



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

POTENCIÁL OZE V ČR

POTENTIAL OF RES IN THE CZECH REP

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

David Kříž

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Lisý, Ph.D.

BRNO 2023



Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **David Kříž**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Martin Lisý, Ph.D.**
Akademický rok: 2022/23

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Potenciál OZE v ČR

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Snahou EU je zvyšovat podíl využívání obnovitelných zdrojů energie, a tím přispívat ke snížení emisí zátěže. Druhotným efektem je snížení závislosti na dovážených palivech. Využívání obnovitelných zdrojů je však výrazně závislé na klimatických a přírodních podmínkách. Práce je zaměřena na rešerši dostupných technologií OZE, jejich využívání v minulosti, v současnosti a prognózy jejich dalšího rozvoje, včetně vlivu na výslednou cenu energie.

Cíle bakalářské práce:

Zpracovat rešerši obnovitelných zdrojů elektrické energie v ČR.
Zpracovat rešerši vývoje využití OZE v ČR.
Porovnat podíl využívání OZE v ČR se státy EU.

Seznam doporučené literatury:

MASTNÝ, Petr. Obnovitelné zdroje elektrické energie. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04937-2.

CENEK, Miroslav. Obnovitelné zdroje energie. 2. upr. a dopl. vyd. Praha: FCC Public, 2001. ISBN 80-901985-8-9.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

V dnešní moderní době stále využíváme převážně neobnovitelné zdroje, při jejichž využití navíc škodíme naší planetě Zemi kvůli velké emisi skleníkových plynů. Za účelem snížit hodnoty emisí a neustále rostoucí ceny energie vzhledem k snižující se zásobě fosilních paliv, se lidstvo snaží hledat alternativní udržitelné zdroje a metody do budoucna. Největší nadějí na změnu jsou právě obnovitelné zdroje energie. Tato práce je v první části zaměřena rešerši momentálně dostupných obnovitelných zdrojů v České republice, jejich postupný vývoj v historii a metody využití u nás. Další informace se týkají předpokládaného vývoje a potenciálu obnovitelných zdrojů u nás v následujících letech, jak jsme schopni zvládat požadavky stanovené Evropskou unií a jaké nové technologie by mohli tomu být nápomocny. V závěrečné části je provedeno porovnání některých významných států Evropy a vybraných sousedů v podílu využití těchto zdrojů.

Klíčová slova

obnovitelné zdroje energie, Česká republika, využití, potenciál, technologie

ABSTRACT

In today's modern age, we still predominantly rely on non-renewable resources, the utilization of which further harms our planet Earth due to the significant greenhouse gas emissions. In order to reduce emission levels and the continuously increasing energy costs due to the diminishing supply of fossil fuels, humanity is striving to find alternative sustainable resources and methods for the future. The greatest hope for change lies in renewable energy sources. This work initially focuses on researching the currently available renewable resources in the Czech Republic, their gradual development throughout history, and their utilization methods here. Further information pertains to the projected development and potential of renewable resources in our country in the coming years, how we are capable of meeting the requirements set by the European Union, and what new technologies could be helpful in this regard. The final section presents a comparison of some significant European countries and selected neighbors in terms of the proportion of utilization of these resources.

Key words

renewable energy resources, Czech republic, utilization, potential, technology

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem *bakalářskou* práci na téma **Potenciál OZE v České republice** vypracoval samostatně s použitím pramenů, které jsou uvedeny v příloze této práce.

V Brně dne 14. 5. 2023

Datum

David Kříž

Jméno a příjmení

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Martin Lisý, Ph.D. za užitečné rady a připomínky při tvorbě této práce a také mé rodině a kamarádům, kteří mě při studiu vždy podporovali.

OBSAH

| | |
|--|----|
| ÚVOD..... | 9 |
| 1 Obnovitelné zdroje energie v České republice..... | 10 |
| 1.1 Energie vody | 11 |
| 1.1.1 Krátká historie a současný stav | 11 |
| 1.1.2 Technický popis vodní energie | 12 |
| 1.1.3 Výhody a nevýhody vodní energie | 15 |
| 1.2 Solární energie | 16 |
| 1.2.1 Krátká historie a současný stav | 16 |
| 1.2.2 Fotovoltaika a její technické parametry..... | 17 |
| 1.2.3 Výhody a nevýhody solární energie | 19 |
| 1.3 Větrná energie..... | 20 |
| 1.3.1 Krátká historie a současný stav | 20 |
| 1.3.2 Technický popis větrné energie | 21 |
| 1.3.3 Výhody a nevýhody větrné energie | 22 |
| 1.4 Biomasa a bioplyn | 22 |
| 1.4.1 Krátká historie a současný stav | 23 |
| 1.4.2 Technický popis a rozdělení zdrojů biomasy..... | 24 |
| 1.4.3 Výhody a nevýhody biomasy..... | 26 |
| 1.5. Geotermální energie | 27 |
| 1.6 Tepelná čerpadla..... | 27 |
| 2 Vývoj využití OZE v ČR do budoucna | 28 |
| 2.1 Cíle stanové EU..... | 29 |
| 2.2 Budoucnost využívání OZE v ČR | 29 |
| 2.2.1 Představení jednotlivých scénářů studie | 30 |
| 2.2.2 Instalovaný výkon OZE v budoucnu dle scénářů..... | 30 |
| 2.3 Nové předpokládané technologie OZE | 31 |
| 2.3.1 Nové tech. a potenciál fotovoltaiky v ČR | 31 |
| 2.3.2 Nové tech. a potenciál větrné energie v ČR..... | 33 |
| 2.3.3 Nové tech. a potenciál biomasy a bioplynu v ČR | 34 |
| 2.3.4 Nové tech. a potenciál vodní energie v ČR..... | 35 |
| 2.3.5 Nové tech. a geotermální energie v ČR..... | 36 |
| 2.4. Vliv OZE na cenu energií v ČR v budoucnu..... | 36 |
| 2.5. Závěr kapitoly | 37 |
| 3 Porovnání ČR ve využívání OZE se státy EU | 38 |

| | |
|--|----|
| 3.1 ČR vs Island, Norsko a Švédsko | 39 |
| 3.2 ČR vs Rakousko a Slovensko..... | 41 |
| 3.3 Závěr kapitoly..... | 43 |
| Závěr..... | 44 |
| SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ | 46 |
| SEZNAM ZKRATEK | 51 |
| SEZNAM OBRÁZKŮ | 51 |
| SEZNAM GRAFŮ | 51 |
| SEZNAM TABULEK | 52 |

ÚVOD

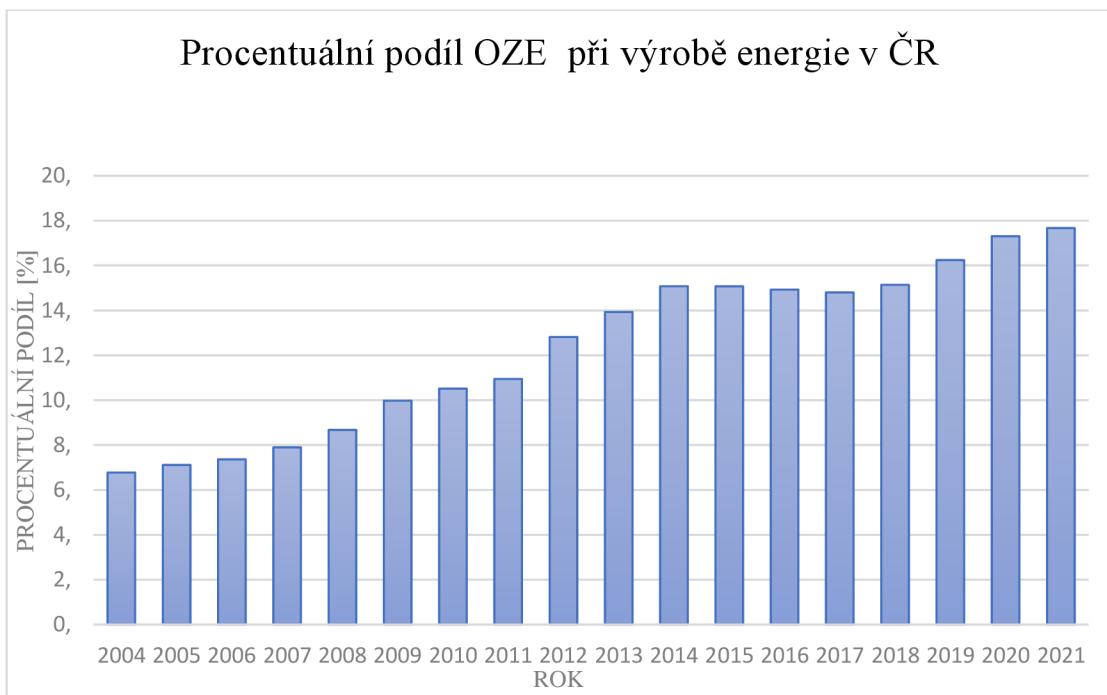
Obnovitelné zdroje, téma, které je zmiňováno, řešeno a probíráno stále více nejen u nás, ale na celém světě. S přibývajícím snahou ekologů chránit naše životní prostředí, zmírnit globální oteplování a snížit emise skleníkových plynů, svět začal hledat alternativní zdroje energie, které by mohl využívat, a přitom zachovat naši planetu Zemi. Momentálně ve světě, ale hlavně u nás, zatím převládá energie získaná spalováním uhlí a energie z jádra. Avšak tyto energie nejsou z dlouhodobého hlediska udržitelné nejen kvůli klesajícím zásobám uhlí a uranu, ale také kvůli škodlivému odpadu, který z nich vzniká a má velmi nepříznivé dopady.

Obnovitelné zdroje energie jsou jasnou alternativní volbou do budoucna. Postupně nahrazovat stávající metody a pozvolna přecházet na čistou energii. Avšak má to taky jeden problém, a to, že ne všechny státy mají stejné podmínky k využívání obnovitelné energie. Může to být díky technologické vyspělosti, anebo právě kvůli geografickým podmínkám, které znemožňují využití naplno toho či onoho obnovitelného zdroje. A právě v této bakalářské práci si probereme obnovitelné zdroje u nás, v naší České republice.

Podívám se na jednotlivé zdroje, které dnes umíme využívat a přetvářet k výrobě energie, jak jsem na tom s možnostmi u nás, jaké technologie u nás již používáme a jaké bychom mohli začít využívat více. Také porovnáme některé evropské státy s naší republikou ve využívání obnovitelných zdrojů. Ale také popíšu, jakým směrem se budeme ubírat po zavedení Green Dealu Evropskou unií, která pro nás mění spoustu věcí, na které musíme do budoucna brát ohled.

1 Obnovitelné zdroje energie v České republice

Na území České republiky se za obnovitelné zdroje energie považují nefosilní přírodní paliva. Konkrétně je to energie slunce, vody, biomasy, bioplynu, biopaliva, větru, geotermální energie a energie prostředí využívaná tepelnými čerpadly. Již dlouhou dobu mají tyto zdroje svůj nemalý podíl při výrobě tepla a elektřiny v mixu s fosilními palivy. Věda a technika zažívá v posledních dekadách velké pokroky, i právě co se týče využívání obnovitelných zdrojů. Nacházíme stále efektivnější a lepší možnosti, jak tyto zdroje využít a při tom stále zachovat jejich hlavní podstatu, ochranu životního prostředí. Stále intenzivněji jsou kladeny požadavky pro nahrazení do teď převládajících fosilních paliv. A to nejen ze strany ekologů, ale už i legislativně, Evropskou unií (dále jen EU). Z **Graf 1** je pak patrné, jak se OZE během let stále více podílí na tvorbě energie v ČR. [1]



Graf 1 Podíl OZE na výrobě v ČR [2]

1.1 Energie vody

Vodní energie je jeden z OZE v ČR. Její energii získáváme ve vodních elektrárnách, které se staví na řekách s prudkým tokem s velkými spády. Z vody získáváme její naakumulovanou energii. Voda, jako primární zdroj, předá svoji kinetickou energii vodní turbíně a pomocí přírodního koloběhu, založeném na vypařování a kondenzaci, se neustále obnovuje zpět. Proto je voda považována za obnovitelný zdroj. Ovšem nutno dodat, že v ČR nejsou příliš ideální podmínky pro získávání energie z vody. Naše řeky nemají dostatečné množství vody ani moc velké spády pro získávání velkého množství energie. Proto je její podíl na celkové výrobě energie stále poměrně nízký. Za výhodu se dá ovšem považovat její rychlost při najetí velkého výkonu, a tedy operativního vyrovnání okamžité energetické potřeby v elektrizační soustavě. [3]

1.1.1 Krátká historie a současný stav

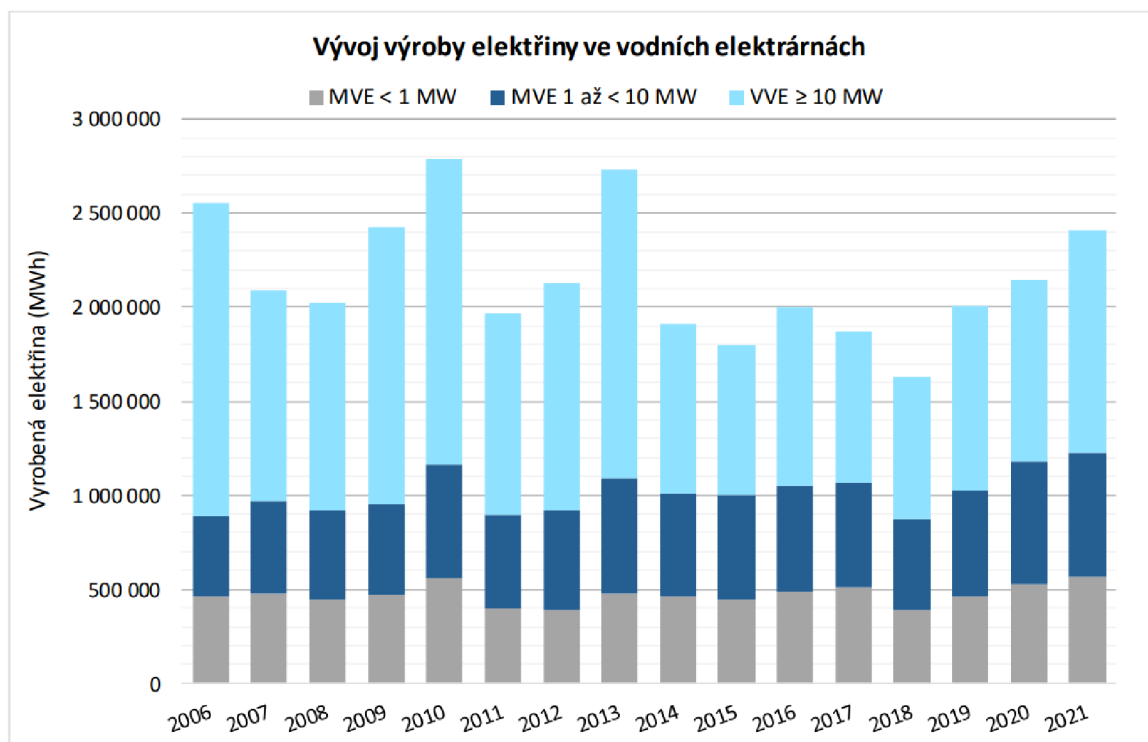
Již od roku 1888 se podílela vodní energie na budování energetiky v Česku. Jako první byla vybudována vodní elektrárna na řece Otavě v Písku. Dále se začátkem 20. století začali budovat další hydroelektrárny např. u Prahy na Těšnově a na Štvanici a mnoho dalších. Na tyto elektrárny navazovali stále další, postupně se začaly budovat od roku 1930 i dnes nejvýznamnější zdroj vodní energie v ČR, a to elektrárny na tzv. Vltavské kaskádě. V průběhu let pak přibývali a na dalších významných řekách jako Labi, Ohři, Moravy či Dyje. [3]

V **Tab. 1** je pak znázorněno, kolik GWh energie bylo vyrobeno vystavěnými elektrárnami na našich vodních tocích. Jak si lze všimnout, vyrobená energie nezávisí jen na počtu provozuschopných elektráren, ale také na vodních podmínkách v tom daném roce a také na technologii, z toho důvodů zde nevidíme lineární nárůst vyrobené energie v průběhu let.

Tab. 1 Výroba el. energie v GWh v průběhu let [4]

| | | | | | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Roky | 1960 | 1961 | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 |
| VE | 1 257 | 1 369 | 1 568 | 1 049 | 1 233 | 2 291 | 2 123 | 1 866 | 1 440 | 1 143 |
| Roky | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 |
| VE | 1 659 | 1 100 | 1 184 | 1 029 | 1 651 | 1 735 | 1 388 | 1 888 | 1 457 | 1 913 |
| Roky | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 |
| VE | 2 016 | 1 793 | 1 436 | 1 423 | 1 116 | 1 437 | 1 603 | 2 151 | 1 762 | 1 328 |
| Roky | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 |
| VE | 1 161 | 1 089 | 1 402 | 1 369 | 1 460 | 2 002 | 1 969 | 1 699 | 1 396 | 1 681 |
| Roky | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| VE | 1 758 | 2 054 | 2 492 | 1 383 | 2 019 | 2 380 | 2 551 | 2 090 | 2 024 | 2 430 |
| Roky | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| VE | 2 789 | 1 963 | 2 129 | 2 735 | 1 909 | 1 795 | 2 000 | 1 869 | 1 628 | 2 008 |
| Roky | 2020 | 2021 | | | | | | | | |
| VE | 2 144 | 2 409 | | | | | | | | |

Jak je z tabulky možné vyčíst, výroba el. energie se od roku 1960 do dneška skoro zdvojnásobila. Dnes se u nás nachází přesně 11 VVE (*instal. výkon nad 10 MW*). Většina těchto VVE (7 z 11) se nachází na naší největší řece Vltavě, a jsou součástí již zmiňované tzv. Vltavské kaskády. Poté se nachází jedna na Dyji, jedna na Labe, jedna na Jihlavě a poslední na Divoké Desné. Ač z těchto elektráren získáváme převážnou většinu vyrobené el. energie, nachází se na našem území také mnoho MVE (*instal. výkon do 10 MW*) z jež získáváme nezanedbatelnou část energie, evidovaný počet je až přes 1500 těchto elektráren na našem území. V příloženém **Graf 2** pak lze přehledně vidět vyrobený podíl el. energie od jednotlivých elektráren od roku 2006 do roku 2021 z dat shromážděných MPO.



Graf 2 Výroba el. energie dle velikosti vodních elektráren od roku 2006 [4]

Je jasně čitelné, že VVE opravdu vyrábí převážnou část el. energie z vodní energie u nás k jejich menšímu počtu, ale MVE jsou nezbytnou součástí, bez které bychom se dnes neobešli. MVE za rok 2021 vyrobili (*elektrárny celkově do 10 MW*) zaokrouhleně 1,23 TWh el. energie a VVE 1,18 TWh [4]. Proto je tedy jasné, že musíme do budoucna počítat s oběma typy elektráren.

