

### 7.3.3 Nahrazení tepelných elektráren

#### Předpoklady:

**Pedagogická poznámka:** Hodina vznikla náhodou. Maturitní seminář z fyziky navštěvovali i někteří z organizátorů treboňské demonstrace v rámci hnutí Fridays for future, kteří ne úplně rozuměli mému rezervovanému postoji. Tak jsme se rozhodli něco spočítat. Na semináři bylo zadání jednoduché – spočítat pokud možno co nejúplněji náklady, které bychom museli zaplatit, kdyby se ČR vzdala poloviny tepelných elektráren a jejich přínos pro rozvodnou soustavu byl zcela nahrazení solárními panely spojenými se záložními bateriemi. Takto položený úkol je na hraně toho, co dokázali seminárníci během hodiny vyřešit. Následující obsah lekce je z větší části výsledkem mého pátrání během hodiny s malými doplněními ze společné kontroly individuálních zjištění a závěrečné domácí úpravy. Komplikovanost celého postupu však nespočívá v nějakých složitých výpočtech (vše je na bázi přímé úměry). Jde o to si uvědomit, co vše se za nahrazením tepelných elektráren skrývá a jak by se to dalo z dostupných informací alespoň přibližně kvantifikovat. V podstatě je možné hodinu realizovat i na základní škole, spíše však ne jako samostatnou práci, ale jako společné povídání, kde by se v každé fázi třída společně s učitelem dohodla, co je třeba zjistit a spočítat a teprve poté by žáci samostatně hledali a počítali konkrétní údaje pro konkrétní výpočet.

**Pedagogická poznámka:** Ve chvíli, kdy jsme začínali počítat, jsem žádnou reálnější představu, k čemu dojdeme. Výsledky níže mě překvapily téměř stejně jako žáky a jen potvrdili mou skepsi. Pokud by se v úvahách objevila zásadní chyba, prosím o upozornění.

**Pedagogická poznámka:** Údaje uvedené níže jsou platné a aktuální k 16. 4. 2019. Čím později od toho data budete hodinu studovat, tím menší na ně bude spolehnutí, proto bych doporučoval hodinu před případným použitím přepočítat s aktuálními hodnotami.

**Př. 1:** S pomocí údajů na internetu kvantifikuj náklady nahrazení poloviny tepelných elektráren v ČR solárními systémy s baterií pro ukládání nespotřebované elektrické energie. Nahrazení by mělo být úplné – zbytek rozvodné soustavy by neměl poznat, že místo tepelných elektráren jsou v provozu elektrárny sluneční.

Zásadní rozdíl mezi tepelnou a solární elektrárnou:

- tepelná elektrárna funguje za běžných mimořádných podmínek víceméně nezávisle na okolí a dokáže dodávat stejný elektrický výkon ve dne v noci, v létě i zimě (při mrazech je výkon elektrárny dokonce trochu větší),
- výkon solární elektrárny je dán množstvím slunečního záření dopadajícího na panel ⇒ mění se během dne (podle množství mraků a denní doby), mezi dnem a nocí (v noci slunce na panel nesvítí a ten nevyrábí energii), i během roku (v zimě je slunce nízko nad obzorem a na panel dopadá méně záření než v létě)

⇒ budeme sledovat celkovou roční výrobu elektrické energie v tepelných elektrárnách i pomocí solárních panelů.

## Výroba elektrické energie v hnědouhelných elektrárnách

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Energetika\\_v\\_%C4%8Cesku](https://cs.wikipedia.org/wiki/Energetika_v_%C4%8Cesku)

Výroba elektřiny z hnědého uhlí v roce 2017: 36,98 TWh.

$$0,5 \cdot 36,98 = 18,5 \text{ TWh}$$

<https://www.elektrina.cz/vyroba-elektřiny-v-cr-nejvic-energie-stale-ziskavame-z-uhelných-elektřaren>

Výroba v ČR: nad 87 TWh, z toho uhelné elektrárny 40,15 %.

$$0,5 \cdot 0,4015 \cdot 87 = 17,5 \text{ TWh}$$

Ve zbytku hodiny budeme počítat s tím, že potřebujeme nahradit roční výrobu 18 TWh.

## Množství energie vyrobené solárním panelem za rok

<https://www.solarniexperti.cz/kolik-solarnich-panelu-na-strechu-potrebuje/>

1 kWp vyrobí 980 kWh

<https://www.nazeleno.cz/kolik-elektřiny-vyrobi-fotovoltaicke-panely/>

1 kWp vyrobí 1050 kWh (jižní Morava)

Dále budeme počítat s 1000 kWh = 1 MWh roční výroby pro panel o max výkonu 1 kWp.

