

# 1. Chemie f-prvků a jaderná energetika

## Metodické podklady pro vyučující

V úvodu každé úlohy je vždy uvedeno:

1) *Téma, kterým se úloha zabývá.*

2) *Typ úlohy*

a. Motivační – nepředpokládá dřívější znalost učiva, lze ji vyřešit na základě uvedených informací. Tento typ úloh se snaží studentům ukázat probírané téma jako zajímavé, probudit v nich další zájem o studovanou problematiku.

b. Ověřovací – učivo už bylo dříve v hodinách probráno a úloha slouží k ověření, zda student látku ovládá a dokáže s pojmy pracovat.

c. Určená k domácímu vypracování – vyučující zadá úlohu jako domácí úkol.

d. Vysvětlovací – vysvětluje nové principy či pojmy.

3) *Pomůcky* – zda student potřebuje k vyřešení úlohy např. kalkulačku či periodickou soustavu prvků.

V závěru úlohy je pak uvedeno autorské řešení (správné odpovědi). U řešení mohou být uvedeny další metodické pokyny, pokud je úloha vyžaduje.

## Úloha 1. Zastoupení lanthanoidů v přírodě

*Téma: f-prvky; typ úlohy: motivační*

*Student má k dispozici periodickou soustavu prvků a kalkulačku.*

**Text:** Hlavním zdrojem lanthanoidů jsou monazitové písky. Mezi nejhojněji vyskytující se lanthanoidy patří cer, který má podobné zastoupení v zemské kůře jako měď či nikl. V přírodě se nevyskytuje promethium, které je radioaktivní a má krátký poločas rozpadu. Nejméně zastoupené thulium a lutecium mají vyšší zastoupení než bismut, stříbro či platinové kovy. Největší světové zásoby lanthanoidů (více než 95 %) se nacházejí v Číně.

**Úkol 1:** Na základě výše uvedeného textu doplňte do tabulky značky prvků – *Ce, Pm a Lu* k příslušnému zastoupení:

*Tabulka: Prvky a jejich zastoupení*

Prvek	Ni		Cu	Pb		Tm	Ag	Au	
Zastoupení*	84	64	60	14	0,8	0,5	0,08	0,005	0

\*zastoupení je uvedeno v mg/kg, tj. kolik mg daného prvku je obsaženo v 1 kg zemské kůře

**Úkol 2:** Doplňte do textu chybějící údaje:

V zemské kůře se nachází 10× více \_\_\_\_\_ než stříbra, přibližně 20× více stříbra než \_\_\_\_\_ a asi 1 mg/kg \_\_\_\_\_. Výskyt ceru v zemské kůře je na základě uvedené tabulky nejpodobnější výskytu \_\_\_\_\_. Radioaktivní promethium s protonovým číslem \_\_\_\_\_ se v periodické tabulce nachází mezi \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_.

**Správné odpovědi:**

*Úloha 1: Ce, Lu, Pm*

*Úloha 2: lutecia, zlata, lutecia, mědi, 61, neodymem, samariem (odpovědi mohou být i značkou)*

## Úloha 2: Historie a názvy vzácných zemin

*Téma: d-prvky a f-prvky; typ úlohy: motivační*

*Student má k dispozici periodickou soustavu prvků.*

**Úkol:** Doplňte do textu názvy prvků:

Objevování vzácných zemin (lanthanoidy, skandium a yttrium) začalo v roce 1794 ve Skandinávii. Po zmíněném severoevropském poloostrovu bylo pojmenováno \_\_\_\_\_. Na základě starého názvu pro Skandinávii, Thule, se jmenuje \_\_\_\_\_. Podle finského chemika Johana Gadolina, který izoloval první lanthanoidy ve švédské vesnici Ytterby, bylo pojmenováno \_\_\_\_\_. Vesnice Ytterby dala název hned čtyřem prvkům yttrium, terbium, erbium a ytterbium. Geografické pojmenování nese i prvek \_\_\_\_\_, pojmenovaný podle světadílu, na kterém byly lanthanoidy poprvé objeveny. Z latinské varianty švédského hlavního města Stockholm, Holmia, pochází pojmenování pro \_\_\_\_\_ a Paříž, latinsky Lutetia, dala název \_\_\_\_\_. Praseodym a neodým byly původně považovány za jeden prvek, a proto jejich názvy vycházejí z řeckého didymos (dvojče). Název praseodymu byl vytvořen ještě z řeckého prasinos, zelený, a neodymu z řeckého neos, nový.