1.1.2 Technický popis vodní energie

Energie vody se dá ve své podstatě považovat pouze za přeměněnou sluneční energii. Díky sluneční energii, se voda dokáže vypařovat a dostat se v podobě vodní páry do vzduchu. Až přesáhne určité množství, který je vzduch schopno pojmout, vrací se na zem z roztátých vodních krystalků v podobě deště zpět do našich řek, moří a půdy. Odtud stále můžeme využívat vodní energii, která se neustále obnovuje díky vypařování a kondenzaci, která je zapříčiněná sluneční energií.

Ale co my lidé z vody využíváme, je její kinetická a potenciální energie. Protože voda teče z vyšších míst do nižších až nakonec ústí v moři, můžeme na jejím dlouhém řečišti vystavět spoustu vodních elektráren, ovšem vybírají se místa s velkým spádem a vodním potenciálem. Zde si blíže popíšeme fyzikální parametry, které ve výrobě energie hrají roli. [5;6]

1) *Potenciální energie*

V jiném pojmenování, gravitační energie vody. Je to energie té vody, která byla díky sluneční energii vyzvednuta do velké výšky nad mořskou hladinu. Voda má v oblaku velké množství gravitační energie, a tím větší, když je jí více a výše. Ta se potom v podobě deště vrací na zemský povrch. Avšak pouze jen malá část se nakonec zachytí v přehradní nádrži, kde se pak využívá její přeměna v kinetickou energii. Množství potenciální energie se dá vyjádřit takto:

$$W = m \cdot g \cdot h$$

kde:

W – potenciální energie vody (J)

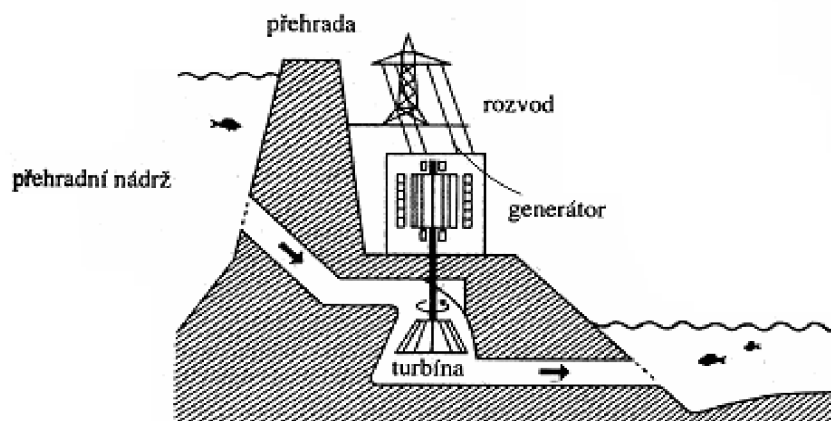
m – množství vody (kg)

g – gravitační zrychlení ($m \cdot s^{-2}$)

h – rozdíl nadmořské výšky (m)

2) *Kinetická energie vody*

Sluneční energie je do vody uskladněna nejen jako teplo a potenciální (gravitační) energie (v oblacích, přehradních nádržích), ale i jako pohybová energie (ve srážkách, v řekách, vodopádech, oceánech). Jen do řek je nepřetržitě vkládáno asi 9 TW sluneční energie. Pohybovou energii řekám a potokům dodává koloběh vody. Právě tuto energii využíváme pro výrobu energie elektrické na vodní turbíně vodních elektráren, viz Obr.1. [5;6;7]



Obr. 1 Jednoduché schéma vodní elektrárny [6]

3) Výroba energie na vodní turbíně

Množství vyrobené energie pak primárně závisí na výšce spádu a průtoku vody, která projde turbínou. Nesmí se zapomenout také na méně ovlivňující proměnné ve výpočtu, a to měrnou hmotnost vody a gravitační zrychlení. Potom tedy můžeme vyjádřit teoretický výkon turbíny P_t podle vztahu: [8]

$$P_t = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q$$

kde:

ρ – měrná hmotnost vody (kg/m^3)

H – výška spádu (m)

Q – vodní průtok (m^3/s)

Pokud se podíváme na reálné hodnoty, zjistíme že teoretického výkonu na svorkách generátoru nelze dosáhnout. Pro více přesné hodnoty musíme také zahrnout ztrátové členy, které nám dávají bližší představu reálné hodnoty. Jedná se konkrétně o – objemovou ztrátu, hydraulické ztráty, mechanické ztráty a elektrické ztráty v generátoru. Potom tedy lze vztah vyjádřit takto: [8]

$$P_S = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \cdot \eta_v \cdot \eta_H \cdot \eta_m \cdot \eta_e$$

kde nové členy ve vzorci jsou převedené ztráty v jednotlivé účinnosti, které nám zpřesňují výsledek. Celková účinnost vodních turbín dosahuje 70 až 90 %. [8]

Rozdělení turbín:

Podle způsobu přenosu energie vody rozlišujeme turbíny na:

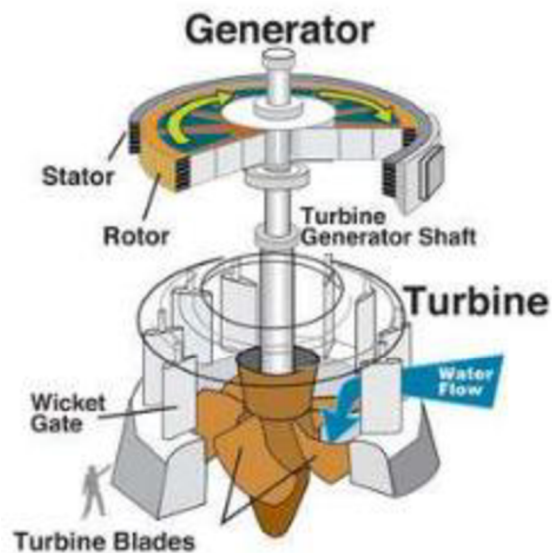
- a) **Rovnotlaké** – akční turbíny (*Bánkiho, Peltonova*)
- b) **Přetlakové** – reakční turbíny (*Kaplanova a její modifikace, Francisova*)

Z hlediska polohy hřídele oběžného kola rozlišujeme uspořádání turbín:

- a) **horizontální** – vodorovné uložení
- b) **vertikální** – svislá osa turbíny
- c) **šikmé** – šikmá osa turbíny
- d) **tvaru S** – provedení savky do tvaru S

4) Elektrický generátor

Poslední článkem je elektrický generátor, který již přeměňuje získanou kinetickou energii turbínou na elektrickou energii. Jeho hlavním principem je elektromagnetická indukce. Mechanická energie proudící vody se tak mění na základě tohoto principu (v otáčející se smyčce elektrického vodiče v magnetickém poli se indukují střídavé elektrické napětí) na energii elektrickou, ta se transformuje a odvádí do míst spotřeby. [9]



Obr. 2 Schéma připojení generátoru na Kaplanovu turbínu

1.1.3 Výhody a nevýhody vodní energie

Výhody:

- Obnovitelný zdroj a eliminace emisí skleníkových plynů
- Při správných podmínkách větší množství energie nežli ostatní OZE
- Může sloužit také k akumulaci energie od ostatních zdrojů např. solární energie
- Vodní přehrady fungují navíc jako ochrana před povodněmi, zdroj pitné vody a pro rekreaci

Nevýhody:

- Menší dopad na životní prostředí (vodní živočichy, rostliny)
- Náklady na výstavbu a následnou údržbu
- Riziko protržení přehrady

[10]

1.2 Solární energie

Druhým OZE, který je u nás stále více v oblibě je solární energie. Pochopitelně jejím zdrojem je Slunce. To má podle výpočtu vědců zářivost okolo $3,8 \times 10^{23}$ kW. Odhadem, je to výkon, který reprezentuje asi 40 bilionkrát spotřebu energie lidstva na Zemi. Ovšem i s naší nynější technologií jsem schopni využít jen zlomek tohoto výkonu. [1]

Na naší planetu dopadne okolo 180 tisíc TW, z toho další čtvrtina se odrazí zpět do kosmického prostoru, necelá pětina je pohlcena atmosférou a skoro další polovina je přeměna na teplo. Můžeme tedy konstatovat, že stále využíváme jen naprosté minimum této energie pro výrobu elektrické energie na Zemi. [1]

Z hlediska ochrany životního prostředí se solární energie dá považovat za nejčistší a nejudržitelnější zdroj energie, který známe. Dnes se solární energie využívá více než ve stovce zemí po celém světě a celosvětový instalovaný výkon již na konci roku 2009 byl 21 GW. [1]

1.2.1 Krátká historie a současný stav

Energie slunce se využívá již od pradávna. Už ve starověké Číně koncentrací paprsků zakládali oheň, s výrobou tabulkového skla se stavěli první skleníky pro pěstování ovoce a zeleniny, v druhé polovině 19. století byl sestrojen první parní stroj využívající pouze sluneční energii, a ještě později byly postaveny první sluneční termální elektrárny.

Nová éra započala v první polovině 19. století, objevem fotoelektrického jevu. Tento jev vysvětluje vznik elektrického napětí a proudu při osvětlení materiálu světlem nebo jiným elektromagnetickým zářením. Avšak velký posun přišel až o století později s první konstrukcí fotovoltaického článku na bázi křemíku a následné vesmírné programy v pozdějších letech 20. století, které položily základ fotovoltaice, jak ji známe dnes.

Pro lepší představu vývoje výroby el. energie v ČR ze solárních panelů, zde jsou data v Tab. 2 od roku 2000. Lze si všimnout velkého „boomu“ ve výstavbě sol. elektráren od roku 2010 kdy byly velmi výhodné výkupní ceny energie což pomohlo velkému rozvoji fotovoltaiky u nás. [11]

Tab. 2 Vývoj fotovoltaiky v ČR [4]

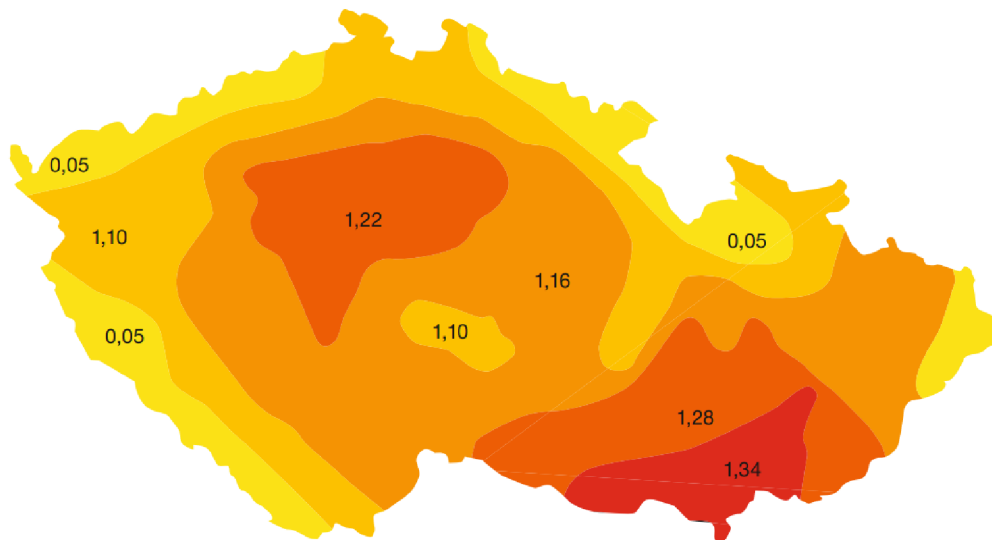
| FVE | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Výroba (MWh) | 50 | 81 | 116 | 184 | 291 | 414 | 592 | 2 127 |
| Instalovaný výkon (MWp) | 0,072 | 0,124 | 0,155 | 0,289 | 0,413 | 0,586 | 0,841 | 3,961 |
| FVE | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| Výroba (MWh) | 12 937 | 88 807 | 615 702 | 2 182 018 | 2 148 624 | 2 032 654 | 2 122 869 | 2 263 846 |
| Instalovaný výkon (MWp) | 39,5 | 464,6 | 1 727 | 1 913 | 2 022 | 2 063,5 | 2 067,4 | 2 074,9 |
| FVE | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | | |
| Výroba (MWh) | 2 131 455 | 2 199 263 | 2 364 775 | 2 336 671 | 2 337 850 | 2 315 964 | | |
| Instalovaný výkon (MWp) | 2 067,9 | 2 075,4 | 2 081,1 | 2 110,7 | 2 172,0 | 2 316,0 | | |

Podle dat dostupných z ČSÚ k roku 2021, bylo evidováno přes 50 tisíc FVE s celkovým instalovaným výkonem okolo 2200 MWp. Z toho velkých solárních parků

(výkon nad 1 MWp) bylo 493, velký zbytek tvoří menší elektrárny umístěné na střechách domů nebo v průmyslových objektech. Mikrozdrojů bylo u nás na konci loňského roku instalováno 73 441 s celkovým výkonem 0,449 MWp, menších 9 125 s celkovým výkonem 243,3 MWp, středních 1 197 o výkonu 480,4 MWp a velkých 493 s celkovým výkonem 1 290,4 MWp. [34]

1.2.2. Fotovoltaika a její technické parametry

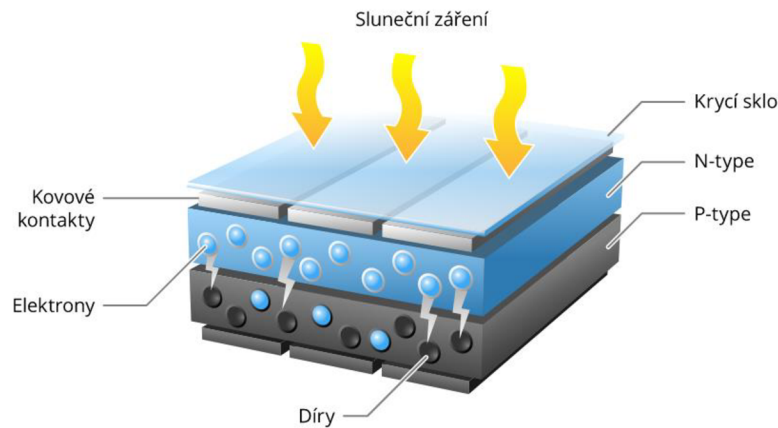
Do ČR dopadá ročně sluneční energie o velikosti 1000 kWh/m². Při našich podmínkách je pak schopen fotovoltaický systém o výkonu 1 kW vyrobit cca 700 až 1000 kWh elektrické energie. Pro lepší představu přikládám **Obr. 3** znázorňující dopad slunečního záření na území ČR v MWh za rok. Velkou roli v zářivosti během roku určitě hrají i přírodní podmínky (oblačnost) a roční období, které mají velký vliv na množství dopadajícího světla během roku. [1]



Obr. 3 Mapa slunečního záření v ČR [1]

K přeměně dopadajícího slunečního záření na elektrickou energii používáme fotovoltaického článku. Dnes se používá již několik typů článku, dělíme je na **monokrystalické**, **polykrystalické** (dnes nejpoužívanější) a **amorfní**. Liší se pouze ve stavbě a počtu krystalů, které jsou na jednom článku, ale ve své podstatě dělají stejnou práci s troškou odlišnou účinností a pro různé typy použití. Základem pro všechny články je **fotovoltaický jev** (vznik elektromotorického napětí při expozici polovodičových materiálů zářením určitých vlnových délek). Pro využití tohoto jevu byl zkonstruován tzv. **PN přechod**. Spodní **P** vrstva je tvořena obvykle z krystalického křemíku s příměsí bóru, na vrchní straně polovodiče **N** přechodu je většinou křemík dotovaný indiem. Na rozhraní těchto vrstev pak vzniká **PN přechod** s jednosměrným průchodem elektronů z **P** vrstvy do **N** vrstvy. Dopadajícími fotony (název pro elementární částici elektromagnetické energie) předávají materiálu energii a tím v něm uvolní elektrony v **P** vrstvě, které se pak shromažďují v horní **N** vrstvě a vytváří napěťový potenciál mezi

zmiňovanými vrstvami, připojením elektrod se pak dá velmi dobře toto stejnosměrné napětí využít. Názorný příklad tohoto procesu je vidět na **Obr. 4**. [12]



Obr. 4 Princip fotovoltaického jevu [12]

Napětí solárního článku je příliš malé na to, aby se dalo přímo využít. Proto se solární články propojují do větších celků – **solárních panelů**. Propojení může být sériové – pro zvýšení výstupního napětí, paralelní – pro zvýšení výstupního proudu dodávaného panelem, nebo sériově paralelní – pro optimální nastavení výstupních pracovních parametrů. Panely lze rozdělit také podle výkonových charakteristik. Vyrábějí se panely o nominálních výkonech 10 Wp až 300 Wp, platí však, že čím výkonnější panel, tím je také rozměrnější. Sestavením vícero takovýchto panelů nazýváme sluneční fotovoltaické elektrárny. Podle instalovaného výkonu pak dělíme elektrárny na malé – s výkonem několik jednotek kW až desítky kW a velké – s výkonem počítaným v MW. Většina elektráren je připojena přímo do distribuční el. sítě, ale také se dá vytvořená energie ukládat do baterií pro pozdější užití. [12]

Typy rozdělení fotovolt. článků: [11]

- **monokrystalické**
 - vyrábí se tažením roztaveného křemíku do formy tyčí
 - struktura je jednodušší
 - účinnost 14-20 % (vyjadřuje schopnost článku kolik záření je schopno využít pro přeměnu el. energie, zbytek se mění na teplo nebo odráží pryč)
- **polykrystalické**
 - základ křemíková podložka z vícero menších krystalů
 - levnější výroba než monokrystalické
 - účinnost 12-15 % (lépe dokážou využít rozptýlené světlo)

- **amorfní**
 - tenká vrstva fotocitlivého materiálu napařená na podklad. materiál
 - pracují dobře za zhoršených světelných podmínek
 - účinnost 7-10 %
 - představují až 15 % všech vyráběných článků

Typy fotovolt. elektráren: [11]

- **sluneční fotovoltaické elektrárny**
 - nejklasičtější typ elektrárny v našem klimatickém prostředí
 - dnes zavádíme již i oboustranné panely
- **sluneční termální elektrárny**
 - shromažďují tepelnou energii pro výrobu el. energie
 - nejpoužívanější systém je skrz parní turbínu
 - s instalovaným zásobníkem je schopna produkovat el. energii až 65 % v roce
- **parková sluneční elektrárna**
 - mnoho žlabových kolektorů (soustředí paprsky do co nejmenšího ohniska) zapojených vedle sebe
 - také navíc shromažďují teplo pro výrobu el. energie v parní elektrárně
 - účinnost přímé přeměny na el. energii je 10–15 %

1.2.3 Výhody a nevýhody solární energie

Výhody:

- Čistá energie bez emisí, hluku a odpadů
- V podstatě „nevyčerpatelný“ zdroj obří energie
- Dlouhá životnost panelů 25-30 let
- Velké poklesy výrobní ceny v posledních letech
- Výstavba možná i u soukromých osob (střechy domů, rozlehlé pole apod.)

