

Jaderný palivový cyklus



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

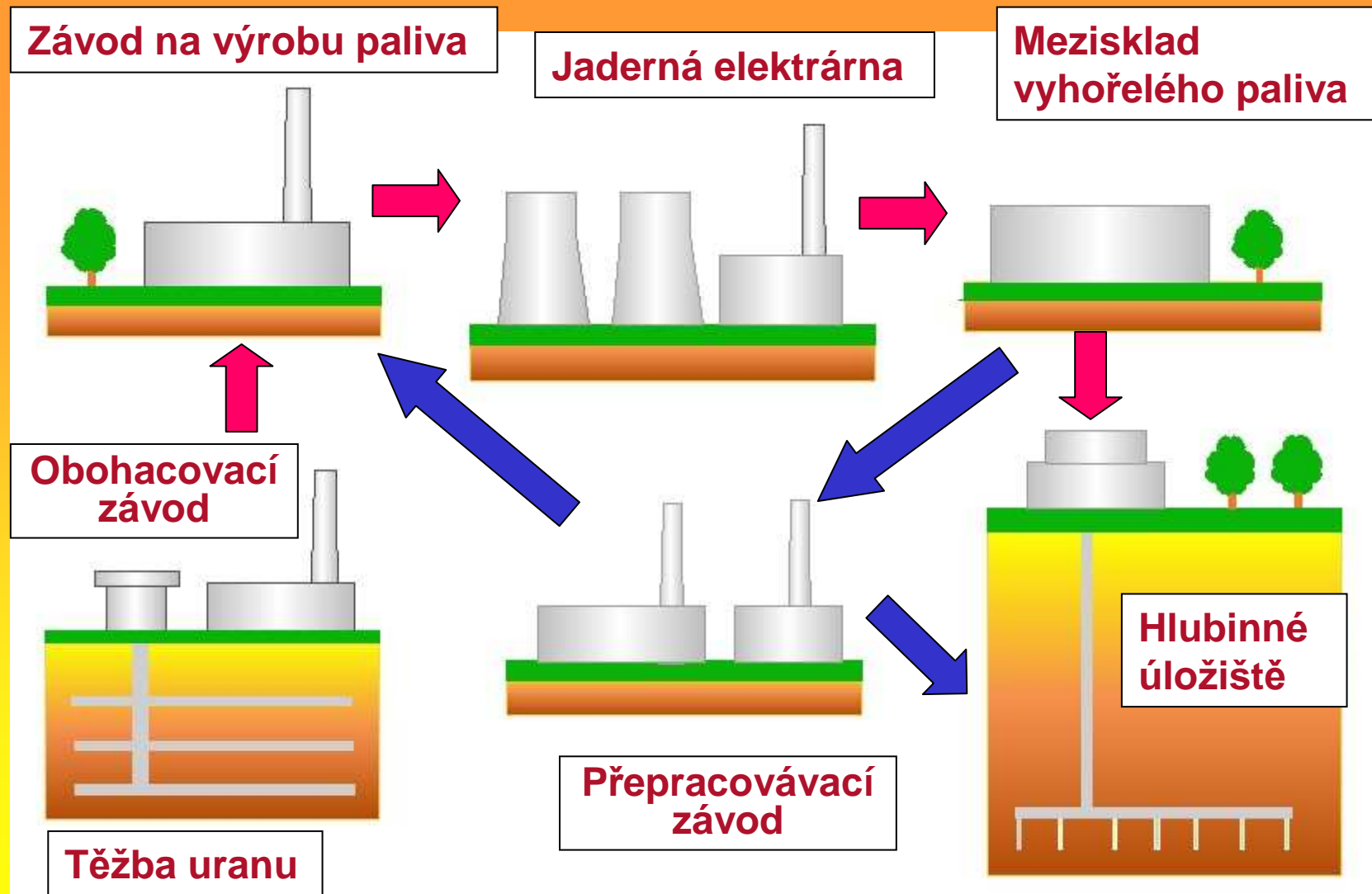


OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Číslo projektu	CZ.1.07/1.5.00/34.0425
Název školy	INTEGROVANÁ STŘEDNÍ ŠKOLA TECHNICKÁ BENEŠOV Černoletská 1997, 256 01 Benešov
Předmět	BIOLOGIE A EKOLOGIE
Tematický okruh	Klasické energie
Téma	Jaderný palivový cyklus
Ročník	2.
Autor	Inessa Skleničková
Datum výroby	21.4. 2013
Anotace	Prezentace slouží k rozšíření tématu „Jaderná energie“. Je určena pro výuku ekologie 2. ročníku střední školy

Jaderný palivový cyklus



Jaderný palivový cyklus

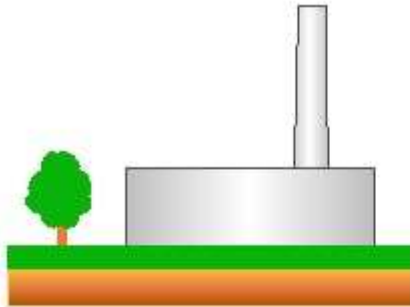
Jaderný palivový cyklus zahrnuje v sobě veškeré činnosti spojené s výrobou a další existenci jaderného paliva.

