látek, jako jsou oxidy dusíku (NO_x) a síry (SO_x), které způsobují znečištění ovzduší a kyselé deště. [4]

Fosilní paliva hrají rovněž významnou roli v geopolitice. Některé regiony světa, jako je Střední východ, Rusko či USA, disponují značnými zásobami ropy a zemního plynu. Tato nerovnoměrná distribuce zásob vede k tomu, že státy, které jsou závislé na dovozu fosilních paliv, čelí riziku cenových výkyvů a politických tlaků. Tato závislost na fosilních palivech má dalekosáhlé důsledky pro energetickou bezpečnost. Jakékoliv narušení dodávek, ať už z důvodu konfliktů, přírodních katastrof nebo ekonomických sankcí, může způsobit prudké zvyšování cen a destabilizaci celých ekonomik. [4]

Ekonomika fosilních paliv je rovněž komplexní a obrovská. Ropa, zemní plyn a uhlí jsou nejen surovinami pro energetiku, ale také pro chemický průmysl, výrobu plastů a další důležitá průmyslová odvětví. Těžba fosilních paliv představuje klíčové odvětví v mnoha zemích a poskytuje pracovní místa pro miliony lidí. Nicméně, tento ekonomický přínos je vyvažován environmentálními náklady a zdravotními riziky, které způsobují těžba a spalování fosilních paliv. [4]

Jedním z největších problémů spojených s fosilními palivy je jejich negativní vliv na životní prostředí. Spalování uhlí, ropy a zemního plynu uvolňuje velké množství oxidu uhličitého do atmosféry, což přispívá k nárůstu globální teploty. Tento fenomén, známý jako skleníkový efekt, vede k řadě klimatických změn, včetně extrémních povětrnostních jevů, stoupání hladiny oceánů a změn v ekosystémech. Navíc spalování fosilních paliv je spojeno s produkcí dalších škodlivých látek, které přispívají k znečištění ovzduší a mají negativní dopady na lidské zdraví, jako jsou respirační onemocnění. [4]

Těžba a zpracování fosilních paliv přináší další ekologické problémy. Ropné havárie, úniky metanu při těžbě zemního plynu a destruktivní metody těžby uhlí, jako je povrchová těžba, vedou k ničení přírodních stanovišť, kontaminaci vodních zdrojů a ztrátě biodiverzity. Tyto environmentální škody jsou v některých případech nenávratné a mají dlouhodobé dopady na regiony závislé na těžbě fosilních paliv. [4]

S ohledem na stále naléhavější výzvy spojené s klimatickou změnou se budoucnost fosilních paliv zdá být nejistá. Stále více zemí přijímá opatření ke snižování závislosti na fosilních palivech a podporuje rozvoj obnovitelných zdrojů energie. Technologie, jako jsou solární a větrné elektrárny, nabízejí čistší alternativy a vyvíjejí se způsoby, jak efektivněji

uchovávat energii z těchto zdrojů. Přesto fosilní paliva zůstanou součástí globální energetického mixu v následujících desetiletích, zejména v rozvojových zemích, kde jsou stále nezbytná pro zajištění ekonomického růstu. [4]

Zároveň se vyvíjejí technologie zaměřené na snižování emisí z fosilních paliv, jako je zachycování a ukládání uhlíku (CCS), což by mohlo prodloužit životnost některých fosilních paliv v energetickém mixu. Výzvou pro globální energetickou politiku však bude najít rovnováhu mezi zajištěním energetické bezpečnosti a snižováním emisí skleníkových plynů. [4]

1.2.1.1 Uhlí

Uhlí je jedním z nejstarších a nejrozšířenějších fosilních paliv na světě. Jedná se o pevné palivo, které vzniklo z prehistorických rostlinných materiálů, jež byly po miliony let vystaveny tlaku a teplotě. [6]

Existuje několik typů uhlí podle jejich kvality a obsahu energie. Nejméně kvalitním typem uhlí je lignit, který má nízký obsah uhlíku (30–40 %), vysoký obsah vody a nízkou výhřevnost, proto se používá převážně v elektrárnách blízko těžby. Hnědé uhlí má lepší výhřevnost než lignit, obsahuje 40–70 % uhlíku a často se používá v teplárnách a elektrárnách. Černé uhlí s 70–90 % uhlíku a vysokou výhřevností se využívá v energetice, metalurgii a chemickém průmyslu. Nejvyšší kvalitu má antracit, který obsahuje 90–95 % uhlíku, má nejvyšší výhřevnost a nízký obsah těkavých látek, a proto se hojně využívá pro průmyslové účely. [6]

Tabulka 1 Vlastnosti daných typů uhlí

Vlastnosti	Lignit	Hnědé uhlí	Černé uhlí	Antracit
Výhřevnost (Btu/lb)	4000 - 8 300	8 500 - 13 000	11 000 - 15 000	13 000 - 15 000
Vlhkost	30 - 60 %	10 - 45 %	2 - 15 %	< 15 %
Fixní uhlík	25 - 35 %	35 - 45 %	45 - 85 %	85 - 98 %
Popel	10 - 50 %	≤ 10 %	3 - 12 %	10 - 20 %
Síra	0,4 - 1 %	< 2 %	0,7 - 4,0 %	0,6 - 0,8 %
Chlór (ppm)	100 - 140	100 - 140	340	300 - 380

(Zdroj dat: <https://www.purdue.edu/discoverypark/energy/assets/pdfs/cctr/outreach/Basics8-CoalCharacteristics-Oct08.pdf>)

Uhlí se tradičně těží buď povrchově (povrchové doly) nebo hlubinně (hlubinné doly). Jeho hlavním využitím je výroba elektřiny a tepla, ale také se používá v ocelářském

průmyslu a dalších průmyslových procesech. Spalování uhlí však produkuje vysoké emise oxidu uhličitého a dalších znečišťujících látek, což z něj činí jeden z nejvíce škodlivých zdrojů energie z hlediska životního prostředí. Kromě CO₂ produkuje uhlí při spalování oxidy síry (SO_x), které přispívají ke vzniku kyselých dešťů. [6]

1.2.1.2 Ropa

Ropa, známá také jako černé zlato, je kapalné fosilní palivo, které je výsledkem miliony let starých biologických procesů, během kterých se zbytky planktonu a dalších mořských organismů přeměnily pod vysokým tlakem na uhlovodíky. Těží se ze země prostřednictvím vrtů a následně se rafinuje na různé produkty, jako jsou benzín, nafta, petrolej a další chemikálie. [7]

Ropa má klíčovou roli v dopravě, protože většina vozidel, letadel a lodí využívá ropné produkty jako palivo. Kromě toho se ropa používá v chemickém průmyslu k výrobě plastů, hnojiv, léků a mnoha dalších produktů. Hlavní výhoda ropy spočívá v její vysoké energetické hustotě, což z ní činí efektivní a kompaktní zdroj energie pro dopravu. [7]

Nicméně těžba ropy a její využívání s sebou přináší řadu ekologických i geopolitických problémů. Jedním z nejznámějších příkladů je havárie tankeru Exxon Valdez, při níž v roce 1989 uniklo do moře přibližně 41 až 43 tisíc m³ ropy. Následky byly katastrofální, protože došlo k úhynu přibližně 250 000 mořských ptáků, milionů ryb a mnoha dalších živočichů. Kromě ekologických havárií je problémem i spalování ropy, které produkuje velké množství emisí CO₂ a dalších znečišťujících látek, čímž přispívá ke znečištění ovzduší a globálním klimatickým změnám. [7]

Složení ropy je velmi proměnlivé a závisí na jejím původu a geologických podmínkách, ve kterých vznikla. Hlavní složkou je uhlík a vodík, které tvoří základní strukturu uhlovodíkových sloučenin. Kromě nich obsahuje ropa také síru, jejíž vyšší koncentrace komplikuje rafinaci a snižuje kvalitu výsledného paliva. Dále se v ropě nachází stopové množství dusíku, kyslíku a kovových prvků, zejména vanadu a niklu, které mohou negativně ovlivňovat katalytické procesy a způsobovat technologické problémy při zpracování. Zastoupení těchto prvků v běžné ropě je uvedeno v tabulce níže. [8]

Tabulka 2 Elementární složení běžné ropy

Vlastnosti	Podíl (%)
Uhlík (C)	84,5 %
Vodík (H)	13 %
Síra (S)	1–3 %
Dusík (N)	< 1 %
Kyslík (O)	< 1 %
Kovy (V, Ni, Na)	< 1 %

(Zdroj dat: [8])

Ropa se také dělí podle své hustoty, která se vyjadřuje pomocí API (American Petroleum Institute gravity). Tato hodnota určuje, zda je ropa lehká, středně těžká nebo těžká, přičemž vyšší API znamená nižší hustotu a obvykle i snazší rafinaci. Lehká ropa má vyšší hodnotu API, přičemž ji můžeme považovat za cennější, z důvodu snazší rafinace. Konkrétní hodnoty jsou uvedeny v tabulce níže. [8]

Tabulka 3 Klasifikace ropy podle hustoty

Typ ropy	API
Lehká	> 35°
Středně těžká	25–35°
Těžká	< 25°

Zdroj dat: [8]

Dále se ropa dělí na základě obsahu síry na sladkou a kyselou. Sladká ropa obsahuje méně než 1 % síry, což z ní činí kvalitnější, méně znečišťující surovinu a také se jednodušeji rafinuje. Typickým příkladem je Brent Crude, která má obsah síry přibližně 0,37 %. Naopak kyselá ropa obsahuje více než 1 % síry, což komplikuje její zpracování, protože vyžaduje složitější rafinační procesy a produkuje více síry. Příkladem této kategorie je Dubai Crude, která obsahuje přibližně 2,0 % síry. [9]

Ve světě existuje více než 600 komerčně obchodovaných druhů ropy. Mezi nejznámější patří:

- Brent Crude (Severní moře) – Středně lehká, nízkosírná
- West Texas Intermediate (WTI) (USA) – Lehká, velmi kvalitní

- Dubai Crude (Střední východ) – Těžší a vyšší obsah síry
- Urals Crude (Rusko) – Střední hustota, vyšší obsah síry
- Maya Crude (Mexiko) – Těžká, vysokosírná [8]

Kromě tradiční ropy a zemního plynu existují i nekonvenční zdroje fosilních paliv, jako jsou ropné břidlice a těžké ropy. Ropné břidlice obsahují kerogen, což je organický materiál, který může být přeměněn na ropu tepelným zpracováním. Těžba ropných břidlic je však náročná na energii a vodu a má značné environmentální dopady. Podobně těžké ropy, jako je například ropa z ropných písků v Kanadě, jsou náročné na těžbu a zpracování, což zvyšuje jejich ekologickou stopu. [10]

1.2.1.3 Zemní plyn

Zemní plyn je další významné fosilní palivo, které se skládá především z metanu (CH_4), což je jednoduchý uhlovodík. Podobně jako ropa a uhlí vznikl zemní plyn rozkladem organických materiálů pod zemským povrchem během milionů let. Zemní plyn je považován za „čistší“ fosilní palivo, protože při spalování produkuje méně oxidu uhličitého (CO_2) než uhlí a ropa. Má také vyšší energetickou účinnost na jednotku hmotnosti, což z něj činí oblíbenou volbu pro výrobu elektřiny a vytápění. [7]

Zemní plyn se těží podobně jako ropa, a to buď tradičními vrty, nebo novějšími metodami, jako je hydraulické štěpení (frakování). Frakování umožňuje přístup k zásobám plynu, které byly dříve nedostupné, a vedlo k rozmachu těžby plynu v zemích jako jsou USA. Tato metoda však přináší environmentální rizika, včetně kontaminace podzemních vod a zvýšení seismické aktivity (pohybu zemské kůry). [7]

Zemní plyn se používá především k výrobě elektřiny, vytápění budov a jako palivo pro průmyslové procesy. Díky své relativně nižší ceně a nižším emisím CO_2 je zemní plyn často vnímán jako přechodové palivo na cestě k čistší energetice. Nicméně, zemní plyn je stále fosilní palivo a emise metanu během jeho těžby a transportu představují významný problém, protože metan je skleníkový plyn s daleko vyšším potenciálem oteplování než CO_2 , avšak na druhou stranu se značně kratší životností než CO_2 . [7]

Jako doplněk k tradičním způsobům využití zemního plynu se stále více prosazuje zkapalněný zemní plyn (LNG), který vzniká ochlazením plynu na přibližně $-162\text{ }^\circ\text{C}$, čímž se jeho objem zmenší zhruba 600krát. Tato úprava umožňuje efektivní přepravu a skladování zejména v oblastech, které nejsou napojeny na plynovodní infrastrukturu. LNG se uplatňuje

především v dopravě a jako náhrada za uhlí v energetice (zpět v plynné formě). Přestože se jedná o technicky náročný proces s vyššími náklady na infrastrukturu a energetickou spotřebu, přispívá LNG k diverzifikaci dodávek a zvyšuje energetickou bezpečnost. Také jeho nevýhodou je potenciální únik metanu během procesu zkapalnění, přepravy a následného zpětného zplyňování, což může mít za následek značné ekologické dopady. [73]

1.2.2 Jaderná energie

Jaderná energie je jedním z nejúčinnějších zdrojů výroby elektřiny a funguje na principu štěpení atomových jader. Proces začíná tím, že neutrony bombardují jádra štěpných prvků, jako je uran, čímž dochází k jejich rozštěpení. Tento proces uvolňuje velké množství tepla, které se používá k ohřevu vody. Voda se mění na páru, která pohání turbíny spojené s generátory, a tím vzniká elektřina. Základní složkou paliva je uran, který je upraven ve formě oxidu uraničitého a uložen v palivových proutcích, umístěných v reaktoru. [11]

V rámci tohoto procesu se využívá tzv. moderátor (voda nebo grafit), který zpomaluje neutrony, aby efektivněji spouštěly další štěpení. Chladicí systém odstraňuje teplo vzniklé při štěpení, aby nedošlo k přehřátí reaktoru. Tento teplonosný systém zahřívá vodu, která následně pohání turbíny. [11]

Řetězová reakce v reaktoru je pečlivě kontrolována regulačními tyčemi vyrobenými z materiálů, které absorbují neutrony. Tyto tyče se mohou zasouvat a vysouvat, čímž se reguluje výkon reaktoru. V případě potřeby lze reakci rychle zastavit havarijními tyčemi, které dokážou okamžitě přerušit proces štěpení. [11]

Jaderná energie má mnoho výhod, mezi které patří hlavně vysoká energetická hustota (1 kilogram uranu dokáže nahradit až 30 tun uhlí). Díky tomu jaderné elektrárny produkují velmi malé množství odpadu ve srovnání s konvenčními energetickými zdroji. Navíc je jaderná energie téměř bez emisí skleníkových plynů, což je důležité v boji proti změně klimatu. Například elektrárny Dukovany a Temelín v České republice poskytují většinu domácí elektrické energie a přispívají k energetické soběstačnosti země. [11]

Těžba a zpracování uranu je základním krokem pro výrobu jaderného paliva. Uran se těží hlubinně, povrchově nebo metodou in-situ loužení, kdy se do ložiska vhání roztoky, které uran rozpouštějí. [74] Z vytěžené rudy se chemicky získává oxid uraničitý (U_3O_8), který se přeměňuje na hexafluorid uranu (UF_6), což je plyn vhodný pro obohacování. Tím se zvýší podíl štěpitelného izotopu U-235 z původních 0,7 % na požadovaných 3–5 % pro

použití v reaktorech. Po obohacení se UF_6 převede zpět na práškový oxid uraničitý, z něhož se lisují palivové pelety, které se pak vkládají do palivových tyčí a následně sestavují do palivových článků pro jaderné elektrárny. [75]



Obrázek 1 Jaderná elektrárna Temelín

Zdroj: <https://30let.ckait.cz/stavby/02-jaderna-elektrarna-temelin-01.jpg>

Na druhé straně, jaderná energetika čelí výzvám spojeným s radioaktivním odpadem a rizikem havárií. Odpady vzniklé při štěpení jsou vysoce radioaktivní a vyžadují dlouhodobé skladování na bezpečných místech. Moderní technologie však umožňují přepracování části těchto odpadů a bezpečné hlubinné ukládání. [11]

Jaderné elektrárny jako Dukovany a Temelín patří mezi jedny z nejlépe řízených v Evropě a přispívají k zajištění energetické bezpečnosti České republiky. Díky pokročilým bezpečnostním systémům a pravidelným kontrolám se minimalizuje riziko havárií, což zajišťuje bezpečný provoz těchto zařízení. [11]

1.2.3 Obnovitelné zdroje energie

Obnovitelné zdroje energie představují klíčový prvek v úsilí o zajištění udržitelného rozvoje a energetické bezpečnosti v celosvětovém měřítku. Tyto zdroje se vyznačují tím, že se neustále obnovují a jsou v podstatě nevyčerpatelné v lidském časovém měřítku, což je zásadní rozdíl oproti fosilním palivům, která jsou omezená a jejichž spalování má negativní dopady na životní prostředí. Mezi hlavní charakteristiky obnovitelných zdrojů energie patří jejich

schopnost generovat energii s minimálními emisemi skleníkových plynů a dalšími environmentálními škodlivinami. [12]

Obnovitelné zdroje energie zahrnují různé technologie, které využívají přírodní procesy, jako jsou sluneční záření, vítr, proudění vody, teplo z nitra Země či biologické materiály. Tyto zdroje mají potenciál nahradit tradiční fosilní paliva v různých oblastech energetiky, ať už jde o výrobu elektřiny, tepla nebo pohonných hmot. [12]

Jedním z hlavních důvodů pro přechod k obnovitelným zdrojům energie je potřeba snížit závislost na fosilních palivech, která jsou nejen omezená, ale také výrazně přispívají ke globálním změnám klimatu. Energetika založená na fosilních palivech uvolňuje velké množství oxidu uhličitého a dalších škodlivých emisí, které mají negativní dopady na atmosféru a zhoršují problémy spojené s globálním oteplováním a znečištěním ovzduší. Obnovitelné zdroje energie nabízejí čistší alternativu, která je nejen šetrná k životnímu prostředí, ale také dlouhodobě udržitelná. [12]

Navzdory svým mnoha výhodám čelí obnovitelné zdroje energie také určitým výzvám. Mezi hlavní patří nestálost některých zdrojů, jako je sluneční a větrná energie, které jsou závislé na slunečních a povětrnostních podmínkách a mohou vykazovat výkyvy ve výrobě elektřiny. Další výzvou jsou vysoké počáteční investiční náklady na infrastrukturu potřebnou pro využívání těchto technologií. Přestože jsou provozní náklady často nižší než u konvenčních zdrojů, výstavba zařízení pro výrobu obnovitelné energie může být finančně náročná. [12]

1.2.3.1 Sluneční energie

Sluneční energie je jedním z nejvýznamnějších obnovitelných zdrojů energie a její význam neustále roste po celém světě. Tento zdroj energie využívá sluneční záření, které je volně dostupné, k výrobě elektřiny, tepla nebo dokonce k pohonu technologií na výrobu vodíku. Existují dvě hlavní technologie, které umožňují využití sluneční energie: fotovoltaické systémy a solární termální systémy. Obě mají své výhody i nevýhody a jejich využití se liší podle účelu a podmínek. [13]



Obrázek 2 Fotovoltaická farma

Zdroj: https://d8-a.sdn.cz/d_8/c_imgrestric-ted_QR_L/FHgaW/solar.jpeg?fl=cro,0,0,1640,922%7Cres,1200,,1%7Cjpg,80,,1

Přeměna světelné energie na elektřinu ve fotovoltaických článcích probíhá díky interakci fotonů s křemíkovým materiálem. Tento fenomén se nazývá fotovoltaický jev. Pokud foton disponuje dostatečnou energií, dokáže uvolnit elektron z krystalové mřížky křemíku, čímž vzniká volný elektron a odpovídající „díra“. Základní roli v tomto procesu hraje PN přechod, který vytváří elektrické pole mezi polovodiči typu N a P. Toto pole zabraňuje zpětnému pohybu elektronů a umožňuje akumulaci elektrického napětí. Výsledkem je vznik elektrického proudu, který lze dále využít přímo k napájení elektrických zařízení, nebo k ukládání do baterií pro pozdější spotřebu. [14]

Fotovoltaické systémy mají několik výhod: dnes již relativně nízkou cenu, často podpořenou dotacemi, nízké náklady na údržbu, a především nulové emise při výrobě elektřiny. Další výhodou je jejich široká možnost instalace, od rodinných domů a střech větších budov až po velké solární farmy. [13]

Nevýhodou fotovoltaických systémů je jejich závislost na intenzitě slunečního záření, což znamená, že během noci nebo při zatažené obloze prakticky nedochází k výrobě energie. Dalším negativem je nutnost skladování energie, pokud není ihned spotřebovávaná, například v bateriích. K dalším nevýhodám patří i požadavek na rozsáhlé plochy pro instalaci

panelů, pokud má být vyrobena dostatečná množství energie, což může být problém zejména v hustě osídlených oblastech. [13]

Solární termální systémy využívají sluneční energii k výrobě tepla, které je následně použito pro vytápění budov, ohřev vody nebo pro výrobu elektřiny v solárních tepelných elektrárnách. Existují různé typy solárních termálních systémů, od jednodušších solárních termických kolektorů pro ohřev vody a vytápění domu až po složitější koncentrační solární elektrárny (CSP). [13]

Solární termické kolektory jsou zařízení, která využívají sluneční energii k ohřevu vody nebo vzduchu. Fungují tak, že absorbují sluneční záření a přeměňují ho na teplo, které přenášejí na teplotonosnou kapalinu (nejčastěji vodu). Dělíme je na ploché kolektory, které jsou vhodnější pro méně náročné aplikace, jako například pro ohřev vody v domácnosti a vakuové kolektory, které jsou avšak dražší, ale jsou více vhodná do chladnějších oblastí a jsou schopné i vytápění domácnosti. [13]

Koncentrovaná solární energie (CSP) je technologie, která využívá zrcadla k soustředění slunečního záření na malou plochu umístěnou na solární věži, kde se generuje vysoké teplo, které se ukládá v roztavených solích nebo syntetických olejích, které mohou ukládat teplo po dlouhou dobu. Tepelná energie z těchto solí je následně využita k tvorbě páry, která pohání turbíny, a ty následně generují elektrickou energii. Oproti tradičním fotovoltaickým panelům, které okamžitě generují elektřinu přímou přeměnou slunečního světla, nabízí CSP výhodu akumulace energie, což umožňuje dodávku elektřiny i během noci nebo při zamračeném počasí. Nevýhodou je jejich nutnost umístění v teplé oblasti s celoročním slunečním svitem s vysokou intenzitou a vysokou počáteční investicí. [15]

Jedním z největších a nejmodernějších projektů využívajících tuto technologii je Noor Energy 1, nacházející se v Dubaji. Jde o největší hybridní solární elektrárnu na světě, která kombinuje koncentrovanou solární energii (CSP) a fotovoltaiku (PV). Celkový instalovaný výkon projektu dosahuje 950 MW. [15]



Obrázek 3 CSP elektrárna Noor Energy 1

Zdroj: https://www.acwapower.com/media/338745/whatsapp-image-2024-09-11-at-135608_3ab62130.jpg

1.2.3.2 Větrná energie

Větrná energie je jedním z nejperspektivnějších obnovitelných zdrojů energie a významně přispívá k přechodu na bezuhlíkovou energetiku, zejména v Evropě. Tento druh energie využívá kinetickou energii větru k pohonu větrných turbín, které vyrábějí elektřinu. Větrná energie je považována za čistý a obnovitelný zdroj, protože větrné elektrárny během svého provozu nevytvářejí žádné škodlivé emise skleníkových plynů ani dalších znečišťujících látek. [13]

Větrné turbíny fungují na základě jednoduchého principu – vítr roztáčí lopatky turbíny, které jsou připojené k hřídeli spojené s generátorem. Tento generátor přeměňuje mechanickou energii na elektrickou energii. Turbíny jsou obvykle instalovány ve větrných parcích na místech s dostatečnou a stálou rychlostí větru, což maximalizuje jejich efektivitu. [13]

Rozlišujeme větrné elektrárny onshore (na pevnině) a offshore (na moři). Onshore větrné elektrárny jsou instalovány na pevnině, většinou na otevřených pláních, kopcích nebo horách, kde jsou příznivé větrné podmínky. Offshore větrné elektrárny jsou umístěny na moři, kde jsou větrné podmínky obvykle lepší než na pevnině, což zvyšuje jejich výkon. Offshore větrné parky mohou být větší a méně omezené problémy s hlukem a vizuálním dopadem na okolní krajinu. [13]



Obrázek 4 Offshore větrný park Gemini v Severním moři

Zdroj: <https://www.energymonitor.ai/wp-content/uploads/sites/2/2024/11/Image-1-Gemini-Offshore-Wind-Farm.jpg>

Větrné elektrárny významně přispívají k ochraně klimatu, protože neprodukují skleníkové plyny ani nevyžadují fosilní paliva. Díky technologickému pokroku klesají náklady na jejich instalaci, což z nich činí konkurenceschopný zdroj energie. Lze je stavět na pevnině i na moři, kde využívají stabilnější větrné podmínky. Navíc podporují vznik pracovních míst v oblastech výstavby a údržby větrných parků. [13]