Potřebujeme tedy panely o výkonu  $18 \cdot 10^{12} : 10^6 = 18 \cdot 10^6$  kWp

## Jakou plochu panely pokryjí?

Elektrárna o výkonu 1 kWp se většinou skládá ze čtyř panelů o výkonu 250 – 300 kWp, které mají standardně plochu 1,65 m<sup>2</sup>.

Panely tedy pokryjí:  $18 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 1,65 \text{ m}^2 = 118,8 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \doteq 120 \text{ km}^2$ .

Je to moc?

Pro srovnání plocha Prahy: 496 km<sup>2</sup>.

Plocha ČR 79 000 km<sup>2</sup>.

[https://www.cuzk.cz/Periodika-a-publikace/Statisticke-udaje/Souhrne-prehledy-pudniho-fondu/Rocenska\\_pudniho\\_fondu\\_2017.aspx](https://www.cuzk.cz/Periodika-a-publikace/Statisticke-udaje/Souhrne-prehledy-pudniho-fondu/Rocenska_pudniho_fondu_2017.aspx)

Zastavěná plocha v ČR ke konci roku 2017 132 217 ha  $\doteq 1300 \text{ km}^2$ .

Stačilo by dát panely na desetinu zastavěných ploch (to by asi nebyl nepřekonatelný problém).

## Kolik by stál nákup panelů?

Potřebný výkon panelů (spočtený výše)  $18 \cdot 10^6$  kWp

Výkon jednoho panelu 0,250 kWp (uvedeno výše)  $\Rightarrow$  potřebujeme

$$18 \cdot 10^6 : 0,25 = 72 \cdot 10^6 \text{ panelů.}$$

<https://www.nazeleno.cz/kolik-elektřiny-vyrobi-fotovoltaicke-panely/>

Cena panelu 3500 – 4000 Kč.

$$\text{Cena celková: } 72 \cdot 10^6 \cdot 3500 \doteq 2,52 \cdot 10^{11} = 250 \text{ mld Kč}$$

Samotné panely však pro výrobu elektřiny nestačí, kolik by stály kompletní instalace solárních elektráren o potřebném výkonu?

<https://www.solarniexperti.cz/solarni-systemy/fotovoltaika/fotovoltaicka-elektřarna-fve-o-vykonu-26-kwp-na-klic/>

Výkon elektrárny 2,6 kwp 120 000 Kč (včetně dotace, kterou platí stát tedy nakonec také my)

Počet elektráren:  $18 \cdot 10^6 : 2,6 = 692\,308 \approx 692\,000$  Kč.

Cena elektráren:  $18 \cdot 10^6 : 2,6 \cdot 120\,000 = 831 \cdot 10^{11} \approx 830$  mld .

### Co to znamená (v porovnání s výdaji státu a obyvatel)?

10 mil obyvatel Č  $\Rightarrow$  pro jednoho obyvatele 82 000 Kč.

<https://www.mfcr.cz/cs/aktualne/tiskove-zpravy/2018/statni-rozpocet-na-rok-2019-v-poslanecke-33220>

Údaje o státním rozpočtu pro rok 2019:

- Celková výše státního rozpočtu: 1500 mld Kč.
- Důchody 472,5 mld Kč,
- platy zaměstnanců státních a příspěvkových organizací 209,8 mld Kč,
- Státní fond dopravní infrastruktury 84,2 mld Kč

### Problém: Slunce nesvítl pořád stejně musíme akumulovat energii vyrobenou ve dne na noc ale hlavně z léta do zimy.

Akumulace z léta do zimy je daleko náročnější, prot se budeme zabývat právě jí.

<https://www.nazeleno.cz/kolik-elektřiny-vyrobi-fotovoltaicke-panely/>

Očekávaný výkon solárního panelu pro měsíce v roce:

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Výkon (kWh)	42	61	98	122	148	138	157	144	108	89	39	31

Dohromady je to 1177 kWh (více než 1000 kWh, ale necháme to tak, jde nám pouze o to, jakou část energie, kterou panel za rok vyrobí, musíme uschovat do zimního období, kdy je sluneční svit slabší).

Měsíční průměr:  $1177 : 12 = 98 \Rightarrow$  na konci zimy musíme mít uskladněn energii, která odpovídá deficitu ve výrobě až do konce února.

Výroba říjen až únor:  $89 + 39 + 31 + 42 + 61$  kWh = 262 kWh  $\Rightarrow$  schodek do průměru pro pět zimních měsíců:  $5 \cdot 98 - 262$  kWh = 228 kWh , což je téměř 20 % celkové roční výroby 1177 kWh v tabulce.

V zimě je větší spotřeba než v létě  $\Rightarrow$  budeme předpokládat, že musíme uskladnit 30 % vyrobené energie tedy 5,4 TWh.