Dysprosium je pojmenováno podle řeckého „dysprositos“, těžko přístupný. Samarium nese název na počest těžebního důstojníka V. E. Samarského-Vychovca, byl poprvé izolován z nerostu samarskitu. Cer má pojmenování podle trpasličí planety Ceres objevené v roce 1801, tedy 2 roky před objevem ceru. Tato planeta byla pojmenována podle římské bohyně sklizně. Jako poslední bylo po II. světové válce objeveno radioaktivní \_\_\_\_\_, které bylo pojmenováno na počest Promethea, postavy z řecké mytologie, která ukradla bohům oheň a předala ho lidem. Celá skupina nese název odvozený z řeckého „lanthanein“, což znamená „být skrytý“.

***Správné odpovědi:***

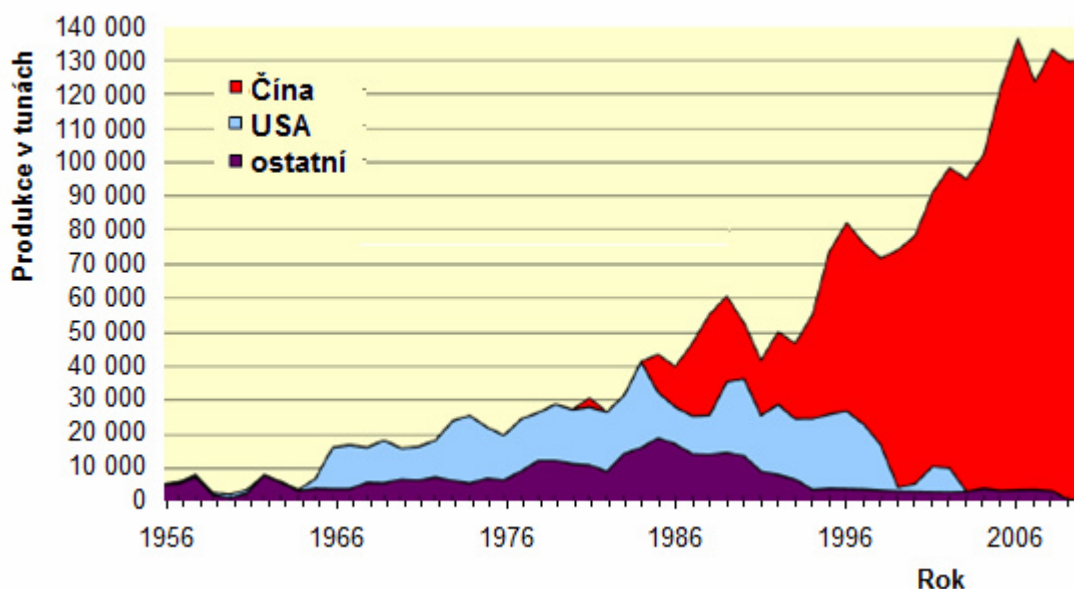
*skandium, thulium, gadolinium, europium, holmium, lutecium, promethium*

### Úloha 3. Produkce vzácných zemin

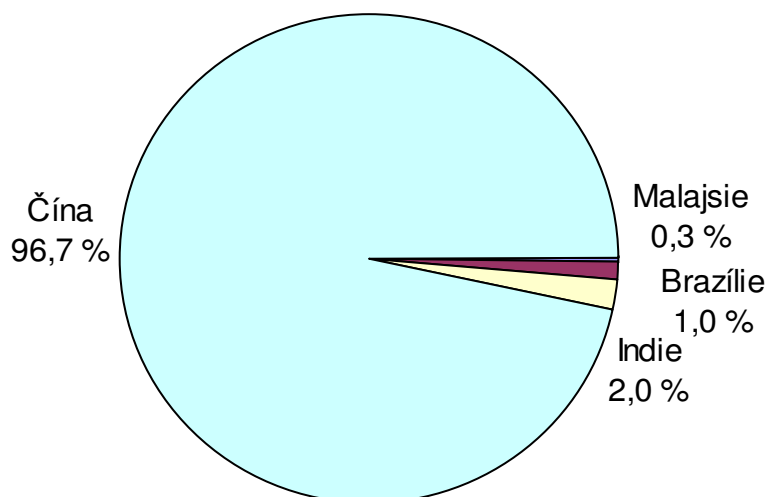
*Téma: f-prvky; typ úlohy: motivační, aplikace informací*