Nevýhody:

- Pokles účinnosti po dlouhé době provozu (cca 20 %)
- Vysoká energetická náročnost výroby křemíkových panelů
- Nutná recyklace panelů na konci životnosti
- Přenos elektřiny na velké vzdálenosti od místa spotřeby

1.3 Větrná energie

Třetím OZE je energie větru. Vítr vzniká v důsledku nerovnoměrného ohřevu zemského povrchu, kde dochází k rozdílným atmosférickým tlakům vzduchu a vzniku větru. Laicky řečeno, studený vzduch („těžší“ vzduch) se tlačí na teplý („lehčí“ vzduch) vzduch, který má tendenci stoupat vzhůru. Další velký vliv na vítr má rotace planety Země, která způsobuje stáčení větrných proudů, méně ovlivňujícími faktory jsou morfologie krajiny, vodní plochy, pokryv rostlin apod. Lze konstatovat, že některá místa na zemi mají lepší větrné podmínky, jiná zase horší.

Lidé pro využití větrných podmínek staví větrné elektrárny, dá se považovat za energetickou průmyslovou stavbu. Na konci roku 2004 pracovaly větrné elektrárny v ČR s celkovým instalovaným výkonem o něco málo vyšším než 11 MW (vyrobily necelých 10 GWh elektrické energie), na konci roku 2010 bylo instalováno přes 215 MW a vyrobeno 335,5 GWh elektřiny. V dnešní době pokrývá větrná energie necelé 1 % výroby energie v ČR. [1]

Z hlediska životního prostředí je větrná energie velmi šetrná. Elektrárny nevyrábí žádné odpady, emisní plyny či odpadní teplo. Samotná stavba (*plocha stavení*) nezabírá moc místa, tudíž nezasahuje ani do zemědělské půdy či jiné přírodní krajiny. Jediné mínus může být odpadní hluk, který vzniká interakcí větru s listy rotoru a vznikem vzduchových vírů. Ale tento hluk se dá regulovat konstrukcí profilu listů apod. [1]

1.3.1 Krátká historie a současný stav

Opět i zde historie sahá až do dávných časů starověku (cca před 3 700 lety), kde v Mezopotámii již využívali sílu větru pro pohon svých zavlažovacích zařízení. Dalším klasickým využitím byly mlýny na mletí obilí v Číně, Persii a později i Evropě. Historicky první mlýn na našem území je datován z roku 1277 na zahradě Strahovského kláštera v Praze. K rozvoji větrných turbín došlo až na konci 19. století díky panu vynálezci Charles Francis Brush, jež postavil první automaticky pracující větrnou turbínu na světě. Sloužila k dobíjení akumulátorů v jeho domě. U ČR se datují první výstavby větrných elektráren v průběhu 80. let minulého století a následný největší rozvoj v průběhu 90. let. V současné době větrné elektrárny pracují zhruba na stovce lokalit v ČR, jejich nominální výkon se pohybuje od malých výkonů 300 W, pro soukromé využití až po 3 MW. Vývoj výroby el. energie v MWh od roku 2000 do roku 2021 lze vidět pak v **Tab. 3.** [13]

Tab. 3 Výroba a instalovaný výkon v ČR [4]

| VTE | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Výroba (MWh) | 885 | – | 2 016 | 4 893 | 9 871 | 21 280 | 49 400 | 125 100 |
| Instalovaný výkon (MW) | – | – | 6,4 | 10,6 | 16,5 | 22,0 | 43,5 | 113,8 |
| VTE | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| Výroba (MWh) | 244 661 | 288 067 | 335 493 | 397 003 | 415 817 | 480 519 | 476 544 | 572 612 |
| Instalovaný výkon (MW) | 150,0 | 193,2 | 213,0 | 213,0 | 258,0 | 262,0 | 278,0 | 280,6 |
| VTE | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | | |
| Výroba (MWh) | 496 957 | 591 038 | 609 330 | 700 014 | 699 083 | 601 534 | | |
| Instalovaný výkon (MW) | 282,0 | 308,2 | 316,2 | 339,4 | 339,4 | 339,4 | | |

Z dat shromážděných ČSVE je možné zjistit, že instalovaný výkon ke konci roku 2022 je pak 340 MW a podle dat z tabulky výroba za rok 2021 činila 601 GWh. Počet

evidovaných elektráren k roku 2020 pak je 210. Do budoucna se počítá s větší výstavbou nežli doposud, k potenciálu do budoucna se více dozvíte ve druhé kapitole.

1.3.2 Technický popis větrné energie

Využíváme kinetickou energii proudícího vzduchu (*větru*) k pohonu rotoru větrného stroje. Ten následně převede tuto mechanickou energii ke generátoru, který vyrobí energii elektrickou. Při konstrukci větrného stroje se musí brát na zřetel aerodynamické síly, které vznikají při proudění vzduchu u listů rotoru, z tohoto důvodu se musí listy profilovat do tvaru podobnému jako u křídel letadla. Nejdůležitějším faktorem pro množství získané energie je rychlost větru. Energie pohybující se hmoty vzduchu je přímo úměrná ploše, kterou vzduch protéká a druhé mocnině jeho rychlosti. Výkon protékající jednotkovou plochou je přímo úměrný hustotě vzduchu a třetí mocnině jeho rychlosti. Poté je zřejmé, že dvojnásobný nárůst rychlosti vzduchu, znamená osminásobný nárůst získané energie. Proto jsou pečlivě vybírány správná místa s dobrou střední rychlostí vzduchu na výstavbu větrného stroje. [14]

Vítr předává jenom část své energie lopatkám větrné turbíny. Teoretickou hodnotu dosažitelné účinnosti turbíny stanovil Albert Betz na cca 59,26 % (v roce 1920). Reálná účinnost turbíny je ještě menší, s přihlédnutím na reálné ztráty z mechanického tření, nastavením úhlu lopatek atd. Potom tedy reálný výkon větrného motoru P_m (W) lze spočítat následujícím vzorcem.

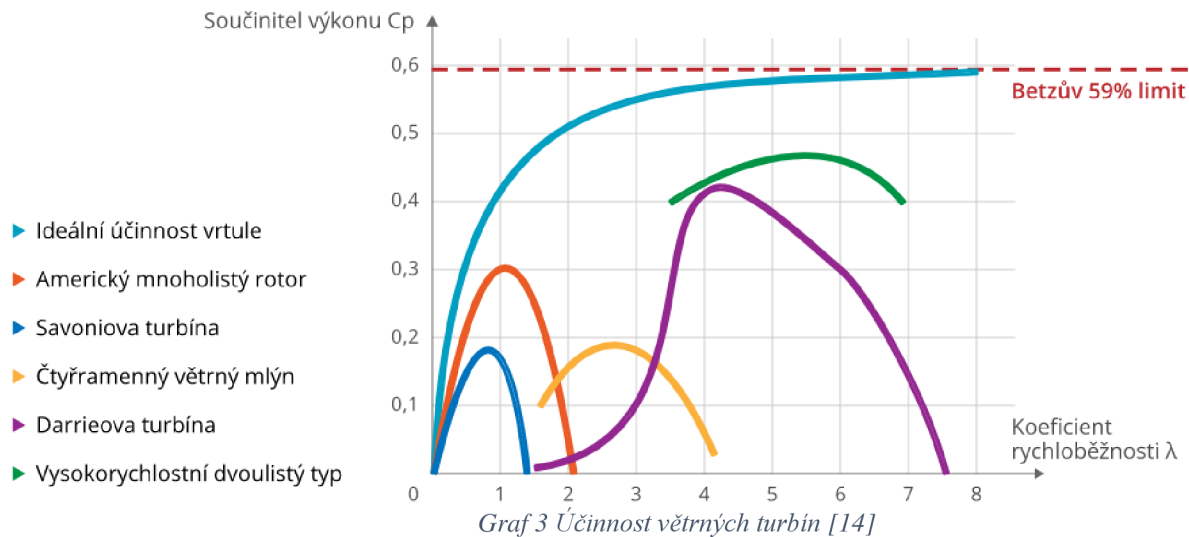
$$P_m = 0,125 \cdot C_p \cdot \rho \cdot v^3 \cdot \pi \cdot D^2$$

kde:

- 0,125 – koeficient ročního využití*
- C_p – výkonový součinitel (účinnost)*
- ρ – hustota vzduchu (kg/m^3)*
- v – rychlost větru (m/s^2)*
- D – průměr vrtule (m)*

Následně spojením hřídele rotoru s generátorem, buď přímo nebo převodovkou, se mění mechanická energie na základě magnetické indukce v energii elektrickou. Existuje několik typů turbín. Dají se rozdělit do dvou kategorií, a to s vertikální osou a horizontální osou otáčení (**Darrieova** a **Savoniova**). Většinou mají připojení ke generátoru přes převodovku, ale dá se zkonstruovat i bez, a to pomocí multipólového generátoru umístěného většinou přímo za vrtulí.

Níže na **Graf 3** můžeme vidět účinnosti jednotlivých typu turbín (např. **Darrieova**, **Savoniova** nebo **vysokorychlostní dvoulistá** a další) v závislosti na výkonovém součiniteli a koeficientu rychloběžnosti λ (*poměr obvodové rychlosti konce listu vrtule k rychlosti větru*). [14]



1.3.3 Výhody a nevýhody větrné energie

Výhody:

- Čistý zdroj energie bez škodlivých emisí
- Lze získávat lokálně na našem území
- Nevyčerpatelný zdroj energie

Nevýhody:

- Výkon závislý na aktuální síle a směru větru
- Menší zásah do přirozeného rázu krajiny
- Náročná recyklace a drahá výroba elektráren
- Vydávají periodicky hluk slyšitelný v blízkém okolí

1.4 Biomasa a bioplyn

Mezi další OZE se řadí biomasa a bioplyn. Jedná se o další typ sluneční energie uložené v organických materiálech – biomase. V ČR se dá mluvit převážně o dřevě, tříděném odpadu, slámě (zemědělské zbytky) či exkrementech užitkových zvířat. Při užití biomasy (*i bioplynu*) získáváme nejen elektrickou energii, ale také teplo. Spalování biomasy má velkou výhodu oproti fosilním palivům, jejím spalováním se nezatěžuje okolní prostředí nadměrným množstvím oxidu uhličitého, a navíc lze ještě vzniklý popel následně využít jako kvalitní hnojivo. Odvětví, které tyto zdroje využívá se nazývá fytoenergetika. Velkou výhodou je využití biomasy také v domácnostech hlavně pro tvorbu tepelné energie. [1]

Bioplyn je pak jen vedlejší produkci biomasy, vzniklý uložením org. materiálů v uzavřené nádobě bez vzduchu tzv. fermentací (*proces, při kterém mikroorganismy rozkládají organický materiál bez přístupu vzduchu*). Jedná se o plyny velmi bohaté na metan. Lze ho také využít jak k výrobě elektřiny, tak i výrobě tepla, stejně jako u biomasy.

Na Zemi vzniká za rok odhadem 100 miliard tun biomasy, což představuje asi pětinašobek současné roční světové spotřeby energie. [1]

1.4.1 Krátká historie a současný stav

Po slunečním záření byla biomasa jediným dostupným zdrojem energie po miliardy let. Lidstvo začalo využívat biomasu od chvíle, kdy se naučilo rozdělovat a udržovat oheň. V České republice započal rozvoj fytoenergetiky v druhé polovině 90. let. Jedním z hlavních impulsů jako u jiných OZE byly ropné krize. Avšak v rámci Evropy byl rozvoj velmi nerovnoměrný, protože nebyl stabilizovaný trh s biomasou jako energetickou komoditou. V přiložených dvou tabulkách (**Tab. 4** a **Tab. 5**) můžeme vidět vývoj výroby elektrické energie v ČR při užití biomasy, resp. bioplynu. Dnes se řadí biomasa k nejdůležitějším zdrojům OZE, které využíváme. Její přínos je dnes již velmi důležitý, protože vyrábí převážnou část elektřiny i tepla. Za rok 2021 to bylo 66,14 % biomasy a 11,02 % bioplyn z celkového podílu na výrobě energie z OZE. [4;15]

Tab. 4 Vývoj výroby el. energie z biomasy [4]

| Rok | Počet respondentů | Hrubá výroba elektřiny (MWh) | Dodávka do vlastního podniku nebo zařízení vč. ztrát (MWh) | Přímé dodávky cizím subjektům (MWh) | Spotřeba paliva (t) |
|------|-------------------|------------------------------|--|-------------------------------------|---------------------|
| 2003 | 7 | 372 972,4 | 149 571,1 | 223 401,3 | 203 855,7 |
| 2004 | 15 | 564 545,8 | 171 819,5 | 392 726,3 | 414 911,1 |
| 2005 | 15 | 560 251,9 | 301 686,7 | 258 565,2 | 389 239,1 |
| 2006 | 19 | 731 088,6 | 419 653,6 | 311 435,0 | 512 434,5 |
| 2007 | 22 | 968 071,9 | 562 607,5 | 405 232,5 | 665 376,3 |
| 2008 | 27 | 1 170 527,4 | 589 198,6 | 581 328,7 | 865 116,3 |
| 2009 | 32 | 1 396 271,1 | 627 587,0 | 768 684,0 | 1 063 912,9 |
| 2010 | 37 | 1 492 238,5 | 647 011,1 | 845 227,4 | 1 253 224,4 |
| 2011 | 45 | 1 684 571,8 | 691 895,6 | 992 675,6 | 1 351 767,0 |
| 2012 | 49 | 1 817 337,4 | 748 383,8 | 1 068 953,6 | 1 458 830,7 |
| 2013 | 63 | 1 683 272,0 | 828 414,2 | 854 857,7 | 1 404 471,3 |
| 2014 | 60 | 1 992 217,4 | 872 213,9 | 1 120 003,4 | 1 504 732,6 |
| 2015 | 61 | 2 091 494,5 | 864 847,0 | 1 226 647,5 | 1 603 185,8 |
| 2016 | 53 | 2 067 744,5 | 835 413,7 | 1 232 330,8 | 1 643 865,0 |
| 2017 | 51 | 2 213 397,0 | 878 842,2 | 1 334 554,5 | 1 806 695,5 |
| 2018 | 47 | 2 120 883,3 | 856 702,1 | 1 264 181,2 | 1 720 829,5 |
| 2019 | 49 | 2 398 733,6 | 1 025 183,8 | 1 373 549,9 | 1 897 821,4 |
| 2020 | 54 | 2 498 965,4 | 1 066 564,3 | 1 432 401,0 | 1 956 385,1 |
| 2021 | 51 | 2 664 592,7 | 1 107 371,6 | 1 557 221,0 | 2 135 213,6 |

Tab. 5 Vývoj výroby el. energie z bioplynu [4]

| | Počet respondentů | Instalovaný elektrický výkon (kW) | Hrubá výroba elektřiny (MWh) | Dodávka do vlastního podniku nebo zařízení vč. ztrát (MWh) | Přímé dodávky cizím subjektům (MWh) |
|------|-------------------|-----------------------------------|------------------------------|--|-------------------------------------|
| 2003 | 39 | 24 985 | 107 856,1 | 53 550,0 | 54 306,1 |
| 2004 | 57 | 32 540 | 138 793,4 | 56 658,2 | 82 135,2 |
| 2005 | 59 | 36 271 | 160 856,9 | 66 262,3 | 94 594,6 |
| 2006 | 65 | 42 838 | 175 837,0 | 74 191,0 | 101 647,0 |
| 2007 | 78 | 49 913 | 215 223,0 | 75 093,3 | 140 129,6 |
| 2008 | 108 | 71 031 | 266 868,3 | 86 422,0 | 180 446,3 |
| 2009 | 146 | 95 766 | 441 266,1 | 109 346,8 | 331 919,3 |
| 2010 | 172 | 117 884 | 634 662,0 | 132 156,9 | 502 505,1 |
| 2011 | 240 | 177 130 | 928 714,8 | 171 390,0 | 757 324,8 |
| 2012 | 367 | 300 148 | 1 467 683,7 | 220 721,1 | 1 246 962,6 |
| 2013 | 434 | 360 684 | 2 293 592,6 | 359 353,5 | 1 934 239,1 |
| 2014 | 440 | 366 696 | 2 583 362,5 | 394 453,7 | 2 188 908,8 |
| 2015 | 442 | 368 029 | 2 614 064,9 | 397 046,1 | 2 217 018,8 |
| 2016 | 439 | 368 490 | 2 589 023,0 | 418 576,5 | 2 170 446,4 |
| 2017 | 442 | 372 036 | 2 640 218,3 | 434 895,7 | 2 205 322,3 |
| 2018 | 439 | 368 879 | 2 607 205,6 | 459 406,5 | 2 147 799,0 |
| 2019 | 440 | 368 301 | 2 528 077,7 | 466 356,1 | 2 061 721,6 |
| 2020 | 437 | 366 216 | 2 596 449,5 | 467 180,6 | 2 129 268,9 |
| 2021 | 436 | 369 515 | 2 592 779,1 | 469 321,5 | 2 123 457,5 |

Kromě spalování biomasy v domácnostech, kde je biomasa používána hlavně jako palivo pro výrobu tepelné energie, také máme již dlouhou dobu (*od konce 1. poloviny 20. století*) v ČR několik významných spaloven biomasy, které provozuje Skupina ČEZ. Jsou to elektrárny v Poříčí, Hodoníně a Jindřichově Hradci. Tyto provozovny vyrábí jak velké množství tepelné energie, tak i menší množství el. energie v řádu několik stovek GWh ročně s distribucí do domácností a jiných průmyslových provozoven.

Bioplynových stanic v ČR je také velké množství. Dle dostupných informací od České bioplynové asociace je k roku 2021 celkem 574 stanic využívajících různé bioplyny jako palivo pro vytápění a výrobu el. energie. Jak je z grafu patrné ze spalování biomasy jsme vyrobili 2,66 TWh elektřiny a z bioplynu 2,59 TWh elektřiny. I proto můžeme konstatovat, že tyto OZE jsou u nás velmi důležité.