Jednotlivé fáze palivového cyklu tvoří :

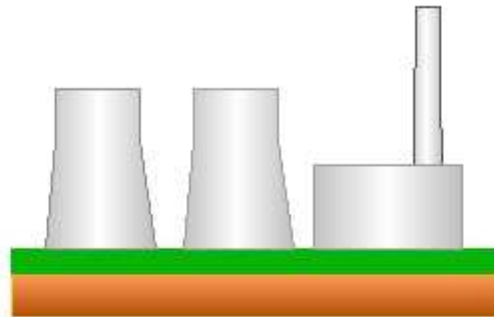
- těžba uranové rudy
- úprava a obohacení uranové rudy
- výroba jaderného paliva
- energetické využití paliva v reaktoru jaderné elektrárny
- přepracování nebo meziskladování vyhořelého paliva.
- hlubinné úložiště

Palivový cyklus začíná těžbou uranové rudy

Závod na výrobu paliva



Jaderná elektrárna



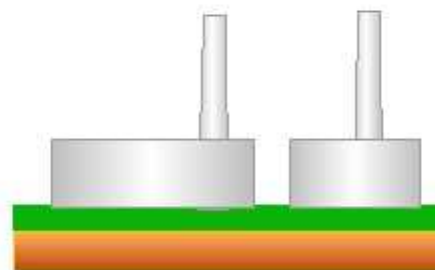
Mezisklad
vyhořelého paliva



Obohacovací
závod

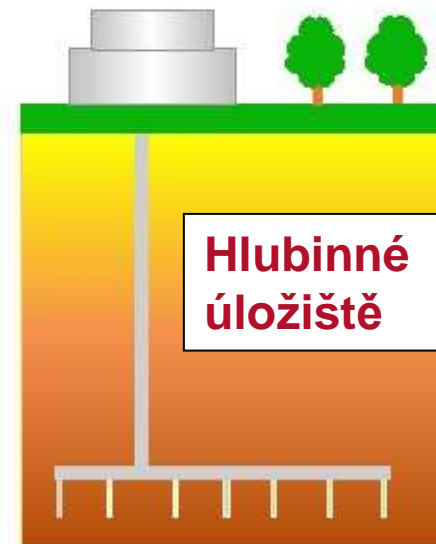


Těžba uranu



Přepracovávací
závod

[3]