*Student má k dispozici kalkulačku.*

**Text:** Na následujících grafech je zobrazena produkce vzácných zemin v historickém přehledu a jejich výroba v roce 2009. Prostudujte si grafy 1 a 2 a poté vyřešte úkoly:



*Graf 1: Trendy ve světové produkci vzácných zemin v letech 1956 – 2010.*



*Graf 2: Světová produkce vzácných zemin v roce 2009.*

**Úkol 1:** Jaká byla celosvětová přibližná průměrná produkce vzácných zemin mezi lety 1956 – 1965?

**Úkol 2:** V jakém roce začalo období těžby vzácných zemin v USA?

**Úkol 3:** Která země je v současné době hlavním producentem vzácných zemin?

**Úkol 4:** Jaká byla celková produkce vzácných zemin v roce 2010?

**Úkol 5:** Jaké dva státy byly hlavními producenty vzácných zemin v první polovině 90. let?

**Úkol 6:** Jaké další státy kromě Číny se v současné době zabývají těžbou vzácných zemin?

**Úkol 7:** Kolik tun vzácných zemin se přibližně vytěžilo v roce 2009 v Indii?

***Správné odpovědi:***

*Úkol 1: 3 000 – 7 000 tun*

*Úkol 2: 1964*

*Úkol 3: Čína*

*Úkol 4: 130 000 tun*

*Úkol 5: Čína a USA*

*Úkol 6: Malajsie, Indie a Brazílie*

*Úkol 7: v roce 2009: celková produkce 130 000 tun, z toho 2 %: 2 600 tun (nutná kombinace grafu 1 a 2)*

## Úloha 4. Využití vzácných zemin v praxi

*Téma: f-prvky; typ úlohy: motivační, aplikace informací*

*Student má k dispozici periodickou tabulku prvků.*

**Text:** Hlavní předností kovů vzácných zemin je ta, že i v malém množství, jako příměsí, mění vlastnosti materiálů. Těto vlastnosti se využívá například v permanentních magnetech, které jsou součástí počítačových pevných disků či baterií v hybridních automobilech. Dále se ve formě svých sloučenin, nejčastěji oxidy, sulfidy či křemičitany využívají v zářivkách, obrazovkách či displejích, kde vytvářejí viditelné světlo (jako tzv. luminofory). V petrochemii se používají jako katalyzátory používat ke krakování ropy či při výrobě bionafty. Přidávají se jako příměsí do slitin kovů či skel.

