

# Povolili byste provoz jaderné elektrárny Temelín?

Mihulka Jan, Jež Pavel\*, Cupal Vladimír\*\*, Pošta Petr\*\*\*

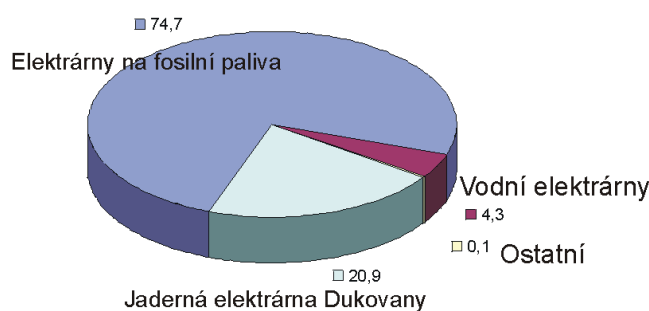
Gymnázium Roudnice nad Labem, ul. Havlíčkova  
\*Gymnázium Petra Bezruče Frýdek - Místek, ul. ČSA  
\*\*Gymnázium Jeseník, ul. Komenského  
\*\*\*Gymnázium Pardubice, ul. Dašická

## Úvod

Téma našeho miniprojektu nezasahuje jen do otázek fyziky, ale také politiky či sociologie. Zhodnotíme bezpečnost Temelína a jeho přínos pro naši společnost-republiku. Uvážíme, jakými jinými způsoby by bylo možno získat náhradu za energii z Temelína a jestli tuto energii potřebujeme. Politický stav kolem této elektrárny je všeobecně známý, a proto není tato stránka věci v naší prezentaci zahrnuta. Z dostupných informací vyvodíme logický závěr, kterým odpovíme na řečnickou otázku v názvu miniprojektu.

O výstavbě Jaderné elektrárny Temelín bylo rozhodnuto v roce 1980 v rámci energetického plánu. Předpokládal výstavbu čtyř jaderných elektráren na území Československa včetně JETE. V roce 1990 vláda rozhodla o snížení počtu bloků JETE ze čtyř na dva. Samotná stavba byla dokončena až nedávno. Během ní se veškeré technologie několikrát modernizovaly, zejména po havárii v Černobylu. Majoritním investorem a provozovatelem je státní firma ČEZ, a.s., která do tohoto projektu vložila nemalé prostředky a úsilí.

## Výroba el. energie v ČR podle zdroje v %



Chyby a malé nedostatky, které Temelín má a o nichž nás důsledně informují média, se pokusíme zhodnotit nezájatě. Zjistili jsme, že těchto problémů ve skutečnosti není mnoho a některé jsou značně zveličovány. Ještě bychom nastínili další otázky, na které také budeme postupně odpovídat: Chceme JETE? Co nám JETE přinese a čím nám uškodí? Jaká je budoucnost elektrárny a možnost rozšíření o systém na znovuvyužití vyhořelého paliva ADTT?

## Potřebujeme novou elektrárnu?

Neustále se ozývají hlasy, které tvrdí, že novou elektrárnu nepotřebujeme. Že nám stačí ty stávající. To je možná pravda v současnosti, ale rozhodně to nebude pravda už v blízké budoucnosti. Celosvětový trend ve vyspělých státech (např. USA) směřuje ke zvýšení odběru elektřiny. Ve Spojených státech je odběr elektřiny na obyvatele 2x vyšší než u nás a v Kanadě dokonce 3x.

Veškeré prognózy vývoje odběru elektrické energie, které s oblibou používají protitemelínští aktivisté, vycházejí z faktu, že vlivem poklesu průmyslové výroby se v posledních deseti letech odběr nezvyšoval, či dokonce klesal. V současné době se restrukturalizace průmyslu chýlí ke konci a se zaváděním nových technologií, které vesměs využívají elektroniku, se odběr bude přirozeně zvyšovat s možností vývozu el. energie do zahraničí.

V této době vyrábí více než polovinu elektrické energie v ČR tepelné elektrárny. Že tato situace je nebezpečná (závislost na stále se zvyšujících cenách fosilních paliv) jsme dostali vhodný příklad na počátku tohoto roku, kdy vlivem zvýšení cen ropy došlo k totální energetické krizi celého Západního pobřeží USA - jednoho z nejvyspělejších ekonomických regionů světa. Jediným stabilním článkem energetické soustavy byly jaderné elektrárny.