Hlubinné
úložiště

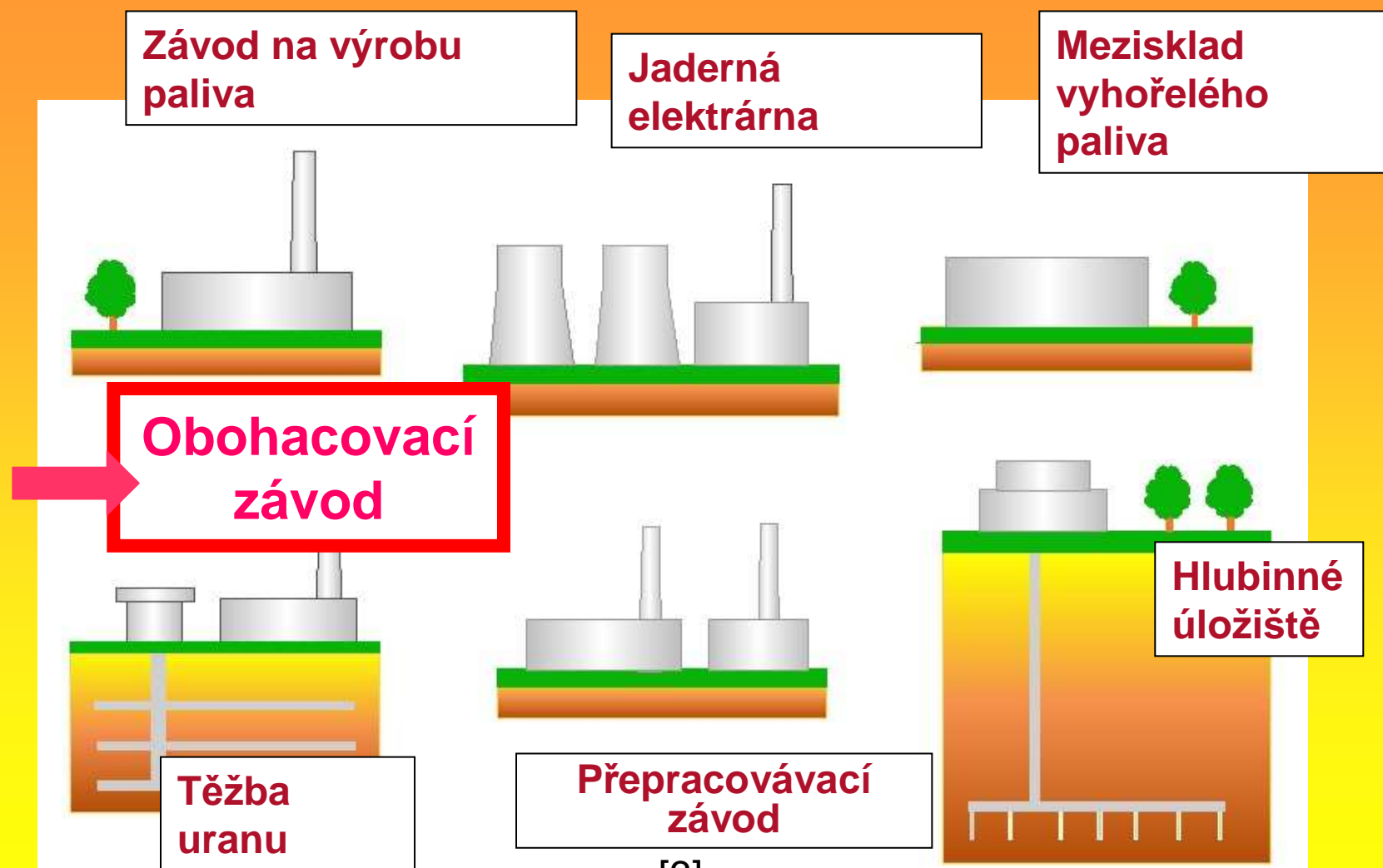
Těžba uranové rudy

Vytěžená ruda, poté co
je vyvezena na
povrch, je nadrcena
a převezena do
úpravny.



Vytěžená uranová ruda
připravená k převozu do
úpravny [8]

Uranová ruda prochází řadou úprav - výroba uranového koncentrátu a obohacování



Výroba uranového koncentrátu

Po vytrídění rudy se chemickou úpravou se získá koncentrát tzv. žlutý koláč.

Jde o žlutý práškový koncentrát:

diuranát amonný - $(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7 \cdot n \text{H}_2\text{O}$ nebo

diuranát sodný - $\text{Na}_2\text{U}_2\text{O}_7 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$.

obsahující minimálně 65 % přírodního uranu.

Obohacování uranu

Přírodní uran obsahuje isotopy

99,3% Uran 238 a 0,72% Uran 235.

Pro využití uranu jako jaderného paliva je třeba

uran "obohatit", jehož cílem je zvýšení

koncentraci izotopu **Uran 235 z 0,72 %**

většinou na **2 – 4 %**, na úkor izotopu **Uran 238.**

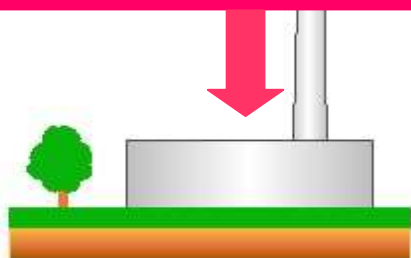
Obohacování uranu

Proces obohacování uranu je hygienicky a časově velmi náročný a drahý.

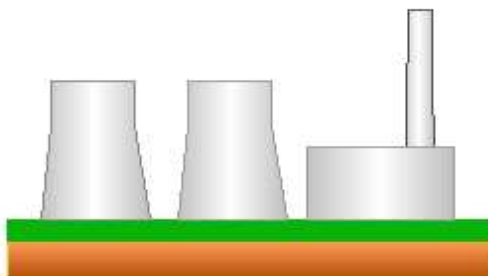
Uranové sloučeniny obsažené v žlutém koláči v tomto procesu se přeměňují na plynný **hexafluorid uranu UF_6** , označovaný v jaderném průmyslu jako "hex".