**Úkol:** Připište značky prvků k jednotlivým součástem automobilu na obrázku, znáte-li jejich použití:

*Lanthan:* jako součást skla má schopnost zadržovat UV záření

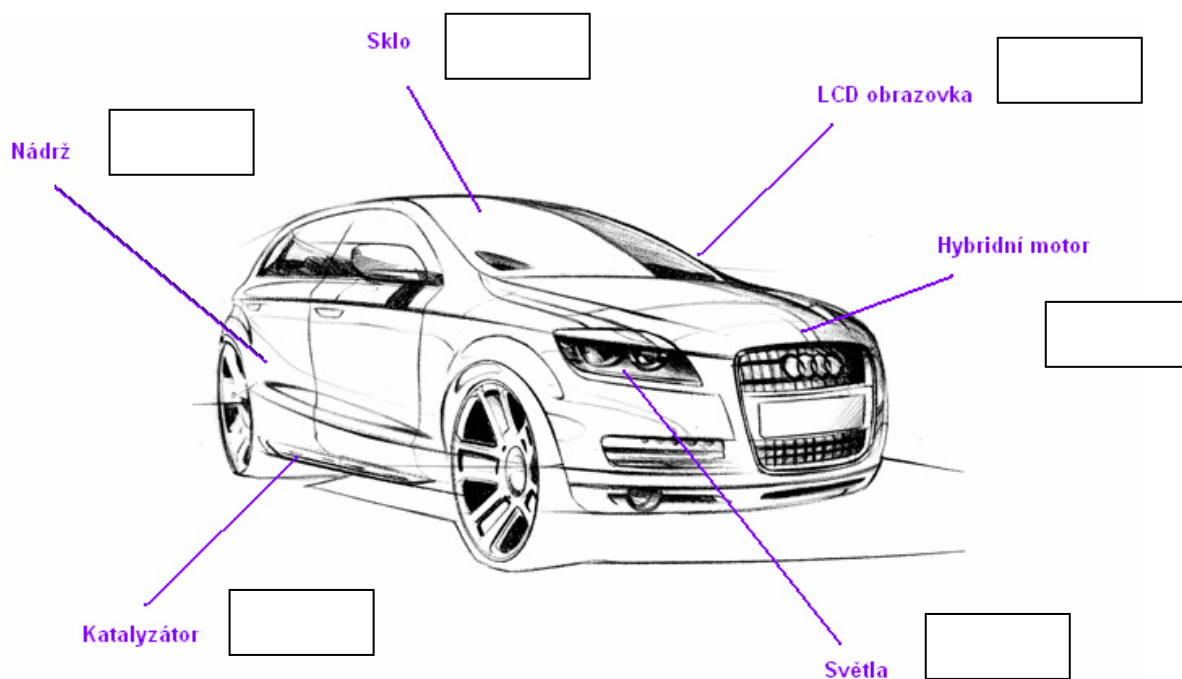
*Europium, yttrium, terbium:* zdroj záření v obrazovkách

*Lanthan, yttrium:* osvětlení

*Lanthan:* krakování paliva

*Cer:* katalyzátor výfukových plynů, snižuje spotřebu vzácných kovů (např. platiny)

*Neodym, praseodym, dysprosium:* součást hybridních motorů



*Obrázek: Využití vzácných zemin*

***Správné odpovědi:***

*Nádrž: La; Sklo: La; LCD obrazovka: Eu, Y, Tb; Hybridní motor: Nd, Pr, Dy; Světla: La, Y;  
Katalyzátor: Ce*

## Úloha 5. Lanthanoidy I

*Téma: lanthanoidy; typ úlohy: ověření znalostí*

**Úkol:** Rozhodněte o správnosti následujících tvrzení. Chybná tvrzení opravte.

1. Lanthanoidy patří mezi f-prvky.
2. Všechny f-prvky jsou radioaktivní.
3. Lanthanoidy jsou podobně jako rtuť kapalné kovy.
4. Lanthanoidy jsou netečné, netvoří sloučeniny s jinými prvky.
5. Mořská voda je jedním z největších zdrojů lanthanoidů.
6. Sloučeniny lanthanoidů nacházejí uplatnění například v displejích počítačů.

***Správné odpovědi:***

1. *Správně.*
2. *Nepravdivě. Většina lanthanoidů (kromě promethia) jsou stálé prvky.*
3. *Nepravdivě. Jedná se o pevné stříbrnolesklé kovy.*
4. *Nepravdivě. Běžně tvoří sloučeniny, jako např. oxidy, dusičnany či sulfidy.*
5. *Nepravdivě. Monazitové písky jsou hlavním zdrojem lanthanoidů.*
6. *Správně.*



## Úloha 6. Lanthanoidy II

*Téma: lanthanoidy; typ úlohy: ověření znalostí*

**Úkol:** Doplňte chybějící slovo v textu:

1. Lanthanoidy patří do \_\_\_\_\_ skupiny PSP, proto je jejich typickým oxidačním číslem +3.
2. Od La k Lu se postupně obsazuje elektrony orbital \_\_\_\_\_, proto se nazývají f-prvky.
3. Největší naleziště lanthanoidů se nachází v \_\_\_\_\_, tento stát je i jejich největším producentem.
4. V přírodě se nenachází \_\_\_\_\_, protože nemá žádný stabilní izotop (je radioaktivní).
5. Kuřáci cigaret využívají některé z lanthanoidů při zapalování cigaret, protože jsou součástí \_\_\_\_\_ zapalovačů.