1.4.2. Technický popis a rozdělení zdrojů biomasy

Rozdělení zdrojů biomasy:

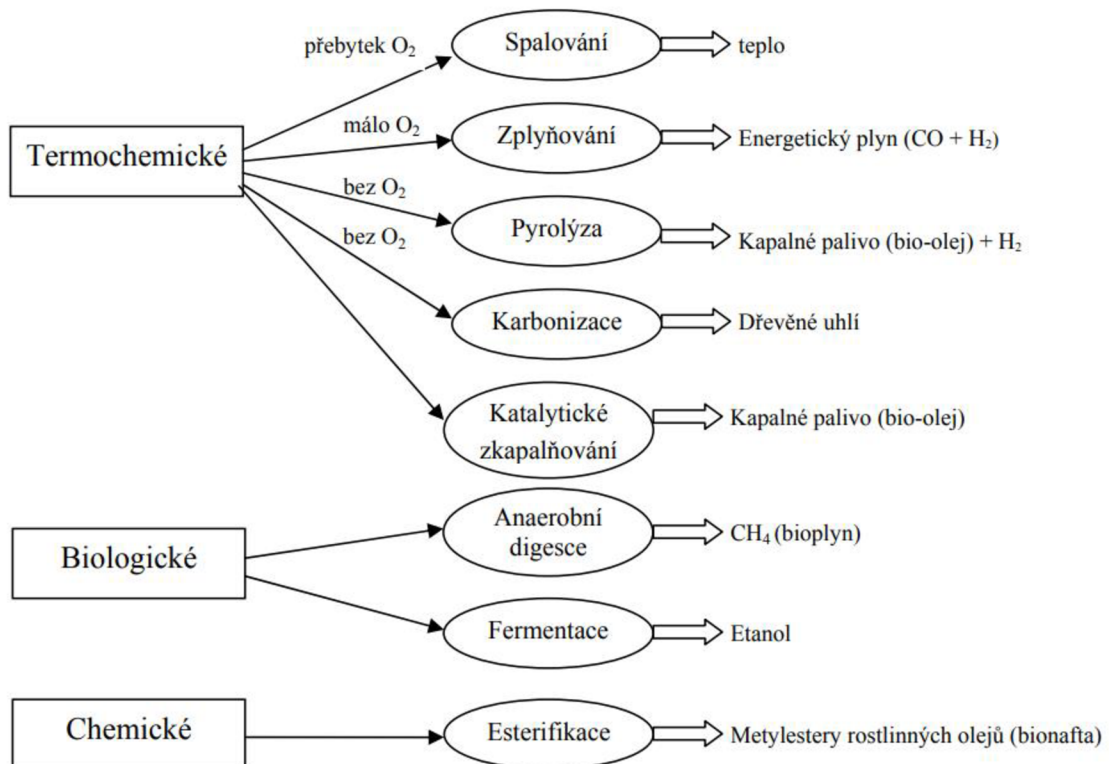
- Přírodní – dřeviny, dřevní odpad, kůra, sláma
- Průmyslové – kejda a chlévská mrva pro produkci bioplynu, odpady z jatek, mlékáren, lihovarů, kapalná biopaliva
- Komunální – kaly z čistíren odpadních vod, bioplyn ze skládek odpadů, organický komunální odpad

Termomechanické přeměny biomasy (viz **Obr. 5**):

- spalování
- zplyňování
- pyrolýza
- karbonizace
- katalytické zkapalňování

Biomechanická přeměna biomasy na bioplyn:

- metanové kvašení
- lihové kvašení
- esterifikace bioolejů

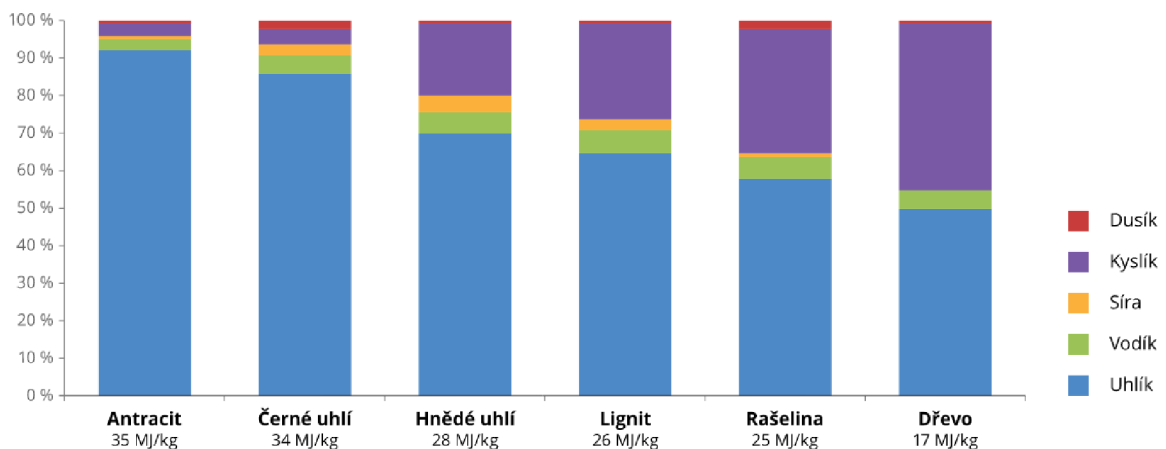


Obr. 5 Základní proces a přeměny biomasy

Při spalování biomasy dochází k fyzikálně chemické reakci mezi palivem a okysličovadlem. Dochází při ní k uvolňování tepla a oxidaci paliva. Nejvýznamnější prvky, u kterých se při hoření uvolňuje energie jsou uhlík a vodík. Kyslík a dusík se podílejí bez energetického zisku.

Biomasa se spaluje v upravených kotlích tepelných elektráren. Při tom vzniklá tepelná energie, která je následně využita na výrobu elektrické energie v parním cyklu, nebo je dodávána odběratelům ve formě tepla. Kromě hořlaviny obsahuje i nehořlavé chemické složky (*popeloviny*). Spalováním dochází k chemickým přeměnám a vzniku nových látek, tvořící výsledný popel. Podíl těchto popelovin v palivu pak snižuje jeho celkovou výhřevnost, tím tedy i množství získané energie.

Nejvyšší účinnosti dosahuje biomasa při využití pro produkci tepla – více než 90 %. Velmi často se biomasa využívá v kogenerační výrobě – kombinované výrobě elektřiny a tepla (*účinnost 50-90 %*). Při čisté výrobě elektřiny se účinnost pohybuje pod 50 %. Výhřevnost paliva je velmi odlišná u jednotlivých zdrojů biomasy. Kolísá nejen podle druhu např. dřeva či rostliny, ale také jak moc jsou jednotlivá paliva citlivá na vlhkost, která také snižuje celkovou výhřevnost. Průměrná výhřevnost dokonalé suché biomasy je 18,6 MJ/kg, v praxi díky okolním vlivům pak okolo 10–15 MJ/kg (*pro srovnání, černé uhlí má výhřevnost 24–29 MJ/kg*). V **Graf 4** je pak zaznačena výhřevnost některých paliv a také jejich prvkové složení. [16]



Graf 4 Prvkové složení paliv a jejich výhřevnost [16]

1.4.3 Výhody a nevýhody biomasy

Výhody:

- obnovitelný zdroj energie, neutrální k produkci CO₂
- tuzemský zdroj energie až s přebytkem paliva
- zbytky po spalování lze využít dále jako hnojivo
- možnost spalování tříděných odpadů
- možnost výroby biopaliv a bioplynu z biomasy
- lze využít i v domácnostech

Nevýhody:

- nižší účinnost při výrobě elektřiny
- někdy nutná úprava paliva
- vyšší obsah vody = nižší výhřevnost
- u výroby bioplynu vyšší náklady na technická zařízení
- nutná likvidace popela
- omezení dopravních vzdáleností
- není kompletně bez emisí

1.5. Geotermální energie

Je druh OZE, který pochází z přirozené činnosti pod povrchem Země. Je to tepelná energie, která vyvěrá na povrch Země pomocí vulkanické činnosti, horké vody a páry nebo horkých plynů. Zpočátku se pouze využívala na lázeňské potřeby, ale začátkem 20. století přišli první pokusy o využití těchto zdrojů k výrobě elektřiny. Geotermální energie je levný obnovitelný zdroj, ekologicky přijatelný s obrovským potenciálem. V České republice se zatím nachází pouze jedna výrobní využívající geotermální energii. Jedná se o vrt hluboký 550 m pod povrch pro vodu v obrovském podzemním jezeru, jejíž zdroj energie tato elektrárna využívá pro zásobování obyvatel Děčína teplem. Jinak v ČR není mnoho velkého potenciálu pro další geotermální elektrárny. Předpokládaný vývoj se objeví v další kapitole. [17]



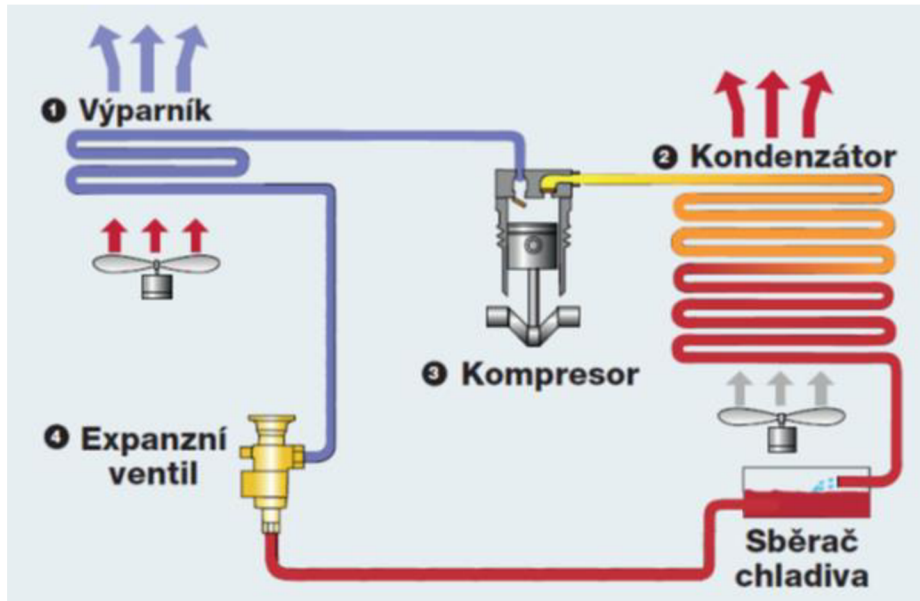
Obr. 6 Geotermální elektrárna Nesjavellir, druhá největší na Islandu [17]

1.6 Tepelná čerpadla

Dá se považovat za zdroj OZE. Tepelné čerpadlo je ve své podstatě jako lednička, akorát celý proces koluje naopak. Tepelné čerpadlo využívá teplo **ze vzduchu, země a vody**. Vzduch totiž přirozeně přenáší energii ze slunečního záření, země se ohřívá od vzduchu (*a přejímá geotermální energii*) a podzemní voda má svou více méně konstantní teplotu také geotermálního původu (*z jádra Země*). Tepelné čerpadlo přijímá tuto energii a přenáší ji do topného systému. Jediná nevýhoda je, že pro tento proces je potřeba dodávat čerpadlu elektrickou energii, ale pokud bychom tuto energii získali z jiného zdroje OZE, dalo by se říct, že čerpadla dodávají čistou tepelnou energii bez emisí. [18]

Rozeznáváme několik typů čerpadel na základě jejich zdroje a využití:

- 1) vzduch – voda (získaná energie ze vzduchu pro ohřev vody v domácnosti)
- 2) země – voda (získaná energie ze země taktéž pro ohřev vody)
- 3) vzduch – vzduch (získaná ze vzduchu pro ohřev vzduchu v domácnosti)
- 4) voda – voda (stejný princip viz nahoře)



Obr. 7 Základní schéma pracovního okruhu (příklad tepelného čerpadla vzduch-vzduch).[18]

Poznám.: Skrz výparník proudí venkovní vzduch a skrz kondenzátor vzduch přicházející do interiéru. Zkapalněné chladivo samotížně stéká z kondenzátoru do spodní části okruhu do kompresoru vstupují páry chladiva.

Podle statistiky MPO bylo v ČR v minulém roce nainstalováno přes 60 tisíc těchto ekologických zdrojů tepla. Skoro dvojnásobný počet oproti roku 2021. Nejčastěji instalovaným typem je vzduch-voda. Mezi hlavní výrobce tepelných čerpadel patří společnosti *NIBE*, *Stiebel Eltron*, *Daikin*, *Mitsubishi Electric*, *Panasonic*, *Bosch Termotechnika* a další. [35]

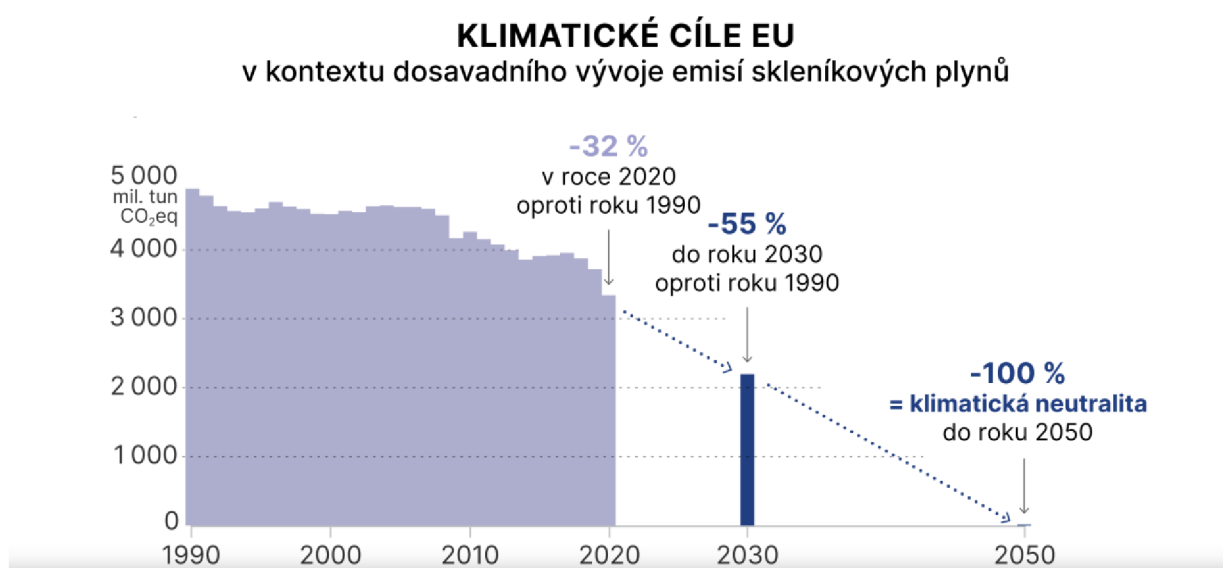
2 Vývoj využití OZE v ČR do budoucna

OZE v budoucnu budou hrát velkou roli v tvorbě elektrické energie nejen u nás, ale po celém světě. Jak je již zmíněno v úvodu, je to i díky politickému nátlaku, který má za hlavní cíl snížit velké emise GHG (*greenhouse gas*, v překladu *skleníkové plyny*) produkované doposud převládajícími fosilními palivy při výrobě energie a přejít tak postupně na obnovitelné zdroje. Zde vyvstává ale mnoho nejasných proměnných a otázek. Ne každý stát má stejné klimatické a přírodní podmínky pro využívání OZE a také má každý přístup k trochu jiným druhům technologie. Jak se tedy státy mají připravit na postupnou náhradu fosilních paliv OZE? Kdo bude financovat výstavby nových FVE či VTE, sám stát, soukromé firmy či dotace z EU? Jakou technologii zvolit? Která cesta vyjde ekonomicky i ekologicky nejlépe? I všechny tyto otázky teď musí řešit ČR, která se zavázala k přechodu na OZE stejně jako další členové EU.

ČR jakožto již dlouholetý člen EU (od 2004), se musí řídit podle jednotné evropské politiky EU v mnoha oblastech, již jednou z nich je i oblast energetiky. EU vydala za posledních 20 let již několik směrnic udávajíc své cíle v oblasti energetiky a přechodu k OZE, jako hlavnímu zdroji při výrobě elektřiny a tím snížení emisních plynů (GHG). Tato kapitola je o právě daném procesu přechodu k OZE, jaká nás čeká budoucnost v této oblasti, jaké nové technologie se dají u nás využít a také to, jaký dopad to bude mít na cenu energie v budoucnu.

2.1 Cíle stanové EU

Členské státy EU již roku 2009 přijali a zavázali se ke snížení GHG emisí o 80-90 % do roku 2050. Nová zastřešující dohoda tohoto cíle – Zelená dohoda pro Evropu (*angl. European Green Deal*) vytyčuje nejen cíle, ale upevňuje stanoviska, předkládá strategický text pro vyjednávání a diskuzi do budoucna. Dotýká se všech sektorů hospodářství, a kromě snižování emisí se zaměřuje i na obnovu biodiverzity či ochranu životního prostředí obecně. Jedním z jejich hlavních cílů je dosažení klimatické neutrality do roku 2050 (viz **Graf 5**). Ale co se týká nás v blízké budoucnosti je její mezikrok, a to snížení o cca 40–50 % snížení emisí do roku 2030 (*bráno oproti roku 1990*), 32% podílu OZE na konečné spotřebě energie a 32,5% zlepšení energetické efektivity. [20; 21]



Graf 5 Klimatické cíle EU do roku 2050 [21]

2.2 Budoucnost využívání OZE v ČR

ČR se již zavázala ke splnění výše zmíněných cílů. Jak těchto vytyčených milníků bude přesně dosaženo je zatím jen na papíře a realita může být všelijaká, ale podle dostupných dat a možností se dá předpokládat, jakým směrem se bude ČR ubírat. MPO již vypracovalo svůj plán v roce 2018, jedná se tzv. o Národní klimaticko-energetický plán (dále jen NKEP) s cílem zajistit plnění klimatických závazků. Hlavním cílem plánu je zvýšit podíl OZE na výrobě energie na 23 %. Avšak podle dostupných dat by se dalo konstatovat, že tento cíl je až velmi konzervativní a ČR by mohla směřovat daleko výše. Proto bylo vypracováno několik studií (scénářů) na základě NKEP a dalo se polemizovat, kam až může vývoj ČR zavést v oblasti čisté energetiky do roku 2030. Stavebním kamenem prognóz je výše zmíněný NKEP.