Výroba paliva

Závod na výrobu paliva



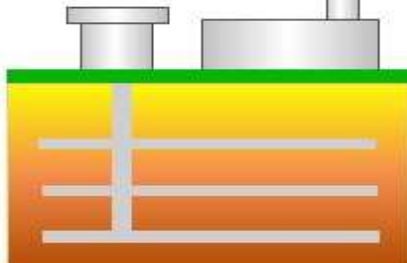
Jaderná elektrárna



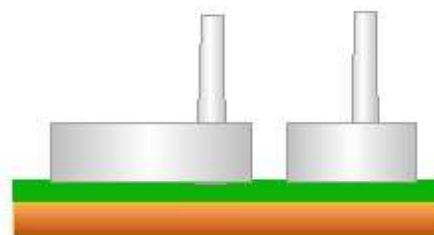
Mezisklad vyhořelého paliva



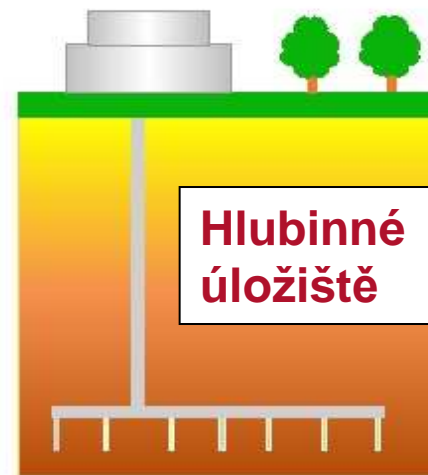
Obohacovací závod



Těžba uranu



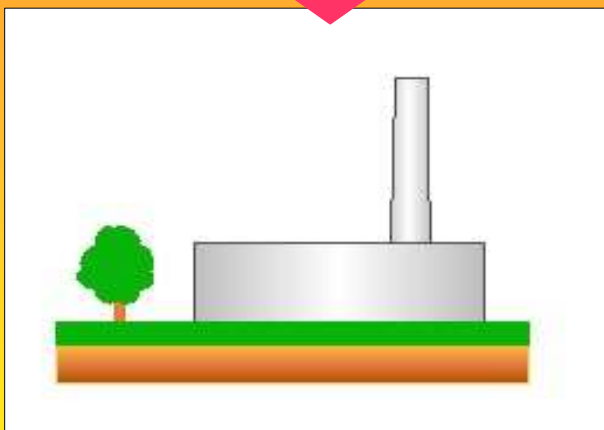
Přepracovávací závod



Hlubinné úložiště

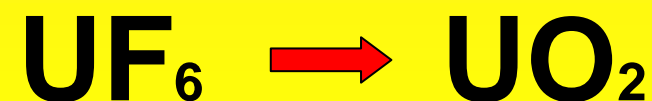
Výroba paliva

Závod na výrobu
paliva



[4]

Po obohacení se z
původního plynného
hexafluoridu uranu UF_6
vyrobí pevný oxid
uraničitý UO_2 ve formě
slisovaných tablet.

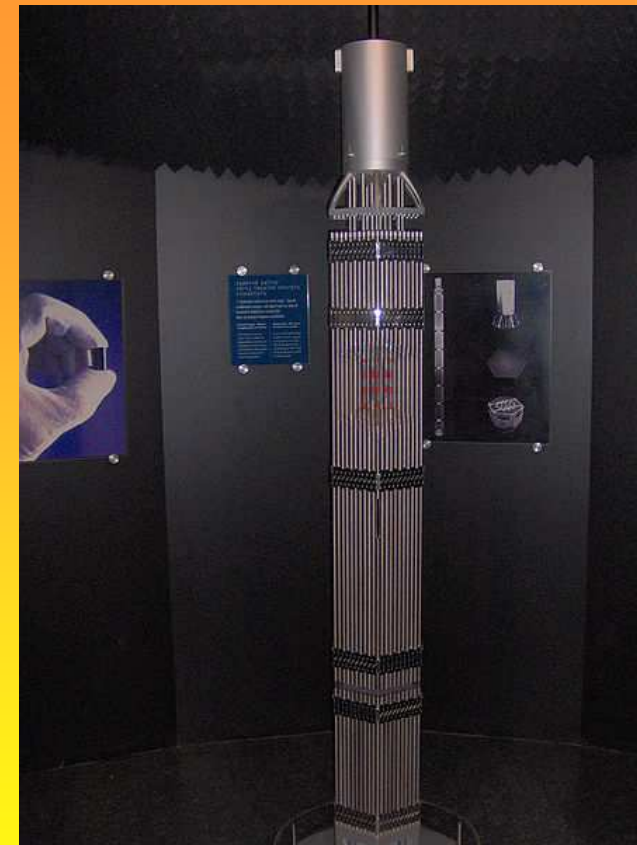


Jaderné palivo

Obohacený uran ve formě oxidu uraničitého je nejběžnějším typem jaderného paliva.

Tato látka je uzavřena do hermetických tablet, které se vkládají do hermeticky uzavřených trubek ze zirkonové slitiny a vytvářejí **palivové proutky**.

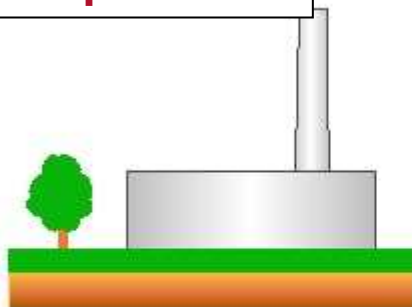
Svazek palivových proutků tvoří **palivovou kazetu (palivový soubor)**.



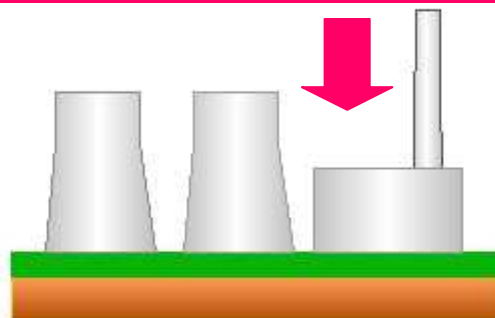
*Model palivového souboru
v informačním středisku [1]*