***Správné odpovědi:***

1. *do 3. skupiny (III.B)*
2. *orbital 4f*
3. *v Číně*
4. *promethium*
5. *škrtacích kamínků zapalovačů*

## Úloha 7. Lanthanoidy III

*Téma: lanthanoidy; typ úlohy: ověření znalostí*

**Úkol:** Rozhodněte o správnosti tvrzení. Správnou odpověď zakroužkujte.

1. ANO NE Lanthanoidy patří mezi d-prvky.
2. ANO NE Lanthanoidy tvoří sloučeniny s kyslíkem.
3. ANO NE Lanthanoidy jsou vzhledem podobny stříbru.
4. ANO NE Monazitové písky patří mezi největší zdroje lanthanoidů.
5. ANO NE Lanthanoidy nacházejí uplatnění například v katalyzátorech výfukových plynů.

***Správné odpovědi:***

***1. NE, 2. ANO, 3. ANO, 4. ANO, 5. ANO***

## Úloha 8. Lanthanoidy IV

*Téma: lanthanoidy; typ úlohy: ověřovací na pochopení učiva*

**Úkol:** Vyberte tvrzení, které **není** správné.

Lanthanoidy:

- a) se hojně vyskytují v Číně
- b) používají se např. v elektronice
- c) jsou kovy
- d) patří do 5. periody PSP

***Správná odpověď: d***

## Úloha 9. f-prvky

*Téma: lanthanoidy; typ úlohy: ověření znalostí*

**Úkol:** Doplňte správné chybějící slovo v textu.

1. Od La k Lu se postupně \_\_\_\_\_ velikost (poloměr) atomu, tento jev se nazývá lanthanoidová kontrakce.
2. Největší naleziště lanthanoidů se nacházejí v \_\_\_\_\_, tento stát je i jejich největším producentem.
3. Lanthanoidy patří do \_\_\_\_\_ skupiny, proto je jejich typickým oxidačním číslem +3.
4. V českých jaderných elektrárnách se jako palivo používá \_\_\_\_\_.

**Správné odpovědi:**

1. *zmenšuje*, 2. *v Číně*, 3. *3. nebo III. B (podle staršího označení)*, 4. *uran*

## Úloha 10. Stavba atomu

*Téma: f-prvky a stavba atomu; typ úlohy: ověření znalostí*

*Student má k dispozici periodickou tabulku prvků.*

**Úkol:** Určete počet elementárních částic u následujících prvků. Dále rozhodněte, zda prvek patří mezi lanthanoidy, nebo aktinoidy:

<sup>235</sup>U:            Počet protonů:                      Počet neutronů:                      Počet nukleonů:  
Počet elektronů:

<sup>145</sup>Pm:            Počet protonů:                      Počet neutronů:                      Počet nukleonů:  
Počet elektronů:

<sup>241</sup>Am:            Počet protonů:                      Počet neutronů:                      Počet nukleonů:  
Počet elektronů:

### ***Správné odpovědi:***

*U: 92, 143, 235, 92 - aktinoidy*

*Pm: 61, 84, 145, 61 – lanthanoidy*

*Am: 95, 146, 241, 95 - aktinoidy*

## Úloha 11. Štěpení $^{235}\text{U}$

*Téma: f-prvky a jaderná energetika; typ úlohy: ověření znalostí*

**Úkol:** Doplňte do textu o štěpení  $^{235}\text{U}$  vynechaná slova ve správném tvaru.

*produkt, teplo, neutron, energie, palivo*

Při jaderných reakcích se uvolňuje obrovské množství \_\_\_\_\_. Energeticky významné jsou štěpné jaderné reakce, při nichž se atom štěpí účinkem neutronů tak, že se uvolní větší počet neutronů, než kolik se na štěpení spotřebovalo. Tuto vlastnost má například  $^{235}\text{U}$ , který se proto v jaderných elektrárnách používá jako \_\_\_\_\_. Jeho štěpení vyvolá srážka letícího \_\_\_\_\_ s jádrem atomu uranu. Z místa štěpení se velikou rychlostí rozletí dvě jádra středně těžkých prvků a dva až tři neutrony. Jak štěpné produkty narážejí na okolní atomy, ztrácejí rychlost a jejich pohybová energie se mění na \_\_\_\_\_. Uvolněné neutrony mohou narazit na další jádra atomů uranu a dojde k další štěpné reakci. V současné době je známo asi 200 různých \_\_\_\_\_ štěpných reakcí.

