

# Současnost a budoucnost sanace následků po chemické těžbě uranu ve Stráži pod Ralskem

**Ing. Jiří Mužák, Ph.D.**

DIAMO, s. p., o. z. TÚU, odd. matematického modelování, Máchova 201, 471 27 Stráž pod Ralskem, e-mail: [muzak@diamo.cz](mailto:muzak@diamo.cz), tel.: +420 487 894 324

## Anotace

Přednáška stručně informuje o historii chemické těžby uranu v oblasti Stráže pod Ralskem. Dále je prezentován současný rozsah kontaminace horninového prostředí zapříčiněné provozováním chemického vyluhování uranu in-situ po dobu téměř 30 let. V podzemí je ovlivněno více než 300 milionů m<sup>3</sup> vod, ve kterých je rozpuštěno téměř 5 milionů tun kontaminujících látek. Jsou popsány dva základní přístupy k sanaci horninového prostředí – odčerpávání zbytkových technologických roztoků z podzemí s následnou likvidací kontaminace na povrchu a méně agresivní inovativní přístup – imobilizace kontaminantů in-situ. Závěrem jsou charakterizovány používané i do budoucna plánované povrchové technologie pro likvidaci kontaminace s časovým i finančním ohodnocením celého sanačního procesu. Předpokládá se, že sanace bude trvat téměř 30 let a celkové náklady na její realizaci jsou odhadnuty na úrovni 40 miliard Kč.

## Ohlédnutí

V oblasti Stráže pod Ralskem byla od konce 60. let minulého století souběžně rozvíjena těžba uranu dvěma dobývacími metodami. Klasickou hlubinnou těžbou a metodou chemického podzemního loužení in-situ (chemická těžba). Cílem obou metod bylo získání uranu z křídových sedimentů ve formě uranového koncentrátu. Při chemické těžbě se uran loužil roztokem kyseliny sírové přímo ve vrstvě horniny pomocí sítě technologických vrtů. Vyluhovací pokusy při zavádění metody chemického loužení uranu probíhaly ve strážské oblasti v letech 1966 až 1970, kdy již byla problematika řešena v provozním měřítku. Na základě prvních výsledků použité technologie podzemního loužení a některých výhod proti klasickému hornickému způsobu těžby došlo k velmi rychlému rozvoji chemické těžby. Až do počátku 90. let byla postupně uváděna do provozu jednotlivá vyluhovací pole s celkovou výměrou 7 km<sup>2</sup>. Úměrně růstu plošného rozsahu vyluhovacích polí se budovaly a rozšiřovaly zpracovatelské kapacity chemických stanic CHS I a CHS II. Celkem za celou dobu těžby v severočeské oblasti se vytěžilo 26 733 t uranu, z toho cca 15 000 t bylo získáno chemickou těžbou.

Rozvoj těžby uranu však nebyl v dostatečné míře doprovázen tvorbou opatření a rozvojem technologií, které by minimalizovaly dopad těžební činnosti na přírodní a životní prostředí.

Usnesení vlády ČR č. 166 ze dne 15. 5. 1991 formulovalo zásadní stanovisko: „Nerozšiřovat dále plochy vyluhovacích polí dolu chemické těžby uranu do doby komplexního posouzení stavu a stanovení ekologických podmínek dotěžení ložiska, způsobu ukončení těžby a sanace ložiska“.

Pro období 1992 až 1994 bylo usnesením vlády ČR č. 366/1992 stanoveno tzv. přechodné období se zvláštním režimem chemické těžby. Během tohoto období byly připravovány podklady pro rozhodování o budoucnosti chemické těžby uranu na základě výzkumných a vývojových prací ke stanovení způsobu sanace ložiska. Z tehdejších prací vyplynulo, že pro další činnost DIAMO, s. p. je v každém případě nutno vyřešit likvidaci roztoků kontaminované cenomanské a tuřonské zvodně, vzniklých v důsledku chemické těžby uranu.