Využití paliva v jaderné elektrárně

Závod na výrobu paliva



Jaderná elektrárna



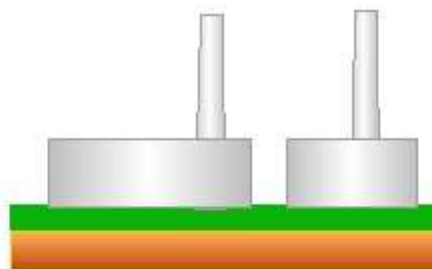
Mezisklad vyhořelého paliva



Obohacovací závod

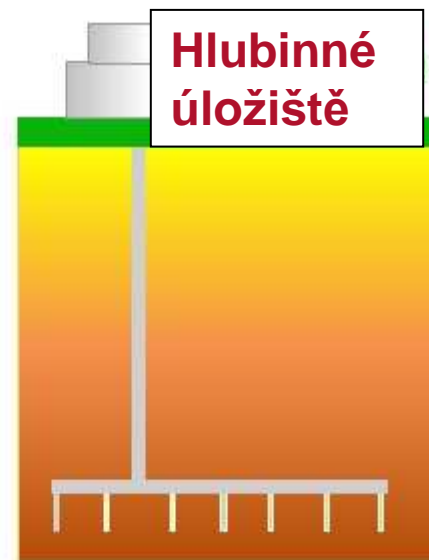


Těžba uranu



Přepřacovací závod

Hlubinné úložiště



Jaderné palivo

Jaderné palivo ve formě
palivových kazet tvoří
aktivní zónu reaktoru,
kde se štěpením
atomových jader
uvolňuje velké množství
energie.



Jaderný reaktor [2]

Použité palivo

Při použití jaderného paliva v průběhu mnoha měsíců dochází ke změně jeho složení.

Průměrná doba pobytu paliva v aktivní zóně je 3 roky.

1%	U 235
1%	Pu 239
3%	Štěpné produkty
95%	U 238

[5]

V průběhu této doby se sníží množství uranu 235 z původních **2 až 4%** na **1%**, nahromadí se **1% plutonia 239** a vzniknou asi **3% štěpných produktů**, zbytek tvoří **uran 238**.

Zacházení s vyhořelým palivem

Při štěpné reakci v reaktoru vznikne v palivu velké množství vysoce **radioaktivních prvků.**

Ty se nesmějí dostat do styku s životním prostředím, a proto zacházení s vyhořelým jaderným palivem podléhá přísným bezpečnostním předpisům.

Chlazení a skladování

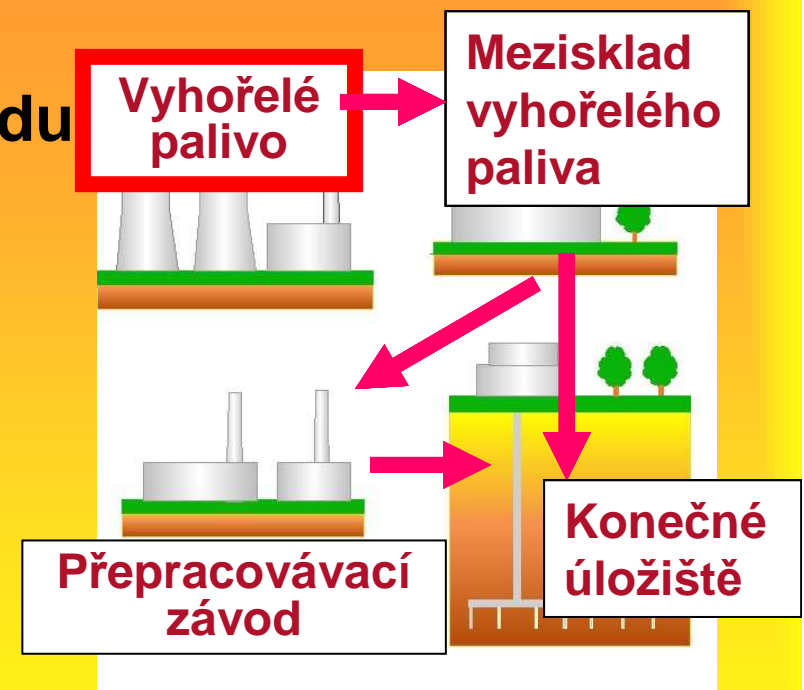
Palivo je po vytažení z reaktoru umístěno do bazénů s vodou, budovaných většinou v těsné blízkosti reaktorů, kde postupně chladne a snižuje se jeho radioaktivita.

V bazénu u reaktoru je palivo skladováno zpravidla po dobu **2 - 5 let a jeho** radioaktivita klesne v závislosti na délce skladování zhruba na 50 % hodnoty.