***Správné řešení:***

*energie, palivo, neutronu, teplo, produktů*

## Úloha 12. Jádro – bezemisní, efektivní, ale investičně náročný zdroj

*Téma: jaderná energetika; typ úlohy: motivační*

Následující článek byl převzat z Energy Outlook a je zde uveden v nezměněné podobě, aby žáci měli možnost v rámci úloh pracovat i se skutečnými články. Po článku jsou uvedeny úkoly, které by si žáci s pomocí vyučujícího měli po přečtení článku vypracovat.

### **Text:**

#### **Jádro – bezemisní, efektivní, ale investičně náročný zdroj**

*Jaderná energetika má v Evropě více než padesátiletou tradici. Za vůbec první komerční jadernou elektrárnu se považuje elektrárna Calder Hall ve Velké Británii. K síti byla připojena v roce 1956 a její čtyři bloky poskytovaly celkový výkon 240 MW.*

*Na světě je v současné době v provozu více než 430 jaderných reaktorů s celkovou kapacitou nad 371 GW – na výrobě elektřiny se pak jádro celosvětově podílí přibližně 13 procenty. Jadernou energetiku využívá 32 zemí včetně Česka. Evropská Unie patří v jejím využití mezi světovou špičku, jádro pokrývá přibližně třetinu její spotřeby elektřiny. Ve výstavbě je na světě v současnosti 70 reaktorů a 173 je plánovaných.*

*Výstavba jaderného reaktoru je investičně i časově náročná. Včetně přípravy všech licenčních a povolenacích řízení může trvat do spuštění jaderné elektrárny až kolem 20 let. Její životnost je pak až 60 let.*

*Největšími výhodami jaderné elektrárny jsou především nízké provozní náklady a bezemisní výroba. Jaderná elektrárna o výkonu 1000 MW nahradí ročně až 3 miliony černého, 7 milionů tun hnědého uhlí nebo 1,3 miliardy metrů krychlových zemního plynu. Uranu, z něhož se jaderné palivo vyrábí, je ve světě dostatek. Jeho největší zásoby se nacházejí v Austrálii, Kanadě, Kazachstánu a Rusku. Jeho získávání je však složité. Česko sice uran těží v Dolní Rožínce na Žďársku, nemá ale vybudované zařízení na výrobu paliva. Vytěžený uran se tak exportuje do zahraničí a jaderné palivo je ze 100 procent dovážené. Vybírat je možné z několika dodavatelů po celém světě a případně lze jaderné palivo – na rozdíl od jiných zdrojů – dlouhodobě skladovat.*

*Palivo vyvezené z reaktoru není považované za odpad. Stále totiž obsahuje 95 procent nespoteřovaného uranu spolu s množstvím radionuklidů ze štěpení. Radioaktivita těch nejaktivnějších – cesia 137 a stroncia 90 klesne na poměrně bezpečnou úroveň za zhruba 300 let. V současnosti existují technologie na jeho přepracování a znovuvyužití. Tento proces je ale zatím dražší než výroba nového paliva. Využití palivo se tak zatím ukládá v meziskladech a jeho další zpracování je otázkou technologického vývoje. Jejich kapacita vystačí na celou uvažovanou dobu životnosti reaktorů.*

*Pokud se použité jaderné palivo jednou odpadem stane, bude uloženo do hlubinného geologického úložiště. Současné návrhy počítají s jeho zprovozněním kolem roku 2065. S hlubinným úložištěm ale zatím zkušenosti nejsou. V Evropě má být první úložiště otevřené až v roce 2020 ve Finsku. Místa pro další se teprve hledají.*

**Úkol:** Vyberte tvrzení, které/á *nevyplývají* z výše uvedeného článku:

- a) V současné době je v Evropské unii počet plánovaných jaderných reaktorů vyšší než počet jaderných reaktorů ve výstavbě.
- b) První komerční jaderná elektrárna byla spuštěna v padesátých letech ve Velké Británii.
- c) Pokud by se v roce 2015 začala plánovat výstavba jaderné elektrárny, musela by být nejpozději v roce 2095 podle současných pravidel odstavena.
- d) Z uranu z naleziště v Dolní Rožínce si Česká republika vyrábí své vlastní palivo.
- e) Využití jaderné palivo se ukládá v meziskladech po dobu 300 let.