Hlavní nevýhodou větrné energie je její nestálost, protože vítr nefouká konstantně, což způsobuje výkyvy ve výrobě elektřiny. Dalším problémem je vizuální a hlukový dopad na okolí, zejména v obydlených oblastech, což offshore elektrárny částečně zmírňují. Rozsáhlé větrné parky také vyžadují velké plochy, což může vést ke konfliktům s jiným využitím půdy. Obavy existují i ohledně vlivu na ptactvo a faunu, což je oblast, která je předmětem dalšího výzkumu a technologického pokroku. [13]

Dalším problémem je, že po skončení životnosti větrné elektrárny musí být rozebrána a recyklována, až na lopatky turbín, které ještě do nedávna nešlo recyklovat a musely být skládkovány. Avšak společnost Vestas představila inovativní řešení pro recyklaci lopatek

větrných turbín vyrobených z epoxidových pryskyřic, čímž eliminuje jejich ukládání na skládky. Nový chemický proces, vyvinutý ve spolupráci s Aarhuskou univerzitou, Dánským technologickým institutem, Olin a Stena Recycling, dokáže rozložit epoxidovou pryskyřici na původní suroviny, které lze znovu využít. Avšak i přes tento objev stále dominuje skládání lopatek turbín, jelikož technologie je nová a stále čeká na nasazení ve větším měřítku. [16]

1.2.3.3 Vodní energie

Vodní energie, známá také jako hydroenergie, je jedním z nejstarších a nejvíce osvědčených obnovitelných zdrojů energie. Využívá energii pohybující se vody k výrobě elektřiny nebo mechanické energie. Tento zdroj energie je považován za velmi efektivní a spolehlivý, přičemž hydroelektrárny mohou dodávat elektřinu nepřetržitě, na rozdíl od větrné a solární energie, které jsou závislé na povětrnostních podmínkách a intenzitě slunečního záření. [13]

Hydroelektrárny fungují na základě přeměny kinetické energie vody na mechanickou energii a následně na elektrickou energii. Voda se zadrží v přehradní nádrži a následně je vedena potrubím přes turbíny, které se při průchodu vody otáčejí. Turbíny jsou připojeny k generátorům, které vyrábějí elektřinu. [13]

Vodní elektrárny se dělí na několik typů podle způsobu využití vodní energie. Průtočné elektrárny využívají přirozený tok řeky, což je šetrné k životnímu prostředí, ale jejich výkon závisí na ročních obdobích. Přehradní elektrárny s velkými nádržemi umožňují stabilní a regulovanou výrobu elektřiny, ale mohou mít negativní dopad na ekosystémy. Přecherpací vodní elektrárny fungují jako akumulátory, ukládají energii a pomáhají vyrovnávat výkyvy v síti přecherpáváním vody. Malé vodní elektrárny poskytují decentralizovanou výrobu elektřiny s menším dopadem na životní prostředí, které jsou vhodné zejména pro odlehlé oblasti. [13]

Vodní energie nabízí několik významných výhod. Jednou z nich je spolehlivost a stabilita, jelikož výroba elektřiny není závislá na počasí, na rozdíl od solární či větrné energie. Velké přehrady umožňují regulaci výroby podle potřeby, a hydroelektrárny jsou také čistým zdrojem energie, protože během provozu nevypouštějí skleníkové plyny. Další výhodou je jejich schopnost rychlé reakce na změny v poptávce po elektřině, což je klíčové pro vyrovnávání výkyvů v elektrické síti. Vodní nádrže navíc slouží i dalším účelům, jako je zásobování vodou, regulace povodní či rekreační aktivity. [13]



Obrázek 5 Vodní elektrárna Orlík na řece Vltavě

Zdroj: <https://www.vltava-reka.cz/media/upload/activity/8a/d4/8ad4de82-499c-4eae-9d1c-cbacd95b8823.jpeg?p=gallery-full&s=a12662edf1f99a47075f4df1639a5f8c>

Nicméně, vodní energie čelí také významným výzvám. Jedním z hlavních problémů je dopad na životní prostředí, kdy výstavba velkých přehrad může zaplavit zemědělskou půdu, narušit ekosystémy a migrační trasy ryb. Dále jsou vodní elektrárny závislé na geografických podmínkách, takže jejich výstavba je možná pouze na vhodných místech. Významným faktorem jsou také vysoké počáteční investiční náklady, což může být překážkou zejména v rozvojových zemích. Navíc změny klimatu mohou ovlivnit dostupnost vody a tím snížit efektivitu hydroelektráren, což omezuje jejich dlouhodobou spolehlivost. [13]

1.2.3.4 Biomasa

Energie z biomasy je jedním z klíčových obnovitelných zdrojů energie, který využívá organické materiály, jako jsou rostliny, dřevo, zemědělské a lesní odpady, ale také biologický odpad k výrobě elektřiny, tepla a biopaliv. Biomasa představuje důležitou alternativu k fosilním palivům, protože organická hmota, ze které pochází, je biologicky rozložitelná a její zásoby se přirozeně obnovují prostřednictvím fotosyntézy. [17]

Existuje mnoho typů využití biomasy. Biomasa se může buď přímo spalovat pro výrobu tepla nebo elektřiny (například dřevo), pomocí anaerobní digesce se může přeměňovat na bioplyn, nebo se z ní můžou vyrábět biopaliva (například bioetanol nebo bionafta) [17]

Spalování biomasy je stará metoda termochemické konverze organického materiálu na hořlavé plyny, při níž se uvolňuje energie spolu s CO_2 a vodou. Na rozdíl od fosilních paliv má biomasa téměř neutrální bilanci CO_2 , protože uvolněné množství je zpětně vázáno do rostlin. Emise síry jsou nízké, stejně jako množství NO_x , které lze kontrolovat úpravou teploty. Biomasa, zejména rostliny jako dřevo nebo sláma, je komplexní palivo kvůli vysokému podílu těkavých složek. Pro energetické využití se biomasa upravuje do pelet, briket nebo štěpky a využívají se různé energetické rostliny a rychle rostoucí dřeviny. [17]

Výroba bioplynu spočívá v přeměně organických látek pomocí anaerobní digesce (bez přístupu kyslíku) v bioplynové stanici na metan (CH_4) a oxid uhličitý (CO_2). Jako vedlejší produkt vzniká teplo, které může být využito k vytápění okolních budov, a digestát, který se legislativně řadí mezi organická hnojiva. Tento digestát může být aplikován na pole, čímž se zlepšuje úrodnost půdy a podporuje udržitelné zemědělství. [18]



Obrázek 6 Bioplynová stanice

Zdroj: <https://www.energyencyclopedia.com/data/web/glossary/450366397.jpg>

Bioplyn lze lokálně využívat k výrobě elektřiny a tepla, což zajišťuje energetickou soběstačnost na místech, kde je produkován. Pokud se však bioplyn vyčistí, odstraní se z něj nežádoucí složky, jako je CO_2 , a vzniká biometan. Ten má složení prakticky identické se zemním plynem a může být bezpečně vtlačen do plynárenské sítě, čímž může přispět k zásobování plynem na širším území. [18]

Velkou výhodou bioplynu, respektive biometanu, je jeho nízká až negativní emisní stopa. Při pěstování zemědělských plodin, ze kterých se následně bioplyn vyrábí, dochází k adsorpci CO_2 z atmosféry prostřednictvím fotosyntézy. Tento uhlík je následně zpracován v bioplynových stanicích. Při spalování bioplynu či biometanu se sice CO_2 uvolňuje zpět do atmosféry, ale díky předchozí adsorpci během růstu plodin je tento proces uhlíkově neutrální. Pokud navíc bioplyn pochází z odpadních materiálů nebo vedlejších produktů zemědělství, přispívá k dalšímu snižování emisí. Takový způsob uzavřeného cyklu CO_2 činí biometan významným nástrojem pro dosažení klimatické neutrality a posílení energetické bezpečnosti. [18]

Biomasa také může být přeměněna na kapalná paliva, jako jsou bioetanol nebo bionafta. Bioetanol se vyrábí fermentací cukrů z plodin jako kukuřice, cukrová třtina nebo pšenice. Bionafta je vyráběna z rostlinných olejů, živočišných tuků nebo použitých kuchyňských olejů a může být použita jako náhrada za fosilní naftu v dieselových motorech. [19]

Biopaliva mají několik výhod, mezi které patří zejména snížení emisí skleníkových plynů a jejich obnovitelný charakter, protože jsou vyráběna z biomasy, což snižuje závislost na fosilních palivech. Jejich produkce může také podpořit zemědělství a vytvořit nová pracovní místa. [19]

Nevýhodou je, že produkce biopaliv může konkurovat výrobě potravin, což zvyšuje ceny potravin a záběr zemědělské půdy. Některá biopaliva navíc nejsou zcela ekologická, protože jejich výroba a zpracování mohou způsobovat další emise a ekologické škody. [19]

1.2.3.5 Geotermální energie

Geotermální energie je obnovitelný zdroj energie, který využívá teplo uložené v zemské kůře. Toto teplo pochází z přirozených procesů, jako je radioaktivní rozpad prvků uvnitř Země, a také z tepla zbylého po vzniku planety. Geotermální energie je jedním z nejstabilnějších a nejspolehlivějších obnovitelných zdrojů energie, protože je k dispozici neustále, na rozdíl od sluneční a větrné energie, které jsou závislé na slunečních a povětrnostních podmínkách. Geotermální energie může být využívána jak pro výrobu elektřiny, tak pro vytápění budov a průmyslové aplikace. [13]

Geotermální energie se získává využitím tepla uloženého pod povrchem Země. Teplota zemské kůry roste s hloubkou, což vytváří přírodní teplotní gradient. V určitých oblastech

je tento gradient vyšší, například v blízkosti tektonických zlomů, sopečných oblastí nebo horkých pramenů, což jsou ideální lokality pro geotermální elektrárny a vytápění. [13]

1.3 Diverzifikace zdrojů a dodavatelů

Diverzifikace zdrojů a dodavatelů je klíčovým prvkem energetické bezpečnosti každého státu, včetně České republiky. Zajištění stabilních dodávek energie vyžaduje snížení závislosti na omezeném počtu zdrojů energie či dodavatelů, což minimalizuje rizika spojená s geopolitickými konflikty, technickými poruchami nebo výkyvy cen na trzích. [20]

Pokud by byl stát zcela závislý na jednom dominantním zdroji energie nebo jednom hlavním dodavateli, mohl by být snadno vystaven nátlaku, což by mělo závažné důsledky pro jeho ekonomiku a bezpečnost. Diverzifikace tedy zahrnuje nejen geografické rozložení dodavatelů (např. využívání různých exportních zemí ropy, plynu nebo elektřiny), ale také technologickou rozmanitost (kombinaci jaderné, fosilní a obnovitelné energie). Díky tomu může stát rychleji reagovat na výpadky dodávek nebo prudké cenové výkyvy. [20]

Například Evropská unie se v posledních letech snaží snižovat svou závislost na ruském plynu prostřednictvím investic do infrastruktury pro dovoz zkapalněného zemního plynu (LNG) a podporou obnovitelných zdrojů energie. Energetická nezávislost tak přináší stabilitu nejen ekonomickou, ale i politickou, čímž posiluje celkovou národní bezpečnost. [20]

1.4 Politické a geopolitické faktory energetické bezpečnosti

Politické a geopolitické faktory hrají zásadní roli v oblasti energetické bezpečnosti, jelikož energetické zdroje a jejich distribuce jsou úzce spjaté s mezinárodní politikou a zájmy jednotlivých států. Zdroje energie, jako je ropa, zemní plyn nebo uhlí, jsou často koncentrovány v geopoliticky nestabilních regionech, což může vést ke zvýšenému riziku narušení dodávek v důsledku politických konfliktů, ekonomických sankcí nebo změn v režimech. [20]

Například závislost Evropy (primárně východní a střední) na dovozu ruského zemního plynu se stala nástrojem politického tlaku, což vedlo ke snahám Evropské unie diverzifikovat své dodávky a hledat alternativní partnery, například v oblasti dovozu zkapalněného zemního plynu (LNG) z USA a Kataru. Politické rozhodnutí o přístupu k energiím a energetické politice jednotlivých zemí může mít dalekosáhlé dopady na energetickou bezpečnost, jak na národní, tak globální úrovni. [20]

Geopolitické napětí mezi významnými energetickými hráči, jako jsou USA, Rusko a Čína, může destabilizovat mezinárodní trhy a ovlivnit ceny energií, což ohrožuje stabilitu dodávek. Politická rizika, jako jsou embarga nebo vojenské konflikty, rovněž přispívají k volatilitě trhu s energiemi, což klade zvýšené nároky na státy, aby formulovaly robustní energetické strategie zajišťující stabilitu dodávek i v krizových situacích. [20]

1.5 Technologické inovace v energetice

Moderní energetika je silně ovlivněna technologickými inovacemi, mezi které patří například chytré sítě, bateriová úložiště, vodík a nové jaderné technologie.

1.5.1 Chytré sítě (Smart Grids)

Chytrá síť (Smart Grid) je modernizovaná elektrická distribuční soustava, která využívá digitální a pokročilé technologie k efektivnímu monitorování a řízení přenosu elektřiny z různých zdrojů výroby. Jejím cílem je dynamicky reagovat na měnící se poptávku koncových uživatelů a zajistit stabilní a spolehlivou dodávku energie. [21]

Chytré sítě poskytují distributorům okamžitý přehled o stavu distribuční soustavy i jednotlivých odběrných míst, což umožňuje rychlou reakci na přetížení sítě a optimalizaci výroby i spotřeby elektřiny. Díky automatizovanému dálkovému odečtu hodnot odpadá nutnost fyzických návštěv odběrných míst, což snižuje provozní náklady a usnadňuje správu distribuční soustavy. Přesné a časté odečty spotřeby navíc umožňují lepším způsobem predikovat odběrové vzorce a efektivněji řídit dodávky energie. [22]

Chytrá měřidla přispívají také k vyšší bezpečnosti a transparentnosti odběru, protože dokážou detekovat pokusy o manipulaci a nelegální odběry, čímž pomáhají předcházet krádežím elektřiny. Pro koncové uživatele znamenají chytré sítě možnost sledovat svou spotřebu v reálném čase a lépe optimalizovat odběr, což vede ke snížení nákladů na energie. Dálkové řízení měřidel navíc umožňuje okamžité odpojení, omezení výkonu nebo změnu tarifů, což přináší větší flexibilitu a efektivnější správu celé distribuční soustavy. [22]

Důležitou součástí chytrých sítí jsou (nebo spíše budou) také inteligentní spotřebiče, protože umožní automatickou optimalizaci spotřeby energie v závislosti na aktuálních cenách elektřiny. Díky propojení s distribuční soustavou budou schopny samy vyhodnocovat nejvýhodnější čas pro svůj provoz, čímž přispějí k efektivnějšímu využívání energie a snížení nákladů pro domácnosti. Například pračky, sušičky nebo myčky nádobí se mohou automaticky spustit v době nízkého tarifu, čímž pomohou rozložit zatížení sítě a zároveň snížit

účty za elektřinu. Inteligentní řízení se uplatní i u elektromobilů, které se budou dobíjet v době levné energie (obvykle v noci), zatímco v období dražších tarifů bude možné například využívat elektřinu z jejich akumulátorů. Tato automatizace a řízená spotřeba mohou vést ke snížení celkové spotřeby domácností až o 10 až 15 %. [22]

Abychom docílily Net Zero v roce 2050, investice do chytrých sítí se bude muset do roku 2030 zdvojnásobit. [21]

1.5.2 Bateriová uložení

Bateriová uložení energie představují klíčovou technologii pro stabilizaci elektrické sítě v době rostoucího podílu obnovitelných zdrojů. Umožňují efektivní vyrovnávání výkyvů mezi výrobou a spotřebou elektřiny, čímž zvyšují spolehlivost dodávek a přispívají k energetické bezpečnosti. [23]

1.5.2.1 Lithium-iontové baterie

Lithium-iontové (Li-ion) baterie představují klíčový prvek energetické bezpečnosti díky své schopnosti efektivně ukládat elektřinu a vyrovnávat výkyvy v dodávkách z obnovitelných zdrojů. Díky vysoké účinnosti (75–95%) a rychlé odezvě pomáhají stabilizovat elektrické sítě a snižují závislost na fosilních palivech. Využívají se zejména ve velkokapacitních uloženích připojených k rozvodným sítím, kde umožňují lepší využití přebytků energie. Přesto čelí výzvám v oblasti nákladů, dostupnosti surovin a recyklace, přičemž další vývoj směřuje ke zvýšení jejich efektivity a širšímu nasazení. [23]

1.5.2.2 Redox-flow baterie

Redox-flow baterie (RFB) jsou perspektivní technologií pro dlouhodobé ukládání energie, zejména v rozsáhlých energetických systémech. Využívají kapalně elektrolyty v externích zásobnících, díky čemuž umožňují vysoký počet nabíjecích cyklů (až 10 000) bez ztráty kapacity. Tyto elektrolyty cirkulují mezi zásobníky a elektrochemickými články, kde dochází k přeměně chemické energie na elektrickou. Jejich výhodou je dlouhá životnost a bezpečný provoz, nevýhodou pak nižší energetická hustota a vyšší pořizovací náklady. Další vývoj cílí na zefektivnění elektrolytů a snížení ceny, což by mohlo podpořit jejich širší využití. [23]

1.5.2.3 Jiné baterie

Sodíkovo-sírové (NaS) baterie nabízejí vysokou energetickou hustotu a účinnost až 89 %. Využívají se v elektrických sítích pro stabilizaci soustav a řízení špičkového zatížení. Mají

dlouhou životnost (2500 cyklů při 100 % vybití) a rychlou reakci na změny v síti. Jejich nevýhodou je nutnost provozu při vysokých teplotách (270–300 °C), což zvyšuje náklady na izolaci a bezpečnostní opatření. [23]

Olověné baterie jsou levné, ověřené a snadno recyklovatelné. I když mají nižší energetickou hustotu a kratší životnost (250 – 1000 cyklů) než modernější baterie, stále se používají v záložních systémech nebo tam, kde jsou náklady klíčovým faktorem. Jsou robustní, ale vyžadují pravidelnou údržbu a nejsou vhodné pro hluboké vybíjení. [23]

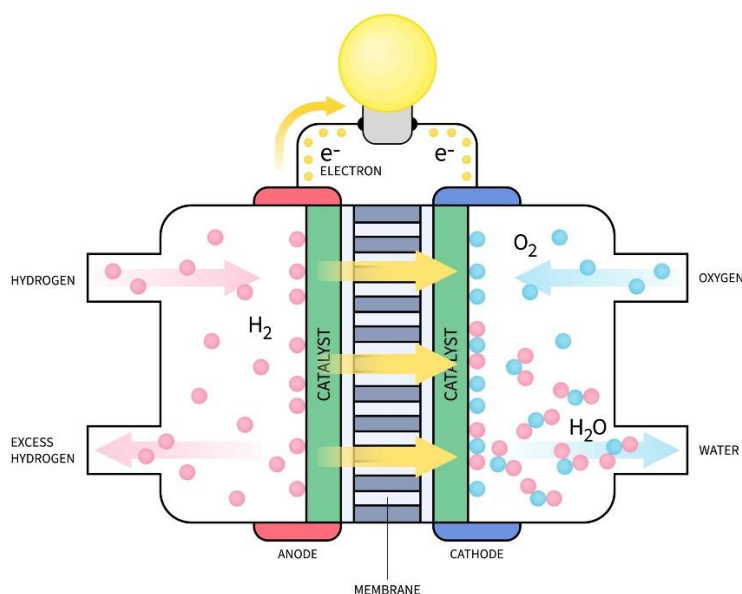
Nikl-kadmiové (NiCd) baterie vynikají dlouhou životností (až 3500 cyklů), odolností vůči hlubokému vybití a širokým teplotním rozsahem (-40 až 50 °C). Využívají se v náročných průmyslových podmínkách (letectví, nouzové systémy). Jejich hlavní nevýhodou je přítomnost toxického kadmia a menší ekologická šetrnost, což omezuje jejich využití v některých regionech. [23]

Sodíkovo-niklové (NaNiCl) baterie, známé jako ZEBRA, byly původně určeny pro elektromobily, dnes se využívají i pro stacionární ukládání energie. Nabízejí vysokou energetickou hustotu, dlouhou životnost a vyšší bezpečnost než NaS baterie, protože neobsahují síru. Vyžadují však provozní teploty kolem 300 °C, což omezuje jejich širší využití. [23]

1.5.2.4 Palivové články

Palivové články představují moderní technologii pro efektivní a čistou výrobu elektřiny, která může hrát klíčovou roli v dekarbonizaci energetiky a posílení energetické bezpečnosti. Na rozdíl od klasických baterií neukládají energii přímo, ale využívají chemickou reakci paliva (nejčastěji vodíku) s kyslíkem, čímž vytvářejí elektřinu, vodu a odpadní teplo. [23]

HYDROGEN FUEL CELL



Obrázek 7 Princip činnosti vodíkového palivového článku

Zdroj: https://aa-highway.com.sg/wp-content/uploads/2024/08/shutterstock_2198281643-scaled.jpg

Díky vysoké účinnosti (40–65 %) a možnosti využití odpadního tepla v kogeneračních systémech nacházejí palivové články uplatnění v energetických úložištích, záložních zdrojích i hybridních systémech kombinujících obnovitelné zdroje. Vodíkové palivové články (HFC) jsou považovány za klíčovou technologii budoucnosti, protože umožňují dlouhodobé skladování energie bez emisí CO_2 . [23]

Ve velkokapacitním ukládání energie lze palivové články využít v kombinaci s elektrolýzou, kdy přebytečná elektřina z obnovitelných zdrojů slouží k výrobě vodíku, který je následně skladován a zpětně přeměňován na elektřinu v době potřeby. Hlavní výzvou této technologie je vysoká cena výroby vodíku a nutnost efektivního skladování paliva, což zatím omezuje její širší nasazení. Výzkum se proto zaměřuje na snížení nákladů, vývoj levnějších katalyzátorů a zlepšení infrastrukturní dostupnosti vodíku, což by mohlo výrazně posílit konkurenceschopnost palivových článků v budoucnosti. [23]

Nejpokročilejším typem jsou vodíkové palivové články (HFC), zejména tzv. PEMFC (protonově výměnné membránové články), které fungují při nižších teplotách (50–100 °C) a najdou využití v dopravě i stacionárních systémech. Naopak vysokoteplotní SOFC články

(700–1000 °C) se uplatňují v průmyslové kogeneraci díky schopnosti využít odpadní teplo. Existují i další typy (např. MCFC, PAFC, DMFC), které se liší použitým elektrolytem a specifickým využitím, ale jejich nasazení je omezené kvůli technickým nebo ekonomickým faktorům. [23]

1.5.2.5 Přečerpávací vodní elektrárny (PVE)

Přečerpávací vodní elektrárny (PVE) jsou nejdéle využívanou a nejrozšířenější technologií pro velkokapacitní ukládání energie, která významně přispívá k energetické bezpečnosti a stabilitě elektrizačních soustav. Jejich princip spočívá v čerpaní vody z dolní do horní nádrže během období nízké poptávky po elektřině (například v noci), přičemž uložená energie je následně využita v období špičkové spotřeby nebo při výpadech dodávek z obnovitelných zdrojů (OZE). [24]

Díky rychlé reakci na výkyvy v síti a vysoké kapacitě skladování energie jsou PVE klíčovým prvkem regulace přenosových soustav, a to i v České republice, kde byla například PVE Dalešice postavena ve spojení s výstavbou jaderné elektrárny Dukovany. Hlavní výhodou této technologie je dlouhá životnost, vysoká spolehlivost a možnost okamžitého výkonového nasazení, což umožňuje efektivní vyrovnavání nabídky a poptávky v elektrické síti. [24]

Přestože PVE dosahují účinnosti kolem 75 %, jejich další technologický vývoj směřuje spíše k dílčím optimalizacím než k zásadnímu zvýšení efektivity. Hlavní nevýhodou je náročnost na vhodnou lokalitu a vysoké investiční náklady, což omezuje možnosti jejich budování. I přes tyto limity však PVE zůstávají nejefektivnějším řešením pro dlouhodobé skladování energie ve velkém měřítku a hrají zásadní roli při přechodu na obnovitelné zdroje energie. [24]



Obrázek 8 Princip fungování přečerpávací elektrárny

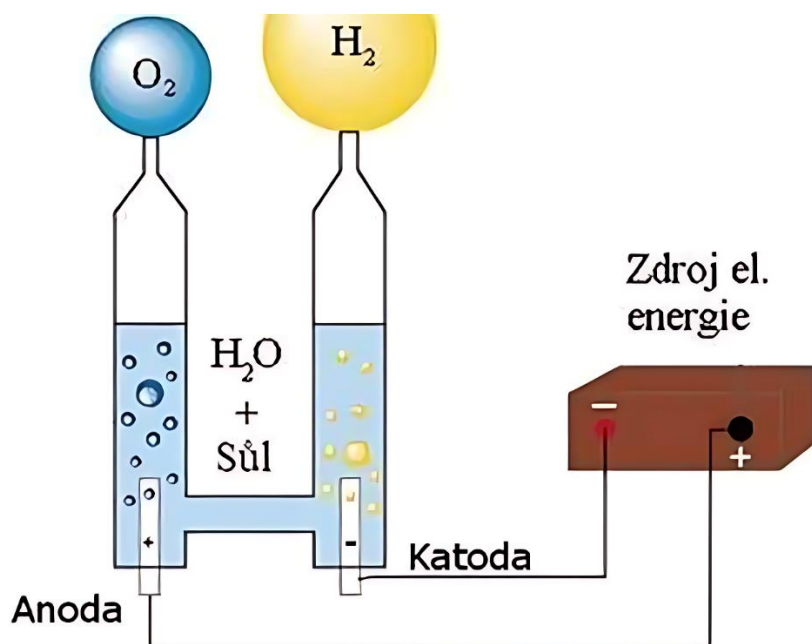
Zdroj: <https://edu.techmania.cz/cs/veda-v-pozadi/663>