NKEP je scénář, který vychází z Vnitrostátního plánu ČR v oblasti energetiky a klimatu z roku 2018. Jeho hlavní cíl byl zmíněn již výše. Ale je nutné se podívat na to,

jak těchto cílů má být dosaženo podle tohoto plánu. Určitě jedním z řešení je výstavba nových elektráren, které dopomohou zvýšení procentuálního podílu OZE při výrobě energie, ale také na druhou stranu zachování již stávajících starších výroben a jejich postupná modernizace na nejnovější technologie, které bude nutno nadále financovat. [20; 22]

2.2.1 Představení jednotlivých scénářů studie

Všechny scénáře mají základ z Politiky ochrany klimatu v ČR (*MŽP 2017*) a NKEP (*MPO 2018*), jejíž hlavním cíle je snížit emise skleníkových plynů. Zmiňují podporu pro OZE a kombinovanou výrobu energie a tepla ve formě bonusů dle ERÚ. [19; 20]

A) Konzervativní

Představuje dosavadní tempo růstu nainstalovaných kapacit FVE a VTE. Předpokládaný roční přírůstek vyrobené energie je 23 MW u FVE a 11,8 MW u VTE. Avšak tento scénář plní pouze 14 % podíl OZE v dopravě, ale nenaplnuje ambice celkového podílu ani snížení emisí. [19; 20]

B) Modernizační

Zavádí nad rámec scénáře NKEP investiční podporu OZE. Modernizační fond má již zafixované dotační parametry. Tímto scénářem dostaneme průměrnou podporu ve výši až 64 % investičních nákladů. Instalované kapacity obnovitelných zdrojů ani fosilních paliv jsou tedy již výsledkem optimalizace a nikoli exogenním parametrem. [19; 20]

C) Zelený

Vychází z Modernizačního scénáře. Ukazuje nám vývoj energetiky, pokud bychom uvolnili podporu ve výši 64 % invest. nákladů až do roku 2030 a to bez omezení celkového objemu této podpory. [19; 20]

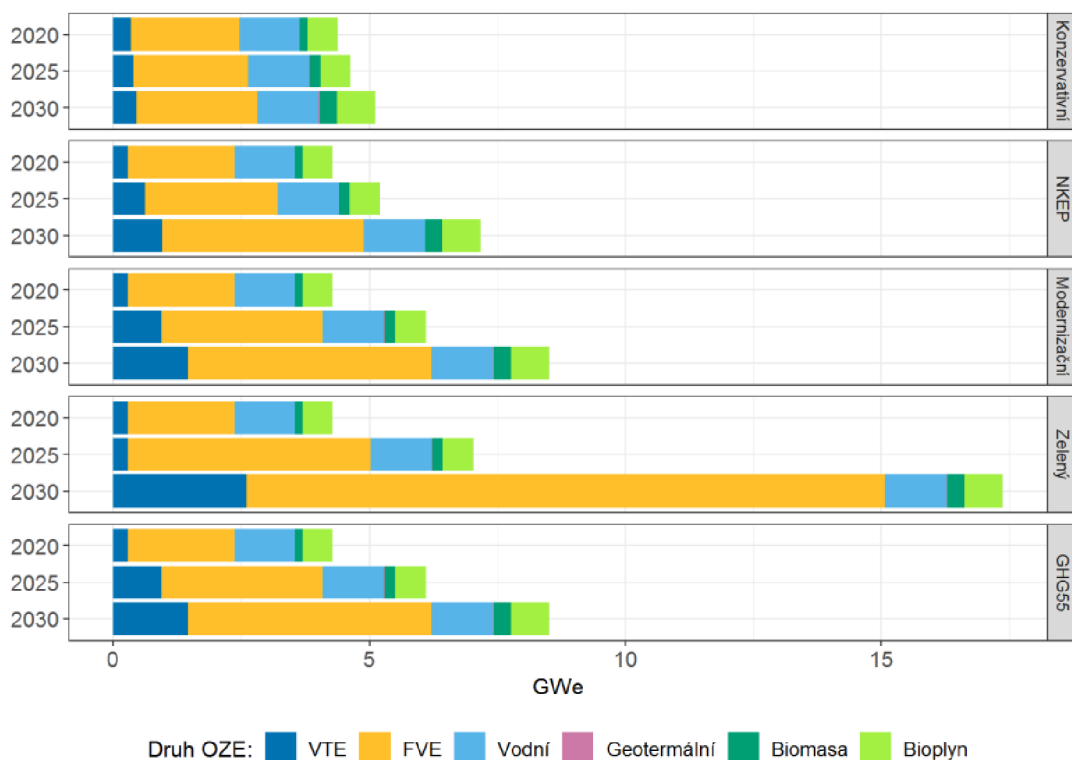
D) GHG55

Je nad rámec NKEP a Modernizačního scénáře. Hledá optimální řešení snížení emisí GHGF o 55 % oproti roku 1990 za stejných podmínek jako v Zeleném scénáři. [19; 20]

2.2.2 Instalovaný výkon OZE v budoucnu dle scénářů

Nejvíce zřetelný je rozdíl v přírůstcích právě u FVE a VTE. Je to logické, protože i v dnešní době nevyužíváme naplno potenciálu těchto dvou zdrojů. Stále se na našem území nachází velmi malý počet těchto elektráren k potenciálu energie, kterého lze z nich dosáhnout. U ostatních zdrojů biomasy (včetně bioplynu i biopaliva) či vody, již využíváme značnou část v celkovém podílu OZE, u biomasy (včetně biopaliva a bioplynu) skoro přes 77,5 %, u vody tedy v součtu sice jen necelá 4 %, ale zde se dá mluvit o jejím maximálním možném využití, když vezmeme v úvahu vodní podmínky (spád a množství vody v řekách) na našem území a již využitě pokrytí elektrárnami.

V příloženém **Graf 6** je pak vidět, jaké jsou předpokládané přírůstky podle jednotlivých scénářů do roku 2030. U biomasy a bioplynu se nejedná o čisté přírůstky, část stávajících stanic se transformuje na výrobu biometanu pro dopravu. [19; 20; 22]



Graf 6 Predikce využití OZE v ČR v budoucnu [20]

Jak je možno z grafu vyčíst, plán NKEP a k němu konzervativní scénář předpokládají velmi malé přírůstky, ať už stavbou nových elektráren FVE a VTE nebo modernizací těch stávajících. Naopak scénáře Modernizační (*totožný s GHG55*) a Zelený nám dávají lepší představu o potenciálu, který se v ČR v OZE nachází. Avšak je nutno dodat, že zde se počítá s vyšší dotací a investicemi nežli v plánech předchozích.

2.3 Nové předpokládané technologie OZE

Již víme, že největší přírůstek v OZE do budoucna se skrývá právě ve větrné a solární energii nejen kvantitou elektráren, ale také novými technologiemi ve využití těchto zdrojů. Za tzv. černého koně se dá považovat modernizace v oblasti biomasy (biopaliv i bioplynu), kde probíhá vývoj vylepšených paliv pro dosažení nižší emisní stopy za cenu alespoň podobné výhřevnosti. Předpokládá si zvýšené využití biomasy pro dopravu. Je tedy nutné se na nové možné technologie podívat.

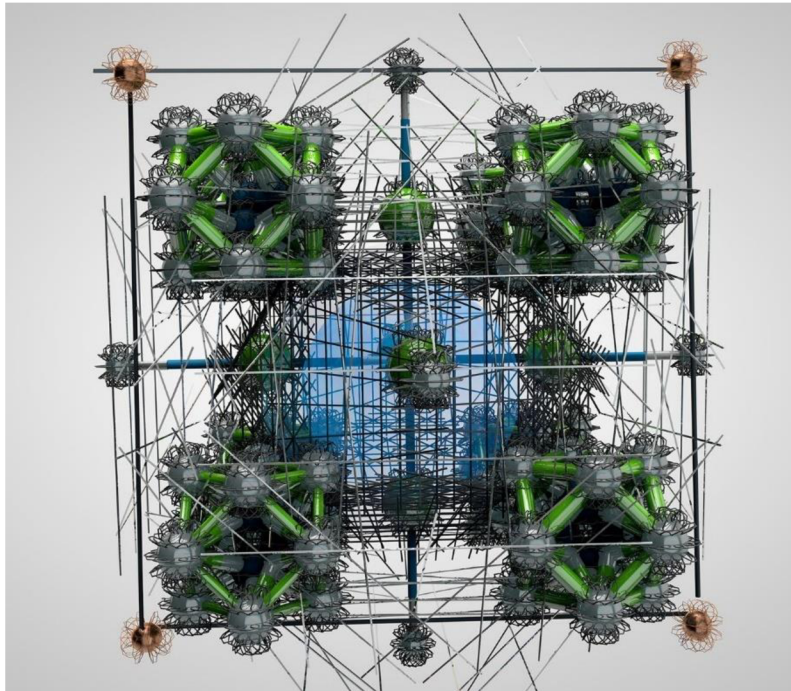
2.3.1 Nové tech. a potenciál fotovoltaiky v ČR

Technický potenciál fotovoltaických zdrojů umístitelných na budovy je kvantifikován ve studii „potenciál solární energetiky v České republice“ (ENACO, 2015). Dle této studie odpovídá potenciál využití FVE v rámci rodinných domů a bytových domů hodnotě 4 483 MW a potenciál využití FVE v rámci ostatních nerezidenčních

budov je pak vyčíslen na úrovni 7 309 MW. Prognózy jsou takové, že půjde o instalaci zařízení do 5 kW umístěných na rodinných domech a případně částečně také instalací do 10 kW, které by mohli pokrývat střechy větších bytových budov, objektů nebo průmyslových hal. Na větších budovách (průmyslové haly apod.) půjde o instalaci v řádech desítek kW. V České republice je průměrné využití instalovaného FVE velmi malé (*okolo 1000 hodin nominálního výkonu*), přesto může tento zdroj tvořit velmi podstatnou složku všech zdrojů. I proto je velmi důležité sledovat a předpovídat počasí, a hlavně intenzitu záření. Díky přesnější předpovědi můžeme lépe řídit a obchodovat vytvořenou energii na denním trhu s el. energií. [22; 23]

Současně se předpověď slunečního záření uplatní na lokální úrovni pro řízení energetických systémů budov ať již a s ohledem na pasivní solární zisky, či s ohledem na aktivní využití lokálně generované solární energie. Zejména pak u menších lokálních FVE je pak možné lépe řídit a správně rozložit ukládání do baterií a přímé využití v el. síti. Nové technologie FVE se neustále vyvíjí, zkoumají a prochází proměnnou. Jejich účel je jasný, zefektivnit výrobu energie, zlevnit samotnou výrobu panelů a prodloužit jejich celkovou životnost. Zde jsou některé nové technologie, nad kterými se uvažuje:

- **CdTe (telurid kadmium) a CIGS (slouč. směsi india, mědi, gallia)**
Nová technologie fotovolt. polovodičů, která umožňuje vytvářet panely tenčí a ohebnější. V současnosti jsou asi jen v 5 % celk. počtu panelů. Mají velký potenciál, avšak nevýhoda je, že jejich součástí jsou velmi vzácné prvky tellur a kadmium. [23; 24]
- **Organické panely**
Výroba z levných a organických materiálů (*organické polymery a barviva*). Opět jsou ohebnější a lehčí. Avšak org. panely s vyšší účinností na vzduchu velmi oxidují, a zakrýt je sklem, to bychom opět byli u těžkých klasických panelů. Účinnost se dá zvyšovat příměsí grafenu a jejich využití může být užitečné při instalaci do oken nebo zdí. [23; 24]
- **Perovskity ($CaTiO_3$)**
Perovskitové solární články používají tenkou vrstvu perovskitového materiálu, což je druh minerálu s unikátní krystalovou strukturou. Vrstva perovskitu absorbuje sluneční světlo a přeměňuje jej na elektrickou energii, která je pak sbírána elektrodami a použita k výrobě elektřiny. Zkoušky dosáhli účinnosti až 25 %, což je mnohem více nežli u křemíkových panelů. Jednou z hlavních výzev je jejich stabilita, protože perovskitové materiály se mohou s časem rozkládat při vystavení vlhkosti a dalším environmentálním faktorům. Výzkumníci pracují na zlepšení stability perovskitových solárních článků a na vývoji nových metod ochrany proti rozkladu. [23; 24]



Obr. 8 Struktura perovskitu [23]

- **Kombinované panely**

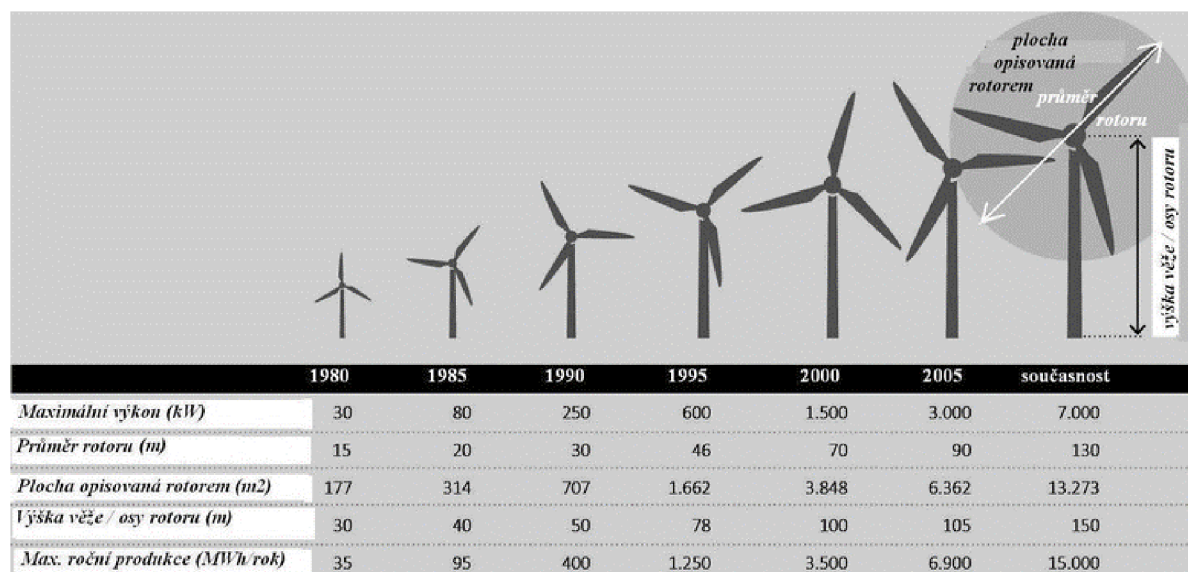
Tvorba vícevrstevných panelů, kde horní vrstva využívá slunečního záření a spodní vrstva infračervené. Kombinovaný článek s horní křemíkovou vrstvou a spodní vrstvou z perovskitu má potenciální výkonnost až 43 procent. Kombinované solární panely mají několik výhod oproti tradičním solárním panelům. Kromě výroby elektřiny mohou využívat sluneční energii také k vytápění vody nebo prostor, což může být velmi užitečné v chladnějších oblastech. Avšak jejich životnost a účinnost ještě není plně prozkoumána, mohou být také dražší na výrobu, ale v porovnání s klasickými by mohli mít mnohem větší návratnost. [23; 24]

2.3.2 Nové tech. a potenciál větrné energie v ČR

Nejdříve je potřeba zmínit potenciál větru v ČR. Ne všechna místa v ČR jsou vhodná k výstavbě VTE. Vhodná místa jsou v horských oblastech nebo oblastech s vyšší nadmořskou výškou nebo pobřeží vodních nádrží. Odhad realizovatelného potenciálu v ČR na úrovni optimistického scénáře může být až 6000 MW, to ovšem neznamená že se ho dá v realitě dosáhnout. Počítá se jak s výstavbou mnoha nových VTE, tak i podporou a modernizací již vystavěných. Jak bylo zmíněno u fotovoltaiky, tak i zde hraje počasí; především rychlost větru velkou roli. Proto je důležité investovat i do předpovědi, abychom zacházeli s energií co nejlépe nejen při spotřebě ale také na energetickém trhu. [22]

Nové technologie v oblasti větrné energie nejsou na první pohled tak znatelné jak u fotovoltaiky, kde se mluvilo o plně nových panelech a materiálech. Mluvíme zde o vývoji geometrie listů pro zvýšení jejich účinnosti a snížení nepříjemného nadbytečného zvuku při provozu, dále používání nových materiálů (kevlar) na dřívky listů

umožňuje jejich subtilnější a lehčí laminátový profil. A největší výrobní tajemství odehrávající se v softwarovém nastavení regulace a provozu VTE. Novinkou mohou být CO₂ lasery vyrobené v Dánsku pro měření a odhad vanutí větru na velké vzdálenosti, pomáhá pro optimální konfiguraci gondoly a listů, což vede k efektivnějšímu využití měnícího se větru. Nové technologie větru se také používají na mořích, kde se staví VTE na plovoucích plošinách pro sběr velké energie. Avšak v našich podmínkách to není možné, neboť nemáme to štěstí a moře v ČR nemáme. Nejnovějšími technologiemi se dá považovat úsilí zvýšit rozměry rotoru pro dosažení většího výkonu i při nižší rychlosti větru, vývoj AI pro řízení elektráren a nové možnosti skladování energie. [25]



Obr. 9 Rozdíl ve výkonu na rozměrech rotoru turbíny [25]

2.3.3 Nové tech. a potenciál biomasy a bioplynu v ČR

Biomasa a bioplyn hraje v OZE v ČR velkou roli. Využíváme je již dlouhá léta na vytápění, výrobu el. energie a výrobu biometanu (z bioplynu) pro dopravu apod. Jak bylo zmíněno u předchozích OZE, bude důležité zafinancovat provoz výroben stávajících a také postupné konstrukci nových. Pro data z roku 2021 máme v ČR hrubou výrobu el. energie zhruba 2,6 MWh u biomasy i bioplynu a pro výrobu tepla je to zhruba 28,4 GJ (biomasa) a 4,6 GJ (bioplyn). V budoucnu (do roku 2030) bychom mohli mít potenciální narůst až na 1200 MW (nyní zhruba 600MW) instalovaného výkonu z biomasy i bioplynu pro výrobu el. energie a pro výrobu tepla až dokonce 3 330 MW, tento odhad zahrnuje jak domácnosti, tak i průmyslové závody a další výroby. [4; 22]

Novým tématem v oblasti biomasy jsou tzv. **biopaliva třetí generace**. Jsou to paliva převážně získaná z vodní biomasy. Bionaftu a bioetanol můžeme např. vyrábět z řas, jejich výhodou je rychlý růst, velký výnos a bohatý obsah lipidů a uhlovodíků. Lze z nich vyrábět letecké palivo, metanol či vodík. Tyto řasy se pěstují buď v otevřených, nebo uzavřených nádržích. Ty otevřené jsou ale méně spolehlivé, protože závisí na množství slunečního záření, dochází u nich k odparu vody, jsou vystaveny neustálému

riziku kontaminace nádrže a nelze u nich regulovat emise dusíkatých a skleníkových plynů do atmosféry. [26]

Je nutná menší zmínka o **vodíku** jako o palivu budoucnosti. ČR neexistuje žádný velký elektrolyzátor, který by byl určen k výrobě zeleného vodíku na komerční bázi. Malý elektrolyzátor využívající energii slunce o výkonu 6 kW se nachází v ÚJV Řež a je určený pouze pro výzkumné účely. Přesto v ČR velké elektrolyzéry existují, používají se ale primárně k výrobě jiných chemických látek a tzv. bílý vodík zde vzniká pouze jako vedlejší produkt. Unipetrol v ČR vyrobí zhruba 85 tisíc tun vodíku, který dále využívá pro tvorbu amoniaku. [27]

2.3.4 Nové tech. a potenciál vodní energie v ČR

Jak ji bylo zmíněno. Potenciál energie vody je u větších elektráren (*nad 10 MW*) víceméně zcela zaplněn U menších tomu tak není a je zde ještě stále prostor pro malé rozšíření. Podle předpokladů můžeme využít ještě až 52 MW potenciálu vodní energie až do roku 2050. Očekává se ruční růst 2 MW v letech 2017–2030.