**Správné řešení:**

*Úkol: a, d, e*

- a) Nevyplývá, údaje uvedené v článku se vztahují pro celý svět.*
- b) Ano, v roce 1956.*
- c) Ano, počítáme až 20 let na získání potřebných povolení a až 60 let provozu, celkem tedy za 80 let.*
- d) Nevyplývá, v textu je uvedeno, že se palivo vyrábí v zahraničí.*
- e) Nevyplývá, využití jaderné palivo se ukládá v meziskladech po dobu přibližně 30 let, doba 300 let se vztahuje k radioaktivitě izotopů cesia a stroncia přítomných ve využitém palivu.*

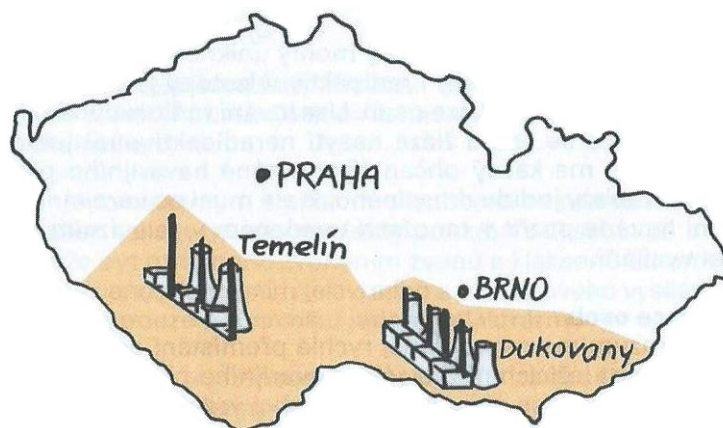


## Úloha 13. Radiační havárie

*Téma: jaderná energetika; typ úlohy: motivační*

**Text:** V jaderných elektrárnách v České republice se produkuje přibližně 35 % produkce elektrické energie. [38] Jako palivo, tzv. štěpný materiál se používá uran, konkrétně směs izotopu uranu  $^{235}\text{U}$  (3-4 %) a  $^{238}\text{U}$  (96–97 %). Mnoho obyvatel se jaderných elektráren bojí, protože znají důsledky svržení atomových bomb na Hirošimu a Nagasaki či havárii v černobylské elektrárně. Aby došlo k jadernému výbuchu musí být obsah  $^{235}\text{U}$  v atomové bombě aspoň 40 a více procent. Dojde-li k poškození jaderné elektrárny, jako v případě Černobylu či Fukušimy, hovoříme o tzv. radiační havárii.

V případě radiační havárie jsou lidé žijící v zóně havarijního plánování (cca do 10 km od jaderné elektrárny) upozorněni sirénami na vzniklé nebezpečí. Poté by se lidé měli co nejrychleji ukrýt v budovách, aby se izolovali od radioaktivního záření, které se mohlo uvolnit do ovzduší. Poté následuje tzv. jodová profylaxe, tedy požití tablet jodidu draselného. Během radiační havárie by se mohly uvolnit i radioaktivní izotopy jódu, které mohou být pro člověka nebezpečné. Poslední fází je evakuace osob z oblasti havarijní zóny.



Obrázek: Jaderné elektrárny v České republice

**Úkol 1:** Může dojít v českých jaderných elektrárnách k jadernému výbuchu?

**Úkol 2:** Proč se podávají jodové tablety?

**Správné řešení:**

*Úkol 1: Nemůže, jak je uvedeno v textu, aby došlo k jaderné havárii, musí být obsah izotopu uranu  $^{235}\text{U}$  v desítkách procent, v našich elektrárnách se používá pouze 3,5% obohacení. Mohlo by dojít k tzv. radiační havárii, nikoliv však k jadernému výbuchu.*

*Úkol 2: Jód se v lidském těle usazuje zejména ve štítné žláze. Pokud se štítná žláza nasytí neradioaktivním izotopem jódu obsaženým v tabletách, nedochází pak k biologickému zabudování vdechovaného radioaktivního jódu.*