V České republice se nacházejí tři přečerpávací vodní elektrárny. Nejmenší z nich je Štěchovice II s instalovaným výkonem 45 MW. Přečerpávací elektrárna Dalešice má výkon 480 MW (4×120 MW). Největší přečerpávací elektrárnou v České republice jsou Dlouhé Stráně, které disponují instalovaným výkonem 650 MW (2×325 MW). [25]

1.5.3 Vodík

Vodík je nejlehčí a nejrozšířenější plynný prvek ve vesmíru (tvoří až 2/3 veškeré hmoty). Na Zemi se však jen zřídka vyskytuje v čisté plynové formě, a proto je nutné jej oddělit od jiných prvků. Je to vysoce energeticky bohaté palivo s hodnotou 33 kWh/kg, což z něj činí silného konkurenta bateriovým technologiím v oblasti energetického ukládání a pohonu. [26]

Vodík může být získáván z fosilních paliv, jaderné energie, biomasy i obnovitelných zdrojů prostřednictvím různých technologických procesů. Výsledný plyn lze následně spalovat nebo využít jako energetický nosič pro široké spektrum aplikací. Vodík dělíme podle způsobu výroby a označujeme ho barvami. [27]



Obrázek 9 Princip výroby vodíku

Zdroj: https://1gr.cz/fotky/idnes/08/013/cl/VSE20b4fe_VSE20b1e1_3_elektrolyza.JPG

Zelený vodík je uhlíkově neutrální, jelikož se pro jeho výrobu používají obnovitelné zdroje energie, jako například sluneční nebo větrná. Vyrábí se elektrolýzou vody, kdy z molekuly vody se oddělí dva atomy vodíku a jeden atom kyslíku. Výhodou je, že v hodinách vysoké produkce energie a nízkého odběru elektřiny, může být přebytečná elektřina využita právě k výrobě vodíku a tak ukládána. Výroba zeleného vodíku zatím ale tvoří pouze 0,1 % celosvětové produkce vodíku. [27]

K zelenému vodíku můžeme teoreticky zařadit i vodík růžový, který se vyrábí za využití jaderné energie, a proto je jeho uhlíková stopa minimální. [27]

Tyrkysový vodík se vyrábí procesem nazývaným pyrolýza metanu, při kterém dochází k tepelnému rozkladu metanu na vodík a pevný uhlík. Díky této metodě nevzniká oxid uhličitý (CO_2), což znamená, že není nutné využívat technologie zachytávání a ukládání uhlíku (CCS). Pevný uhlík lze navíc dále využít například při výrobě pneumatik nebo ke zlepšení půdní úrodnosti, což z této technologie činí potenciálně udržitelnou cestu k produkci vodíku. [27]

Modrý vodík se vyrábí ze zemního plynu dvěma hlavními metodami, přičemž nejrozšířenější z nich je parní reforming metanu (SMR). Tento proces využívá reakci metanu s vodní párou za vysoké teploty a tlaku za přítomnosti niklového katalyzátoru, což vede k produkci vodíku a oxidu uhelnatého. Druhou metodou je autotermální reforming (ATR), při kterém

metan reaguje s kyslíkem a oxidem uhličitým nebo vodní párou, čímž se rovněž získává vodík. Nevýhodou obou technologií je produkce uhlíku jako vedlejšího produktu, proto je nezbytné využití zachytávání a ukládání uhlíku (CCS) k minimalizaci emisí CO₂ a dosažení nízkoemisní výroby vodíku. [28]

Šedý vodík je nejrozšířenější typ vodíku, který se vyrábí ze zemního plynu nebo metanu pomocí parního reformingu (SMR). Ačkoli tento proces produkuje méně emisí než metody využívající uhlí, stále uvolňuje značné množství oxidu uhličitého (CO₂), který není zachytáván ani ukládán. [27]

Ještě větší ekologickou zátěž představuje černý a hnědý vodík, vyráběný z bituminózního nebo lignitového uhlí. Tyto technologie patří k nejvíce znečišťujícím, protože během výroby dochází k masivní produkci CO₂ a oxidu uhelnatého (CO), které nejsou nijak recyklovány ani snižovány, což výrazně přispívá k celkovým emisím skleníkových plynů. [27]

Nízkoemisní vodík, vyráběný z obnovitelných zdrojů, jaderné energie nebo fosilních paliv s technologií zachytáváním a ukládáním uhlíku (CCS), může hrát klíčovou roli v dekarbonizaci průmyslu a dálkové dopravy, kde je snižování emisí zvláště náročné. Kromě toho nabízí jednu z mála možností pro dlouhodobé skladování energie, což umožňuje efektivnější integraci obnovitelných zdrojů do energetické sítě a vyrovnávání jejich nestálé produkce. [29]

1.5.4 Moderní jaderné technologie

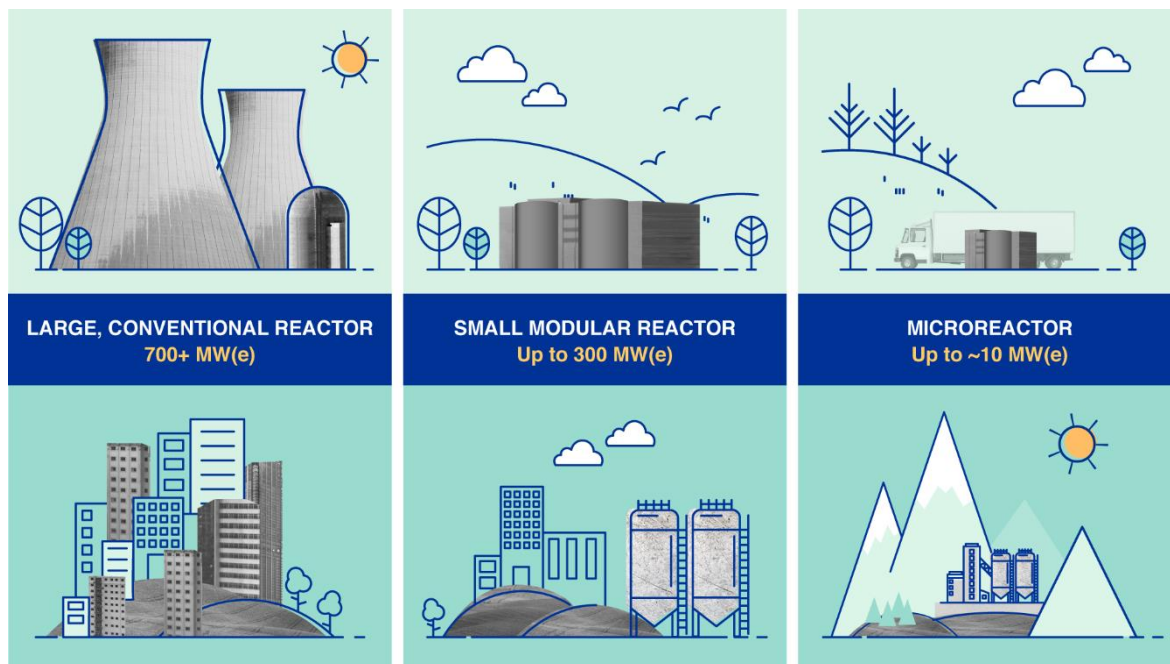
Moderní jaderné energie mohou v energetické bezpečnosti sehrát klíčovou roli, pokud se podaří vyřešit jejich technické výzvy a dále je zdokonalit. Můžeme sem zařadit malé modulární reaktory a jadernou fúzi.

1.5.4.1 Malé modulární reaktory (SMR)

Malé modulární reaktory (SMR) jsou novou generací jaderných reaktorů s nižším výkonem oproti tradičním jaderným elektrárnám. Jejich hlavní výhoda spočívá v modularitě, kdy jednotlivé moduly mohou být vyráběny v továrně a následně transportovány na místo instalace, což zkracuje dobu výstavby a snižuje náklady. [30]

Díky menšímu půdorysu mohou být umístěny na místech, která nejsou vhodná pro velké jaderné elektrárny. Prefabrikované jednotky SMR lze vyrobit v továrně a následně přepravit a instalovat na místě, což zrychluje výstavbu a snižuje náklady oproti tradičním elektrárnám.

SMR mohou být nasazovány postupně podle rostoucí energetické poptávky, což zajišťuje vyšší flexibilitu v energetickém plánování. Tato technologie je obzvláště výhodná pro oblasti s omezenou infrastrukturou a nízkou přenosovou kapacitou sítě, kde může SMR poskytnout stabilní a nízkouhlíkovou energii, a to i v off-grid režimu (bez připojení k centrální elektrické síti). [30]



Obrázek 10 Srovnání typů jaderných reaktorů podle výkonu a velikosti

Zdroj: [30]

Další významnou výhodou SMR je jejich zvýšená bezpečnost a nižší požadavky na palivo. Oproti konvenčním reaktorům využívají jednodušší návrh s pasivními bezpečnostními systémy, které spoléhají na přirozené fyzikální jevy, jako je gravitace nebo přirozená cirkulace, což minimalizuje potřebu lidského zásahu při nehodách. Díky tomu se výrazně snižuje riziko úniku radioaktivity. SMR také vyžadují méně časté doplňování paliva, obvykle 3 – 8 let, některé modely mohou dokonce pracovat až 30 let bez nutnosti výměny paliva, zatímco tradiční reaktory je třeba doplňovat každé 1–2 roky. Tato vlastnost činí SMR atraktivní pro odlehle oblasti, průmyslové provozy a jako záložní zdroj energie v krizových situacích. [30]

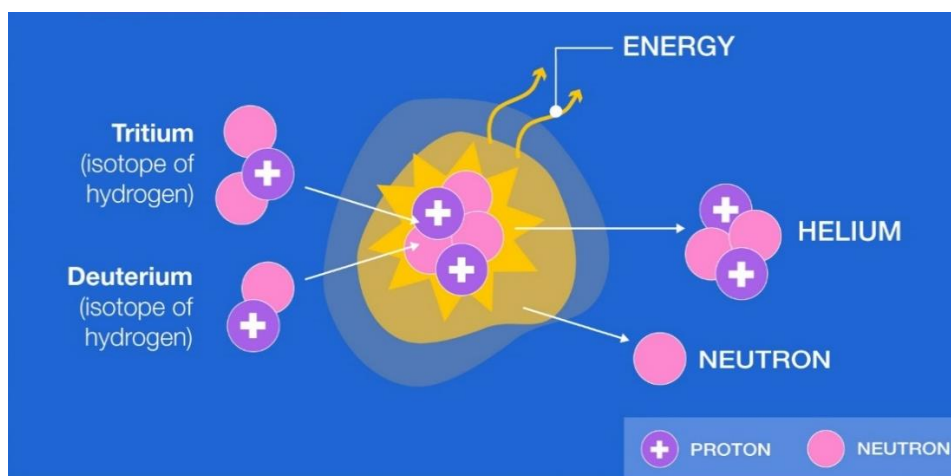
SMR je možné umístit do lokalit bývalých či postupně odstavovaných uhelných elektráren, kde by instalace velkých jaderných bloků nebyla realizovatelná. Tímto způsobem by mohly plynule navázat na stávající dodávky elektřiny a tepla. Jejich využití je však podmíněno splněním národních i mezinárodních předpisů týkajících se mírového využití jaderné energie. [31]

V České republice je také snaha o rozvoj SMR. Skupina ČEZ se stala akcionáři britské firmy Rolls-Royce SMR, ve které nyní vlastní 20 % firmy. Obě firmy budou spolupracovat na vývoji SMR, kdy první reaktory by měli být nasazovány do provozu v první polovině 30. let. ČEZ má v plánu do roku 2050 vybudovat modulární reaktory s celkovým instalovaným výkonem 3 gigawatty. [32]

Malé modulární reaktory (SMR) se od sebe liší velikostí, konstrukcí i způsobem chlazení. Mezi nejznámější typy patří tlakovodní reaktory, které fungují na podobném principu jako velké jaderné elektrárny, ale v menším měřítku. Další variantou jsou reaktory s roztaženou solí, které nabízejí vyšší bezpečnost a efektivitu. Existují také vysokoteplotní plynem chlazené reaktory, reaktory chlazené kapalným kovem a takzvané heat-pipe reaktory, které odvádějí teplo pomocí speciálních tepelných trubíc. [33]

1.5.4.2 Jaderná fúze

Jaderná fúze je proces, při kterém se dvě lehká atomová jádra spojí a vytvoří těžší jádro, přičemž se uvolní obrovské množství energie. Tento proces probíhá ve stavu hmoty zvaném plazma, extrémně horkém a nabitém plynu, který se liší od pevných, kapalných a plyných látek. Slunce a ostatní hvězdy získávají energii právě z jaderné fúze, kde jádra musí dosáhnout teplot kolem deseti milionů stupňů Celsia, aby překonala svůj elektrický odpuzivý účinek a mohla se spojit. V jádru Slunce k tomu napomáhá extrémní tlak způsobený jeho silnou gravitací, který udržuje jádra dostatečně blízko, aby došlo ke srážkám atomů a následné fúzi. Na Zemi potřebujeme kvůli rozdílnému tlaku k dosažení fúze teploty přes sto miliónů stupňů Celsia. [34]



Obrázek 11 Princip procesu jaderné fúze

Zdroj: [34]

Pro dosažení jaderné fúze se používají experimentální zařízení s názvem tokamak. Uvnitř tokamaku se vytváří extrémně horké plazma, které je udržováno silnými magnetickými poli. Energie uvolněná při spojování atomů se přenáší na stěny reaktoru jako teplo. Stejně jako v klasických elektrárnách se toto teplo použije k výrobě páry, která pohání turbíny a generátory k výrobě elektřiny. [35]

Jaderná fúze je považována za potenciální zdroj téměř neomezené, čisté a bezpečné energie. Pokud by se jí podařilo na Zemi úspěšně replikovat v průmyslovém měřítku, mohla by nahradit fosilní paliva a uspokojit rostoucí energetickou poptávku. Fúze dokáže vygenerovat až čtyřikrát více energie na kilogram paliva než štěpení používané v jaderných elektrárnách a téměř čtyřmilionkrát více než spalování uhlí nebo ropy. Většina vyvíjených fúzních reaktorů bude využívat směs deuteria a tritia. Deuterium lze získat z mořské vody a tritium by mohlo být produkováno reakcí fúzních neutronů s lithiem. Tyto palivové zásoby by mohly vystačit na miliony let. [34]

Kromě vysoké účinnosti je fúze také bezpečnější než současná jaderná energie, protože při ní nevzniká dlouhodobý radioaktivní odpad a neexistuje riziko nekontrolovatelné řetězové reakce či jaderné havárie. Pokud by došlo k poruše, plazma by se okamžitě ochladilo a proces by se zastavil, aniž by došlo k poškození reaktoru. Jaderná fúze navíc neprodukuje skleníkové plyny, což by z ní mohlo učinit klíčový zdroj nízkouhlíkové elektřiny ve druhé polovině tohoto století. [34]

Za zmínku stojí například ITER, což je mezinárodní výzkumný projekt zaměřený na ověření funkčnosti jaderné fúze jako stabilního a ekologického zdroje energie. Staví se ve francouzském Cadarache a bude to vůbec největší tokamak na světě. ITER má dokázat, že fúzní reaktor může vyrobit víc energie, než kolik je potřeba na jeho chod, což by znamenalo revoluci v energetice. Ačkoliv bude ITER sloužit čistě výzkumným účelům, je zásadním krokem k budoucím elektrárnám na principu jaderné fúze, které by mohly nahradit fosilní paliva i současné štěpné reaktory. [76]

1.6 Definice energetického mixu

Energetický mix je složení různých zdrojů energie, které daná země nebo region využívá k pokrytí své spotřeby energie. Obvykle zahrnuje kombinaci fosilních paliv (jako uhlí, ropa a zemní plyn), jaderné energie a obnovitelných zdrojů (například vodní, solární, větrné a geotermální energie). Každá země si energetický mix přizpůsobuje podle dostupnosti zdrojů,

ekonomických a ekologických podmínek, a priorit v oblasti energetické bezpečnosti. Cílem správně zvoleného energetického mixu je zajištění spolehlivé, ekonomicky dostupné a udržitelné dodávky energie, s ohledem na minimalizaci environmentálního dopadu a zvýšení energetické nezávislosti. [36]

2 STAV ENERGETICKÉHO MIXU ČR A JEHO VÝHLEDY

V této kapitole je pojem energetický mix chápán ve smyslu výrobního mixu elektřiny, tedy podílu jednotlivých zdrojů na výrobě a spotřebě elektrické energie v České republice. Data pochází ze Zpráv o provozu energetických soustav ČR publikovaných Energetickým regulačním úřadem.

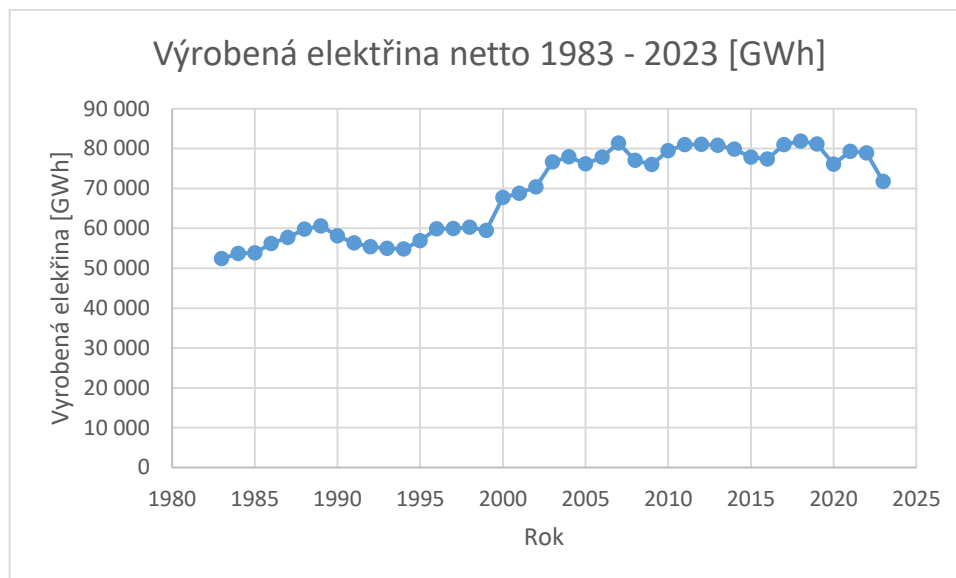
2.1 Historický vývoj energetického mixu ČR

Graf 2 zobrazuje vývoj netto výroby elektřiny v České republice v letech 1983 až 2023 v gigawatthodinách (GWh). Je patrné, že výroba elektřiny měla dlouhodobě rostoucí trend, s několika výraznějšími změnami.

V období mezi lety 1983 a 1995 docházelo k postupnému zvyšování výroby, avšak bez výraznějších skoků. Kolem roku 2000 je vidět prudký nárůst, což lze pravděpodobně přičíst spuštění nových energetických zdrojů, například otevření prvního jaderného bloku v Temelíně. Od té doby výroba elektřiny rostla až do roku 2010, kdy se ustálila na vysoké úrovni mezi 80 a 90 TWh.

V posledním desetiletí se produkce držela na stabilní úrovni s menšími výkyvy, ale v posledních letech graf ukazuje pokles, který může souviset s omezováním některých zdrojů energie, změnami v energetické politice, rostoucím důrazem na obnovitelné zdroje nebo snižující se spotřebou.

Celkově graf 2 ukazuje, že Česká republika prošla významným rozvojem energetického sektoru, přičemž hlavní růstový skok nastal kolem roku 2000 a současný pokles může signalizovat přechod k jiné struktuře energetického mixu.



Graf 2 Vyrobená elektřina (netto) v ČR 1983–2023

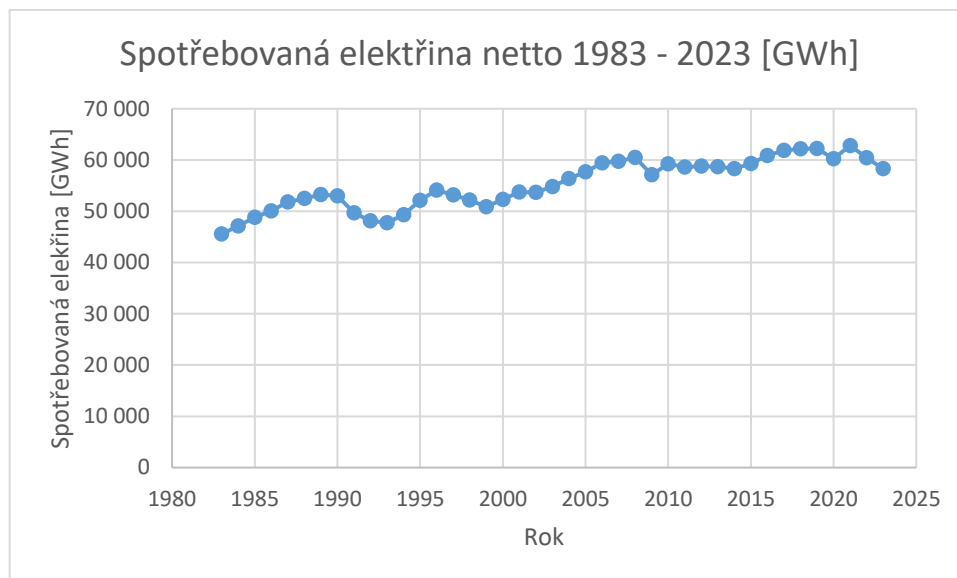
Zdroj dat: [37]

Graf 3 zobrazuje vývoj netto spotřeby elektřiny v České republice v letech 1983 až 2023 v gigawatthodinách (GWh). Na rozdíl od výroby elektřiny, která zažila prudký růst kolem roku 2000, spotřeba elektřiny vykazuje spíše pozvolný růst s obdobími stagnace a mírnými poklesy (například kvůli finančním krizím nebo covidové pandemii).

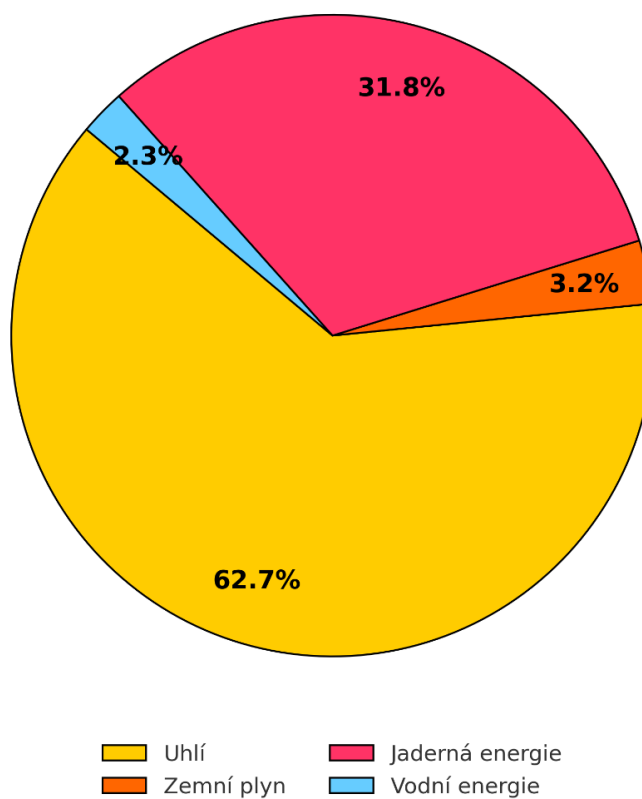
V první části grafu 3, mezi lety 1983 a 1995, lze pozorovat nárůst spotřeby, ale s určitými výkyvy, zejména v 90. letech, kdy došlo k dočasnému poklesu. Tento pokles pravděpodobně souvisel s ekonomickou transformací po roce 1989, kdy došlo k restrukturalizaci průmyslu a snížení energetické náročnosti některých odvětví.

Od konce 90. let spotřeba elektřiny opět rostla a kolem roku 2005 se ustálila na hodnotách mezi 55 000 a 65 000 GWh. V posledních letech lze však pozorovat mírný pokles, který může být důsledkem úspor energie, efektivnějších technologií, změn ve struktuře průmyslu nebo širšího využívání obnovitelných zdrojů a decentralizované výroby energie.

Celkově lze říci, že spotřeba elektřiny v ČR sice dlouhodobě rostla, ale ne tak dynamicky jako její výroba, a v posledním období je patrná tendence ke stabilizaci nebo mírnému poklesu. Tento trend může být ovlivněn jak ekonomickými faktory, tak změnami v energetickém mixu a rostoucím důrazem na energetickou účinnost.