Tab. 6 Využitelný primární hydroenergetický potenciál ČR [22]

| | Vyrobena energie (GWh) | Podíl naplnění potenciálu (%) | Instalovaný výkon (MW) | Počet elektráren (ks) |
|-----------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------|-----------------------|
| Technický potenciál | 13 100 | - | - | - |
| Využitelný potenciál | 2 535 | 100 % | 1 142 | 1 818 |
| ve VE nad 10 MW | 1 200 | 47% | 753 | 8 |
| ve VE do 10 MW | 1 335 | 53% | 389 | 1 810 |
| Využitý | 2 291 | 90 % | 1 090 | 1 633 |
| ve VE nad 10 MW | 1 200 | 100 % | 753 | 8 |
| ve VE do 10 MW | 1 091 | 82 % | 337 | 1 625 |
| Nevyužitý | 244 | 18 % | 52 | 420 |
| ve VE nad 10 MW | 0 | | 0 | 0 |
| ve VE do 10 MW | 244 | 18 % | 52 | 420 |
| Stávající PVE | - | - | 1 145 | 3 |

Předpokládá se tedy hlavně přírůstek malých vodní elektráren. Potenciál MVE do roku 2030 je odhadem 22 MW.

Nové technologie k zefektivnění výroby mohou být například AI algoritmy pro optimalizaci vodních turbín a generátorů. Používání hydrodynamických simulací pro vykreslení detailních toků vody a vodních turbín pro lepší pochopení jejich vzájemné interakce. Využití nových a modernějších materiálů s větší odolností vůči korozi pro prodloužení životnosti turbín a tím snížení nákladů na údržbu. Ve hře je spousta možností a uvidíme v budoucnu jakým směrem se vodní energetika posune.

Je důležité také zmínit využití energie z oceánů a moří, které jsem v předchozí kapitole neuváděl z důvodu toho, že ČR tímto zdrojem bohužel nedisponuje. Tento druh OZE je momentálně ve velké oblibě a velkém vzestupu u jiných států EU (*Norsko, Španělsko, dříve i VB apod.*) a ve světě, které tímto zdrojem disponují. Využívá se zde energie odlivu, přílivu a mořských proudů.

2.3.5 Nové tech. a geotermální energie v ČR

Jak bylo již zmíněno jedinou provozuschopnou stavbou využívající geotermální energii je teplárna v Děčíně. Do roku 2020 se uvažovalo také s projekty geotermální energie v Litoměřicích, Tanvaldu a Dětrichov, které mají vydané autorizaci na výstavbu výroben elektřiny a některé jsou již ve velkém stupni realizovatelnosti – jedná se především o projekt v Litoměřicích. [30]

Tab. 7 Předpokládaný instalovaný výkon geotermální energie do roku 2030 [22]

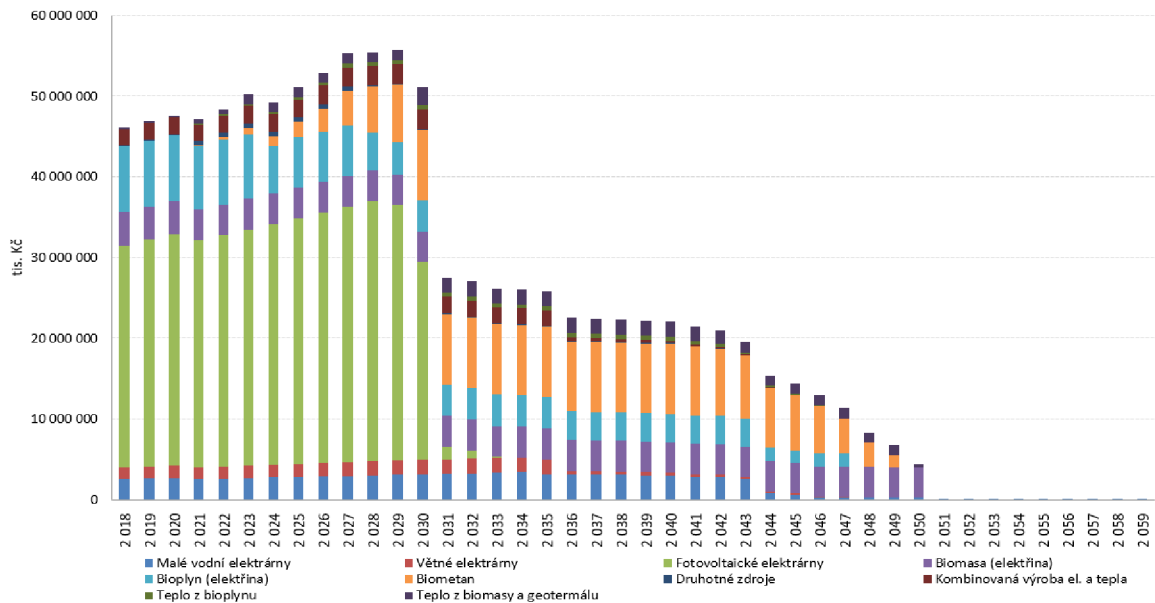
| Instalovaný výkon | | Roční výroba energie | |
|-------------------|---------|----------------------|--------|
| elektřina | teplo | elektřina | teplo |
| 50 MWe | 600 MWt | 350 GWh | 6,5 PJ |

V případě, že se v ČR podaří realizovat nějaké geotermální elektrárny, pak vzhledem k jejich nízké účinnosti konverze tepelné energie na elektrickou, 10–15 %, bude u každé elektrárny, zřejmě o typickém výkonu několik MWe. I když je vývoj v této oblasti za posledních pár let znatelný, nelze předpokládat znatelný příspěvek v oblasti energie v následujících letech. velkou změnou by byl nějaký převratný technologický zlom ve světě, na nějž bychom mohli navázat. [30]

2.4. Vliv OZE na cenu energií v ČR v budoucnu

Abychom mohli stanovit dopad na cenu energií, kterou budou mít OZE během následujících let, se nejdříve podíváme, jaké investice se odhadují použít v budoucnu do výstavby a zachování provozu elektráren až do roku 2050 v ČR (viz **Graf 7**).

Ceny energií nám OZE můžou pomoci do budoucna snížit, ale i zvýšit. Hlavními faktory jsou právě výše investic do jejich rozvoje, které se mohou odrazit na výsledné ceně energie v negativním světle. Protože vyšší náklady na výrobu elektřiny (*i tepla + pohonných hmot*) = zvýšení cen energie pro spotřebitele. Naopak pozitivní vliv určité mají nulové nebo velmi nízké náklady na palivo a nulové emise skleníkových plynů z OZE. Tímto by se cena pro zákazníka naopak mohla snížit oproti dosud převládajícím uhelným a plynovým elektrárnám (*i teplárnám*) s narůstající cenou jejich povolenek, které se díky tomu blíží jistě svému konci a postupně úplnému nahrazení. Dále je nutné zmínit, že vývoj cen elektřiny bude záviset na mnoha dalších faktorech, jako jsou například poptávka po energii, regulace, daně a poplatky, a také konkurence na trhu. Nicméně je velmi nejasné, jak se ceny v budoucnu vyvinou, ale během přechodu a vývoji je jasné, že ceny půjdou stále mírně nahoru, protože bude potřeba zaplatit férovou cenu při vyšší poptávce energie a s tím související výstavbě nových elektráren využívajících OZE a její nové technologie. Ale pokud těch zdrojů už bude natolik, že bude v síti převládat energie vytvořená z OZE nad fosilními palivy (*sníží se také počet investic a celková výstavba OZE, viz Graf 7*), budou se náklady snižovat, ale to je zatím v daleké budoucnosti. [28; 29]



Graf 7 Celková podpora do roku 2050 [22]

2.5. Závěr kapitoly

Jak jsme v této kapitole zjistili, ekologické a energetické požadavky kladené směrnicemi EU na své členské státy jsou poměrně vysoké. Díky tomu, že se ČR také jako ostatní členské státy EU, zavázala k přijetí tzv. Zelené dohody pro Evropu, jsme nuceni konat. Směrnice nás zavazují k tomu, abychom dosáhli klimatické neutrality už do roku 2050. Jedná se o snížení GHG emisí až o celých 90 %. Z tohoto důvodu musí ČR postupně přecházet k výrobě energie z OZE. Tyto zdroje by měli začít postupně nahrazovat fosilní paliva a energii z jádra v následujících letech.

MPO ČR reagovalo vypracováním předběžného plánu NKEP pro přibližný model toho, jak by vývoj mohl během let vypadat, tedy zatím převážně do roku 2030. Na základě této práce bylo vypracováno několik studií s novými scénáři, které nám dávají přesnější odhad na vývoj OZE v ČR, při vyšších investicích, bonusech a jednotlivých podporách. Z mého pohledu je plán NKEP velmi konzervativní, a nereflktuje skutečnost jaká by mohla být. Nejvíce realistický je za mě scénář Modernizační, který počítá s velkým příspěvkem energie od VTE a FVE, které je v ČR využito opravdu velmi málo (*řádově jednotky procent z celkového využití OZE*) a také větší finanční podporu, jak státní, tak i z různých podpůrných balíčků, dotací atd., o kterých si myslím, že musejí přijít, jinak nejsme schopni plnit závazky (*viz Konzervativní scénář*).

Zvýšení instalovaného výkonu není pouze následkem výstavbou nových elektráren, ale také modernizací a udržení vchodu těch stávajících. Nové technologické pokroky určitě dorazí ve fotovoltaice, ať jsou to nové levnější a efektivnější panely z nových polovodičových materiálů (*ať Organické nebo Perovskity*), nebo panely které výrazně prodlouží životnost o spoustu let oproti stávajícím. Ve větrné a vodní energii vidím určitě pokroky v AI algoritmech (*v softwarech řídicí chod elektrárny*), které mohou mnohanásobně zvýšit efektivitu výroby energie a s jejím následným využitím, nebo také opět nové materiály pro prodloužení doby životnosti a tím zajištění menších nákladů na údržbu.

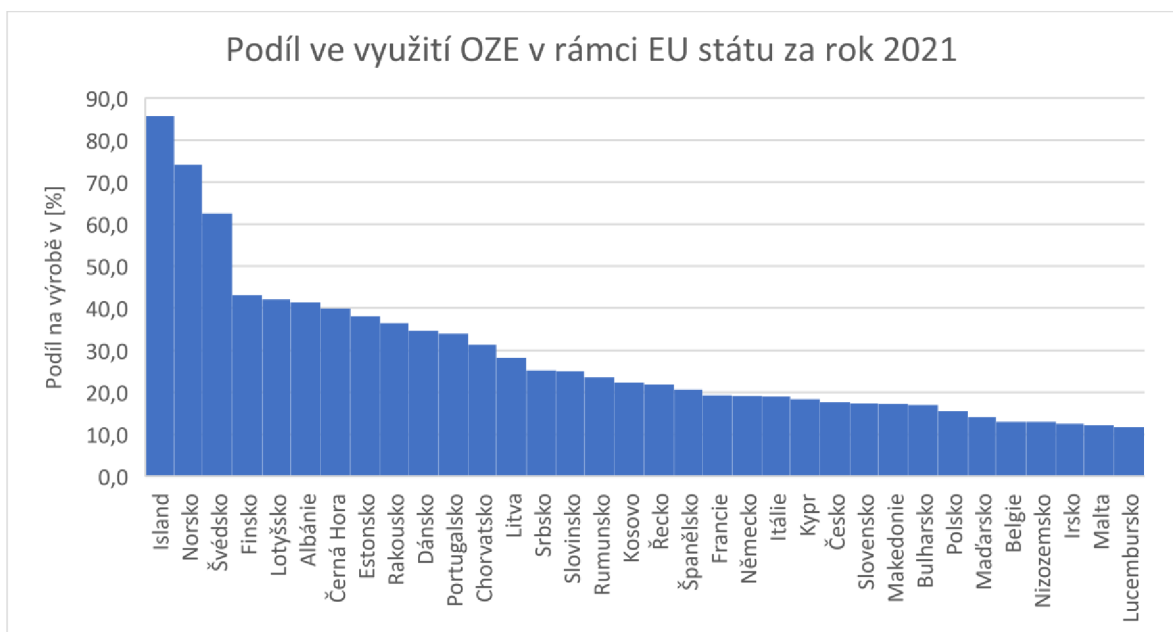
U biomasy a biopaliva lze vidět cestu modernizací spalovacích procedur, zefektivněním výhřevnosti výrobou nových paliv. Mezi tyto paliva budou patřit podle mého názoru i výše zmíněná paliva třetí generace (*paliva z vodní biomasy*), mezi které se řadí i právě suroviny pro výrobu velmi probíraného vodíku. Ten má určitě velkou budoucnost, hlavně co se týče energie pro dopravu, ale momentálně nejsme schopni v ČR vyrábět velké množství, a navíc ho i efektivně skladovat či dopravovat na různá místa.

U geotermální energie jsem skeptičtější ještě více nežli u vodíku. Je již zaznamenána snaha o rozvoj v této oblasti u nás, ale v blízké budoucnosti bych s větším příspěvkem z tohoto OZE nepočítal. Bude velmi záležet na technologickém pokroku ve světě v této oblasti.

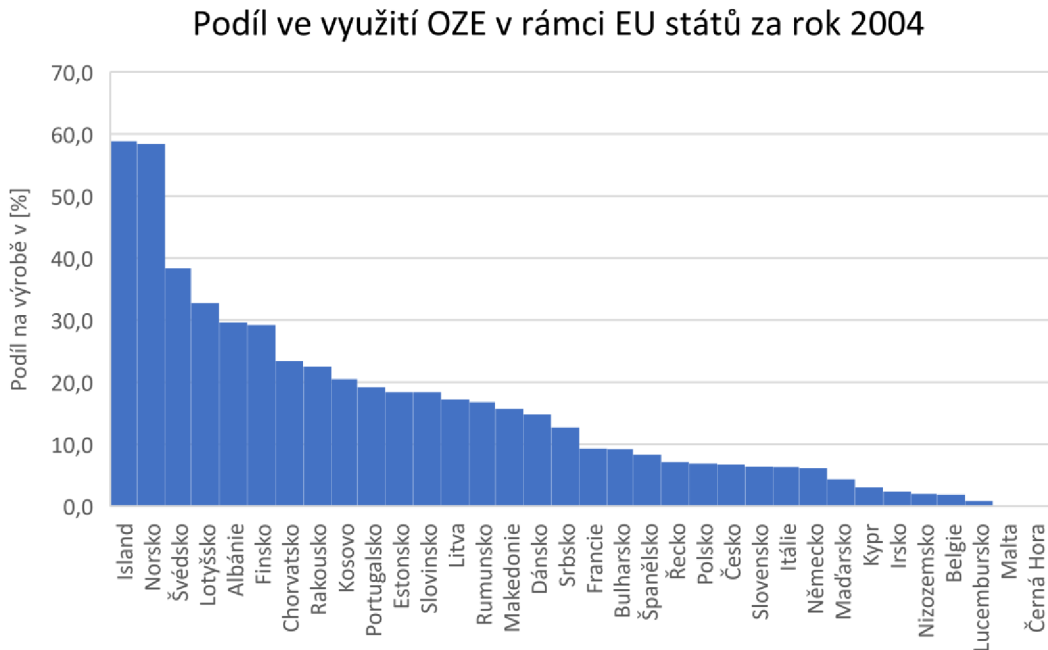
Ze získaných informací lze předpokládat, že ceny energií se v dohledné době snižovat nebudou. Ceny fosilních paliv a uranu pro jádro jsou stále vyšší (*díky ubývajícím zásobám*), a i nynější rozvoj OZE nezabrání nárůstu cen energií. Až v budoucnu OZE převládnu na trhu s energiemi jako hlavní zdroj, ceny by mohli vypadat pro zákazníka velmi dobře a určitou jistotou lze tvrdit, že půjdou dolů, jelikož nebudou vysoké náklady na paliva (*většina nepotřebuje ani palivo*) a provoz, který bude víceméně schopný bez každodenní obsluhy člověka u vícero zdrojů.

3 Porovnání ČR ve využívání OZE se státy EU

V této kapitole se zaměřím na porovnání ČR s pár dalšími významnými státy EU ve využívání OZE na výrobě energie. V **Graf 8** a **Graf 9** pak lze vidět stav v roce 2021 a resp. stav ve využití v roce 2004 pro jednotlivé státy EU. Většina států v roce 2004 se ani nepřibližovala hranici 20 %, kdežto v roce 2021 se už většina přibližuje a má podíl alespoň nad 10 %.



Graf 8 Podíl ve využití OZE v rámci EU za rok 2021 [2]



Graf 9 Podíl ve využití OZE v rámci EU za rok 2004 [2]

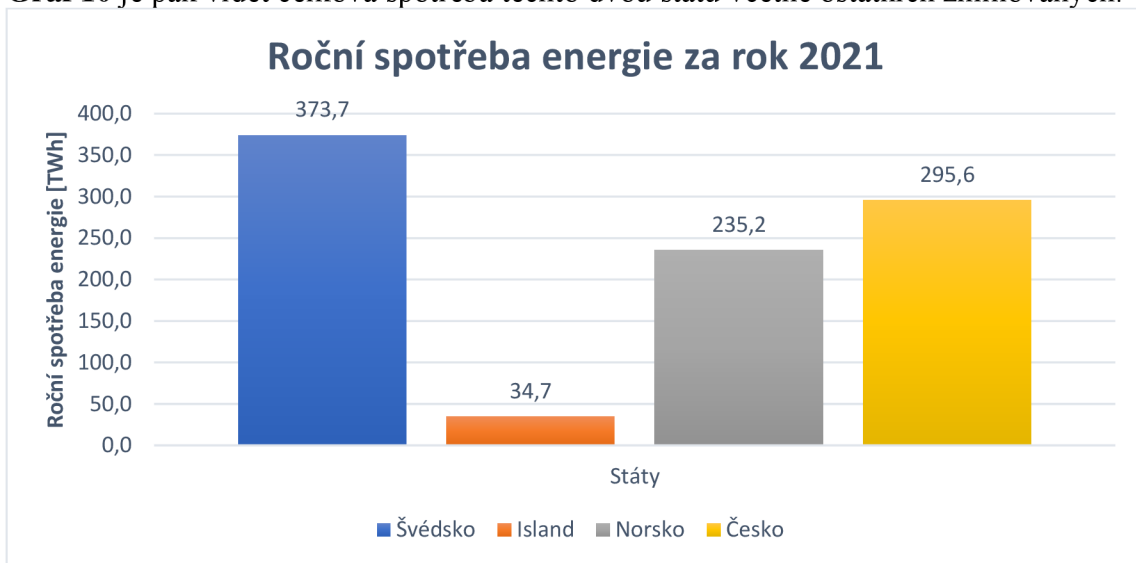
ČR měla v roce 2004 6,8 %, dnes má podíl 17,7 %. Avšak jak je z grafů patrné, stále se nacházíme až v druhé polovině za spoustou států. V procentuálním využití OZE nás předběhli státy jako Černá Hora, Německo či Kypr. Státy s velkým náskokem před námi, jako Norsko či Švédsko a mnoho dalších, mají buď přístup k otevřenému moři, více slunečního záření či vyšší pohoří pro větrné podmínky, nebo mají větší rozlohu, tím pádem vícero možností využití jednotlivých zdrojů ve větší míře nežli my. Tím, že se nacházíme přímo ve střední Evropě, bez přístupu k moři, s menšími pohořími a řekami a nemáme zas tolik slunečního záření přes rok, dalo by se konstatovat, že podmínky nejsou u nás velmi ideální. Avšak jak z předchozí kapitoly víme, potenciál máme mnohem vyšší, než ho máme doposud využívaný.