Z těchto faktů vyplývá, že zvýšení výroby elektrické energie v ČR je už nyní nevyhnutelné, neboť až nám bude elektřina chybět, tak bude pozdě, protože výstavba elektrárny trvá několik let.

## Alternativní zdroje elektrické energie

Elektřina je možné vyrábět mnoha způsoby, avšak naše geografické podmínky do značné míry determinují jejich úspěšnost. V ČR nejsou žádné veletoky jako Volha, ani rychlé ledovcové řeky jako ve Skandinávském pohoří či v Alpách, proto není možné vybudovat nové velké vodní elektrárny, zvláště vezmeme-li v úvahu, že už všechny vhodné toky byly za tímto účelem využity. Nebudeme ani zmiňovat obrovský dopad na mikroklima

okolí, který je větší, než v případě JETE. Nelze ovšem nijak snižovat význam malých přehrad na potocích, které mají důležitý *lokální* význam, ale stále budou pouze doplňkem hlavní energetické soustavy.

Ani pro využití větrné energie nejsou v ČR vhodné podmínky. Hraniční pohoří brání západním větrům, aby svobodně vály přes ČR, a vnitrozemské klima způsobuje značnou proměnlivost směru i síly větru na celém území. To způsobuje, že větrná energie se může využívat pouze lokálně. Řady generátorů na kopcích pak nepřispívají k hezkému panoramatu našich hor.

Podnebí také značně omezuje až znemožňuje využití energie slunečních paprsků, protože na žádném místě nedopadají sluneční paprsky s dostatečně vysokou intenzitou, aby výstavba byla více než pouhým experimentem. Kromě své obrovské ceny mají solární elektrárny další nevýhodu v zabírání obrovské plochy v poměru k výkonu (2 MW - 5 km<sup>2</sup>).

Využití jiných obnovitelných zdrojů (např. geotermálního) v ČR z objektivních příčin nemůže překročit lokální význam (mnohdy zásobuje elektrárna na obnovitelné zdroje jediný dům) a domníváme se, že celkově se na výrobě budou podílet maximálně 10% (20% s přehradními nádržemi).

Z předchozích bodů tedy vyplývá, že v současnosti (ani v příštích cca 30 - 40 letech) nebude možné v ČR vyrábět většinu elektrické energie jinak než v uhelných či jaderných elektrárnách.

## ***Srovnání jaderné a uhelné elektrárny***

Uhelná elektrárna má vůči jaderné řadu nevýhod. Pomineme-li vyšší výrobní náklady, tak to je obrovská spotřeba paliva (tisíce tun denně), která zatěžuje dopravní systém a působí (během své přepravy a dobývání) značné znečištění hlukem a prachem. Další nevýhodou je (i s odsířením emisí) zcela prokazatelné přispívání ke skleníkovému efektu. A v neposlední řadě je nevýhodou odpad, který sice není radioaktivní (tolik), jako vyhořelé jaderné palivo, avšak denně se ho produkuje stovky tun.

Temelín by přispěl ke zlepšení životního prostředí. Jeho uvedení do provozu pravděpodobně umožní vyřadit z provozu další zastaralé uhelné elektrárny, čímž se ročně ušetří zhruba 14 miliónů tun uhlí, což je přibližně čtvrtina naší roční těžby, a půl miliónu tun kvalitního bílého vápence k odsíření, což je asi třetina naší roční spotřeby vápence k tomuto účelu. *Těžba vápence také narušuje životní prostředí.* Díky Temelínu se produkuje ročně o 100 km<sup>3</sup> emisí méně a produkce oxidu siřičitého už klesla o 95% (uzavření několika uhelných elektráren).

## ***Jaderná havárie a radioaktivní odpad***

Temelín je dále neustále napadán pro dvě věci - možné nebezpečí jaderné havárie a radioaktivní odpad.

Co se týče radioaktivního odpadu, je pravdou, že je nebezpečný, že bude dlouho nebezpečný, a že ho je relativně mnoho (stále je to zanedbatelné množství v porovnání s objemem odpadu (pevného, tekutého i plynného), který vyprodukuje uhelná elektrárna). V současné době je možné jaderný odpad bezpečně skladovat, ale už v blízké budoucnosti bude možné jej zpracovat pomocí technologie ADTT.