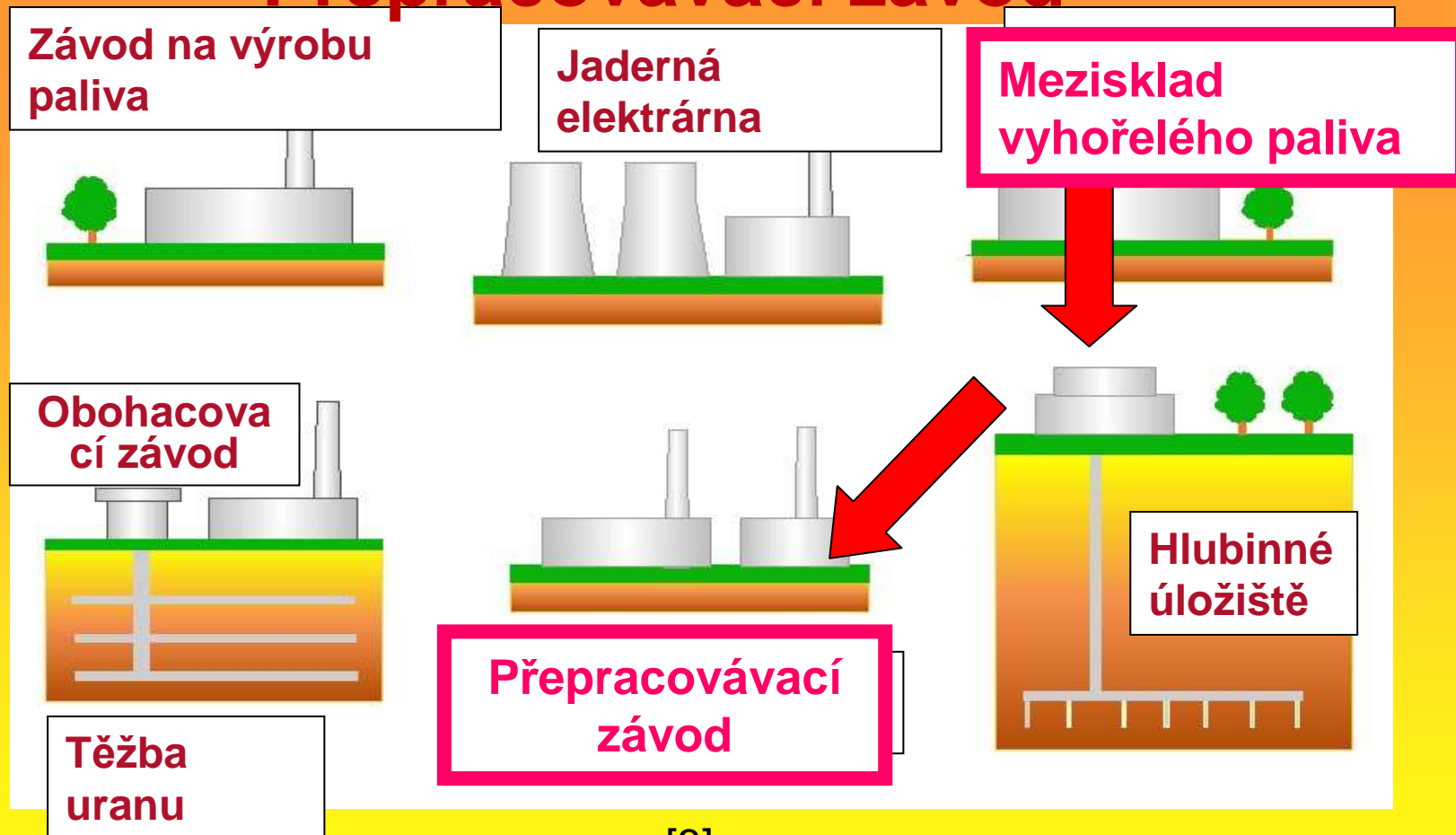
Osud vyhořelého paliva

S vyhořelým odpadem můžeme naložit 2 způsoby:

- může být převezeno **do meziskladu vyhořelého paliva** a tam čekat na definitivní uložení **v konečném úložišti**
- může být **recyklováno na palivo nové**. A jeho cesta vede **do přepracovacích závodů**



Mezisklad vyhořelého paliva → Přepřacovací závod



[3]

Vyhořelé palivo může být **recyklováno na palivo nové** a jeho cesta vede **do přepřacovacích závodů**.