Graf 3 Spotřebovaná elektřina (netto) v ČR 1983–2023

*Zdroj dat: [37]***Podíl zdrojů energie (2003)**

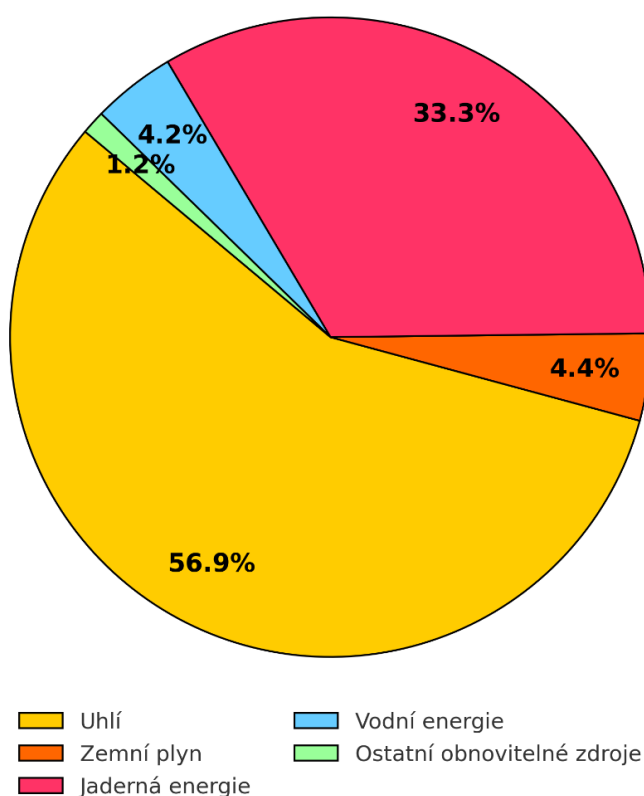
Graf 4 Podíl zdrojů energie v ČR v roce 2003

Zdroj dat: [38]

Jak jde vidět v grafu 4, v roce 2003 bylo nejvýznamnějším zdrojem energie bylo uhlí, které tvořilo 62,7 % celkové produkce energie. To potvrzuje dominantní roli fosilních paliv v tehdejší energetickém mixu. Na druhém místě byla jaderná energie s podílem 31,8 %, což naznačuje značnou závislost na tomto stabilním a nízkoemisním zdroji energie. Významně menší podíl měly zemní plyn (3,2 %) a vodní energie (2,3 %), což ukazuje na relativně nízké využití obnovitelných a alternativních zdrojů energie.

Tento graf reflektuje situaci, kdy většina energetické produkce byla závislá na uhlí a jaderné energii, zatímco ekologičtější a flexibilnější zdroje, jako vodní energie a zemní plyn, hrály pouze doplňkovou roli. V kontextu současného vývoje energetiky lze tento podíl interpretovat jako výchozí bod pro pozdější změny směřující k vyššímu využití obnovitelných zdrojů a snížení emisí skleníkových plynů.

Podíl zdrojů energie (2010)



Graf 5 Podíl zdrojů energie v ČR v roce 2010

Zdroj dat: [39]

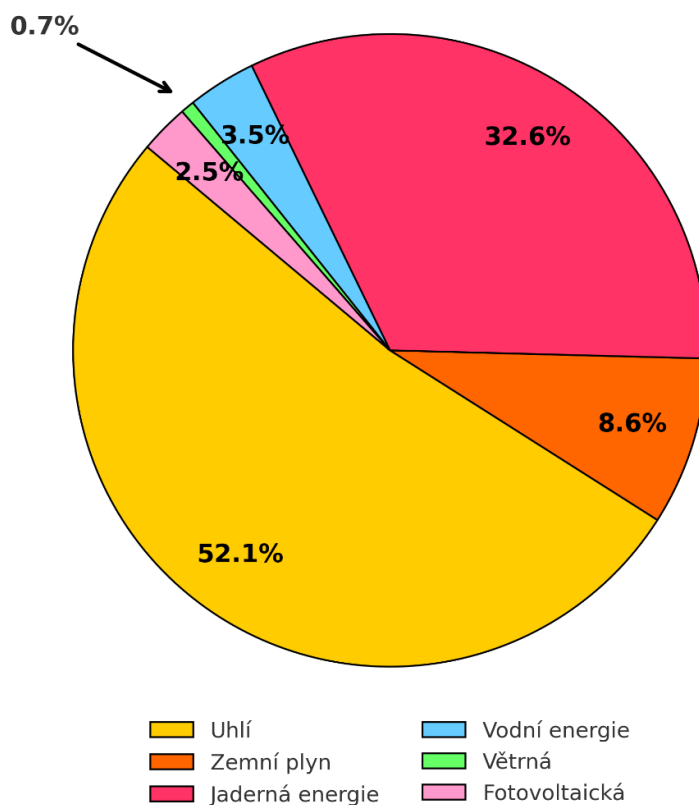
Jak lze vidět v grafu 5, uhlí zůstalo i v roce 2010 dominantním zdrojem energie s podílem 56,9 %, což sice představuje pokles oproti roku 2003 (62,7 %), avšak stále potvrzovalo

jeho klíčovou roli v energetickém mixu. Naopak podíl jaderné energie mírně vzrostl na 33,3 %, což naznačoval její rostoucí význam jako stabilního a nízkoemisního zdroje energie.

Zvýšil se i podíl zemního plynu na 4,4 %, což mohlo odrážet jeho častější využití jako flexibilnější a ekologičtější alternativy k uhlí. Významně narostl také podíl vodní energie (4,2 %), což naznačuje snahu o rozšíření využívání obnovitelných zdrojů. Poprvé se v grafu objevují ostatní obnovitelné zdroje (1,2 %), což reflektuje trend k rozvoji nových technologií, jako jsou solární a větrné elektrárny.

Ve srovnání s rokem 2003 lze pozorovat postupný posun směrem k diverzifikaci energetického mixu. Přestože uhlí stále hrálo dominantní roli, jeho podíl klesl ve prospěch jaderné energie, zemního plynu a obnovitelných zdrojů. Tento trend naznačuje začátek transformace směrem k udržitelnější energetice.

Podíl zdrojů energie (2017)



Graf 6 Podíl zdrojů energie v ČR v roce 2017

Zdroj dat: [40]

Uhlí i v roce 2017 nadále zůstalo největším zdrojem energie, avšak jeho podíl klesl na 52,1 %, což potvrzuje pokračující trend ústupu fosilních paliv. Podíl jaderné energie mírně poklesl na 32,6 %, i přesto však zůstal druhým nejvýznamnějším zdrojem.

Významnější nárůst zaznamenal zemní plyn, který dosáhl 8,6 %, což je téměř dvojnásobek oproti roku 2010 (4,4 %).

Mezi obnovitelnými zdroji došlo k rozšíření jejich podílu a diverzifikaci. Vodní energie poklesla na 3,5 %, avšak nově se objevila vyšší výroba větrné energie (0,7 %) a fotovoltaické energie (2,5 %). To naznačuje postupnou integraci nových obnovitelných zdrojů do energetického mixu.

Ve srovnání s předchozími lety je patrný pokles podílu uhlí a nárůst obnovitelných zdrojů, zejména fotovoltaiky a větrné energie. Přesto uhlí a jaderná energie stále tvořila dominantní složku celkové produkce energie. Tento trend reflektuje probíhající energetickou transformaci, která směřuje k větší udržitelnosti a ekologičtějším zdrojům.

2.2 Historický vývoj energetiky ČR v 21. století

Energetika v České republice se od počátku 21. století významně proměnila. Liberalizace trhu s elektřinou a zemním plynem byla jedním z klíčových kroků, zatímco energetický mix se přizpůsobil útlumu uhlí a nárůstu podílu alternativních zdrojů. [41]

2.2.1 Energetický regulační úřad (2001)

Energetický regulační úřad (ERÚ) byl založen 1. ledna 2001 s cílem vykonávat regulaci v oblasti energetiky. Mezi jeho hlavní úkoly patří stanovení cen, podpora využívání obnovitelných a druhotných zdrojů energie, rozvoj kogenerace, ochrana zájmů spotřebitelů i držitelů licencí, zajištění férových podmínek hospodářské soutěže a kontrola energetických trhů. Úřad se věnuje regulaci cen v sektorech elektřiny, plynu a tepla. [41]

Od roku 2017 je úřad řízen pětičlennou radou, kterou určuje vláda České republiky na 5 let a v jejím čele stojí předseda rady. Od roku 2019 stojí v čele rady Stanislav Trávníček. [41]

2.2.2 Otevření trhu s elektřinou a plynem (2002-2007)

Spotřebitelé elektřiny a zemního plynu neměli ještě poměrně nedávno možnost volby svého dodavatele. K významné změně došlo v roce 2002, kdy se začalo postupně uvolňovat

prostředí trhu s elektřinou. Nejprve dostali příležitost ke změně dodavatele velcí odběratelé s roční spotřebou v desítkách, a později i jednotkách GWh. Domácnostem v České republice byla tato možnost zpřístupněna na počátku roku 2006. [41]

Trh se zemním plynem se začal otevírat o tři roky později. Od 1. ledna 2005 mohli dodavatele změnit velkoodběratelé s roční spotřebou přesahující 15 milionů m³. Následně, od 1. ledna 2006, se tato možnost rozšířila na všechny ostatní odběratele mimo domácnosti, které získaly právo volby dodavatele až od 1. ledna 2007, čímž byla završena liberalizace trhu. [41]

Přesto se větší zájem koncových odběratelů o změnu dodavatele elektřiny a plynu projevil až v letech 2009 a 2010, kdy počet ročních změn na obou trzích překonal hranici 100 tisíc. [41]

2.2.3 Fotovoltaický boom (2009-2010)

Česká republika se v souladu se závazkem vůči Evropské unii zavázala zajistit, aby do roku 2020 tvořily obnovitelné zdroje energie 13 % hrubé konečné spotřeby energie. Vzhledem k tomu, že obnovitelné zdroje nebyly vůbec ekonomicky soběstačné bez finanční podpory, bylo nezbytné zavést systém dotací. [42]

V roce 2006 nabyt účinnosti zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře využívání obnovitelných zdrojů, podle něhož Energetický regulační úřad (ERÚ) stanovil výkupní cenu na 15 Kč/kWh, vyplácenou po dobu 20 let od uvedení elektrárny do provozu. Cílem bylo zajistit návratnost investice do 15 let. [42]

Zákon č. 180/2005 Sb. zavedl výkupní ceny pro obnovitelné zdroje energie s meziročním poklesem limitovaným na 5 %, což zamezilo pružné reakci na výrazný pokles cen fotovoltaických panelů v letech 2009–2010. To vedlo k masivnímu rozmachu fotovoltaických elektráren (FVE), kdy jejich instalovaný výkon vzrostl z 40 MW v roce 2008 na 1959 MW v roce 2010. [42]

Následkem byl nárůst ceny elektřiny pro spotřebitele, kde příspěvek na obnovitelné zdroje stoupl z 28 Kč/MWh v roce 2006 na 583 Kč/MWh v roce 2013. Pro zmírnění situace byla zavedena solární daň a podpora pro FVE a další zdroje obnovitelné energie byla po roce 2014 zastavena. Přesto FVE obdržely v roce 2012 66 % veškeré podpory, přestože vyrobily jen čtvrtinu energie z obnovitelných zdrojů a pokryly 3 % celkové spotřeby. Tato situace

snížila konkurenceschopnost českého průmyslu a vedla k omezení podpory efektivnějších zdrojů, jako jsou vodní elektrárny a výtopny na biomasu. [42]

2.2.4 Prolomení těžebních limitů (2015)

V roce 2015 se otázka prolomení těžebních limitů na lomech Bílina a ČSA stala výrazným předmětem veřejných debat. Územní ekologické limity těžby hnědého uhlí v severních Čechách byly původně zavedeny vládním rozhodnutím pod vedením premiéra Petra Pitharta dne 30. října 1991. Tyto limity měly zajistit ochranu měst a obcí nad ložisky uhlí, zabránit jejich likvidaci kvůli těžbě a chránit přírodní zbytky i infrastrukturu v severočeské hnědouhelné pánvi. [41]

Podporovatelé prolomení argumentovali zejména tím, že využívání domácích zásob uhlí zajišťuje České republice vysokou míru energetické soběstačnosti v rámci EU. Podíl obnovitelných zdrojů na energetickém mixu zůstává nízký, zatímco zásoby ropy a zemního plynu ČR postrádá. Výstavba nových jaderných elektráren je navíc v současném evropském kontextu plněm nejistot obtížná. [41]

Nakonec vláda v říjnu 2015 rozhodla o prolomení limitů těžby na dole Bílina s podmínkou, že těžba nesmí zasáhnout území bližší než 500 metrů od obcí. Co se týče dolu ČSA, vláda odložila rozhodnutí, jelikož prolomení limitů by znamenalo demolici obce Horní Jiřetín, což bylo dlouhodobě předmětem kontroverzí. [41]

2.2.5 Ukončení těžby uranu (2017)

Těžba uranu na území České republiky má hluboké historické kořeny sahající až do 16. století. Největší rozmach však zaznamenala po druhé světové válce, kdy globální poptávka po uranu výrazně vzrostla díky rozvoji jaderné energetiky a intenzivní produkci jaderných zbraní. [41]

V druhé polovině 20. století se tehdejší Československo stalo jedním z klíčových producentů uranu na světové scéně. Česká republika se svou produkcí zařadila mezi deset největších těžebních zemí, přestože rozlohou nepatří mezi velké státy. Do roku 2007 se z českých dolů vytěžilo více než 110 tisíc tun uranu. [41]

Až do konce minulého roku, kdy byla ukončena těžba na dole Rožná, byla Česká republika jedinou zemí ve střední Evropě, kde probíhala komerční těžba uranu. V dnešní době je zde uran získáván pouze jako vedlejší produkt při čištění důlních vod. V rámci Evropské unie v současnosti těží uran pouze Rumunsko. [41]

2.3 Současná struktura energetického mixu ČR

Tabulka 4 zachycuje měsíční netto výrobu elektřiny v České republice za rok 2023, vyjádřenou v gigawatthodinách (GWh). Nejvyšší výroba byla zaznamenána v lednu (7 237,7 GWh), naopak nejnižší v květnu (4 838,2 GWh), a celková roční produkce dosáhla 71 786,1 GWh.

Tabulka 4 Měsíční výroba netto elektřiny v roce 2023

2023	
Měsíc	Výroba elektřiny (netto)
Leden	7 237,7 GWh
Únor	6 496,5 GWh
Březen	6 414,5 GWh
Duben	5 807,4 GWh
Květen	4 838,2 GWh
Červen	4 947,1 GWh
Červenec	5 351,2 GWh
Srpen	5 670,4 GWh
Září	5 531,7 GWh
Říjen	6 394,3 GWh
Listopad	6 451,2 GWh
Prosinec	6 646,0 GWh
Celkem	71 786,1 GWh

(Zdroj dat: [43])

Tabulka 5 znázorňuje měsíční netto spotřebu elektřiny v České republice za rok 2023, uvedenou v gigawatthodinách (GWh). Nejvyšší spotřeba byla v lednu (5 578,1 GWh), nejnižší v červenci (4 333,2 GWh), přičemž celková roční spotřeba činila 58 308,3 GWh.

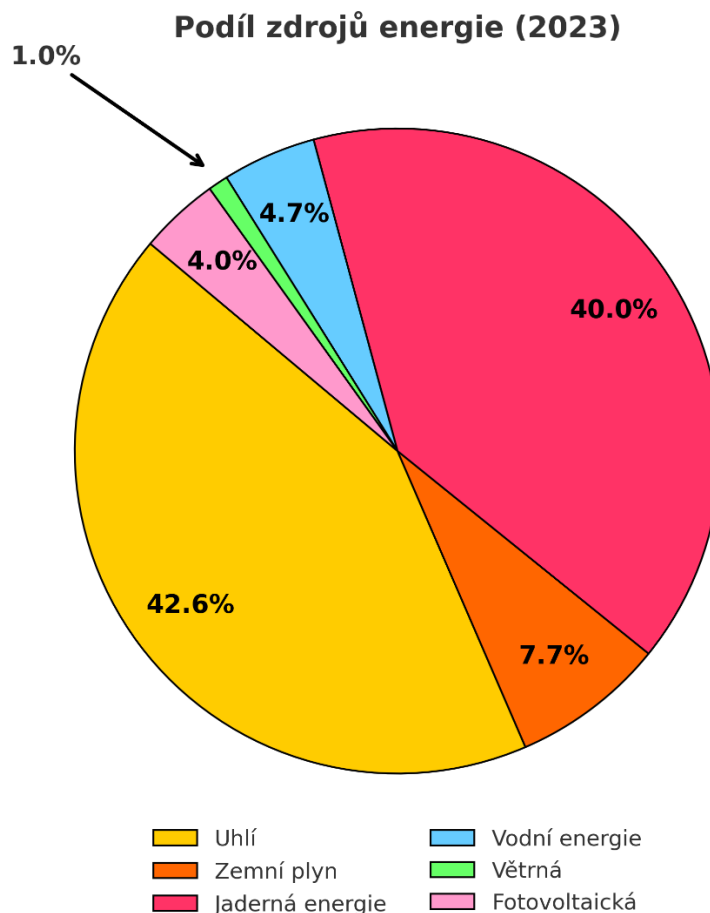
Tabulka 5 Měsíční spotřeba netto elektřiny v roce 2023

2023	
Měsíc	Spotřeba elektřiny (netto)
Leden	5 578,1 GWh
Únor	5 193,0 GWh
Březen	5 404,9 GWh
Duben	4 860,0 GWh
Květen	4 601,4 GWh
Červen	4 404,1 GWh
Červenec	4 333,2 GWh
Srpen	4 412,7 GWh
Září	4 350,0 GWh
Říjen	4 772,7 GWh
Listopad	5 103,3 GWh
Prosinec	5 294,8 GWh
Celkem	58 308,3 GWh

(Zdroj dat: [43])

Graf č. 7 znázorňuje podíl jednotlivých zdrojů energie na výrobě elektřiny v České republice v roce 2023. Největší část výroby pokrývalo uhlí (42,6 %), následované jadernou energií (40,0 %). Zemní plyn tvořil 7,7 %, zatímco obnovitelné zdroje energie měly v souhrnu menší podíl: vodní energie 4,7 %, fotovoltaická 4,0 % a větrná 1,0 %.

Tento graf odráží tradiční závislost České republiky na fosilních a jaderných zdrojích, přičemž podíl obnovitelných zdrojů zůstává i přes dlouhodobé cíle EU poměrně nízký. Dekarbonizace a modernizace elektroenergetického sektoru tak zůstávají klíčovými výzvami do budoucna.



Graf 7 Podíl zdrojů energie v ČR v roce 2023

Zdroj: [43]

2.4 Výhledy České republiky

Tato kapitola se zaměřuje na klíčové strategické dokumenty, které určují směr vývoje české energetiky, včetně státní energetické koncepce, národních plánů a sektorových strategií.

2.4.1 Státní energetická koncepce ČR

Státní energetická koncepce (SEK) představuje základní strategický dokument vlády České republiky v oblasti energetiky. Jejím hlavním posláním je zajistit spolehlivé, bezpečné a ekologicky šetrné dodávky energie pro potřeby obyvatelstva i ekonomiky, a to za konkurenceschopné a přijatelné ceny. SEK rovněž stanovuje rámec pro zajištění nepřerušovaných dodávek energie i v krizových situacích, což přímo souvisí s otázkou energetické bezpečnosti státu. Aktuální verze státní energetické koncepce ČR pochází z roku 2015, a proto se jedná o starý a neaktuální dokument. [44]

Dokument vychází z trojice strategických cílů (bezpečnost, konkurenceschopnost a udržitelnost), které definují směr rozvoje české energetiky až do roku 2040. SEK formuluje strategické priority a nástroje pro jejich naplnění, a to jak v oblasti výroby, přenosu a spotřeby energie, tak i v oblasti výzkumu, mezinárodní spolupráce, legislativy a státní správy. [44]

Jedním ze stěžejních prvků SEK je koncept vyváženého energetického mixu, který se opírá o využití domácích surovin (zejména uhlí a jádra) a postupné navyšování podílu obnovitelných zdrojů energie (OZE). V dokumentu je explicitně zdůrazněna důležitost jaderné energetiky jako stabilního a nízkoemisního pilíře. Oproti tomu uhlí je vnímáno jako přechodný zdroj, jehož význam bude postupně klesat s ohledem na ekologická rizika a omezující faktory těžby. [44]

V oblasti plynu SEK poukazuje na závislost ČR na dovozu, především z Ruské federace, a zdůrazňuje potřebu diverzifikace dodavatelů a přepravních cest. Významným tématem je i rozvoj kogeneračních technologií, tedy společné výroby tepla a elektřiny, především v sektoru teplárenství. [44]

SEK staví na principu energetické soběstačnosti a odolnosti vůči vnějším šokům. Dokument doporučuje investice do modernizace zastaralé energetické infrastruktury, podporu zásobníků plynu, budování alternativních přepravních tras a strategických zásob. Z hlediska ropné bezpečnosti se zdůrazňuje význam ropovodu IKL a společnosti MERO ČR, která zajišťuje provoz nouzových zásob ropy. [44]

Významná část dokumentu je věnována vnějším vlivům – zejména proměnlivosti evropské legislativy, tlaku na snižování emisí skleníkových plynů a vývoji mezinárodních trhů s energií. SEK konstatuje, že česká energetická strategie musí být dostatečně flexibilní, aby mohla reagovat na proměny geopolitického a technologického prostředí. [44]

Z pohledu SEK jsou obnovitelné zdroje vnímány jako doplňkový, decentralizovaný zdroj energie, nikoli jako hlavní pilíř energetiky. Jejich rozvoj má být postupný, podporovaný cíleně a v souladu s technologickou vyspělostí a ekonomickou efektivitou. Zvláštní důraz je kladen na využití biomasy v teplárenství a podporu energetických úspor, především v oblasti budov a průmyslu. [44]

SEK dále předpokládá zvyšování energetické účinnosti ve všech sektorech a podporu výzkumu, vývoje a inovací. Strategické cíle vycházejí také z mezinárodních závazků ČR, zejména z klimaticko-energetické politiky Evropské unie. [44]

2.4.1.1 Aktualizace státní energetické koncepce

Podle závěrů platné Státní energetické koncepce z roku 2015 měla být koncepce pravidelně aktualizována každých pět let, případně i dříve v reakci na výrazné změny vnějších podmínek. Přesto k aktualizaci nedošlo ani po zásadních událostech, jako byl přijetí Zelené dohody pro Evropu (Green Deal), nárůst cen energií či vypuknutí energetické krize v souvislosti s válkou na Ukrajině. [45]

V reakci na zásadní změny v evropském i globálním kontextu, zejména geopolitickou nestabilitu, energetickou krizi po roce 2022, rostoucí požadavky na dekarbonizaci a závazky vyplývající z klimaticko-energetické politiky EU, připravuje Ministerstvo průmyslu a obchodu aktualizaci Státní energetické koncepce. Návrh nové SEK, který byl v roce 2024 představen veřejnosti a postoupen do meziresortního připomínkového řízení, vymezuje ambicióznější cíle v oblasti rozvoje nízkoemisních zdrojů, posílení energetické bezpečnosti a modernizace infrastruktury. Dokument počítá mimo jiné s ukončením využívání uhlí do roku 2033, masivní podporou obnovitelných zdrojů energie a akumulčních technologií, a rovněž s klíčovou rolí jaderné energetiky. Nová SEK by měla nabídnout flexibilní, investičně stabilní a legislativně srozumitelný rámec pro dlouhodobý rozvoj české energetiky v souladu s cílem dosažení klimatické neutrality do roku 2050. K datu zpracování této práce však návrh stále neprošel oficiálním schválením vládou a zůstává ve fázi příprav. [45]

2.4.2 Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu

Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu je strategický dokument vypracovaný na základě požadavků nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/1999 o správě energetické unie a opatřeních v oblasti klimatu. Tento dokument konkretizuje, jak ČR přispívá k naplňování společných cílů EU v oblasti snižování emisí skleníkových plynů, rozvoje obnovitelných zdrojů energie (OZE), zvyšování energetické účinnosti, energetické bezpečnosti, fungování vnitřního trhu s energií a podpory výzkumu, vývoje a inovací. [46]

Aktuální verze plánu z prosince 2024 navazuje na předchozí verzi schválenou v roce 2020 a reflektuje jak klimatickou krizi a balíček Fit for 55, tak i dopady energetické krize vyvolané ruskou invazí na Ukrajinu. Cílem je do roku 2030 snížit emise skleníkových plynů o 68 % oproti roku 1990, postupně ukončit využívání uhlí do roku 2033 a zároveň zvýšit podíl OZE na konečné spotřebě energie na 30 %. [46]

Plán rovněž stanovuje pokles konečné spotřeby energie z 1048 PJ na 852 PJ do roku 2030. I přes tato ambiciózní čísla dokument přiznává, že dosažení všech cílů bude vyžadovat silnou politickou vůli, masivní investice a efektivní nastavení regulačního rámce. V oblasti energetické bezpečnosti se plán zaměřuje na ukončení dovozu ruských fosilních paliv do roku 2027, posílení domácí výroby energie z OZE a zvýšení flexibility elektroenergetické soustavy. [46]

Další prioritou je rozvoj jaderné energetiky, včetně výstavby nových bloků v Dukovanech a Temelíně i malých modulárních reaktorů (SMR). Plán také podporuje rozvoj biometanu a vodíku jako alternativních paliv a počítá s využitím technologií pro zachycování a ukládání uhlíku (CCS). V oblasti výzkumu a inovací dokument zmiňuje potřebu sladit české priority s cíli EU, zejména prostřednictvím Evropského strategického plánu pro energetické technologie (SET-Plan). [46]

Plán podtrhuje potřebu vytvořit stabilní a předvídatelné prostředí pro investory, zjednodušit a zrychlit povolovací procesy a vést srozumitelnou komunikaci směrem k veřejnosti. Dokument tak slouží jako národní rámec pro řízení dekarbonizačních politik a plánování energetického přechodu, který je klíčový pro budoucí odolnost, konkurenceschopnost a udržitelnost české ekonomiky. [46]