Na základě usnesení vlády ČR č. 244 ze dne 26. 4. 1995 byl v květnu 1995 zpracován návrh koncepce sanace ložiska Stráž po chemické těžbě uranu. Ve smyslu zákona č. 244/1992 Sb. bylo součástí tohoto návrhu i vyhodnocení dopadu předložené koncepce sanace na životní prostředí. MŽP vydalo podle zákona č. 244/1992 Sb. dne 25. září 1995 souhlasné stanovisko

k sanaci chemické těžby. Koncepce sanace, přijatá v roce 1995, spočívá ve vyvedení kontaminantů z podzemí a v jejich následném přepracování na hospodářsky využitelné produkty či ekologickém uložení na povrchu. Uvedená koncepce může být realizována různými způsoby. Volba optimálního postupu je ovlivňována průběžně získávanými poznatky z provozu vybudovaných technologických uzlů, aktuálními podmínkami ve výstavbě plánovaných zařízení, vývojem situace v podzemí i dalšími výsledky vývojových a ověřovacích prací.

Chemická těžba uranu na ložisku Stráž byla ukončena rozhodnutím vlády ČR č. 170 z 6. 3. 1996 k datu 1. 4. 1996.

### **Rozsah současné kontaminace**

Během celého období chemické těžby uranu na ložisku Stráž bylo do podzemí vtlačeno více než 4 miliony tun kyseliny sírové a dalších chemikálií. Kontaminace cenomanské zvodně se rozšířila na oblast pokrývající plochu zhruba 27 km<sup>2</sup>. Chemickou těžbou bylo celkem ovlivněno 370 milionů m<sup>3</sup> podzemních vod. V současné době se v podzemí nachází kontaminace v množství odpovídajícím 4,9 milionů tun všech rozpuštěných látek (RL). Nejvýznamnější složkou kontaminace je SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, která je v podzemí obsažena v množství cca 3,6 milionů tun.

### **Cíle sanace**

Za hlavní cíle sanace následků po chemické těžbě uranu lze považovat:

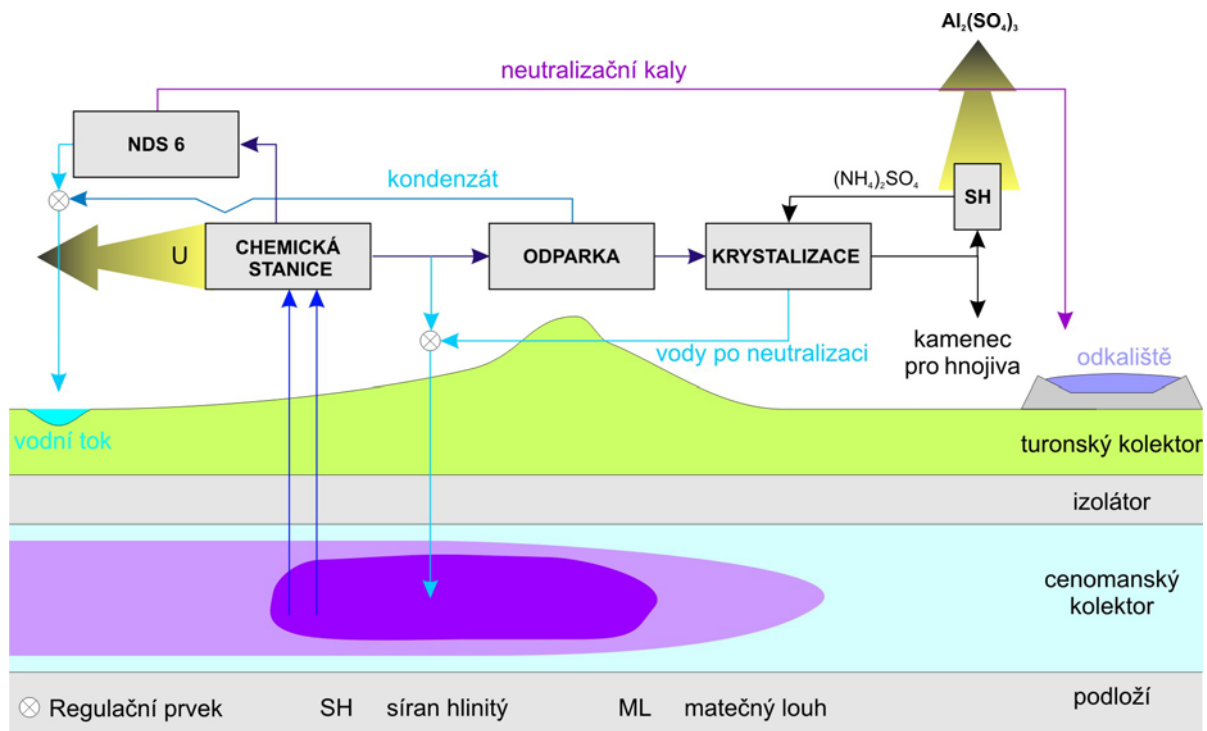
- uvést horninové prostředí do stavu, který zajistí trvalé využívání turonských zásob pitných vod v severočeské křídě,
- zlikvidovat vrty a povrchová zařízení,
- začlenit povrch vyluhovacích polí do ekosystémů s ohledem na regionální systémy ekologické stability a plány regionálního rozvoje.