Je nezbytné uvědomit si, že JETE je v současné době jedna z nejmodernějších a tedy i nejbezpečnějších elektráren na světě. Často napadaná kombinace sovětské a americké technologie, která údajně "prostě nemůže fungovat", funguje ve Finsku už několik desítek let zcela bez problémů. Temelín byl postaven tak, aby vydržel přímou dvojnásobnou prasklinu primárního okruhu kombinovanou s výpadkem elektrického proudu a zemětřesením o síle 8 stupňů Richterovy stupnice. Šance, že tento jev nastane, je řádově nižší, než ta, že zahyneme vlivem pádu meteoritu.

*Tyto dvě zmíněné nevýhody jsou ovšem do značné míry hypotetické (pravděpodobnost jedné je obrovsky malá a druhá bude pravděpodobně v dohledné době vyřešena) a jsou vyváženy výhodami, které mají okamžitý kladný dopad.*

## ***Bezpečnost***

Bezpečnost reaktoru je kromě bariér obklopujících primární okruh opřena o základní fyzikální principy (tzv. **inherentní bezpečnost**) a prvky tzv. **pasivní bezpečnosti**, které by zabránily i při nesmírně nízké pravděpodobnosti havárie úniku radionuklidů mimo prostor reaktoru, popřípadě kontejnmentu také v případě selhání ostatních bezpečnostních systémů.

**Inherentní bezpečnost** se opírá o fakt, že jevy, provázající nehody v jaderné části elektrárny, např. zvýšení teploty reaktoru, obecně znesnadňují průběh štěpení jader, vykazují **záporný koeficient reaktivity**. Zhoršuje se přirozenou cestou zpomalování neutronů, nastává pokles počtu štěpících se jader.

**Pasivní bezpečnost** se rozumí použití takových systémů regulace výkonu, chlazení aktivní zóny a jejího havarijního dochlazování, které budou fungovat i v případě výpadku všech zdrojů energie pro havarijní systémy. Příkladem jsou **havarijní tyče**, které jsou umístěny nahoře nad reaktorem a v případě havárie klesnou působením gravitace do aktivní zóny.

Bezpečnostní prvky doplňuje ochranná obálka - kontejnment. Železobetonová konstrukce kontejnmentu je stavba vysoká 56 metrů. Skládá se z válce a kulového vrchlíku. Stěny válce jsou silné 1,2 metru, konstrukce kopule je pouze o deset centimetrů slabší. Vnitřní průměr kontejnmentu je 45 metrů.

### Ochranná funkce kontejnmentu je zajištěna několika, převážně pasivně působícími prvky:

- vnitřní povrch kontejnmentu je pokryt 8 mm silnou vrstvou nerezové oceli, která hermeticky uzavírá vnitřní prostor kontejnmentu a tak brání úniku radionuklidů do okolí,
- kontejnment je projektován na maximální přetlak 0,49 MPa při 150 °C,
- trvalé udržování podtlaku uvnitř kontejnmentu umožňuje v případě malých úniků radioaktivity její odfiltrování a nízkoaktivní zbytek kontrolovaně odvést do ventilačního komína. Vypnutí systému ventilace při větších haváriích umožňuje lokalizovat radioaktivitu uvnitř kontejnmentu,
- konstrukce kontejnmentu je provedena z předpjatého betonu. Předepnutí je provedeno ocelovými předepínacími lany, která procházejí celou konstrukcí kontejnmentu.

K výkonným bezpečnostním systémům na JE Temelín např. patří:

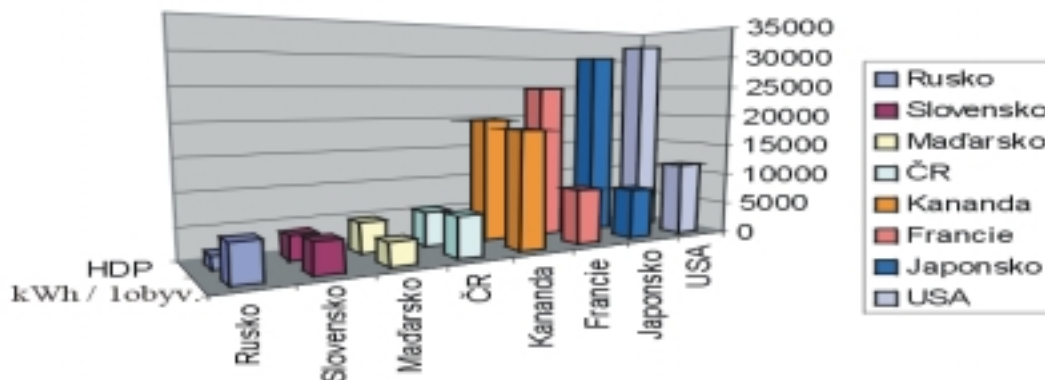
- **Pasivní systém havarijního chlazení aktivní zóny (AZ) reaktoru:** čtyři hydroakumulátory - rychlé zaplavení AZ při náhlém poklesu tlaku v primárním okruhu.
- **Čtyři trojnásobně jištěné aktivní systémy:**
  - **Nízkotlaký systém havarijního chlazení AZ:** dochlazování AZ a dlouhodobý odvod zbytkového tepla
  - **Vysokotlaký havarijní doplňovací systém:** potlačení havárií s rychlým nárůstem výkonu reaktoru.
  - **Vysokotlaký systém havarijního chlazení AZ:** udržování AZ v podkritickém stavu při zachování vysokého tlaku, chlazení AZ při havárii spojené se ztrátou chladiva.
  - **Sprechový systém ochranné obálky:** snížení tlaku v hermetických prostorech (brání úniku radioaktivních látek)
- **Systém ochrany primárního okruhu při převýšení tlaku:** zabraňuje porušení integrity primárního okruhu
- **Systém ochrany sekundárního okruhu:** zajišťuje regulaci tlaku páry v parovodech.
- **Mechanický systém odstavení reaktoru:** zajišťuje pád souboru absorpčních tyčí do AZ.

**Fakta:** JE Temelín vyhovuje **českým** bezpečnostním **normám** (závazné předpisy), které byly vytvořeny v souladu s doporučeními Mezinárodní agentury pro atomovou energii ve Vídni.

JE Temelín dále vyhovuje evropským a světovým **standardům** (úroveň na jaké se zajištění bezpečnosti pohybuje) kladeným na jadernou bezpečnost.

JE Temelín nemůže vyhovovat evropským **normám** na jadernou bezpečnost, protože žádné takové normy **neexistují**.

## Porovnání roční výroby elektřiny a HDP na 1 obyv. ve vybraných zemích



## Srovnání nejčastějších typů elektráren

	VÝHODY	NEVÝHODY
<b>Solární elektrárna</b>	využívá pouze obnovitelné zdroje lehká údržba	vysoké náklady nízký výkon náročnost na plochu a podnebí
<b>Větrná elektrárna</b>	využívá pouze obnovitelné zdroje lehká údržba	hluk nízký výkon náročnost na plochu a podnebí narušuje vzhled krajiny
<b>Průtoková elektrárna</b>	velký lokální význam využívá pouze obnovitelné zdroje	nákladná údržba přehrazení řeky potřeba silného průtoku
<b>Přehradní elektrárna</b>	velký výkon protipovodňový význam rekreace zdroj pitné vody	finančně náročná stavba změna krajiny změna mikroklimatu přehrazení toku náročnost na plochu
<b>Uhelná tepelná elektrárna</b>	velký výkon nenáročnost na plochu a podnebí nízké stavební náklady	velká spotřeba uhlí drahé provozní náklady produkce skleníkových plynů velká spotřeba kyslíku surovinově nákladné odsíření obrovská produkce pevných odpadů radioaktivita popílku
<b>Ostatní tepelné elektrárny na fosilní paliva</b>	velký výkon nenáročnost na plochu a podnebí nízké stavební náklady	velká spotřeba fos. paliva produkce skleníkových plynů velká spotřeba kyslíku závislost na ceně fos. paliva náročnost na zpracování fos. paliva
<b>Jaderná elektrárna</b>	velký výkon nenáročnost na plochu a podnebí nízké provozní náklady neprodukuje skleníkové plyny nespotřebovává kyslík	náročné na bezpečnost vysoké stavební náklady produkce radioaktivního odpadu

### Závěr

Naše skupina došla k názoru, že pozitivní význam provozu jaderné elektrárny na úrovni Temelínu naprosto převažuje nad negativními dopady, které se navíc stále zmenšují vývojem nových technologií. Pro bezpečnost bylo uděláno maximum, energie je žádána a lepší způsob, jak ji získat budeme v této době jen těžko hledat.

Jediné, co může Česká republika udělat, pokud si nechce zahrávat s blízkou budoucností svou a planety, je spustit a provozovat Temelín, který sice produkuje odpad, který nás může sužovat tisíce let, avšak v dohledné budoucnosti (30-40 let) je možné, že bude tento odpad zbaven radioaktivity a potom bude Temelín zdrojem opravdu čisté elektrické energie, který bude předstížen až jadernou fúzí.