2.4.3 Vodíková strategie České republiky

Vodíková strategie České republiky představuje strategický rámec pro rozvoj vodíkového hospodářství jako jednoho z klíčových nástrojů dekarbonizace ekonomiky. Aktualizace z roku 2024 reaguje na nové evropské požadavky, rostoucí význam vodíku v energetickém mixu a technologický pokrok v oblasti výroby, distribuce a využití vodíku. Cílem strategie je nahradit fosilní paliva, snížit emise skleníkových plynů, posílit energetickou bezpečnost a podpořit hospodářský růst ČR. [47]

Strategie se opírá o čtyři základní pilíře – výrobu, využití, dovoz a skladování vodíku a vodíkové technologie. Hlavní důraz je kladen na obnovitelný vodík, který má být vyráběn elektrolýzou za využití obnovitelné elektřiny. Vzhledem k omezeným přírodním podmínkám ČR je však ve strategii zohledněn i nízkouhlíkový vodík vyrobený například z jaderné energie nebo s využitím technologií CCS/CCU (zachytávání uhlíku). [47]

Tabulka 6 Plán pro instalovaný výkon elektrolyzérů

Instalovaný výkon (MWe)	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Elektrolyzéry	0	2	10	60	160	240	320	400

(Zdroj: [47])

V roce 2030 by mělo být v ČR k dispozici alespoň 400 MW elektrolyzérů, zejména v Ústeckém, Karlovarském a Moravskoslezském kraji. Zároveň se počítá s tím, že poptávka po obnovitelném a nízkouhlíkovém vodíku dosáhne minimálně 40 000 tun ročně. Významnou roli bude vodík hrát v dopravě (autobusové, nákladní, železniční), v průmyslu (zejména chemickém a hutním) a jako nosič pro sezónní akumulaci energie. [47]

2.4.4 Národní akční plán čisté mobility ČR

V lednu 2024 schválila vláda ČR druhou aktualizaci Národního akčního plánu čisté mobility (NAP ČM), který představuje strategický rámec pro rozvoj bezemisní dopravy v České republice. Tento dokument reaguje na legislativní změny v Evropské unii, zejména balíček Fit for 55, a reflektuje nutnost snižování emisí v sektoru dopravy. [48]

Tabulka 7 Plánovaný počet vozidel s alternativními pohony v ČR

Kategorie vozidel	2025	2030	2035
H2 Osobní automobily	200	3000	8000
H2 Lehká užitková vozidla (N1)	50	800	3500
H2 Těžká nákladní vozidla (N2, N3)	10	380	1500
H2 Autobusy	10	200	350
BEV Osobní automobily	50 000	250 000	1 000 000
BEV Lehká užitková vozidla (N1)	4 000	20 000	60 000
BEV Těžká nákladní vozidla (N2, N3)	150	6 000	25 000
BEV Autobusy	400	1 200	4 200
CNG/BioCNG Osobní automobily	22 900	24 500	18 700
CNG/BioCNG Lehká užitková vozidla (N1)	5 100	7 700	2 100
CNG/BioCNG Těžká nákladní vozidla (N2, N3)	400	520	600
LNG/BioLNG Těžká nákladní vozidla (N2, N3)	1 000	4 000	9 000
CNG/BioCNG Autobusy	2 000	2 530	2 500

(Zdroj: [48])

Plán se zaměřuje především na rozvoj elektromobility, vodíkového pohonu a infrastruktury pro alternativní paliva. Konkrétně počítá s tím, že do roku 2030 by se v České republice mělo pohybovat přibližně 250 000 elektromobilů (1 milion v roce 2035). Tento počet má být podpořen rozvojem sítě 25 000 veřejných dobíjecích bodů, z toho 4 000 rychlodobíjecích. [48]

Kromě podpory osobní dopravy se plán věnuje také modernizaci veřejné dopravy, nákladní přepravy a rozvoji železniční infrastruktury. Důraz je kladen na využití obnovitelných zdrojů, energetickou efektivitu a rozvoj chytré infrastruktury. Podpora domácí výroby baterií a komponent pro elektromobily je rovněž součástí strategického rámce. [48]

2.4.5 Národní akční plán rozvoje jaderné energetiky v ČR

Národní akční plán rozvoje jaderné energetiky v České republice, schválený vládou v roce 2015, představuje klíčový strategický dokument, jehož cílem je zajistit dlouhodobou stabilitu a bezpečnost dodávek elektrické energie prostřednictvím využití jaderné energetiky. Dokument navazuje na Státní energetickou koncepci ČR a rozpracovává konkrétní kroky, které povedou k modernizaci a posílení jaderné infrastruktury, zejména prostřednictvím výstavby nových jaderných bloků v lokalitách Dukovany a Temelín. [49]

Hlavním cílem plánu je příprava a realizace nových jaderných zdrojů, které mají nahradit stárnoucí uhelné elektrárny a zároveň kompenzovat budoucí pokles výkonu stávajících jaderných bloků. Zvažuje se výstavba jednoho až dvou nových bloků v Dukovanech a až dvou dalších v Temelíně, s celkovým výkonem kolem 3 000 MW. Dokument rovněž doporučuje udržet možnost rozšíření dalších lokalit pro případné budoucí potřeby. Výstavba nových bloků má být zahájena co nejdříve, aby byl zajištěn jejich provoz nejpozději v horizontu let 2035–2040. [49]

Plán zohledňuje i ekonomické aspekty výstavby, kdy stát předpokládá zapojení různých modelů financování, včetně mechanismu Contract for Difference (CfD), státního vlastnictví nebo vytvoření účelové společnosti. Důležitým faktorem je také maximální možné zapojení českého průmyslu, který by měl dosáhnout podílu minimálně 60 % na celkovém objemu dodávek. To má zároveň pozitivní dopad na domácí zaměstnanost a technologický rozvoj. [49]

Dokument se zabývá rovněž otázkami jaderné bezpečnosti, dlouhodobého provozu stávajících bloků, nakládání s vyhořelým jaderným palivem a komunálního odpadu. Počítá

s rozvojem hlubinného úložiště pro vyhořelé palivo, jehož výběr lokality a příprava mají probíhat v souladu s mezinárodními doporučeními a za aktivní účasti veřejnosti. V tomto ohledu plán klade důraz na transparentní komunikaci a posilování důvěry obyvatel žijících v blízkosti jaderných zařízení. [49]

Významnou součástí strategie je i lidský kapitál. Plán identifikuje potřebu systematické podpory vzdělávání, výzkumu a vývoje v oblasti jaderné energetiky, aby bylo možné zajistit dostatek kvalifikovaných odborníků pro budoucí provoz a výstavbu zařízení. Zvláštní pozornost je věnována posílení výzkumné infrastruktury a rozvoji spolupráce mezi univerzitami, výzkumnými institucemi a průmyslem. [49]

2.4.6 Plán pro malé a střední reaktory v ČR

Podle dokumentu Ministerstva průmyslu a obchodu z roku 2023 je hlavním cílem využití SMR posílení bezpečnosti dodávek elektřiny a tepla v decentralizovaném energetickém systému, založeném na obnovitelných zdrojích, s možností produkce nízkouhlíkového vodíku. Technologie SMR může také nahradit dosluhující fosilní zdroje, zejména v teplárenství, které v České republice zajišťuje zásobování teplem pro velkou část populace. [50]

Plán definuje tři základní scénáře rozvoje SMR v ČR. První počítá s nákupem zahraniční technologie bez zapojení domácího průmyslu, druhý se zohledněním výroby části zařízení v Česku a třetí se soustředí na vývoj a nasazení českého vlastního designu. [50]

Tabulka 8 Scénáře rozvoje SMR v ČR

Scénář	S1	S2	S3
Stav vývoje dostupných projektů	Pokročilý	Pokročilý	Počátek
Zapojení průmyslu ČR	Nízké	Střední/vysoké	Střední/vysoké
Pozitivní dopad na zaměstnanost	Nízký	Střední/vysoké	Střední/vysoké
Pozitivní dopad na HDP	Nízký	Vysoký	Vysoký
Dopad na podporu VaIVal v ČR	Ne	Ne	Ano
Náročnost realizace v ČR	Nízká	Střední	Vysoká
Existující poptávka	Ano	Ano	n/a

S1 - Scénář 1 (Koupě zahraničního SMR bez zapojení českého průmyslu)

S2 - Scénář 2 (Výroba části nebo celku SMR v Česku)

S3 - Scénář 3 (Vývoj a nasazení českého designu)

Zdroj: [50]

Mezi konkrétní domácí projekty patří reaktorové koncepty CR-100, DAVID a TEPLATOR, které se zaměřují především na využití v teplárenství a menších průmyslových provozech. Dokument rovněž uvádí několik potenciálních lokalit, kde by bylo možné SMR instalovat – především v areálech současných elektráren, ale i v místech s vysokou spotřebou tepla nebo blízko průmyslových zón. [50]

Ekonomický model rozvoje SMR počítá s několika investorskými variantami, včetně soukromých subjektů, smíšených modelů se státní podporou, ale také čistě státní výstavby. Součástí plánu je i návrh možného zavedení tzv. CfD (Contract for Difference), tedy smlouvy o vyrovnání rozdílu v ceně, která by investorům zajistila stabilní návratnost i při kolísající tržní ceně elektřiny. [50]

2.4.7 Národní akční plán pro chytré sítě

Národní akční plán pro chytré sítě (NAP SG) na období 2025–2030 je strategický dokument Ministerstva průmyslu a obchodu, jehož cílem je připravit a modernizovat českou elektrizační soustavu tak, aby zvládla rostoucí nároky na decentralizaci, elektromobilitu, obnovitelné zdroje energie a digitalizaci. Chytré sítě jsou klíčové pro to, aby elektrická soustava zvládla efektivně propojit výrobce, spotřebitele i tzv. prosumery (uživatelé, kteří energii vyrábějí i spotřebovávají). Plán reaguje na změny v energetice a nastavuje konkrétní projekty a opatření, které mají zajistit flexibilitu, spolehlivost, bezpečnost a digitalizaci sítí. [51]

Hlavními strategickými cíli NAP SG jsou: 1) umožnit větší rozšíření decentrální výroby, akumulace a elektromobility, 2) zvýšit spolehlivost a bezpečnost dodávek elektřiny a 3) zlepšit dostupnost informací pro zákazníky. K tomu plánuje zavést chytré měření, podpořit flexibilní řízení spotřeby a rozvíjet infrastrukturu včetně kybernetické bezpečnosti. Zároveň dokument řeší i legislativní rámec, interoperabilitu dat, podporu energetických společenství a zapojení koncových uživatelů do trhu. Financování projektů má probíhat prostřednictvím regulovaných nákladů distributorů a dostupných dotací. [51]

Tabulka 9 Plánovaný instalovaný výkon fotovoltaických a větrných elektráren

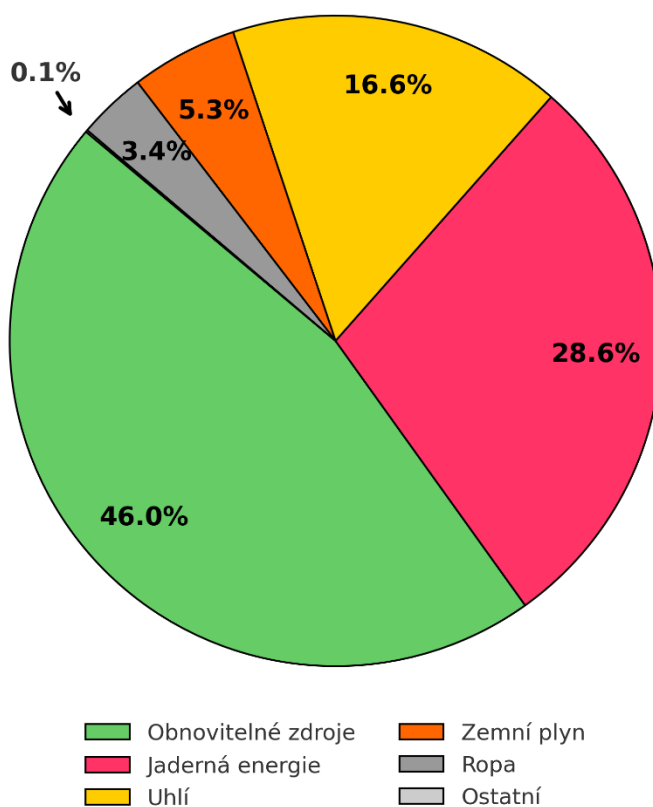
Druh elektráren	2022	2030	2050
Fotovoltaické	2 GW	10,1 GW	26,1 GW
Větrné	0,3 GW	1,5 GW	5,5 GW

Zdroj: [51]

3 STAV ENERGETICKÉHO MIXU EU A JEHO VÝHLEDY

Graf 8 znázorňuje podíl jednotlivých zdrojů energie v Evropské unii v roce 2023. Největší část tvoří obnovitelné zdroje s podílem 46 %, což ukazuje na silný důraz EU na udržitelnou energetiku. Druhým největším zdrojem je jaderná energie (28,6 %), následovaná zemním plynem (16,6 %). Uhlí se na výrobě energie podílelo 5,3 %, ropa 3,4 % a ostatní zdroje jen zanedbatelných 0,1 %. Graf tak odráží snahu o snižování emisně náročných zdrojů a přechod k čistší energii.

Podíl zdrojů energie EU (2023)



Graf 8 Podíl zdrojů energie v EU v roce 2023

Zdroj: [52]

3.1 Výhledy EU

Evropská unie v posledních letech razantně přehodnocuje svůj přístup k energetické politice, a to nejen kvůli klimatické krizi, ale i kvůli geopolitickému vývoji a potřebě posílit vlastní energetickou soběstačnost. Tato kapitola se zaměřuje na hlavní strategické iniciativy a dokumenty, které formují směřování evropské energetiky.

3.1.1 Green Deal

Zelená dohoda pro Evropu (European Green Deal) je strategický dokument Evropské komise, který představuje plán na dosažení klimatické neutrality Evropské unie do roku 2050. Představen byl v prosinci 2019 a jeho cílem je transformovat Evropskou unii v moderní, efektivně využívající zdroje a konkurenceschopnou ekonomiku, která nebude produkovat žádné nové emise skleníkových plynů, protože co vypustí, tak to zároveň pohltí nebo vykompenzuje. [53]

Jedním z hlavních mezikroků k dosažení klimatické neutrality je závazek snížit emise skleníkových plynů o alespoň 55 % do roku 2030 ve srovnání s úrovněmi z roku 1990. Tento cíl je zakotven v klimatickém právním rámci EU a je podporován legislativním balíčkem „Fit for 55“, který zahrnuje například návrhy týkající se systému obchodování s emisemi, využívání obnovitelných zdrojů energie, energetické účinnosti nebo emisních standardů pro vozidla. [53]

Jednou z klíčových oblastí Green Dealu je transformace energetiky. Tato transformace si klade za cíl dekarbonizaci energetického systému prostřednictvím většího využívání obnovitelných zdrojů, zvyšování energetické účinnosti a investic do chytré infrastruktury. Energetický sektor je totiž odpovědný za více než 75 % emisí skleníkových plynů v EU. Green Deal také zdůrazňuje potřebu přechodu na oběhové hospodářství, které minimalizuje odpad a maximalizuje znovuvyužití materiálů. To zahrnuje například podporu produktového designu umožňujícího opětovné použití a recyklaci, revizi legislativy týkající se odpadů nebo omezení jednorázových plastů. [53]

Dalším důležitým pilířem je udržitelná mobilita. Doprava je v současnosti jedním z mála odvětví, kde emise stále rostou. EU si proto klade za cíl, aby všechny nové automobily prodávané od roku 2035 byly bezemisní. Podpora veřejné dopravy, elektromobility a rozvoj udržitelných dopravních infrastruktur tvoří základ této transformace. [53]

Zemědělství a potravinová produkce také hrají v Zelené dohodě klíčovou roli. Strategie „Od zemědělce ke spotřebiteli“ (Farm to Fork) si klade za cíl vytvořit spravedlivější, zdravější a ekologičtější potravinový systém. Mezi konkrétní cíle patří například snížení používání pesticidů o 50 %, snížení nadměrného používání hnojiv o 20 % a dosažení 25% podílu ekologického zemědělství do roku 2030. [53]

Financování Zelené dohody bude zajištěno prostřednictvím Investičního plánu pro udržitelnou Evropu, který má vygenerovat alespoň 1 bilion eur v investicích během příštího

desetiletí. Součástí je i tzv. Mechanismus spravedlivé transformace, jehož cílem je pomoci regionům a komunitám nejvíce zasaženým přechodem na zelenou ekonomiku, například těm závislým na fosilních palivech nebo energeticky náročném průmyslu. [53]

3.1.2 Fit For 55

Balíček Fit for 55 je legislativní plán Evropské unie, jehož cílem je snížit emise skleníkových plynů o alespoň 55 % do roku 2030 ve srovnání s rokem 1990. Tento krok je zásadní pro naplnění cíle klimatické neutrality do roku 2050. Balíček obsahuje celou řadu opatření, která mají ovlivnit energetiku, dopravu, průmysl i obchod. [54]

Jedním z hlavních opatření je revize směrnice o obnovitelných zdrojích energie, kdy cílem je, aby obnovitelné zdroje tvořily alespoň 40 % spotřeby energie v EU do roku 2030. Součástí balíčku je i zvýšení energetické účinnosti, tedy snižování celkové spotřeby energie a modernizace budov, které jsou jedním z hlavních spotřebitelů. [54]

Dále se zavádí tzv. uhlíkové clo (Carbon Border Adjustment Mechanism), které má zabránit úniku uhlíku (tedy přesunu výroby do zemí, které nemají přísná klimatická pravidla). Tento mechanismus bude zatěžovat vybrané dovážené produkty emisní daní, pokud nejsou vyráběny za srovnatelných podmínek jako v EU. [54]

Fit for 55 také předpokládá, že do roku 2035 skončí prodej nových aut a dodávek se spalovacím motorem. Půjde tedy o úplný přechod na bezemisní vozidla, především elektromobily. S tím souvisí i rozvoj infrastruktury a nabíjecích stanic. [54]

Klíčovou součástí je reforma systému obchodování s emisními povolenkami (EU ETS). Tento systém bude rozšířen na další odvětví, například námořní dopravu, a zároveň se bude postupně omezovat množství bezplatných povolenek. Cílem je zvýšit motivaci firem k investicím do čistých technologií. [54]

3.1.3 REPowerEU

REPowerEU je plán Evropské unie představený v roce 2022 jako reakce na ruskou invazi na Ukrajinu a následné narušení dodávek energie. Jeho hlavním cílem je ukončit závislost EU na ruských fosilních palivech a posílit energetickou bezpečnost Evropy. Plán zároveň urychluje přechod na čisté, udržitelné zdroje energie. [55]

REPowerEU stojí na třech hlavních pilířích. Prvním je úspora energie, tedy zvyšování energetické účinnosti napříč sektory a snižování celkové spotřeby. Druhým pilířem je

diverzifikace dodávek energie a hledání spolehlivějších partnerů mimo Rusko a posilování infrastruktury, která umožní dovoz plynu, ropy i elektřiny z různých zdrojů. Třetím klíčovým bodem je zrychlení přechodu na obnovitelné zdroje, jako jsou solární a větrné elektrárny, a podpora technologií jako je vodík. [55]

Na financování REPowerEU se podílí Nástroj pro oživení a odolnost, přičemž členské státy mohou začlenit nové energetické investice a reformy přímo do svých národních plánů obnovy. To umožňuje rychlé čerpání finančních prostředků na konkrétní projekty v oblasti energetiky. [55]

3.1.4 Strategie EU pro vodík

Vodíková strategie EU je klíčovým prvkem Zelené dohody pro Evropu. Cílem je využít vodík jako čistý energetický nosič k dosažení klimatické neutrality do roku 2050. Vodík má potenciál dekarbonizovat sektory, které je jinak obtížné zbavit emisí, jako například těžký průmysl, dopravu nebo skladování energie. [56]

V současnosti se vodík vyrábí převážně z fosilních paliv, což produkuje značné množství CO₂. EU proto klade důraz na čistý vodík, zejména ten vyrobený elektrolyzou s využitím obnovitelných zdrojů. Cílem je do roku 2030 instalovat elektrolyzéry o výkonu alespoň 40 GW a vyrábět až 10 milionů tun vodíku z obnovitelných zdrojů. [56]

Vodíková strategie EU je rozdělena do tří fází. V první fázi (2020–2024) se má rozběhnout výroba vodíku z obnovitelných zdrojů – cílem je instalovat elektrolyzéry o výkonu 6 GW a vyrobit až 1 milion tun zeleného vodíku. Ten bude využit především v průmyslu a dopravě. [56]

Podle zprávy Evropského účetního dvora z července 2024 je současná kapacita elektrolyzérů v EU přibližně 1 GW, což je jen zlomek plánovaného cíle. Produkce obnovitelného vodíku v roce 2023 dosáhla pouze 0,11 milionu tun, tedy asi 11 % plánovaného objemu. [77]

Ve druhé fázi (2025–2030) má být vodík plně začleněn do energetického systému. Plánuje se instalace 40 GW elektrolyzérů a výroba až 10 milionů tun vodíku ročně. Vodík se začne masově využívat v těžkém průmyslu, dopravě i pro vyrovnávání elektrické sítě. [56]

Navzdory investicím ve výši 18,8 miliardy eur do vodíkových projektů se většina plánovaných kapacit nachází v raných fázích vývoje. Do roku 2030 se očekává, že projekty přidají méně než 5 GW výrobní kapacity, což je stále daleko od cíle 40 GW stanoveného pro druhou fázi strategie. [78]

Třetí fáze (2030–2050) počítá s masovým rozšířením vodíku do všech sektorů, včetně letectví, lodní dopravy a vytápění budov. Vodík se stane běžnou a klíčovou součástí evropské energetiky. [56]

Součástí strategie je i vytvoření Evropské aliance pro čistý vodík, která má propojit průmysl, veřejný sektor a výzkum s cílem urychlit vývoj a investice. Důraz se klade na využití evropského know-how, posílení konkurenceschopnosti a vytváření nových pracovních míst. [56]

3.1.5 Směrnice o bezpečnosti dodávek plynu (EU 2017/1938)

Evropská unie přijala v říjnu 2017 nařízení EU 2017/1938, jehož cílem je posílit bezpečnost dodávek zemního plynu a snížit rizika spojená s jejich přerušáním. Nařízení stanovuje pravidla, která mají zajistit stabilní a nepřetržité dodávky plynu do všech členských států, a to i v případě krizových situací. [57]

Jedním z klíčových opatření je povinnost členských států s podzemními zásobníky plynu naplnit je před zimou alespoň na 80 % kapacity, přičemž do dalších let se počítá s cílem dosáhnout 90 %. Státy, které nemají vlastní skladovací kapacity, musí zajistit skladování odpovídající 15 % jejich roční spotřeby v jiných členských státech. Výjimky z těchto pravidel mají státy jako Irsko, Kypr a Malta, pokud nejsou napojeny na plynárenské sítě ostatních zemí. [57]

Nařízení rovněž podporuje regionální spolupráci mezi členskými státy formou tzv. rizikových skupin. Tyto skupiny sdružují státy se společnými hrozbami v oblasti dodávek plynu a mají za úkol společně identifikovat rizika a navrhnout opatření k jejich řešení. V případě vážného nedostatku plynu je zaveden mechanismus solidarity. Ten umožňuje, aby si členské státy v nouzi navzájem vypomáhaly dodávkami plynu, zejména k zajištění potřeb nejzranitelnějších zákazníků, jako jsou domácnosti nebo zařízení sociálních služeb. [57]

Součástí aktualizace nařízení je i důraz na kybernetickou bezpečnost. Členské státy musí do svých plánů zahrnout opatření na ochranu plynárenské infrastruktury před kybernetickými hrozbami, čímž se zvyšuje celková odolnost systému. [57]

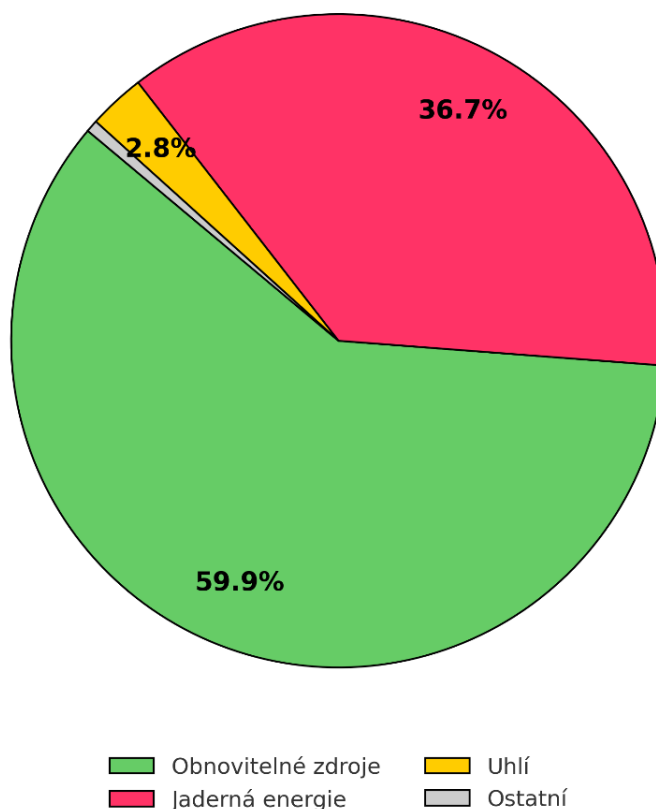
4 POROVNÁNÍ ENERGETICKÉ POLITIKY ČR A VYBRANÝCH STÁTŮ EU

Kapitola se věnuje porovnání energetické politiky České republiky a třech vybraných států Evropské unie. Cílem je ukázat rozdíly ve využívání zdrojů, přístupu k obnovitelným energiím a strategii zajištění energetické bezpečnosti. Toto srovnání poskytne kontext pro posouzení postavení ČR v rámci evropské energetické transformace.