Pro bližší porovnání se vybraly státy, které jsou již mnoho let pokročilé ve využívání OZE a to Island, Norsko a Švédsko, které momentálně kralují v oblasti OZE, jak v Evropě, tak i ve světě. A také dva státy více podobnému našemu, myšleno přírodními i klimatickými podmínkami a svým umístěním ve střední Evropě, a to naše sousedy Slovensko a Rakousko. Celkově mezi státy EU podle dostupných dat (k roku 2021) z Eurostatu nám náleží až 25. místo v podílu na využití OZE v hrubé domácí spotřebě energie. Jedná se o necelých 18 % (viz výše) oproti například vedoucímu Islandu, který má 85,8 %. Proto je dobré se podívat, v čem mají ostatní zmiňovaní výhodu, z čeho nejvíce těží a jaké mají rozdílné přírodní podmínky pro využití. Bohužel data použitá v následujícím srovnání jsou nejaktuálnější z roku 2021, novější shromážděná data v době psaní bakalářské práce nejsou zveřejněna. [2]

3.1 ČR vs Island, Norsko a Švédsko

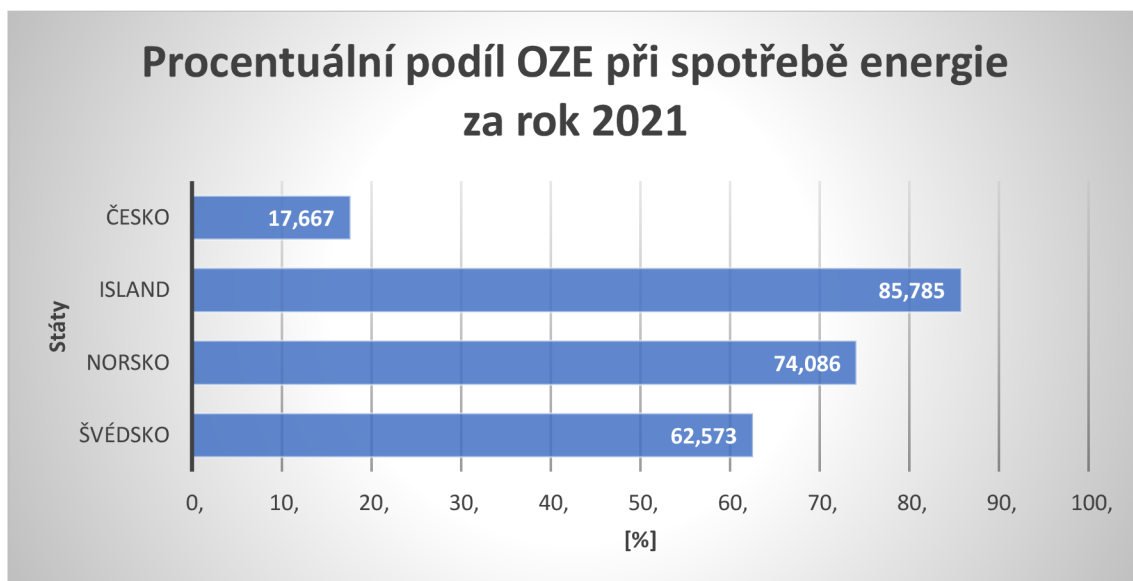
Na začátku nutno zmínit, že tyto státy se sebou mají pramálo společného. Například Island jako ostrovní stát obklopen z každé strany mořem má velmi odlišné přírodní a klimatické podmínky, ze kterých může čerpat velmi velké množství energie

z odlišných zdrojů nežli ČR. Také mají oproti nám velmi malý počet obyvatel (zhruba 380 tisíc), který znamená, menší objem spotřebované elektřiny za rok. V příloženém **Graf 10** je pak vidět celková spotřeba těchto dvou států včetně ostatních zmiňovaných.



Graf 10 Spotřeba energie u jednotlivých států [32]

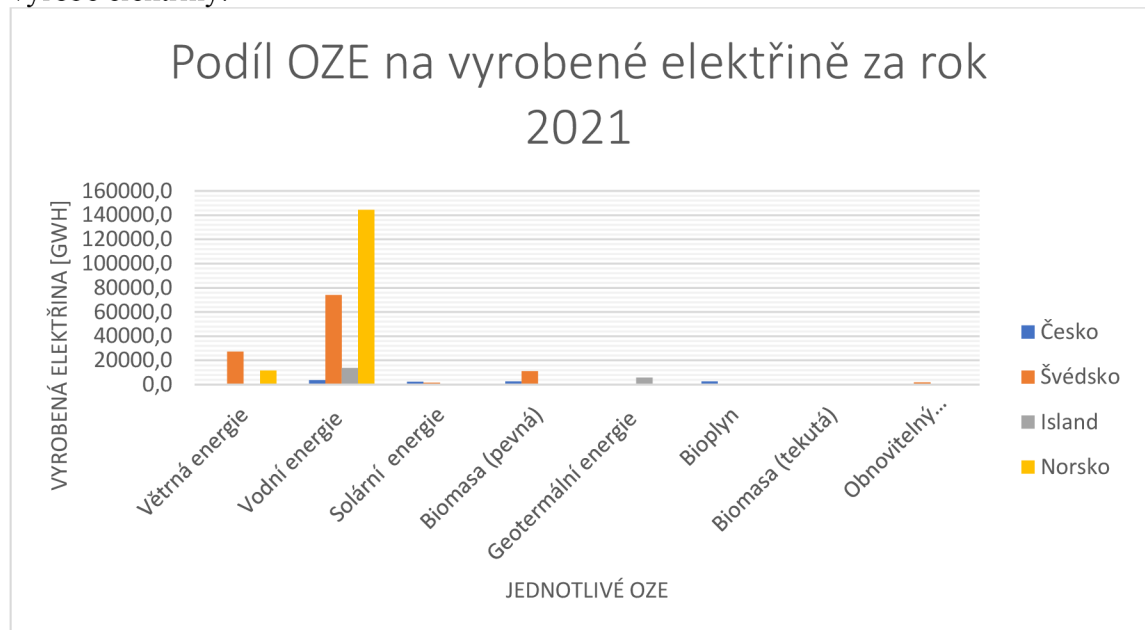
Švédsko má podobný počet obyvatel jak ČR, ale je více na severu, kde je celoročně větší zima, proto se dá očekávat podobná ale trochu větší spotřeba energie jako u nás. Nyní v **Graf 11** vidíme podíl OZE při výrobě této spotřebované energie.



Graf 11 Podíl OZE při konečné spotřebě energie [2]

Je jasné, že zatím velmi zaostáváme. Island, který nepotřebuje vyrábět velké množství energie je opravdu napřed v celkovém využití OZE v poměru na jejich danou spotřebu. Větší státy Norsko a Švédsko s větším počtem obyvatel (než Island) a tím větší spotřebou je opravdu silné ve využití OZE. Jejich přechod k čisté energii je určitě již velmi daleko a splnit podmínky EU pro ně nebude takový problém jako pro např. pro nás.

Nyní se podívejme, jaké a kolik z těchto zdrojů jednotlivé státy využívají ve výrobě elektřiny.

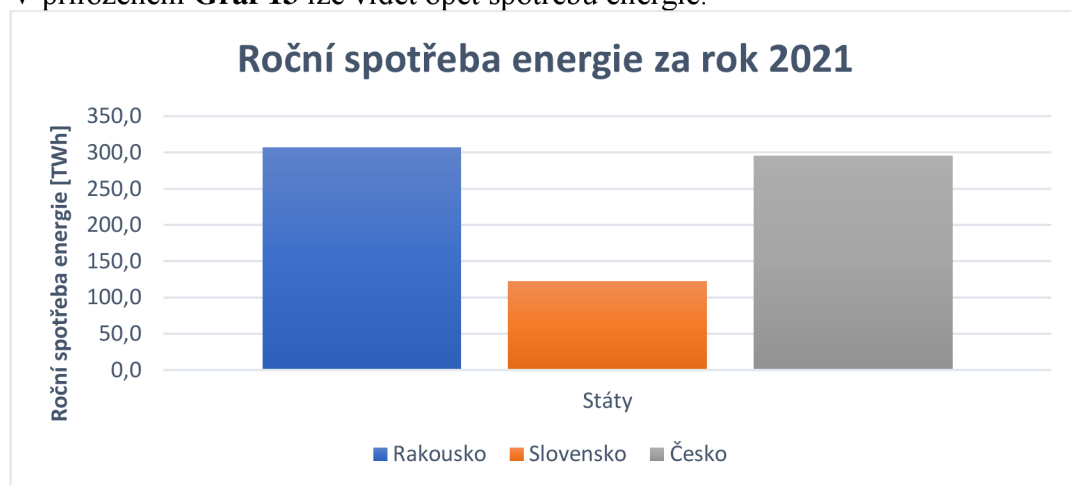


Graf 12 Podíl OZE na výrobě elektřiny [33]

Z **Graf 12** je jasně čitelné, že Norsko, Švédsko a Island mají mnohem více využitelnosti ve vodní energii. Hlavně tedy Norsko, které vévodí v této oblasti i ve světě. Dále pak jsou zřetelné rozdíly u větrné energie, kde mají opět lepší povětrnostní podmínky nežli u nás v ČR (*převážně díky své rozmanité krajině, spousty horských oblastí, ostrovy na otevřených mořích apod.*). A geotermální energie zase vévodí na Islandu, kde mají spoustu termálních pramenů, sopečných plynů apod. Jediné dvě oblasti, kde ČR mírně převládá je ve využití solární energie a bioplynu.

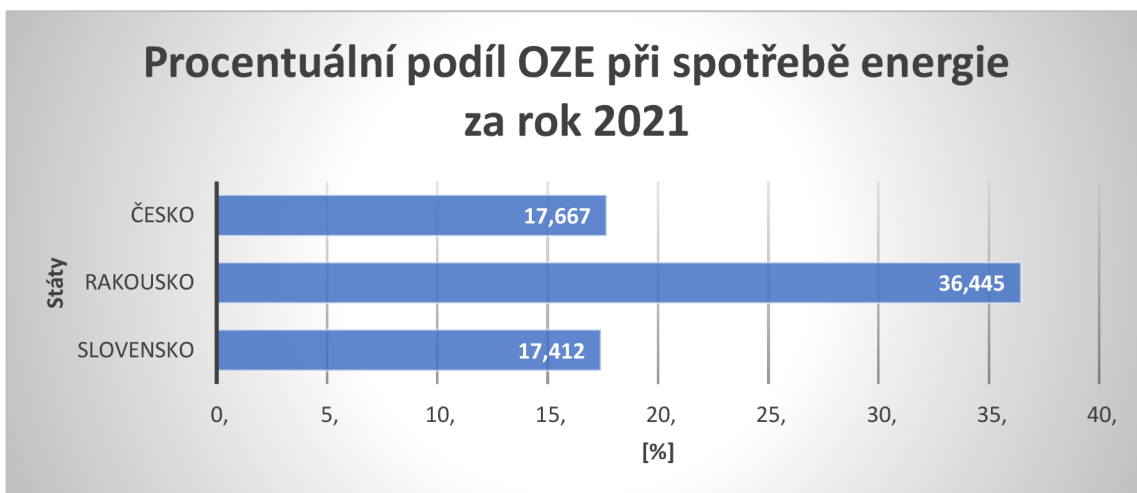
3.2 ČR vs Rakousko a Slovensko

Vybral jsem tyto státy z důvodu toho, že mají přibližně stejné klimatické a přírodní podmínky jako naše země. Jsou podobně velké, a navíc jsou to naši sousedé. V příloženém **Graf 13** lze vidět opět spotřebu energie.



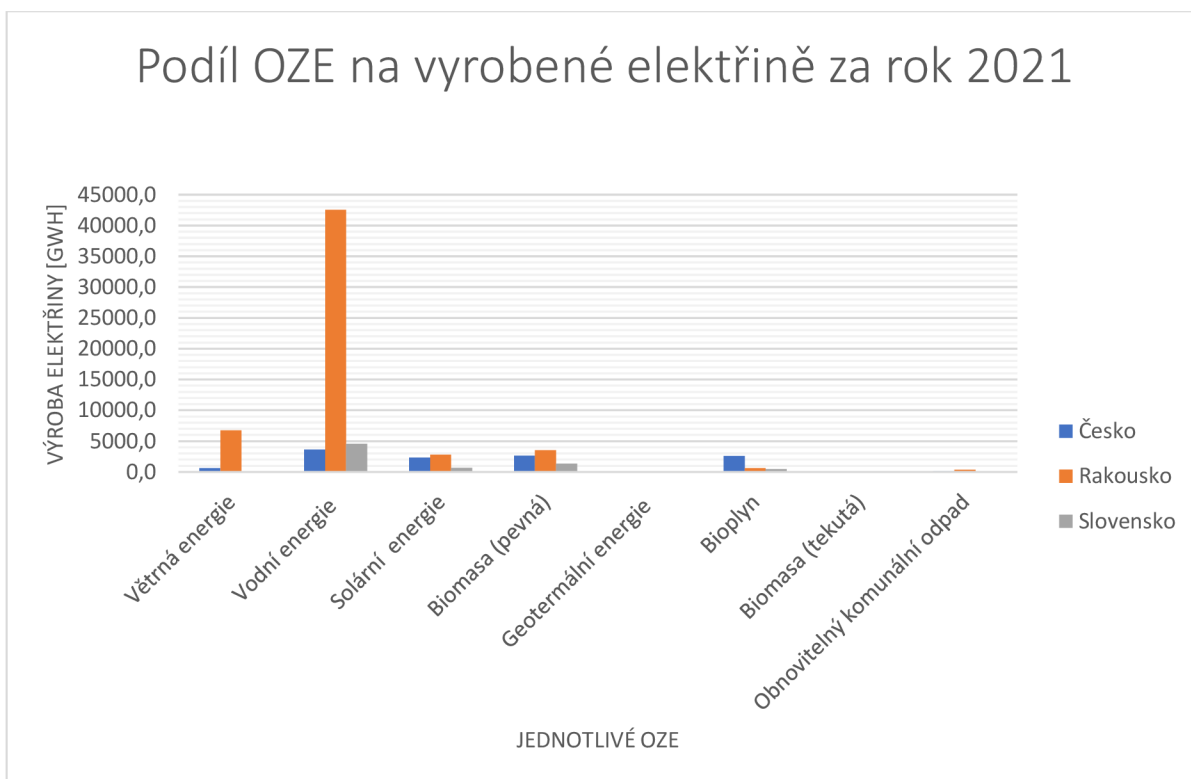
Graf 13 Roční spotřeba za rok 2021 [32]

Rakousko a Česko mají velmi podobnou roční spotřebu a Slovensko s cca polovičním počtem obyvatel, nežli ČR má tomu odpovídající spotřebu. V **Graf 14** lze vidět podíl OZE při spotřebě vyrobené energie.



Graf 14 Podíl OZE při spotřebě energie [2]

Lze vyčíst, že ČR a Slovensko je na tom velmi podobně, při poměru počtu obyvatel a její spotřebě a celkovému podílu OZE při výrobě. Rakousko naopak podchytilo OZE velmi brzo a rychle a jeho vývoj v této oblasti je krásně odražen v těchto 37 % v grafu. V posledním **Graf 15** se dá ukázat, z čeho Rakousko čerpá nejvíce a kde jsme na tom se Slovenskem velmi podobně ve výrobě elektřiny z OZE.



Graf 15 Podíl OZE při výrobě elektřiny [33]

Rakousko využilo skvěle svého větrného a vodního potenciálu. V ostatních oblastech je na tom podobně jako my a Slovensko. ČR vede v jediné oblasti, a to ve využití bioplynu. Se Slovenskem máme velmi podobný vývoj v oblasti OZE, ale Rakousko nás velmi předběhlo ve využití OZE. Je tedy nutné držet krok s našim jižním sousedem.

3.3 Závěr kapitoly

V této kapitole se porovnali významné státy EU v oblasti OZE s naší ČR. Je jasné, že zde hrají významnou roli rozlišné přírodní a klimatické podmínky. Tyto státy mají mnohonásobně větší potenciál ve vodní a větrné energetice (*Norsko a Švédsko*) a geotermální energii (*Island*). Naopak my máme větší potenciál ve využití solární energie a jsme také napřed ve využití biomasy a bioplynu. Ale co se týče procentuálního podílu v poměru na celkovou spotřebu, jsme stále velmi pozadu, hlavně s Norskem. Lze předpokládat, že nemáme šanci vyrobit podobné množství el. energie z OZE ani v budoucnu, jako Švédsko a Norsko dnes, ale zvýšit procentuální podíl bychom měli být schopni.

V druhé části se porovnali státy s podobnými klimatickými podmínkami, vybral jsem k tomu naše sousedy Slovensko a Rakousko. Rakousko v oblasti OZE udělalo velký pokrok, převážně ve využití jejich vodní a větrné energie, k čemuž jim pomáhají jejich vysoké hory Alpy. V tomto případě nemáme převahu ani v solární energii, naopak ČR má náskok ve využití bioplynu oproti Rakousku i Slovensku. Dalo by se říct, že totožně jsme na tom právě zatím se Slovenskem, kde se dá predikovat velmi podobný potenciál do budoucna. Na Slovensku je viditelný potenciál hlavně ve větrné a solární energii, stejně jako u nás.

ČR není určitě zatím gigantem ve využití OZE, ale nebál bych se predikovat to, že můžeme ostatní vyspělé státy v této oblasti dohnat, alespoň svým možným potenciálem, určitě ne ve velikosti výroby energie.

Závěr

OZE jsou určitě zdroje energie budoucnosti. Lze konstatovat, že ani jinak nemáme na výběr. Nejsme schopni do budoucna pokračovat ve využívání fosilních paliv, ať převážně z důvodu ekonomických, tak z důvodu úbytku těchto zdrojů. Jaderná energie by se dala považovat také za energii budoucnosti, jen v tom případě, pokud bychom našli vhodnější palivo, než je uran (*např. thorium*), z kterého vzniká velký ekologický odpad a také ho postupně ubývá, jako fosilních paliv.