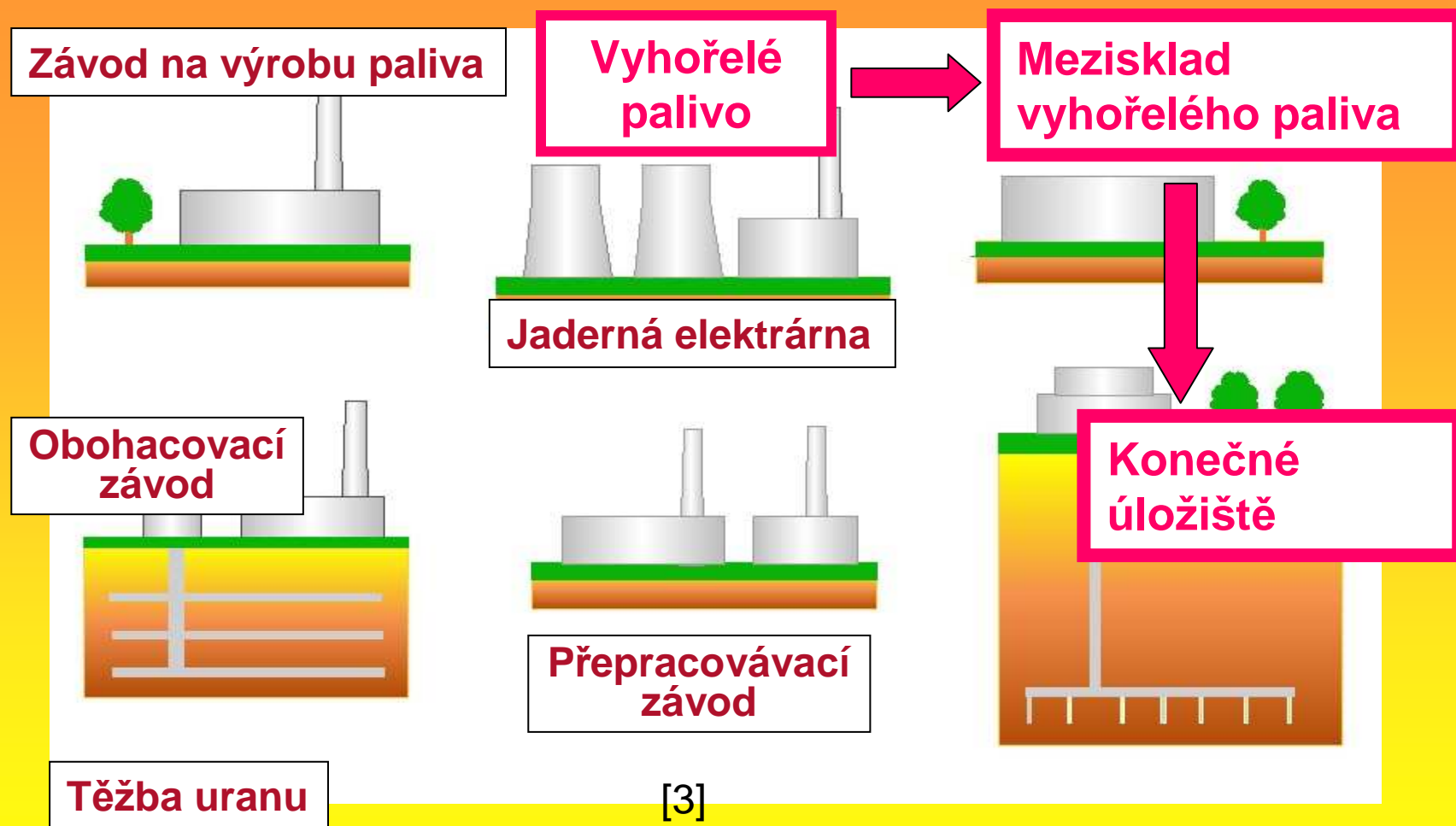
Přepracovávací závod

Uran a plutonium ve vyhořelém palivu mohou dále sloužit jako zdroje energie. Musejí se však oddělit od štěpných produktů.

Přepracování však není bezodpadové, vznikají při něm vysokoradioaktivní odpady.

Radioaktivní odpady vzniklé přepracováním se zataví do skla, čímž se na třetinu sníží jejich objem, umístí se do speciálních nerezových nádob a po dalším skladování se definitivně uloží.

Mezisklad vyhořelého paliva



[3]

Vyhořelé palivo může být převezeno **do meziskladu** vyhořelého paliva a tam čekat **na definitivní uložení v konečném úložišti**

Mezisklad použitého paliva

Použité palivo se po několika letech nahrazuje palivem čerstvým a ukládá v **meziskladu** použitého paliva.

V meziskladech se radioaktivita vyhořelého paliva dále snižuje a klesá i množství uvolňovaného tepla.

Po 40 až 50 letech skladování je radioaktivita a produkce tepla na úrovni umožňující definitivní uložení vyhořelého paliva v konečném úložišti.

Metody skladování vyhořelého paliva

Ve světě jsou používány dvě metody skladování vyhořelého paliva

→ metoda mokrá

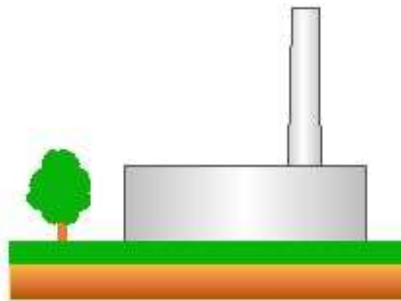
→ metoda suchá.

Mokrá metoda se začala využívat dříve na základě zkušeností s bazény budovanými pro vyhořelé palivo reaktorů.

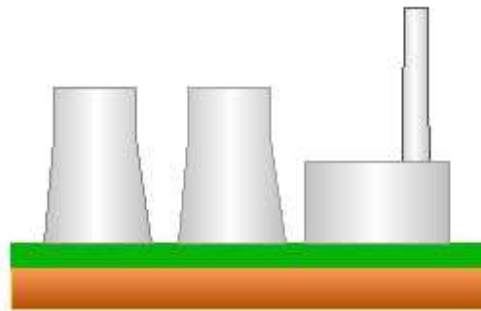
Suchá metoda, ke které se přiklonila i Česká republika, je modernější a výhodnější, protože při ní je vyhořelé palivo chlazeno vzduchem, přirozeně cirkulujícím vnitřkem meziskladu.