4.1 Finsko

Jak můžeme vidět níže, Graf 9 znázorňuje podíl jednotlivých zdrojů energie ve Finsku v roce 2023. Největší část tvoří obnovitelné zdroje s podílem 59,9 %, následované jadernou energií (36,7 %). Uhlí představuje jen 2,8 %, zatímco ostatní zdroje mají zanedbatelný podíl. Finsko tak výrazně spoléhá na čisté a nízkoemisní zdroje energie.

Podíl zdrojů energie ve Finsku (2023)



Graf 9 Podíl zdrojů energie ve Finsku v roce 2023

Zdroj: [52]

4.1.1 Energetická politika a výhledy Finska

Energetická politika Finska je úzce provázána s klimatickou strategií státu. Zákon o změně klimatu (Climate Change Act) aktualizovaný v roce 2022 stanovil, že Finsko dosáhne uhlíkové neutrality do roku 2035. Tento zákon určuje přísné cíle snížení emisí, a to o 60 % do roku 2030, 80 % do 2040 a 90–95 % do roku 2050 ve srovnání s rokem 1990. Finsko tak patří k nejambicióznějším zemím světa v klimatických závazcích. [58]

Na základě zákona o změně klimatu vláda vypracovala Národní klimaticko-energetickou strategii s výhledem uhlíkové neutrality 2035, která popisuje konkrétní opatření k dosažení těchto cílů. Klíčovým prvkem současné politiky je zachování vysokého podílu jaderné energie a masivní rozvoj obnovitelných zdrojů. Díky kombinaci jaderných elektráren a domácích obnovitelných zdrojů (včetně rozsáhlého využití biomasy, vodní a větrné energie) má Finsko jednu z nejnižších měr využití fosilních paliv mezi zeměmi IEA (Mezinárodní agentura pro energii). [58]

V roce 2023 bylo uvedeno do plného provozu nový jaderný reaktor Olkiluoto 3, první nově postavený reaktor v Evropě po více než 15 letech, což dále posílilo bezemisní výrobu elektřiny. Současná finská politika (napříč různými vládami) podporuje inovace pro dosažení uhlíkové neutrality, včetně rozvoje vodíkových technologií a sektorové integrace (elektrifikace dopravy, průmyslu a vytápění). [58] Oficiální dokumenty zmiňují také podporu malých modulárních reaktorů (SMR), zejména pro účely centrálního vytápění. [59]

Do budoucna Finsko plánuje pokračovat v transformaci směrem k čisté energetice a posílení vlastní soběstačnosti. Národní energeticko-klimatická strategie předpokládá, že Finsko toho dosáhne kombinací opatření, jako například udržením vysokého výkonu jaderných elektráren, dramatickým zvýšením výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů (zejména větrných farem na pevnině i plánovaných offshore na moři), zlepšováním energetické účinnosti a rozsáhlou elektrifikací dopravy i vytápění. [58]

Vláda rovněž podporuje vývoj a zavádění průlomových technologií, jako jsou syntetická paliva, akumulace energie či využití zeleného vodíku, aby umožnila dekarbonizaci průmyslu a dálkové dopravy. Aktuální vládní program (2023) navíc počítá s možným rozšířením jaderné energetiky, protože vláda avizovala připravenost schvalovat nové jaderné projekty splňující přísná bezpečnostní kritéria. [59]

Důležitým prvkem do budoucna je i pokračující řešení pro uložení jaderného odpadu. Ve finském Onkalo by mělo od roku 2025 fungovat první hlubinné úložiště vyhořelého paliva na světě, což by posílilo dlouhodobou udržitelnost jaderné energetiky. [58]

Finsko také nemá téměř žádné vlastní fosilní suroviny, a historicky proto bylo závislé na dovozu uhlí, ropy i zemního plynu. [58]

Posilování energetické bezpečnosti je tudíž pro finskou politiku klíčové a úzce souvisí s dekarbonizací. Díky vysokému podílu jaderné a obnovitelné elektřiny se Finsku daří minimalizovat dovoz paliv v elektroenergetice. Ve vytápění a průmyslu však donedávna spoléhali například na zemní plyn z Ruska. Po roce 2022 však došlo k zásadní změně, protože Rusko v květnu 2022 zastavilo dodávky plynu do Finska a země urychleně nahradila ruský plyn dovozem LNG ze světového trhu, zejména z USA. [60]

Již v roce 2023 byl ve Finsku (v přístavu Inkoo) zprovozněn nový plovoucí LNG terminál, který společně s Estonskem umožnil plně pokrýt domácí spotřebu plynu bez ruských dodávek. Finská vláda navíc legislativně usiluje o úplný zákaz dovozu ruského LNG až do roku 2035 jakožto bezpečnostní opatření. [61]

4.1.2 Vztah ke klimatickým cílům EU a Green Dealu

Finsko patří mezi země, které aktivně podporují klimatickou politiku Evropské unie. V rámci EU souhlasilo s cílem snížit emise do roku 2030 o 55 % oproti 1990 a dosáhnout klimatické neutrality do 2050, avšak finské vlastní závazky jdou ještě dál, protože uhlíkovou neutralitu plánuje již k roku 2035. Finská národní legislativa plně odpovídá unijním cílům a v některých ohledech je dokonce přísnější. Emisní cíle v Klimatickém zákoně byly nastaveny tak, aby překračovaly minimální požadavky EU. [62]

Helsinky plně podporují Green Deal a podílejí se na jeho naplňování. Finská vláda také zdůrazňuje význam spolupráce v rámci EU při snižování emisí i zajišťování energetické bezpečnosti (například koordinací zásobování plynem nebo společnými nákupy paliv). Finsko již důsledně implementuje evropské směrnice v oblasti obnovitelných zdrojů a energetické účinnosti a aktivně využívá fondy EU na podporu inovací a čisté energie. Zároveň vnáší do evropské debaty své specifické priority, jako je udržitelné využívání lesní biomasy, které je důležité pro finské hospodářství, nebo podpora jaderné energetiky. [62]

Celkově však Finsko považuje cíle klimaticky neutrální Evropy za nezbytné a svou národní politikou dokládá, že je možné těchto cílů dosáhnout i rychleji, čímž se stává do jisté míry vzorovým příkladem pro ostatní země EU. [62]

4.1.3 Porovnání energetické politiky ČR a Finska

Energetické politiky České republiky a Finska se v mnoha ohledech zásadně liší, a to především z hlediska klimatických ambicí, struktury energetického mixu a přístupu k fosilním palivům.

Česká republika dlouhodobě sází na fosilní paliva a jadernou energii, přičemž podíl uhlí na výrobě elektřiny v roce 2023 činil stále přes 42 %, a jaderná energie představovala 40 %. Obnovitelné zdroje tvořily pouze kolem 10 %, což je ve srovnání s evropským průměrem i s Finskem výrazně méně. Česká energetická politika tak čelí tlaku na rychlejší dekarbonizaci, avšak tempo změn zůstává spíše konzervativní. Například výstavba nových obnovitelných zdrojů postupuje pomalu, částečně i kvůli legislativním překážkám a nedostatečné podpoře.

Oproti tomu Finsko patří k nejambicióznějším zemím EU, pokud jde o klimatické cíle. Zákon o změně klimatu z roku 2022 stanovuje dosažení uhlíkové neutrality již do roku 2035 a snížení emisí o 60 % do roku 2030 oproti roku 1990. Energetický mix Finska je založen na kombinaci obnovitelných zdrojů (59,9 %) a jaderné energie (36,7 %), přičemž fosilní paliva zde tvoří zanedbatelný podíl (uhlí 2,8 % a ostatní ještě méně).

Z hlediska energetické bezpečnosti stojí obě země před odlišnými výzvami. Finsko, které nemá vlastní zásoby fosilních paliv, bylo historicky závislé na dovozu, zejména z Ruska. Po invazi na Ukrajinu v roce 2022 však země rychle diverzifikovala dodavatele a vybudovala LNG terminál, čímž téměř okamžitě nahradila ruský plyn. Současně se legislativně připravuje na úplný zákaz dovozu ruského LNG do roku 2035.

Česká republika také závisí na importu zemního plynu, přičemž většina spotřeby je pokryta tranzitním dovozem z Německa a Slovenska, kteří sami diverzifikují své dodavatele. ČR však spoléhá na výstavbu nových jaderných bloků a malých modulárních reaktorů (SMR) jako hlavní cestu k posílení energetické bezpečnosti a dosažení klimatických cílů.

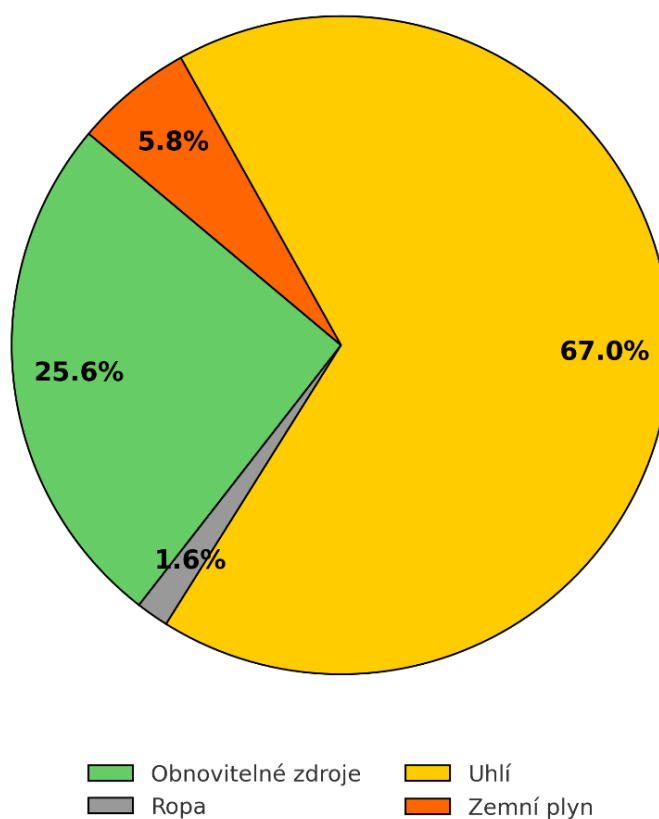
V závěru lze říci, že zatímco Finsko již nyní funguje jako modelová země v oblasti nízkoemisní energetiky, Česká republika se nachází spíše ve fázi přechodu, kdy hledá rovnováhu mezi ekonomickou udržitelností, bezpečností dodávek a tlakem na snižování emisí.

Finský příklad ukazuje, že i bez vlastních fosilních surovin je možné dosáhnout vysoké míry soběstačnosti a ekologické udržitelnosti prostřednictvím kombinace jaderné energie a obnovitelných zdrojů.

4.2 Polsko

Jak můžeme vidět níže, Graf 10 znázorňuje podíl jednotlivých zdrojů energie v Polsku v roce 2023. Z grafu je zřejmé, že uhlí stále dominuje polskému energetickému mixu s podílem 67 %, což potvrzuje silnou závislost země na fosilních palivech. Obnovitelné zdroje tvoří 25,6 %, což značí postupný, ale pomalý posun směrem k zelené energetice. Zemní plyn a ropa představují pouze menší části, 5,8 % a 1,6 %.

Podíl zdrojů energie v Polsku (2023)



Graf 10 Podíl zdrojů energie v Polsku v roce 2023

Zdroj: [52]

4.2.1 Energetická politika a výhledy Polska

Polsko historicky patří k zemím s energetikou založenou na fosilních palivech, zejména uhlí. Současná energetická politika se proto soustředí na postupnou transformaci a odstup od uhlí směrem k čistším zdrojům, avšak s ohledem na hospodářské a sociální dopady. [63]

Klíčovým dokumentem je Energetická politika Polska do roku 2040 (EPP2040), schválená vládou v roce 2021. Jde o první komplexní strategii po dvanácti letech a stanovuje hlavní směry transformace, včetně rozvoje offshore větrných elektráren v Baltském moři a výstavby první jaderné elektrárny s plánovaným spuštěním v roce 2033. EPP2040 klade důraz na tzv. spravedlivou transformaci uhelných regionů a udržitelný hospodářský růst. [63]

Do roku 2030 má podle této strategie podíl uhlí na výrobě elektřiny klesnout na maximálně 56 % a podíl obnovitelných zdrojů dosáhnout nejméně 32 %. Polská vláda tak oficiálně zahájila postupný útlum od uhlí, i když na rozdíl od jiných zemí EU dosud nestanovila pevné datum úplného ukončení jeho využití. Současně Polsko vsadilo na rozvoj jaderné energetiky. Vláda vybrala technologii od americké společnosti Westinghouse pro první jaderný blok a schválila financování tohoto projektu. [64]

Strategické výhledy Polska počítají s postupným přechodem k nízkouhlíkové energetice, avšak pozvolnějším tempem než v případě západoevropských zemí. Podle EPP2040 je cílem do roku 2040 vybudovat moderní energetický mix s výrazně menším zastoupením uhlí, větším podílem obnovitelných zdrojů a novým odvětvím jaderné energetiky. Současná vláda (ustavená po volbách 2023) avizovala záměr tuto strategii aktualizovat a zvýšit ambice v souladu s evropskými cíli. [64]

Návrh aktualizace Vnitrostátního energeticko-klimatického plánu (NECP), zveřejněný ke konzultaci v roce 2023 ukazuje ambiciózní plán, kdy by se do roku 2030 snížily emise skleníkových plynů o 50,4 % (oproti 1990), získávaly 56 % elektřiny z obnovitelných zdrojů a snížil se podíl uhlí v produkci elektřiny na 22 %. To naznačuje výrazné urychlení výstavby obnovitelných kapacit nad rámec původní EPP2040. Očekává se rozmach větrné energetiky, zejména offshore projektů v Baltském moři, a pokračování solárního boomu. Již v říjnu 2024 dosáhl kombinovaný instalovaný výkon fotovoltaiky a větrných turbín 32,1 GW (v roce 2014 to bylo jen kolem 3 GW). [64]

V jaderné oblasti plánuje Polsko postavit v horizontu dvou dekád až šest reaktorů o celkovém výkonu kolem 6–9 GW. Pokud první elektrárna vstoupí do provozu ve druhé polovině 30. let, pomůže nahradit část uhelných zdrojů a stabilizovat soustavu. Polsko též

investuje do plynové infrastruktury jako přechodového řešení, kdy v příštích letech mají být dokončeny nové plynové elektrárny, které nahradí uhelné bloky a v budoucnu mohou být konvertovány na vodík či biometan. Probíhá rovněž příprava legislativy pro rozvoj vodíkového hospodářství (návrh Vodíkového zákona v roce 2024) s cílem podpořit využití vodíku v průmyslu a energetice. [64]

Energetická bezpečnost je pro Polsko dlouhodobě politickou prioritou, zejména s ohledem na historickou závislost na dovozu surovin z Ruska. Klíčovým milníkem bylo vybudování plynovodu Baltic Pipe z Norska přes Dánsko, který začal dodávat plyn do Polska v říjnu 2022 s kapacitou 10 miliard m³ ročně (v roce 2023 spotřeba Polska byla 19,6 miliard m³). Spolu s rozšířením terminálu na LNG ve Svinoústi a plánovaným novým plovoucím terminálem u Gdaňsku tvoří Baltic Pipe základ plánu, jak zcela nahradit ruský plyn a učinit zemi energeticky nezávislou v oblasti plynu. [65]

4.2.2 Vztah ke klimatickým cílům EU a Green Dealu

Polsko podporuje obecné cíle klimatické politiky EU, avšak často prosazuje postupný a realistický přístup s ohledem na svou situaci. Při schvalování závazku klimatické neutrality EU do roku 2050 si Varšava vyjednala určitá přechodná opatření a dodatečné financování transformace. [66]

V rámci evropského cíle snížit emise o 55 % do roku 2030 Polsko stanovilo, že na národní úrovni sníží emise o 30 % oproti 1990 (podle EPP2040). [63]

Polsko také má opatrnější postoj k některým opatřením Green Dealu, kdy například v debatě o rychlosti odklonu od uhlí či zavádění elektromobility často upozorňuje na sociálně-ekonomické dopady a požaduje kompenzace z unijních fondů. Zároveň ale v praxi realizuje řadu prvků Green Dealu, kdy například masivně investuje do obnovitelných zdrojů, buduje čistou mobilitu ve městech a zlepšuje energetickou účinnost budov (např. vládní program Čisté ovzduší na podporu výměny kotlů a zateplení). [64]

4.2.3 Porovnání energetické politiky ČR a Polska

Česká republika a Polsko sdílí společnou historii silné závislosti na uhelné energetice, přesto se jejich současné přístupy k energetické politice a přechodu k nízkoemisní ekonomice začínají postupně rozcházet.

V roce 2023 tvořilo uhlí v energetickém mixu České republiky 41 %, zatímco v Polsku dokonce 67 %, což z něj činí jednoho z nejvíce závislých na uhlí v EU. Obě země se tak

nachází pod tlakem evropských emisních cílů a reformy systému EU ETS, která silně dopadá na ceny energie z uhlí. Rozdíl však spočívá v tempu a nástrojích transformace.

Polsko, i přes vysoký podíl uhlí, přijalo ambiciózní plán energetické transformace známý jako Polska strategia energetyczna 2040 (PSE2040), který zahrnuje postupné snižování závislosti na uhlí, rozvoj offshore větrných elektráren, fotovoltaiky a výstavbu jaderné elektrárny do konce dekády. Polská vláda si stanovila cíl do roku 2040 snížit podíl uhlí na výrobě elektřiny pod 28 % a výrazně rozšířit kapacity OZE.

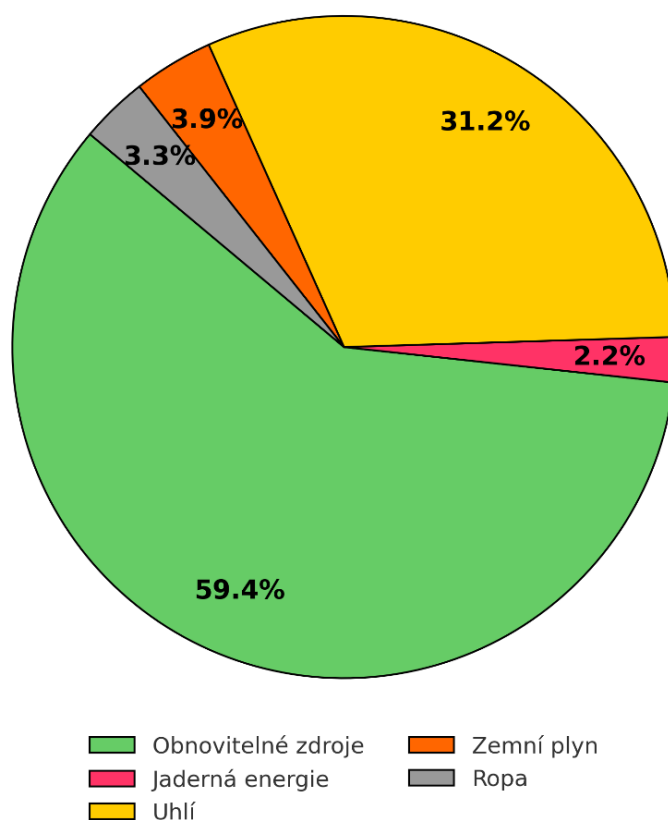
Česká republika naopak zůstává konzervativnější. Její hlavní strategií je rozvoj jaderné energetiky, konkrétně výstavba nových reaktorů v Dukovanech a budoucí nasazení SMR (Small Modular Reactors). Plány na rozvoj OZE sice existují, ale jejich praktická realizace je zatížena legislativními bariérami a pomalým povolovacím řízením, což zemi brzdí v tempu transformace.

V oblasti energetické bezpečnosti čelí obě země výzvám souvisejícím se závislostí na dovozu zemního plynu. Zatímco ČR diverzifikuje především přes Německo a LNG terminály v Nizozemsku, Polsko vybudovalo vlastní LNG terminál ve Świnoujście a plynovod Baltic Pipe, kterým proudí plyn z Norska, čímž si výrazně posílilo svou energetickou suverenitu.

Rozdílný je také přístup ke komunitní energetice. V Polsku se rozvíjí decentralizované systémy, především domácí fotovoltaika, která je masivně podporována vládními programy. V České republice je podpora komunitní energetiky stále v počátcích a trpí nedostatkem legislativního rámce.

4.3 Německo

Jak ukazuje Graf 11, energetický mix Německa v roce 2023 je výrazně orientován na obnovitelné zdroje, které tvoří 59,4 % veškeré spotřeby energie. Tím Německo potvrzuje svůj dlouhodobý směr směrem k dekarbonizaci. Uhlí se stále podílí 31,2 %, což je dáno zejména jeho využíváním jako záložního zdroje během přechodného období. Jaderná energie tvoří jen 2,2 %, což odráží německý odklon od jádra, a zemní plyn a ropa dohromady tvoří méně než 7,2 %.

Podíl zdrojů energie v Německu (2023)

Graf 11 Podíl zdrojů energie v Německu v roce 2023

Zdroj: [52]

4.3.1 Energetická politika a výhledy Německa

Německo dlouhodobě prosazuje energetickou transformaci (Energiewende), jejímž cílem je přechod od fosilních paliv a jaderné energetiky k obnovitelným zdrojům energie. V roce 2023 země dokončila plánované odstavení jaderných elektráren, čímž završila několikaletý proces ukončování výroby elektřiny z jádra. Současná vládní koalice (sociální demokraté, Zelení a liberálové) klade velký důraz na ochranu klimatu a v letech 2022–2023 urychlila legislativní opatření na podporu obnovitelných zdrojů. [67]

Novela EEG 2023 představuje největší změnu energetické legislativy za několik desetiletí a stanovuje, že do roku 2030 pokryjí obnovitelné zdroje nejméně 80 % hrubé spotřeby elektřiny. Tato sada zákonů zahrnuje široký balík opatření k odstranění překážek rozvoje čisté energetiky, jako například zrychlení povolovacích procesů, rozšíření přenosové sítě a masivní navýšení aukcí pro větrné a solární elektrárny. Obnovitelná energie byla navíc

zákonem prohlášena za věc převažujícího veřejného zájmu, aby se urychlila výstavba těchto zdrojů v reakci na energetickou krizi a klimatické výzvy. [68]

Německo též přijalo zákon o ochraně klimatu (Klimaschutzgesetz), který ukládá závazné cíle snižování emisí skleníkových plynů pro jednotlivá odvětví. Původně se Německo zavázalo snížit do roku 2030 emise o 55 % oproti roku 1990, avšak po novelizaci zákona byl cíl zpřísněn na 65 % a nově je stanoven i cíl dosáhnout klimatické neutrality do roku 2045. [69]

Německá vláda plánuje v nadcházejících letech dále posilovat bezuhlíkovou energetiku a související infrastrukturu. Koaliční program z konce roku 2021 stanovil cíl urychlit ukončení výroby elektřiny z uhlí ideálně již do roku 2030 (oproti zákonem stanovenému roku 2038). S tím souvisí masivní investice do obnovitelných zdrojů a modernizace sítí, kdy do roku 2030 má být instalováno například 200 GW solární kapacity a 30 GW větrných elektráren na moři. Jaderná energie naproti tomu v německé strategii do budoucna nefiguruje, neboť její využití bylo ukončeno a vláda vylučuje návrat k jádru. [67]

Místo toho Německo sází na kombinaci obnovitelných zdrojů a podpůrných technologií, protože plánuje rozsáhlý rozvoj kapacit pro akumulaci energie a využití zeleného vodíku. V roce 2023 byla aktualizována Národní vodíková strategie, která zdvojnásobila cíl instalovaného výkonu elektrolyzérů na 10 GW do roku 2030 a počítá s urychlenou výstavbou vodíkové infrastruktury. [70]

Strategické dokumenty, jako je Klimatický plán 2030 a připravovaná aktualizace integrovaného Národního energeticko-klimatického plánu (NECP), směřují k tomu, aby země splnila cíle Pařížské dohody (omezit globální oteplení na 1,5 °C). [68]

Německo bylo tradičně silně závislé na dovozu zemního plynu z Ruska, proto vláda podnikla různé kroky k diverzifikaci dodávek po začátku války na Ukrajině v únoru 2022. V rekordně krátkém čase byly zprovozněny první terminály na zkapalněný zemní plyn (LNG), kdy první plovoucí terminál byl uveden do provozu již v prosinci 2022. Rozsáhlá státní podpora výstavby LNG infrastruktury má zajistit, že Německo a Evropa budou mít dostatečnou rezervní kapacitu pro import plynu a nebudou závislí na jednom dodavateli. [71]

Bylo nutné také dočasně zvýšit výrobu elektřiny z uhlí a zajistit vysoké naplnění zásobníků plynu před zimou. Z dlouhodobého hlediska ovšem německá strategie spojuje bezpečnost dodávek s přechodem na domácí obnovitelné zdroje. Rozvoj větrné a solární energie a s

tím související snížení spotřeby fosilních paliv má učinit energetické dodávky více nezávislými na dovozu. [68]

4.3.2 Vztah ke klimatickým cílům EU a Green Dealu

Německo patří k lídrům v prosazování ambiciózních klimatických iniciativ Evropské unie a plně se hlásí k cílům Green Dealu. V rámci balíčku Fit for 55 EU souhlasilo se snížením emisí skleníkových plynů o 55 % do roku 2030, nicméně Německo si stanovilo ještě ambicióznější vnitrostátní cíl 65 %. Německý klimatický zákon i další strategie jsou navázány na společné evropské cíle, avšak zároveň jdou často nad rámec minimálních požadavků. Například cíl EU dosáhnout klimatické neutrality do roku 2050 chce Německo splnit už o pět let dříve. [69]

Berlín rovněž významně přispěl k prosazení přísnějších unijních cílů pro podíl obnovitelných zdrojů a energetickou účinnost na rok 2030. Německá vláda také zavádí postupné zpřísnování emisních limitů, reformu systému obchodování s emisními povolenkami, rozvoj obnovitelných zdrojů i mechanismy jako Fond pro spravedlivou transformaci na pomoc dotčeným regionům. V některých konkrétních otázkách vede Německo evropskou debatu, jako například při stanovení termínu konce automobilů se spalovacími motory nebo pravidel pro využití syntetických paliv. [69]

4.3.3 Porovnání energetické politiky ČR a Německa

Energetické politiky České republiky a Německa představují dva odlišné přístupy k transformaci energetického sektoru. Zatímco ČR sází na jadernou energii jako hlavní nízkoemisní pilíř, Německo ji po roce 2023 zcela opustilo a staví svou strategii na masivním rozvoji obnovitelných zdrojů energie (OZE).