Dnes v ČR využíváme několik typů OZE. Snažíme se neustále využívat těchto zdrojů zdokonalovat, stavět nové elektrárny a prodlužovat jejich životnost. Dalo by se říci, že kdybychom vývoj v posledních dekádách více financovali (*ze státní podpory či z dotací EU*), měli bychom dnes mnohem vyšší procento využití než jen necelých 18 % z celkového podílu na výrobě energie.

Nyní nás totiž čeká náročný úkol, dostát nárokům kladeným z EU a její zelené politiky do budoucna. Do roku 2030 bychom měli ubrat počet emisních plynů GHG až o 55 % (*oproti 1990*) a do roku 2050 mít energii již plně čistou. ČR reagovala vypracováním plánů (*NKEP*), které značí vývoj OZE v ČR do budoucna. Podle těchto plánů lze říci, že bychom měli být schopni závazky plnit, ale musíme zvětšit množství investic, bonusů či podpůrných balíčků pro dostačující pokrytí výstavby elektráren nových a prodloužení podpory a modernizaci již stávajících.

Lze konstatovat, že potenciál zde opravdu je. Nejvíce se dá předvídat ve FVE a VTE, podle plánů MPO. Zde očekávám opravdu přírůstky až několik tisíc MW instalovaného výkonu. Buďto samotnou výstavbou nebo přínosem nových technologií. V FVE je pozitivní progres v oblasti kombinovaných panelů a výzkumem nových ekologičtějších materiálů pro fotovolt. články a panely. V VTE či vodní energii je to pak výzkum AI algoritmů řídících elektrárny pro zvýšení jejich efektivity a opět hledáním udržitelnějších materiálů pro výrobu. Biomasa a bioplyn jsou nejvyužívanější OZE u nás. Zde je potřeba hledat nové efektivnější způsoby spalování a zdokonalování paliv samotných. Z mého pohledu to jsou určitě paliva třetí generace, které se dají vytvářet převážně z vodní biomasy.

Z těchto paliv se dá také získávat vodík, který je určitě příslibným obnovitelným palivem pro budoucnost. Avšak momentálně pro něj není velké využití, a navíc se těžko dopravuje a skladuje.

Jaký dopad budou mít tyto energie na cenu energie v budoucnu můžeme jen polemizovat. Ale jak jsem již zmiňoval v závěru druhé kapitoly, lze předpokládat, že cena následující roky půjde stále nahoru, i díky vlivu trhu, investic, války na UA a momentálním vývoji na trhu s energií. Ale až přejdeme období největší výstavby, postupné zavírání továren vyžívajících fosilní paliva a budeme již více jak z půlky využívat OZE lze s jistotou říci, že ceny budou mnohem přívětivější pro koncového spotřebitele (*je myšleno i s inflací*). Je to dáno tím, že většina OZE je bez palivových, čerpá energii z přírodních vlivů, anebo využívá paliva, která jsou obnovitelná a s velmi nízkými emisemi skleníkových plynů (*viz biomasa, bioplyn*).

Mezi ostatními státy EU zatím velmi zaostáváme. Můžeme se vymlouvat na horší přírodní a klimatické podmínky, ale jen do určité míry. Z vyobrazených porovnání a ukázaného potenciálu lze říci, že jsme vývoj v posledních letech opravdu podcenili a soustředili prostředky spíše do nákupu energie z venčí a těžby fosilních paliv apod. Proto nám např. právě Rakousko nebo méně ekonomicky rozvinutý Island utekli v tomto rozvoji. S velkými mocnostmi a vyspělými státy na severu se opravdu v potenciálu rovnat

nemůžeme. Ale co můžeme je, mnohonásobně zvýšit náš vlastní potenciál ve využití OZE. Pokud se nám závazky plnit opravdu podaří, oprostíme se od drahých fosilních paliv, oprostíme se od ruského vlivu na plyn, který od nich putuje přes plynovody k nám a do značné části východní a střední Evropy, možná nebude potřeba ani hledat nová paliva pro jadernou energii, ale co budeme moci říct s jistotou je, že produkujeme čistou, šetrnou a obnovitelnou energii, bez emisí a drahé ceny.

Z mého pohledu jsme během posledních 10 let opravdu velký pokrok neudělali oproti jiným státům. Musíme teď vše dohnat v krátkém časovém sledu, protože když se člověk podívá na současný stav ekonomiky, zvyšující se ceny energií a pohonných hmot, vysoké inflaci apod. nejsem si vůbec jistý, zdali je ČR schopna závazky do konce roku 2030 plnit podle představených plánů. Jedno je ale jisté, OZE ve výrobě energie jednoho dne musí plně nahradit fosilní paliva, kterým pomalu zvoní konec a jestli to bude za 10 let nebo 30 je těžké predikovat, ale čím dříve to přijde, tím lépe.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ČEZ. SVĚT ENERGIE. Obnovitelné zdroje energie a skupina ČEZ [online]. Praha: ČEZ, 2011-05-11 [Cit. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/data/web/vzdelavaci-program-cez/tiskoviny/obnovitelne-zdroje-energie-a-skupina-cez.pdf>
- [2] EUROSTAT. Energy consumption in households and energy poverty indicators (SDG 7.4.0) [online]. [Cit. 2023-03-11]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/SDG_07_40/bookmark/table?lang=en&bookmarkId=3ad2b22a-0d44-46a0-88c7-2987458fb582
- [3] ČEZ. SVĚT ENERGIE. In: Charakteristika zdroje - Vodní elektrárna [online]. Praha: ČEZ, © 2020 [Cit. 2023-03-11]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/vodni-elektrarny/vodni-elektrarna-podrobne/charakteristika-zdroje>
- [4] BUFKA, Aleš. Obnovitelné zdroje energie 2021. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 06-2022 [online]. [Cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2022/11/Obnovitelne-zdroje-energie-2021.pdf>
- [5] ŘÍHA, Milan. Vodní energie. Praha: Biom.cz, 2010 [online]. [Cit. 2023-03-15]. Dostupné z: https://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/vodni_energie.pdf
- [6] KLECZEK, Josip. Teplo vody a její pohybová energie. In: *TZB-info* [online]. Praha, © 2001-2021 [cit. 2023-03-16]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/4184-teplo-vody-a-jeji-pohybova-energie#:~:text=Pr%C3%A1ce%20vlo%C5%BEen%C3%A1%20do%20vyzvednut%C3%AD%20vody,padaj%C3%ADc%C3%ADho%20de%C5%A1t%C4%9B%2C%20%C5%99ek%20a%20potok%C5%AF>
- [7] ČEZ. SVĚT ENERGIE. Kaplanova turbina - Fyzikální principy [online]. Praha: ČEZ, © 2020 [Cit. 2023-03-16]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/vodni-elektrarny/vodni-elektrarna-podrobne/kaplanova-turbina/fyzikalni-principy>
- [8] ČEZ. SVĚT ENERGIE. Francisova turbina - Fyzikální principy [online]. Praha: ČEZ, © 2020 [Cit. 2023-03-16]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/vodni-elektrarny/vodni-elektrarna-podrobne/francisova-turbina/fyzikalni-principy>
- [9] ČEZ. SVĚT ENERGIE. Elektrický generátor [online]. Praha: ČEZ, © 2020 [Cit. 2023-03-17]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/vodni-elektrarny/vodni-elektrarna-podrobne/elektricky-generator/vyklad>

- [10] EP ENERGY TRADING. Vodní energie: Princip fungování, využití a největší producenti Praha: EP ENERGY TRADING [online]. 2021-08-24 [Cit. 2023-03-18]. Dostupné z: <https://www.epet.cz/vodni-energie-princip-fungovani-vyuziti-a-nejvetsi-producenti/#:~:text=Vodn%C3%AD%20elektr%C3%A1rny%20lze%20vyu%C5%BE%C3%ADt%20tak%C3%A9,na%20vodn%C3%AD%20%C5%BEivo%C4%8Dichy%20a%20rostliny.>
- [11] ČEZ. SVĚT ENERGIE. Využití energie slunce [online]. Praha: ČEZ, © 2020 [Cit. 2023-03-19]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/obnovitelne-zdroje-energie/slunecni-elektrarny-podrobne/vyuziti-energie-slunce/vyklad>
- [12] ČEZ. SVĚT ENERGIE. Fotovoltaické články a panely [online]. Praha: ČEZ, © 2020 [Cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/obnovitelne-zdroje-energie/slunecni-elektrarny-podrobne/fotovoltaicke-clanky-a-panely/vyklad>
- [13] ČEZ. SVĚT ENERGIE. Vítr a jeho využití [online]. Praha: ČEZ, © 2020. [Cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/obnovitelne-zdroje-energie/vetrne-elektrarny-podrobne/vitr-a-jeho-vyuziti/vyklad>
- [14] ČEZ. SVĚT ENERGIE. Vítr a jeho využití: Fyzikální principy [online]. Praha: ČEZ, © 2020. [Cit. 2023-03-20]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/obnovitelne-zdroje-energie/vetrne-elektrarny-podrobne/vitr-a-jeho-vyuziti/fyzikalni-principy>
- [15] BECHNÍK, Bronislav. Historie a perspektivy OZE - biomasa I. In: *TZB-info* [online]. Praha, © 2001-2021 [cit. 2023-04-02]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/biomasa/5902-historie-a-perspektivy-oze-biomasa-i#:~:text=Po%20slune%C4%8Dn%C3%ADm%20z%C3%A1%C5%99en%C3%AD%20byla%20biomasa,oh%C5%88%20%2D%20minim%C3%A1ln%C4%9B%20des%C3%ADtky%20tis%C3%ADc%20let.>
- [16] ČEZ. SVĚT ENERGIE. Spalování biomasy [online]. Praha: ČEZ, © 2020 [Cit. 2023-04-02]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/obnovitelne-zdroje-energie/spalovani-biomasy/fyzikalni-principy>
- [17] ČEZ. SVĚT ENERGIE. Geotermální elektrárna [online]. Praha: ČEZ, © 2020 [Cit. 2023-04-09]. Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/obnovitelne-zdroje-energie/geotermalni-elektrarna/vyklad>

- [18] HODBOŤ, Josef. Tepelná čerpadla – základní informace. In: *TZB-info* [online]. Praha, © 2001-2021 [cit. 2023-04-02]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/23093-tepelna-cerpadla-zakladni-informace>
- [19] Deloitte. Rozvoj obnovitelných zdrojů do roku 2030 [online]. Praha: Deloitte, © 2018 [Cit. 2023-04-10]. Dostupné z: https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cz/Documents/energy-resources/rozvoj_obnovitelných_zdrojů_do_roku_2030_3.pdf
- [20] REČKA, Lukáč. *Rozvoj obnovitelných zdrojů v ČR do roku 2030* [online]. Univerzita Karlova, 2021 [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: https://www.czp.cuni.cz/czp/images/2021/COZP_2021_Rozvoj_OZE_2030.pdf
- [21] FAKTA O KLIMATU. Zelená dohoda pro Evropu. [online]. Brno, © 2023 [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/explainery/zelená-dohoda-pro-evropu>
- [22] Ministerstvo průmyslu a obchodu. Rozvoj podporovaných zdrojů energie do roku 2030 [online]. Česká republika: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2019. [Cit. 2023-04-15]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/elektroenergetika/obnovitelne-zdroje/2019/3/Rozvoj-podporovanych-zdroju-energie-do-roku-2030-_podkladovy-dokument-NKEP_.docx
- [23] PEŠEK, Pavel. Jak budou vypadat solární panely budoucnosti? In: Nedd.cz [online]. Praha, 2019-10-01 [cit. 2023-04-17]. Dostupné z: <https://nedd.tiscali.cz/jak-budou-vypadat-solarni-panely-budoucnosti-334303>
- [24] BUCHTA, Luboš. Solární hybridní fotovoltaicko-tepelné kolektory – přehled. In: *TZB-info* [online]. Praha, © 2001-2021 [cit. 2023-04-18]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/23093-tepelna-cerpadla-zakladni-informace>
- [25] KOČ, Břetislav. Větrné elektrárny IV. – Vývoj instalací v ČR i ve světě od přelomu tisíciletí. In: *TZB-info* [online]. Praha, © 2001-2021 [cit. 2023-04-19]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/vetrna-energie/13909-vetrne-elektrarny-iv-vyvoj-instalaci-v-cr-i-ve-svete-od-prelomu-tisicileti>
- [26] MADEJ, Martin. Biopaliva jako alternativy fosilních zdrojů v těžko elektrifikovatelných sektorech. In: oEnergetice.cz [online]. Třebíč: oEnergetice.cz, 2021-04-18. [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/nazory/biopaliva-jako-alternativy-fosilnich-zdroju-tezko-elektrifikovatelných-sektorech>

- [27] Česká vodíková technologická platforma. Ve zkratce. In: HYTEP.CZ [online]. Husinec: HYTEP.CZ, © 2023 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://www.hytep.cz/o-vodiku/ve-zkratce#:~:text=Nejv%C3%ADce%20vod%C3%ADku%20v%20%C4%8Cesk%C3%A9%20republice,spot%C5%99ebov%C3%A1v%C3%A1%20zejm%C3%A9na%20na%20v%C3%BDrobu%20amoniaku>
- [28] NANOGREEN.CZ. Proč také roste cena elektřiny, která pochází jen z přírodních zdrojů? In: NANOGREEN.CZ [online]. Praha: NANOGREEN.CZ, © 2023 [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: <https://www.nanogreen.cz/blog/proc-take-roste-cena-elektriny-ktera-pochazi-jen-z-prirodnich-zdroju>
- [29] ŘEZÁBEK, Pavel. Ceny elektřiny: Co je ovlivní do budoucna a proč nám mohou obnovitelné zdroje pomoci. In: oEnergetice.cz [online]. Třebíč: oEnergetice.cz, 2018-12-21. [cit. 2023-04-29]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/nazory/ceny-elektriny-ovlivni-budoucn-a-proc-nam-mohou-obnovitelne-zdroje-pomoc>
- [30] ŠAFANDA, Jan. Jaké jsou možnosti využití geotermální energie v České republice? In: oEnergetice.cz [online]. Třebíč: oEnergetice.cz, 2018-12-21. [cit. 2023-05-02]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/nazory/biopaliva-jako-alternativa-fosilnich-zdroju-tezko-elektrifikovatelnych-sektorech>
- [31] EUROSTAT. Final energy consumption by sector [online]. Brussels: European Commission, Eurostat, (Kód datasetu: NRG_BAL_S). [cit. 2023-05-05]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ten00124/default/table?lang=en>
- [32] EUROSTAT. Complete energy balances [online]. Brussels: European Commission, Eurostat, (Kód datasetu: NRG_BAL_C) [cit. 2023-05-08]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_bal_c/default/table?lang=en
- [33] EUROSTAT Complete energy balances [online]. Brussels: European Commission, Eurostat, (Kód datasetu NRG_BAL_C). [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_BAL_C_custom_1970141/bookmark/table?lang=en&bookmarkId=d9edf51f-af56-42e2-a7f5-c8debed97494
- [34] Komodity: Druhý solární boom v Česku. Počet i výkon nově instalovaných fotovoltaických elektráren v Česku v roce 2022 rekordně narostl. [online]. © 2000–2023. Kurzy.cz, 2023 [cit. 2023-05-23]. ISSN 1801-8688. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/zpravy/703669-druhy-solarni-boom-v-cesku-pocet-i-vykon-nove-instalovanych-fotovoltaickych-elektraren-v-cesku-v/>

- [35] TRAMBA, David. Dvojnásobný růst za pouhý rok. Loni v Česku přibylo rekordních 60 tisíc tepelných čerpadel. *Ekonomickydenik.cz* [online]. Praha: Media Network, 2023, 2023-03-05 [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://ekonomickydenik.cz/dvojnásobny-rust-za-pouhy-rok-loni-v-cesku-pribylo-rekordnich-60-tisic-tepelnych-čerpadel/>

SEZNAM ZKRATEK

| Zkratka | Význam |
|----------------|-------------------------------------|
| OZE | obnovitelné zdroje energie |
| GHG | Green house gas |
| FVE | fotovoltaická elektrárna |
| VTE | technologie větrných elektráren |
| ČSÚ | Český statistický úřad |
| NKEP | Národní klimaticko-energetický plán |
| VVE | velké vodní elektrárny |
| MVE | malé vodní elektrárny |
| VB | Velká Británie |
| MPO | Ministerstvo průmyslu a obchodu |
| MŽP | Ministerstvo životního prostředí |

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1 Jednoduché schéma vodní elektrárny [6]
Obr. 2 Schéma připojení generátoru na Kaplanovu turbínu
Obr. 3 Mapa slunečního záření v ČR [1]
Obr. 4 Princip fotovoltaiického jevu [12]
Obr. 5 Základní proces a přeměny biomasy
Obr. 6 Geotermální elektrárna Nesjavellir, druhá největší na Islandu [17]
Obr. 7 Základní schéma pracovního okruhu (příklad tepelného čerpadla vzduch-vzduch).[18]
Obr. 8 Struktura perovskitu [23]
Obr. 9 Rozdíl ve výkonu na rozměrech rotoru turbíny [25]

SEZNAM GRAFŮ

- Graf 1 Podíl OZE na výrobě v ČR [2]
Graf 2 Výroba el. energie dle velikosti vodních elektráren od roku 2006 [4]
Graf 3 Účinnost větrných turbín [14]
Graf 4 Prvkové složení paliv a jejich výhřevnost [16]
Graf 5 Klimatické cíle EU do roku 2050 [21]
Graf 6 Predikce využití OZE v ČR v budoucnu [20]
Graf 7 Celková podpora do roku 2050 [22]
Graf 8 Podíl ve využití OZE v rámci EU za rok 2021 [2]
Graf 9 Podíl ve využití OZE v rámci EU za rok 2004 [2]
Graf 10 Spotřeba energie u jednotlivých států [32]
Graf 11 Podíl OZE při konečné spotřebě energie [2]
Graf 12 Podíl OZE na výrobě elektřiny [33]
Graf 13 Roční spotřeba za rok 2021 [32]
Graf 14 Podíl OZE při spotřebě energie [2]
Graf 15 Podíl OZE při výrobě elektřiny [33]

SEZNAM TABULEK

- Tab. 1 Výroba el. energie v GWh v průběhu let [4]
- Tab. 2 Vývoj fotovoltaiky v ČR [4]
- Tab. 3 Výroba a instalovaný výkon v ČR [4]
- Tab. 4 Vývoj výroby el. energie z biomasy [4]
- Tab. 5 Vývoj výroby el. energie z bioplynu [4]
- Tab. 6 Využitelný primární hydroenergetický potenciál ČR [22]
- Tab. 7 Předpokládaný instalovaný výkon geotermální energie do roku 2030 [22]