Konečné uložení - poslední fáze palivového cyklu

Závod na výrobu paliva



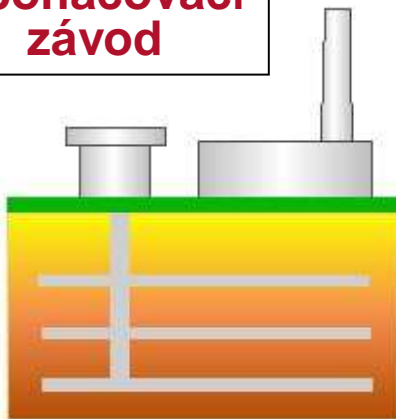
Jaderná elektrárna



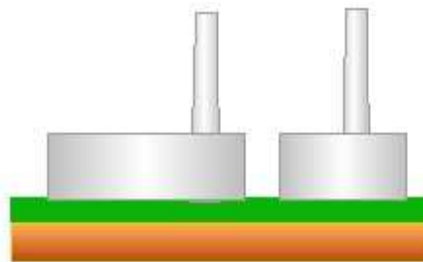
Mezisklad vyhořelého paliva



Obohacovací
závod



Těžba uranu



Přepřacovací
závod



Konečné
úložiště

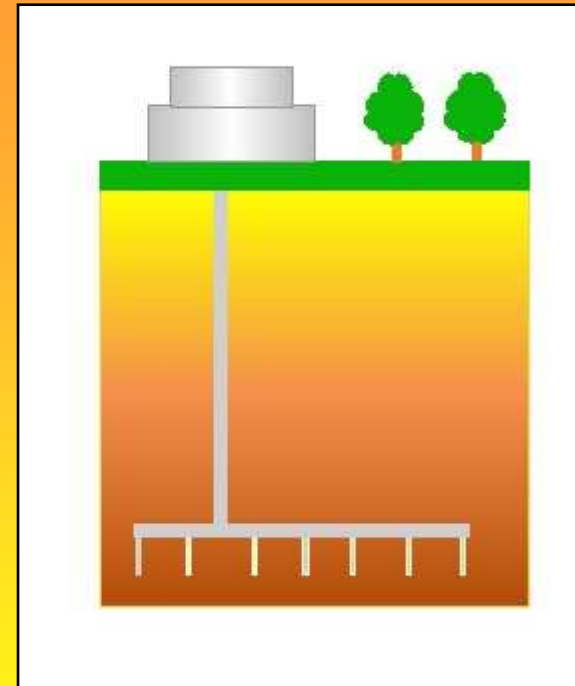


Konečné úložiště

Vyhořelé palivo by mělo být uloženo na mnoho desítek tisíc let.

Vyhledání vhodné lokality pro umístění konečného úložiště ekonomicky a časově náročné.

Kontejnery z odpady z přepracování nebo s celými kazetami se uloží do betonových bloku, které se umísťují do vhodného horninového masivu.



Hlubinné úložiště [7]

Nové možnosti

Energetické společnosti s vybudováním konečného úložiště nespěchají, jelikož do něho nelze umístit vyhořelé palivo přímo z reaktoru.

Vyhořelé palivo musí být nejdříve po několik desítek let meziskladováno.

Další důvod - postup vědy, který by podle všech předpokladů měl v blízké budoucnosti dospět k řešení, jak vyhořelé palivo dále využít.

Zdroje obrázků

- [1] JAPO, I. *Wikimedia Commons* [online], 15.8.2007 [cit. 21.4.2013]. Dostupný pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 na WWW: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a7/JETE-control_rod.jpg/442px-JETE-control_rod.jpg>.
- [2] AUTOR NEUVEDEN. *Wikimedia Commons* [online], 4.2.2006 [cit. 21.4.2013]. Dostupný na WWW: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/01/Atomovy_reaktor.jpg>.
- [3], [4], [5], [6], [7] SKLENICKOVÁ, Inessa. Vlastní tvorba, 21.4. 2013.
- [8] BOROVIČKA, J. *Borovicka.blog.idnes.cz* [online], 24.5.2011 [cit. 21.4.2013]. Dostupný na WWW: <<http://blog.idnes.cz/blog/1663/192751/01.jpg>>.

Zdroje

<http://www.javys.sk/sk/popup/informacny-servis/multimedia/interaktivne-schemy/palivovy-cyklus>

<http://radiovody.wz.cz/vody/palivo.htm>

<http://www.cez.cz/edee/content/microsites/nuklearni/k33.htm>

<http://3pol.cz/655/print>

Pokud není uvedeno jinak, jsou použité objekty vlastní originální tvorbou autorky Inessy Skleničkové.

Materiál je určen pro bezplatné používání pro potřeby výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízení. Jakékoliv další využití podléhá autorskému zákonu. Veškerá vlastní díla autora (obrázky) lze bezplatně dále používat i šířit při uvedení autorova jména.