V roce 2023 tvořily obnovitelné zdroje v Německu 59,4 % energetického mixu, což je výrazně více než v ČR, kde tvořily pouze 15,4 %. Naopak uhlí se v ČR podílelo 41 %, zatímco v Německu kleslo na 31,2 %. Oba státy tak stále částečně využívají uhlí, především jako stabilní zdroj v přechodném období, ale Německo plánuje jeho úplné vyřazení do roku 2038, přičemž některé spolkové země chtějí tento termín předběhnout už do roku 2030.

Rozhodující rozdíl představuje jaderná energetika. Česká republika považuje jádro za klíčový nástroj energetické bezpečnosti a dekarbonizace, přičemž jaderné elektrárny Dukovany a Temelín pokrývají přes 35 % spotřeby elektřiny. V roce 2023 navíc došlo k formálnímu schválení výstavby nových bloků a k přípravám na modulární reaktory (SMR).

Německo naopak po havárii ve Fukušimě přijalo politiku tzv. Energiewende, která zahrnovala plánovaný odklon od jádra. V roce 2023 došlo k definitivnímu uzavření posledních tří jaderných bloků (Isar 2, Emsland, Neckarwestheim 2), čímž byla tato kapitola německé energetiky symbolicky uzavřena. Tento krok byl v Evropě značně diskutován, protože v době energetické krize si Německo zároveň zachovalo relativně vysoký podíl uhlí a muselo dočasně obnovit provoz některých uhelných elektráren.

V oblasti obnovitelných zdrojů však Německo dominuje. Díky intenzivní podpoře větrné a solární energie, investicím do infrastruktury a dotačním programům pro domácnosti, podniky i obce se Německu podařilo vybudovat decentralizovaný systém výroby elektřiny, který je silně propojený chytrými sítěmi a flexibilními spotřebiči. Česká republika zatím zaostává v implementaci OZE, a to jak z hlediska výkonu, tak i podpůrné legislativy a veřejné infrastruktury.

Oba státy mají rozdílný postoj i k plynu. Česká republika diverzifikuje dodávky hlavně přes Německo, zatímco Německo po ukončení Nord Stream 1 a 2 masivně investovalo do LNG terminálů na pobřeží a usiluje o rychlý přechod k zelenému vodíku.

5 PROGNOZA

Prognózy uvedené v této kapitole vycházejí z principů scénářové futurologie. Jde o explorační prognózy, které prezentují různé možné směry vývoje energetické bezpečnosti České republiky a Evropské unie do roku 2040. Cílem není přesně předpovědět budoucnost, ale analyzovat, jak by se mohla situace vyvíjet za různých podmínek. Scénáře zohledňují technologické, politické i bezpečnostní faktory a slouží jako nástroj pro posouzení rizik, příležitostí a preferovaného vývoje. [72]

5.1 Pozitivní scénář ČR

Pozitivní scénář ČR vychází z předpokladu, že se podaří odstranit hlavní legislativní bariéry a zefektivnit povolovací procesy pro výstavbu elektráren z obnovitelných zdrojů energie (OZE). Klíčovou roli hraje úspěšná implementace Národního akčního plánu pro chytré sítě (NAP SG) a rychlý rozvoj malých modulárních reaktorů (SMR). Zároveň se předpokládá stabilní geopolitická situace a pokračující dostupnost evropských fondů, které budou využity na modernizaci energetické infrastruktury.

Do roku 2040 se Česká republika stává jedním z lídrů v oblasti decentralizované výroby a chytré distribuce elektrické energie. Díky investicím do fotovoltaických a větrných elektráren, které jsou koordinovány v rámci chytrých sítí, se podíl OZE v energetickém mixu zvyšuje na více než 40 %. Decentralizace také umožňuje výrazně snížit ztráty při přenosu energie a zvyšuje energetickou odolnost lokálních komunit.

Malé modulární reaktory (SMR) se stávají klíčovým prvkem zajištění základní výrobní kapacity. První jednotky jsou zprovozněny v první polovině 30. let, a to především v areálech bývalých uhelných elektráren. Díky prefabrikaci, jednodušší instalaci a pasivním bezpečnostním systémům přináší SMR stabilní, nízkoemisní výrobu elektřiny i tepla. Do roku 2040 je nasazeno více než 1,5 GW výkonu z SMR. Také se rozvíjí produkce zeleného vodíku, který slouží k dekarbonizaci těžkého průmyslu a v menším měřítku jako palivo pro vozidla.

Současně dochází k významnému pokroku v oblasti elektromobility a akumulace energie. Bateriová úložiště a flexibilní řízení spotřeby snižují zatížení sítě ve špičkách. Chytré měření a zapojení domácností do energetických trhů (prosumerská ekonomika) vedou k větší informovanosti a participaci obyvatel.

Energetická bezpečnost ČR se v tomto scénáři zásadně zvyšuje. Snížení závislosti na fosilních palivech a zahraničních dodávkách plynu, diverzifikace výroby a vyšší míra domácí produkce elektřiny vedou ke snížení rizika krizí vyvolaných geopolitickým vývojem. Decentralizovaná síť zajišťuje vyšší odolnost vůči výpadkům a kybernetickým útokům. SMR poskytují stabilní výrobu elektřiny i v období výkyvů z obnovitelných zdrojů.

Z hlediska bezpečnostní futurologie se jedná o scénář s vysokou preferovaností i věrohodností – má jak technický základ (dostupné technologie, ekonomické nástroje), tak systémovou podporu (NAP SG, EU fondy). Pro jeho naplnění je klíčové odstranění vnitropolitických překážek a pokračování v integraci technologických inovací do národní energetické politiky.

5.2 Pozitivní scénář EU

V pozitivním scénáři Evropská unie naplňuje své klíčové strategické dokumenty, primárně Zelenou dohodu pro Evropu (Green Deal), Fit for 55 a REPowerEU, a to v plném rozsahu a bez větších zpoždění. Díky stabilnímu legislativnímu rámci, koordinované implementaci a širokému zapojení členských států dochází k zásadní modernizaci energetiky ve všech regionech. Do roku 2040 se podíl obnovitelných zdrojů energie v EU blíží hranici 80 %, přičemž větrná a solární energie tvoří základ tohoto přechodu.

Základem úspěchu je efektivní naplnění balíčku Fit for 55, zejména ve formě masivních investic do energetické účinnosti a plného rozšíření emisního systému EU ETS. V roce 2035 končí prodej aut se spalovacími motory, což urychluje elektrifikaci dopravy a zvyšuje poptávku po čisté elektřině. Tato změna je podpořena pokročilou infrastrukturou nabíjecích stanic a rozvojem chytrých sítí, které zajišťují efektivní řízení spotřeby a vyvazování zátěže elektrizačních sítí.

Vodíková strategie EU se rovněž osvědčuje. Do roku 2030 je nainstalováno více než 40 GW elektrolyzátorů a výroba zeleného vodíku dosahuje 10 milionů tun ročně. Tento vodík slouží především pro dekarbonizaci těžkého průmyslu a dálkové dopravy, čili sektorů, které nelze jednoduše elektrifikovat. Vedle toho probíhá rozšiřování elektrických propojení mezi členskými státy, které zvyšuje spolehlivost celého evropského trhu s elektřinou.

REPowerEU naplňuje své cíle v oblasti diverzifikace dodavatelů a energetické soběstačnosti. Rychlý vývoj LNG infrastruktury, nové plynovody a posílení skladovacích kapacit minimalizují riziko výpadků nebo závislosti na geopoliticky nestabilních regionech.

Energetická bezpečnost EU je v tomto scénáři postavena na kombinaci decentralizace, digitalizace a diverzifikace. Odolnost infrastruktury se výrazně zvyšuje, kybernetická bezpečnost je standardizovaná na vysoké úrovni. Současně dochází k poklesu cen energie díky efektivitě trhu, čímž se eliminuje hrozba energetické chudoby ve slabších regionech.

Z futurologického hlediska jde o scénář s vysokou preferovaností i věrohodností, jelikož jeho naplnění spočívá spíše v důsledném naplňování již přijatých opatření než v radikálních změnách kurzů. Představuje ideální vývoj, který zajišťuje klimatickou stabilitu, ekonomickou konkurenceschopnost a vysokou míru bezpečnosti pro celou EU.

5.3 Realistický scénář ČR

V tomto scénáři se transformace české energetiky odehrává spíše pomalejší cestou. Nejde o stagnaci, ale ani o výrazný průlom. Reforma energetického sektoru probíhá, ale s překážkami, kompromisy a regionální nerovnováhou. Vláda sice deklaruje závazek k zelené transformaci, ale nedokáže odstranit klíčové bariéry, zejména legislativní složitost, pomalé povolovací procesy a nízkou motivaci soukromého sektoru investic.

Obnovitelné zdroje energie zaznamenávají růst, avšak jejich podíl na konečné spotřebě zůstává k roku 2040 pod hranicí 35 %. Největší posun přichází v oblasti fotovoltiky, zejména díky domácím instalacím, zatímco větrné a biomasové zdroje rostou jen mírně. Komunitní energetika se sice začíná prosazovat, ale chybí jí silnější legislativní opora a stabilní finanční podpora.

Výstavba nových jaderných bloků i nasazení SMR se zpožďují. První malý modulární reaktor je spuštěn až kolem roku 2037. Mezitím musí být energetická stabilita udržována prostřednictvím plánových přechodných plynových elektráren. Zemní plyn se tak stává klíčovým zdrojem pro transformační období, což však zvyšuje dovozní závislost a vystavuje stát geopolitickým rizikům, zvláště v době krizí či cenových výkyvů na světových trzích.

Implementace chytrých sítí pokračuje, ale ne všude stejným tempem. Některé distribuční společnosti zavedou pokročilé systémy řízení spotřeby a flexibility, zatímco jiné bojují s podinvestovanou infrastrukturou. Mezi jednotlivými regiony vznikají rozdíly v používaných technologiích, což může v budoucnu představovat problém pro stabilitu sítě jako celku.

Z pohledu bezpečnostního plánování se jedná o scénář, který si udržuje základní funkčnost a míru soběstačnosti, ale bez zásadního zlepšení v oblasti odolnosti a adaptivity.

Energetická bezpečnost je v tomto vývoji zajištěna, při běžném provozu funkční, ale zranitelná v krizových situacích, ať už v důsledku technických výpadků, nebo mezinárodního napětí.

Tento scénář lze klasifikovat jako věrohodný, ale méně preferovaný. Jeho síla spočívá v kontinuitě, nevýhodou je vysoká závislost na zahraničních dodávkách a technologická nevyrovnanost mezi regiony.

5.4 Realistický scénář EU

V tomto scénáři Evropská unie pokračuje v energetické transformaci, avšak tempem, které neodpovídá původním očekáváním. Zatímco některé členské státy (např. Německo, Dánsko či Nizozemsko) naplňují cíle Green Dealu relativně úspěšně, jiné státy, zejména ekonomicky slabší nebo strukturálně závislé na fosilních zdrojích zaostávají. Dochází k nerovnoměrné implementaci jednotlivých opatření a vznikají výrazné rozdíly v pokroku mezi jednotlivými státy v oblasti energetické transformace.

Podíl obnovitelných zdrojů energie na konečné spotřebě v EU roste, ale pomaleji, než určují ambice. Cíl dosáhnout 40 % OZE do roku 2030 se podaří jen některým státům, zatímco jiné bojují s pomalými schvalovacími procesy, nedostatkem infrastruktury či odporem veřejnosti vůči novým projektům. Výstavba větrných a solárních elektráren pokračuje, ale s častými zpožděními a úpravami plánů.

REPowerEU je naplňován jen částečně. Diverzifikace dodavatelů pokročila, ale skladovací kapacity a nové LNG terminály jsou budovány pomaleji, než vyžaduje geopolitická situace. Solidarita mezi státy funguje především formálně. V případě krizí s dodávkami plynu se sice uplatní přerozdělovací mechanismy, avšak ne vždy včas a efektivně.

Rozvoj čistého vodíku probíhá v rámci pilotních projektů, především ve vyspělých státech a průmyslových regionech. Do roku 2040 je vodík využíván ve specifických segmentech dopravy a chemického průmyslu, ale kvůli vysokým nákladům a nedostatečné infrastruktuře zůstává mimo hlavní energetický tok. Pokračuje elektrifikace dopravy, především v osobním sektoru, zatímco nákladní doprava a logistika naráží na nedostatečně rozvinutou infrastrukturu.

Evropská komise i nadále prosazuje harmonizaci energetických politik, ale jednotlivé státy často upřednostňují vlastní zájmy. Základní klimatické cíle, jako například snížení emisí o 55 % do roku 2030 a klimatická neutralita do 2050 zůstávají platné, avšak jejich

dosažení se v tomto scénáři jeví jako reálné pouze v případě dodatečných úprav, kompromisů a prodloužení termínů.

Z hlediska energetické bezpečnosti je vývoj smíšený. V některých regionech došlo ke zvýšení odolnosti a soběstačnosti, jinde přetrvává zranitelnost vůči výpadkům, cenovým šokům a kybernetickým hrozbám. Celkově je EU na cestě k nízkoemisní energetice, ale její pozice globálního lídra v oblasti inovací a udržitelnosti je v tomto scénáři oslabená. Míra preferovanosti je střední, stejně jako pravděpodobnost naplnění.

5.5 Pesimistický scénář ČR

V tomto scénáři se energetická transformace zadrhne na všech klíčových frontách. Česká republika sice formálně přijímá strategické dokumenty a cíle evropské klimatické politiky, ale jejich naplňování se děje spíše symbolicky. Chybí politická vůle, stabilita a jasné vedení, které by umožnilo realizovat rozsáhlejší investice do modernizace soustav, výstavby nových zdrojů či digitalizace energetiky.

Výstavba nových jaderných bloků i malých modulárních reaktorů (SMR) se několikrát odkládá. Důvodem jsou nejen legislativní průtahy a nedostatek připravených lokalit, ale i neschopnost státu navázat efektivní partnerství se soukromým sektorem. Okolní země postupně pokročily ve své transformaci, zatímco Česká republika zůstává ve starém modelu centralizované výroby.

Obnovitelné zdroje energie zaznamenávají pouze minimální růst. Přetrvává složitý proces povolování, chybějící koordinace na úrovni krajů a nedostatečné kapacity sítě. Komunitní projekty a domácí fotovoltaika existují, ale bez větší podpory. Výsledkem je, že do roku 2040 tvoří OZE jen přibližně 20–25 % celkového energetického mixu. Zbytek zajišťují stárnoucí uhelné elektrárny a dovozová závislost na zemním plynu, jehož ceny jsou extrémně volatilní.

Distribuční soustava zůstává podinvestovaná a náchylná k výpadkům. Modernizační plány zůstaly na úrovni koncepcí, protože se je nedařilo převést do praxe, zejména kvůli nedostatku kvalifikované pracovní síly a nestabilnímu právnímu prostředí. Významná část sítě je technologicky zastaralá, což vytváří problémy především v regionech s vyšším podílem domácích obnovitelných zdrojů.

Bezpečnostní rizika jsou v tomto scénáři výrazná. Nejde jen o geopolitickou závislost na dovozu surovin a technologií, ale také o zranitelnost systému vůči kybernetickým útokům

a přírodním extrémům. Nedostatečná koordinace, absence záložních systémů a roztržitý přístup ke krizovému řízení zvyšují riziko blackoutů. Energetická chudoba postihuje široké vrstvy obyvatelstva, zejména seniory a domácnosti s nízkými příjmy mimo velká města.

Tento scénář je z hlediska futurologie minimálně preferovaná. Je však současně považován za věrohodný v případě nečinnosti a selhání strategického řízení. Ukazuje na to, co by mohlo nastat, pokud bude stát i nadále upřednostňovat krátkodobé zájmy před systémovým přechodem k energetické udržitelnosti a bezpečnosti.

5.6 Pesimistický scénář EU

V tomto scénáři se Evropské unii nedaří naplnit strategické cíle definované v dokumentech jako Green Deal, Fit for 55 nebo REPowerEU. Implementace klimatické legislativy se zpomaluje, často kvůli odporu jednotlivých členských států, neschopnosti nalézt společný postup a přetížení veřejné správy. Výsledkem je nejen zpoždění transformačních opatření, ale i ztráta důvěry investorů a veřejnosti v evropskou klimatickou politiku.

Rozvoj obnovitelných zdrojů energie ve většině států stagnuje. Nedostatečná infrastruktura, omezená kapacita přenosových soustav a nevyřešené problémy s legislativními podmínkami znemožňují realizaci plánovaných projektů. Investice vážnou, protože chybí jasný a předvídatelný rámec, podle kterého by se investoři mohli řídit. Některé země (zejména z východní a jihovýchodní části EU) pokračují v používání uhlí nebo plynu jako hlavního zdroje energie.

Zemní plyn sice zůstává stabilizačním prvkem, ale kvůli nedostatečné diverzifikaci a nedokončeným LNG kapacitám roste závislost EU na externích dodavatelích, zejména z Blízkého východu a Severní Afriky. Jakmile dojde k geopolitickému napětí, členské státy reagují nekoordinovaně, čímž se solidarita v evropské energetice fakticky rozpadá.

Chytrá infrastruktura se rozvíjí nerovnoměrně, digitalizace systémů zůstává na polovině plánovaných hodnot. Pokusy o jednotný evropský trh s energií selhávají po technických i politických stránkách. Vodíková strategie se stává spíše ideálem, protože cílových 40 GW elektrolyzátorů do roku 2030 se nenaplní ani z poloviny. Průmysl, zejména v nových členských státech, zůstává silně emisní a čelí zvýšeným nákladům kvůli drahé energii i emisním povolenkám.

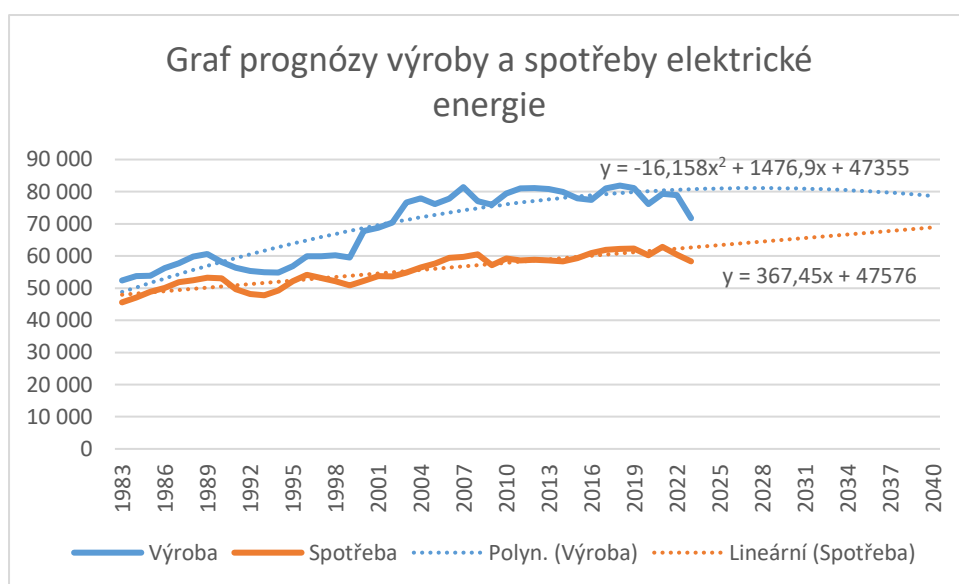
Energetická bezpečnost EU je v tomto scénáři vážně narušena. Vznikají regionální blackouty, ceny energií prudce kolísají a sociální napětí narůstá. Energetická chudoba se stává

reálným problémem i v některých bohatších státech a objevují se skupiny lidí volající po návratu k levným, fosilním zdrojům, což dále ztěžuje prosazení strategických opatření.

Z futurologického hlediska jde o scénář nízké preferovanosti, ale reálné věrohodnosti, pokud se členským státům nepodaří udržet politickou jednotu, sladit technologický rozvoj a vzájemně si ekonomicky pomáhat. Nejde o katastrofický konec evropské integrace, ale o vývoj, který vede ke ztrátě vlivu na globální scéně a oslabení schopnosti reagovat na klimatické a bezpečnostní výzvy.

5.7 Prognóza na základě dat z grafů

Na základě dat z Grafu 2 a 3 je patrné, že výroba elektřiny v České republice rostla v průměru o přibližně 800 GWh ročně, zatímco spotřeba rostla o 700 GWh ročně. Z toho vyplývá, že spotřeba je dlouhodobě nižší než výroba. Odhad pro rok 2040 předpokládá, že celková produkce elektřiny dosáhne přibližně 86 000 GWh, zatímco spotřeba se bude pohybovat okolo 81 000 GWh. Česká republika by si tak mohla i nadále udržet pozici čistého vývozce elektrické energie.



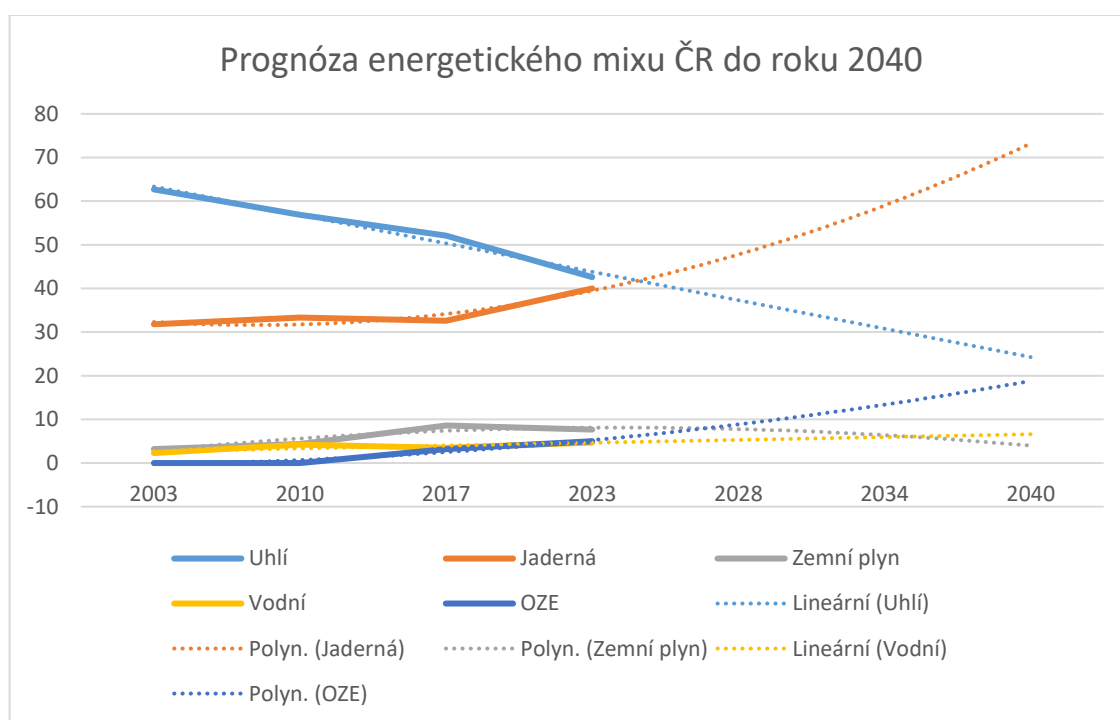
Graf 12 Graf prognózy výroby a spotřeby elektrické energie

Zdroj: [2], [3]

Co se týče strukturálního vývoje výroby elektřiny, z grafů 4 až 7 je patrný dlouhodobý pokles podílu uhlí a současný nárůst obnovitelných zdrojů energie (OZE). Přestože OZE rostou pomaleji, než by odpovídalo strategickým ambicím EU, stále vykazují pozitivní trend.

Tento vývoj je v souladu s evropskou politikou dekarbonizace a důrazem na udržitelné technologie.