### Uskladnění energie v elektrických bateriích

#### Normální baterie z nabídek prodejců solárních elektráren

<https://www.solar-eshop.cz/p/baterie-victron-energy-lifepo-12-8-v-60-ah-bms/#6333>

300 Ah, 12,8 V, 3,84 kWh, 5000 cyklů, 90 331 Kč, 51 kg

Potřebné množství baterií:  $5,4 \cdot 10^{12} : 3840 = 1,4 \cdot 10^9 = 1,4$  mld

Cena  $5,4 \cdot 10^{12} : 3840 \cdot 90\,331 \approx 1,27 \cdot 10^{14} = 127\,000$  mld Kč

Celková hmotnost:  $5,4 \cdot 10^{12} : 3840 \cdot 51 \approx 7,17 \cdot 10^{10}$  kg = 71,7 mil tun

#### Baterie PowerPack od firmy Tesla v jižní Austrálii

<https://electrek.co/2018/09/24/tesla-powerpack-battery-australia-cost-revenue/>

kapacita 129 MWh, cena 66 mil EUR (při kurzu 25,7 Kč 1,44 mld Kč)

Potřebné množství baterií:  $5,4 \cdot 10^{12} : 129 \cdot 10^6 \doteq 42\,000$

Cena  $5,4 \cdot 10^{12} : (129 \cdot 10^6) \cdot 1,44 \text{ mld} \doteq 6,03 \cdot 10^{13} = 60\,300 \text{ mld Kč}$

Obě možnosti jsou zcela mimo dosah. I v případě, že by existoval někdo schopný potřebné množství baterií vyrobit a vytěžit na něj potřebné suroviny (což je velmi nepravděpodobné i v případě, že by se potřebným množstvím baterií chtěla vybavit pouze Česká republika), cena je příliš vysoká. Jen nahrazení výkonu poloviny uhelných elektráren by spotřebovalo veškeré výdaje státního rozpočtu na 40 let dopředu.

Následující řádky už jsou jen osobním vyjádřením autora.

Je pravda, že studentští vůdci se nijak nevyjadřují k tomu, jakým způsobem mají být fosilní zdroje energie nahrazeny. Z předchozího výpočtu je však zřejmé, že médii v současnosti preferovaná cesta (solární panely + baterie) není v současnosti možná a nebude možná ani výhledově. Technologie ukládají energie do baterií by musela zlevnit minimálně tisíckrát, aby bylo možné o ní vůbec uvažovat. Vzhledem k materiálové náročnosti baterií je to těžko představitelné. Stejně těžko představitelné je, jak to vlastně chce například Německo zařídit, když v současnosti podle dosažitelných informací žádnou použitelnou technologii nedisponuje (a zavádění alternativních zdrojů energie kromě jejího zdražení vedlo ke zvětšení podílu elektřiny, která se vyrábí v hnědouhelných elektrárnách). Bohužel zkušenosti z dějepisu ukazují, že reálná neuskutečnitelnost záměru není pro dostatečně motivovaný národ žádnou překážkou v pokusu o jeho realizaci.

Jako daleko reálnější se mně podle krátkého prohledávání na internetu zdá skladování energie do vodíku (vyrobeného elektrolyzou vody) a zpětná výroba proudu z něj v palivových člancích. Kdybych byl předsedou vlády, zřejmě bych výzkum v této oblasti prohlásil za prioritu a s klidným svědomím do něj nalil několik miliard Kč.

Když vidím studenty v ulicích, nemohu si nevzpomenou na dva poslední (z dnešního pohledu již jednoznačně tragicky neúspěšné) české pokusy s globálním oteplováním něco dělat:

- zavádění biopaliv (<https://cs.wikipedia.org/wiki/Biopalivo>), které nám přineslo v ČR lány řepky a v zahraničí kácení pralesů,
- a solární boom (<https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/priciny-solarniho-boomu/> nebo <https://www.penize.cz/nakupy/275131-jak-to-bylo-a-je-s-fotovoltaikou-v-cesku>), díky kterému dnes platíme ročně tisíce na zvyšování životní úrovně těch, kteří v tom zkrátka umějí chodit.

Zcela logicky se dá očekávat v případě úspěchu studentských demonstrací podobná hurá akce s nákupem baterií, která opět pár lidem hodně pomůže a životní prostředí nezachrání.

Celkově vnímám studentské demonstrace proti platnosti přírodních zákonů jako smutný důkaz selhání přírodovědného vzdělání i výchovy ke kritickému myšlení na školách nejen u nás, ale i na Západě. Pikantní je, že se to týká té části mladé populace, která je elitami obvykle vyzdvihována jako nejodolnější vůči manipulaci a nejschopnější samostatného uvažování. Pro mě osobně bolestivější o to, že mezi aktivními organizátory jsou moji bývalí žáci, které jsem se snažil tři roky naučit, že nic není zadarmo a že přírodní zákony se nestarají o lidské potřeby a touhy a zkrátka jenom platí.

**Shrnutí:**