Na základě provedené predikce a s přihlédnutím ke grafu lze očekávat, že se do roku 2040 výrazně posílí podíl jaderné energetiky, která by mohla tvořit až 70 % celkové výroby elektřiny. OZE (zejména větrné a fotovoltaické zdroje) by se mohly pohybovat přibližně na úrovni 20 %, zatímco zbývajících 10 % by připadalo na vodní energii a zemní plyn. Výsledný poměr bude však záviset na rychlosti a důslednosti útlumu uhelných elektráren, které i v roce 2023 tvoří významný podíl, ale jsou určeny k postupnému vyřazení.



Graf 13 Graf Porovnání Energetického Mixu s predikcí do roku 2040

Zdroj: [38], [39], [40], [43]

ZÁVĚR

Závěrem lze konstatovat, že energetická bezpečnost zůstává pro Českou republiku strategickou prioritou, a to nejen z důvodu její silné závislosti na fosilních a jaderných zdrojích, ale také kvůli rostoucímu tlaku na dekarbonizaci a plnění klimatických cílů EU. Analýza historického vývoje energetického mixu ČR ukázala, že i když došlo k určitým krokům směrem k diverzifikaci, zejména skrze využívání obnovitelných zdrojů a zemního plynu, uhlí a jádro stále tvoří dominantní podíl. Tento stav reflektuje konzervativní přístup k energetické transformaci, který je sice stabilní, ale dlouhodobě neudržitelný.

Porovnání energetických politik České republiky a vybraných států EU odhalilo značné rozdíly v tempu a způsobech přechodu na čistší zdroje energie. Zatímco například Finsko nebo Dánsko se již výrazně opírají o obnovitelné zdroje, ČR zatím nenalezla dostatečně silnou náhradu za uhlí. Práce rovněž ukázala, že úspěšné zavádění moderních technologií, jako jsou chytré sítě, vodík či bateriová úložiště, bude klíčové pro zvýšení flexibility a bezpečnosti energetické soustavy v budoucnu.

Na základě provedené analýzy lze do budoucna očekávat tlak na výraznější transformaci české energetiky, a to jak ze strany EU, tak kvůli vnitrostátním potřebám udržitelnosti a nezávislosti. Prognózy naznačují nutnost postupného útlumu uhlí, posílení role jaderné energetiky, ale především rychlejší rozvoj obnovitelných zdrojů. Pokud bude ČR schopna kombinovat technologický pokrok, politickou vůli a efektivní investice, může se jí podařit zajistit energetickou bezpečnost i v měnících se geopolitických a klimatických podmínkách.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Energy Security* [online]. IEA. Dostupné z: <https://www.iea.org/topics/energy-security> [cit. 2025-04-08].
- [2] CHERPU, Rajendra K., ADAMS, John a APELLANIZ, Javier. *The three perspectives on energy security: intellectual history, disciplinary roots and the potential for integration*. *Current Opinion in Environmental Sustainability* [online]. 2011, roč. 3, č. 4, s. 202–212. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1877343511000583> [cit. 2025-04-08].
- [3] MATYÁŠEK, Jiří a SUK, Miloslav. 3.1 Zdroje energie. In: *Antropogeneze v geologii* [online]. Brno: Masarykova univerzita. Dostupné z: <https://is.muni.cz/elportal/es-tud/pdf/js10/antropog/web/pages/3-1-zdroje-energie.html> [cit. 2025-04-08].
- [4] ABAS, N., KALAIR, A. a KHAN, N. *Review of fossil fuels and future energy technologies*. *Futures* [online]. 2015, vol. 69, s. 31–49. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2015.03.003> [cit. 2025-04-08].
- [5] ENERGY INSTITUTE. *Statistical Review of World Energy 2024* [online]. Energy Institute, 2024. Dostupné z: https://www.energyinst.org/_data/assets/pdf_file/0006/1542714/684_EI_Stat_Review_V16_DIGITAL.pdf [cit. 2025-04-08].
- [6] Coal Geology. *ScienceDirect Topics* [online]. Elsevier. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/coal-geology> [cit. 2025-04-08].
- [7] BENTLEY, R. W. *Global oil & gas depletion: an overview*. *Energy Policy* [online]. 2002, vol. 30, no. 3, s. 189–205. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(01\)00144-6](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(01)00144-6) [cit. 2025-04-08].
- [8] Crude Oil. *ScienceDirect Topics* [online]. Elsevier. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/social-sciences/crude-oil> [cit. 2025-04-08].
- [9] KIMRAY. *Types of Crude Oil: Heavy vs Light, Sweet vs Sour, and TAN Count* [online]. Dostupné z: <https://kimray.com/training/types-crude-oil-heavy-vs-light-sweet-vs-sour-and-tan-count> [cit. 2025-04-08].
- [10] CENTER FOR BIOLOGICAL DIVERSITY. *Oil Shale and Tar Sands* [online]. Dostupné z: https://www.biologicaldiversity.org/programs/public_lands/energy/dirty_energy_development/oil_shale_and_tar_sands/index.html [cit. 2025-04-08].

- [11] Epet.cz. *Jak funguje jaderná elektrárna a jaké výhody i nevýhody přináší jaderná energie* [online]. 2021. Dostupné z: <https://www.epet.cz/jak-funguje-jaderna-elektrarna-a-jake-vyhody-prinasi-jaderna-energie/> [cit. 2025-04-08].
- [12] ANG, Tze-Zhang; SALEM, Mohamed; KAMAROL, Mohamad; DAS, Himadry Shekhar; NAZARI, Mohammad Alhuyi et al. *A comprehensive study of renewable energy sources: Classifications, challenges and suggestions* [online]. Energy Strategy Reviews, 2022, Volume 43, 100939. ISSN 2211-467X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100939> [cit. 2025-04-08].
- [13] OWUSU, Phebe Asantewaa a ASUMADU-SARKODIE, Samuel. *A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation*. Cogent Engineering [online]. 2016, vol. 3, no. 1. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/23311916.2016.1167990> [cit. 2025-04-08].
- [14] ENERGOSOLAR. Fotovoltaický jev [online]. Dostupné z: <https://www.energog-solar.cz/fotovoltacky-jev/> [cit. 2025-04-08].
- [15] PINCUS, Ward. *Noor Energy 1, Dubai: Welcome to the CSP resurgence* [online]. Siemens Energy, 2023. Dostupné z: <https://www.siemens-energy.com/global/en/home/stories/csp-resurgence-dubai.html> [cit. 2025-04-08].
- [16] VESTAS. *Vestas unveils circularity solution to end landfill for turbine blades* [online]. 2023. Dostupné z: <https://www.vestas.com/en/media/company-news/2023/vestas-unveils-circularity-solution-to-end-landfill-for-c3710818> [cit. 2025-04-08].
- [17] SKUPINA ČEZ. *Jak funguje výroba energie z biomasy* [online]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/obnovitelne-zdroje/biomasa/flash-model-jak-funguje-vyroba-energie-z-biomasy> [cit. 2025-04-08].
- [18] MOLEK, Tomáš. *Bioplyn a bioplynové stanice v ČR* [online]. oEnergetice.cz, 2015. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/plyn/bioplyn-a-bioplynove-stanice-v-cr> [cit. 2025-04-08].
- [19] VOBŮRIL, David. *Biomasa – využití, zpracování, výhody a nevýhody, energetické využití v ČR* [online]. oEnergetice.cz, 2017. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/biomasa-vyuziti-zpracovani-vyhody-a-nevyhody> [cit. 2025-04-08].

- [20] YERGIN, Daniel. *The New Map: Energy, Climate, and the Clash of Nations*. New York: Penguin Press, 2020. ISBN 978-1-59420-643-6.
- [21] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Smart Grids* [online]. IEA. Dostupné z: <https://www.iea.org/energy-system/electricity/smart-grids> [cit. 2025-04-08].
- [22] VOBORIL, David. *Co je Smart Grid?* [online]. TZB-info, 2014. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/12544-co-je-smart-grid> [cit. 2025-04-08].
- [23] SUBERU, Mohammed Yekini, MUSTAFA, Mohd Wazir a BASHIR, Nouruddeen. *Energy storage systems for renewable energy power sector integration and mitigation of intermittency*. Renewable and Sustainable Energy Reviews [online]. 2014, vol. 35, s. 499–514. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.04.009> [cit. 2025-04-08].
- [24] BUDÍN, Jan. *Přečerpávací vodní elektrárna – princip a uspořádání* [online]. oEnergetice.cz, 2015. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/precerpavaci-vodni-elektrarna-princip-usporadani-2> [cit. 2025-04-08].
- [25] VOBORIL, David. *Přečerpávací vodní elektrárny v České republice* [online]. oEnergetice.cz, 2017. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/precerpavaci-vodni-elektrarny-v-ceske-republice> [cit. 2025-04-08].
- [26] ČESKÁ VODÍKOVÁ TECHNOLOGICKÁ PLATFORMA. *Základní informace k vodíku* [online]. Dostupné z: <https://www.hytep.cz/o-vodiku/ve-zkratce> [cit. 2025-04-08].
- [27] MARCHANT, Natalie. *Grey, blue, green – why are there so many colours of hydrogen?* [online]. World Economic Forum, 2021. Dostupné z: <https://www.weforum.org/stories/2021/07/clean-energy-green-hydrogen/> [cit. 2025-04-08].
- [28] NATIONAL GRID. *What is hydrogen?* [online]. 2023. Dostupné z: <https://www.nationalgrid.com/stories/energy-explained/what-is-hydrogen> [cit. 2025-04-08].
- [29] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Hydrogen* [online]. Dostupné z: <https://www.iea.org/energy-system/low-emission-fuels/hydrogen> [cit. 2025-04-08].
- [30] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *What are Small Modular Reactors (SMRs)?* [online]. 2023. Dostupné z: <https://www.iaea.org/newscenter/news/what-are-small-modular-reactors-smrs> [cit. 2025-04-08].

- [31] SKUPINA ČEZ. *Co jsou malé modulární reaktory* [online]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/nove-jaderne-zdroje/male-modularni-reaktory/co-jsou-male-modularni-reaktory> [cit. 2025-04-08].
- [32] ČTK. *ČEZ se stal akcionářem Rolls-Royce SMR, získá zhruba pětinový podíl* [online]. Seznam Zprávy, 2025. Dostupné z: <https://www.seznamzpravy.cz/clanek/ekonomika-cez-se-stal-akcionarem-rolls-royce-smr-ziska-zhruba-petinovy-podil-271169> [cit. 2025-04-08].
- [33] CANADIAN NUCLEAR SAFETY COMMISSION. *About small modular reactors* [online]. 2024. Dostupné z: <https://www.cnsccsn.gc.ca/eng/reactors/smr/about/> [cit. 2025-04-08].
- [34] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *What is nuclear fusion?* [online]. 2023. Dostupné z: <https://www.iaea.org/newscenter/news/what-is-nuclear-fusion> [cit. 2025-04-08].
- [35] ITER Organization. *What is a tokamak?* [online]. 2023. Dostupné z: <https://www.iter.org/machine/what-tokamak> [cit. 2025-04-08].
- [36] E.ON Česká republika, s.r.o. *Co je to energetický mix?* [online]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/energie/zelena-elektrina/co-je-to-energeticky-mix/> [cit. 2025-04-08].
- [37] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Zprávy o provozu* [online]. Dostupné z: <https://eru.gov.cz/zpravy-o-provozu?odvetvi=1&druh=345> [cit. 2025-04-08].
- [38] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Roční zpráva o provozu ES ČR pro rok 2003* [online]. 2004. Dostupné z: https://eru.gov.cz/sites/default/files/import_files/Rocni_zprava_provoz_ES_2003.pdf [cit. 2025-04-08].
- [39] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Roční zpráva o provozu ES ČR pro rok 2010* [online]. 2011. Dostupné z: https://eru.gov.cz/sites/default/files/import_files/Rocni_zprava_provoz_ES_2010.pdf [cit. 2025-04-08].
- [40] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Roční zpráva o provozu ES ČR pro rok 2017* [online]. 2018. Dostupné z: <https://eru.gov.cz/rocni-zprava-o-provozu-es-cr-pro-rok-2017> [cit. 2025-04-08].
- [41] oEnergetice.cz. *Infografika: Česká energetika v 21. století* [online]. 2017. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/energetika-v-cr/infografika-ceska-energetika-21-stoleti> [cit. 2025-04-08].

- [42] VOBOŘIL, David. *Příčiny solárního boomu v České republice* [online]. oEnergetice.cz, 2015. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/energeticka-legislativa-cr/priciny-solarniho-boomu> [cit. 2025-04-08].
- [43] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Roční zpráva o provozu ES ČR pro rok 2023* [online]. 2024. Dostupné z: <https://eru.gov.cz/rocn-zprava-o-provozu-elektrizacni-soustavy-cr-pro-rok-2023> [cit. 2025-04-08].
- [44] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Státní energetická koncepce České republiky* [online]. 2014. Dostupné z: <https://mpo.gov.cz/assets/dokumenty/52841/60959/636207/priloha006.pdf> [cit. 2025-04-08].
- [45] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Aktualizace Státní energetické koncepce (SEK)* [online]. 2024. Dostupné z: <https://mpo.gov.cz/cz/rozcestnik/promedia/tiskove-zpravy/aktualizace-statni-energeticke-koncepce-sek--279668/> [cit. 2025-04-08].
- [46] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu* [online]. 2024. Dostupné z: https://mpo.gov.cz/assets/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/2024/12/Vnitrostatni-plan-Ceske-republiky-v-oblasti-energetiky-a-klimatu-_prosinec-2024_.pdf [cit. 2025-04-08].
- [47] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Vodíková strategie České republiky – aktualizace 2024* [online]. 2024. Dostupné z: <https://mpo.gov.cz/assets/cz/prumysl/strategicke-projekty/2024/7/Vodikova-strategie-CR-aktualizace-2024.pdf> [cit. 2025-04-08].
- [48] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. 2. *Aktualizace Národního akčního plánu čisté mobility* [online]. 2024. Dostupné z: https://mzp.gov.cz/system/files/2024-10/OPZP-Aktualizace_Narodniho_akcniho_planu_ciste_mobility-20240917.pdf [cit. 2025-04-08].
- [49] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Národní akční plán rozvoje jaderné energetiky v České republice* [online]. 2015. Dostupné z: <https://mpo.gov.cz/assets/dokumenty/54251/61936/640148/priloha001.pdf> [cit. 2025-04-08].
- [50] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Plán pro malé a střední reaktory v České republice – využití a hospodářský přínos* [online]. 2023. Dostupné z:

- https://mpo.gov.cz/assets/cz/rozcestnik/pro-media/tiskove-zpravy/2023/11/PlanSMR_graficke-zpracovani_CZ.pdf [cit. 2025-04-08].
- [51] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Národní akční plán pro chytré sítě 2025–2030: Aktualizace NAP SG* [online]. 2025. Dostupné z: https://mpo.gov.cz/assets/cz/energetika/2025/1/NAP-SG_Aktualizace-2025-2030.pdf [cit. 2025-04-08].
- [52] EUROSTAT. *Shedding light on energy in Europe – 2025 edition* [online]. 2025. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/interactive-publications/energy-2025> [cit. 2025-04-08].
- [53] EVROPSKÁ KOMISE. *Zelená dohoda pro Evropu* [online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN> [cit. 2025-04-08].
- [54] RADA EVROPSKÉ UNIE. *Balíček „Fit for 55“* [online]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/fit-for-55/> [cit. 2025-04-08].
- [55] RADA EVROPSKÉ UNIE. *REPowerEU: energetická politika jako součást plánů zemí EU pro oživení a odolnost* [online]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/cs/policies/repowereu/> [cit. 2025-04-08].
- [56] EVROPSKÁ KOMISE. *Vodíková strategie pro klimaticky neutrální Evropu* [online]. 2020. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0301> [cit. 2025-04-08].
- [57] EUROPEAN UNION. *Bezpečnost dodávek zemního plynu v EU* [online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/CS/legal-content/summary/gas-supply-security-in-the-eu.html> [cit. 2025-04-08].
- [58] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Finland 2023: Energy Policy Review – Executive Summary* [online]. 2023. Dostupné z: <https://www.iea.org/reports/finland-2023/executive-summary> [cit. 2025-04-08].
- [59] KORTENIEMI, Juho. *Reforming the utilisation and regulation of nuclear energy* [online]. Helsinki: Ministry of Economic Affairs and Employment, 2023. Dostupné z: <https://valtioneuvosto.fi/en/-/1410877/reforming-the-utilisation-and-regulation-of-nuclear-energy> [cit. 2025-04-08].
- [60] RIVER BASIN LLC. *Energy Diplomacy: Replacing Russian LNG* [online]. 2024. Dostupné z: <https://riverbasinllc.com/2024/08/energy-diplomacy-replacing-russian-lng/> [cit. 2025-04-08].

- [61] HUOMO, Laura a HUTTUNEN, Hilma. *Enhancing Energy Security: Finland's Legislative Response to Russian LNG Imports* [online]. Bird & Bird, 2025. Dostupné z: <https://www.twobirds.com/en/insights/2025/enhancing-energy-security-finland's-legislative-response-to-russian-lng-imports> [cit. 2025-04-08].
- [62] MINISTRY OF THE ENVIRONMENT. *Finland's national climate policy* [online]. Dostupné z: <https://ym.fi/en/finland-s-national-climate-change-policy> [cit. 2025-04-08].
- [63] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Energy Policy of Poland until 2040 (PEP2040)* [online]. 2021. Dostupné z: <https://www.iea.org/policies/12882-energy-policy-of-poland-until-2040-pep2040> [cit. 2025-04-08].
- [64] PTAK, Alicja a STRZAŁKOWSKI, Patryk. *CLEW Guide – Poland's new govt yet to deliver on energy transition promises* [online]. Clean Energy Wire, 2025. Dostupné z: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/clew-guide-upcoming-election-will-shape-direction-and-pace-polands-energy-transition> [cit. 2025-04-08].
- [65] REUTERS. *Baltic Pipe gas calms European nerves over Russian shortfall* [online]. 2022. Dostupné z: <https://www.reuters.com/business/energy/baltic-pipe-gas-calms-european-nerves-over-russian-shortfall-2022-10-07/> [cit. 2025-04-08].
- [66] RANKIN, Jennifer. *European Green Deal to press ahead despite Polish targets opt-out* [online]. The Guardian, 2019. Dostupné z: <https://www.theguardian.com/environment/2019/dec/13/european-green-deal-to-press-ahead-despite-polish-targets-opt-out> [cit. 2025-04-08].
- [67] ECKERT, Vera a NASR, Joseph. *Germany hits renewable accelerator, targets coal exit by 2030* [online]. Reuters, 2021. Dostupné z: <https://www.reuters.com/markets/commodities/german-coalition-commits-faster-decarbonisation-2021-11-24/> [cit. 2025-04-08].
- [68] FEDERAL GOVERNMENT OF GERMANY. *“We’re tripling the speed of the expansion of renewable energies”* [online]. 2022. Dostupné z: <https://www.bundesregierung.de/breg-en/news/amendment-of-the-renewables-act-2060448> [cit. 2025-04-08].
- [69] APPUNN, Kerstine, ERIKSEN, Freja a WETTENGEL, Julian. *Germany’s greenhouse gas emissions and energy transition targets* [online]. Clean Energy Wire,

2025. Dostupné z: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-greenhouse-gas-emissions-and-climate-targets> [cit. 2025-04-08].
- [70] FEDERAL MINISTRY FOR ECONOMIC AFFAIRS AND CLIMATE ACTION. *National Hydrogen Strategy Update* [online]. 2023. Dostupné z: https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Publikationen/Energie/national-hydrogen-strategy-update.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [cit. 2025-04-08].
- [71] WALDHOLZ, Rachel; WEHRMANN, Benjamin a WETTENGEL, Julian. *Ukraine war pushes Germany to build LNG terminals* [online]. Clean Energy Wire, 2023. Dostupné z: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/liquefied-gas-does-lng-have-place-germanys-energy-future> [cit. 2025-04-08].
- [72] VALOUCH, Jan a Martin HROMADA. *Bezpečnostní futurologie*. Zlín. 2016. ISBN 978-80-7454-621-1 [cit. 2025-04-08].
- [73] BUDÍN, Jan. *Zkapalněný zemní plyn (LNG)* [online]. oEnergetice.cz, 2015. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/plyn/zkapalneny-zemni-plyn-lng> [cit. 2025-04-08].
- [74] PUCHNAR, Jiří. *Těžba a zpracování uranu: Část 1* [online]. oEnergetice.cz, 2017. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/jaderne-elektrarny/tezba-zpracovani-uranu-cast-1> [cit. 2025-04-08].
- [75] PUCHNAR, Jiří. *Těžba a zpracování uranu: Část 2* [online]. oEnergetice.cz, 2017. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/jaderne-elektrarny/tezba-zpracovani-uranu-cast-2> [cit. 2025-04-08].
- [76] ITER Organization. *In a Few Lines* [online]. Saint-Paul-lès-Durance: ITER Organization. Dostupné z: <https://www.iter.org/few-lines> [cit. 2025-04-08].
- [77] HANCOCK, Alice. *EU hydrogen targets are 'unrealistic', says audit body* [online]. Brussels: Financial Times, 2024. Dostupné z: <https://www.ft.com/content/6ea87a1c-1413-4b08-a953-a33dc729dd3c> [cit. 2025-04-08].
- [78] ABNETT, Kate. *EU's green hydrogen goals not realistic, auditors say* [online]. Reuters, 2024. Dostupné z: <https://www.reuters.com/business/energy/eus-green-hydrogen-goals-not-realistic-auditors-say-2024-07-17/> [cit. 2025-04-08].

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

API	American Petroleum Institution (Americký ropný institut)
CCS	Carbon Capture and Storage (Zachytávání a ukládání uhlíku)
CCU	Carbon Capture and Utilization (Zachytávání a využívání uhlíku)
CO ₂	Oxid uhličitý
CSP	Concentrated Solar Power (Koncentrovaná solární energie)
ČEZ	České energetické závody
ČR	Česká republika
ERŮ	Energetický regulační úřad
EU	Evropská unie
FVE	Fotovoltaická elektrárna
GW	Gigawatt
GWh	Gigawatt hodina
IEA	International Energy Agency (Mezinárodní agentura pro energii)
LNG	Liquefied Natural Gas (Zkapalněný zemní plyn)
MW	Megawatt
NAP	Národní akční plán
NECP	National Energy and Climate Plan (Národní energeticko-klimatický plán)
NO _x	Oxid dusíku
OCEP	Organizace zemí vyvážející ropu
OPZP	Operační program Životní prostředí
OZE	Obnovitelné zdroje energie
PEMFC	Protonově výměnné membránové články
PJ	Petajoule
PN	Pozitivně–negativní přechod (v polovodičích)

PV	Fotovoltaika
PVE	Přečerpávací vodní elektrárna
RFB	Redox Flow Baterie
RFNBO	Renewable Fuels of Non-Biological Origin
SEK	Státní energetická koncepce
SG	Smart Grids (Chytré sítě)
SMR	Small Modular Reactor (Malý modulární reaktor)
SOFC	Solid Oxide Fuel Cell (Palivový článek s pevnou oxidovou elektrolytou)
SO _x	Oxid síry
USA	United States of America (Spojené státy americké)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Jaderná elektrárna Temelín	19
Obrázek 2 Fotovoltaická farma.....	21
Obrázek 3 CSP elektrárna Noor Energy 1	23
Obrázek 4 Offshore větrný park Gemini v Severním moři	24
Obrázek 5 Vodní elektrárna Orlík na řece Vltavě	26
Obrázek 6 Bioplynová stanice	27
Obrázek 7 Princip činnosti vodíkového palivového článku	33
Obrázek 8 Princip fungování přečerpávací elektrárny	35
Obrázek 9 Princip výroby vodíku	36
Obrázek 10 Srovnání typů jaderných reaktorů podle výkonu a velikosti.....	38
Obrázek 11 Princip procesu jaderné fúze	39

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Vlastnosti daných typů uhlí	14
Tabulka 2 Elementární složení běžné ropy	16
Tabulka 3 Klasifikace ropy podle hustoty	16
Tabulka 4 Měsíční výroba netto elektřiny v roce 2023	50
Tabulka 5 Měsíční spotřeba netto elektřiny v roce 2023	51
Tabulka 6 Plán pro instalovaný výkon elektrolyzérů	56
Tabulka 7 Plánovaný počet vozidel s alternativními pohony v ČR.....	56
Tabulka 8 Scénáře rozvoje SMR v ČR.....	58
Tabulka 9 Plánovaný instalovaný výkon fotovoltaických a větrných elektráren	59

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Globální výroba elektřiny podle zdrojů v roce 2023	12
Graf 2 Vyrobená elektřina (netto) v ČR 1983–2023	43
Graf 3 Spotřebovaná elektřina (netto) v ČR 1983–2023	44
Graf 4 Podíl zdrojů energie v ČR v roce 2003	44
Graf 5 Podíl zdrojů energie v ČR v roce 2010	45
Graf 6 Podíl zdrojů energie v ČR v roce 2017	46
Graf 7 Podíl zdrojů energie v ČR v roce 2023	52
Graf 8 Podíl zdrojů energie v EU v roce 2023	60
Graf 9 Podíl zdrojů energie ve Finsku v roce 2023	65
Graf 10 Podíl zdrojů energie v Polsku v roce 2023	69
Graf 11 Podíl zdrojů energie v Německu v roce 2023	73
Graf 12 Graf prognózy výroby a spotřeby elektrické energie	83