### **Současný stav sanace**

V probíhajícím sanačním procesu je jako základní přístup použita metoda vyvedení kontaminantů z podzemí a jejich následné přepracování na hospodářsky využitelné produkty či jejich ekologické uložení na povrchu. Konkrétně se jedná o následující postup:

Zbytkové technologické roztoky jsou z podzemí čerpány na chemickou stanici, kde je z nich separován rozpuštěný uran. Poté je část roztoků vedena do komplexu SLKR I, který tvoří odpařovací stanice a krystalizace kamence. V odpařovací stanici je roztok koncentrován a z koncentrátu je krystalizačním procesem získán kamenec. Část kamence je poté expedována pro výrobu hnojiv a část je přepracována na síran hlinitý a síran amonný. Čistý kondenzát z odparky je vypouštěn do řeky Ploučnice. Matečný louh (ML) – zbytek po krystalizaci kamence – je v současné době vtlačěn zpět do podzemí. Další část vyčerpaných zbytkových technologických roztoků je po sorpci uranu vedena do neutralizační stanice NDS 6, kde je vyčištěna a následně vypouštěna do řeky Ploučnice. Neutralizační kaly jsou ukládány na odkališti.

**Obr. č. 1:** Zjednodušené schéma procesu sanace v současnosti



### Budoucnost sanace

V řadě simulačních výpočtů, provedených v letošním roce, jsou zohledňovány výsledky ověřovacích prací z let 2005 - 2007. Základním tématem těchto prací řešených v o. z. TÚU Stráž pod Ralskem je příprava nových sanačních technologií, imobilizace kontaminantů in-situ, ověřování stavu horninového prostředí a hodnocení vlivu kontaminace pro stanovení cílových parametrů sanace.

Na základě modelových simulací jsou průběžně prováděny korekce scénáře sanace, který zajistí ukončení sanace do roku 2035. Tento scénář lze charakterizovat ve třech základních etapách:

#### **První etapa 2010 – 2012**

Tato etapa je charakteristická především provozem nové sanační neutralizační technologie NDS ML. Zprovozněním technologie pro likvidaci matečných louhů (NDS ML) dojde k výraznému zvýšení množství vyváděných kontaminantů z cenomanské zvodně a podbilance v ploše vyluhovacích polí (VP). Čerpání zbytkových technologických roztoků dosáhne úrovně  $5 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ . Bude ukončeno zpětné vtlačení matečných louhů včetně potřebných ředicích roztoků po sorpci uranu.

Vzhledem k potřebě zachovat optimální hydraulický režim v cenomanské zvodni bude nutné zajistit vtlačení vyčištěných důlních vod do oblasti bývalého dolového pole Dolu Hamr I.

Technologií NDS ML bude ročně možné vyvést až 120 tis. t RL. Vedle této technologie bude v provozu i CHS (separace uranu) a NDS 6. Provozem NDS 6 bude ročně vyváděno až 20 tis. tun RL.

Vyráběný kamenec bude přepracován na síran hlinitý a na průmyslová hnojiva. Celkem bude vyráběno 40 tis. t kamence ročně.

#### **Druhá etapa 2013 - 2020**

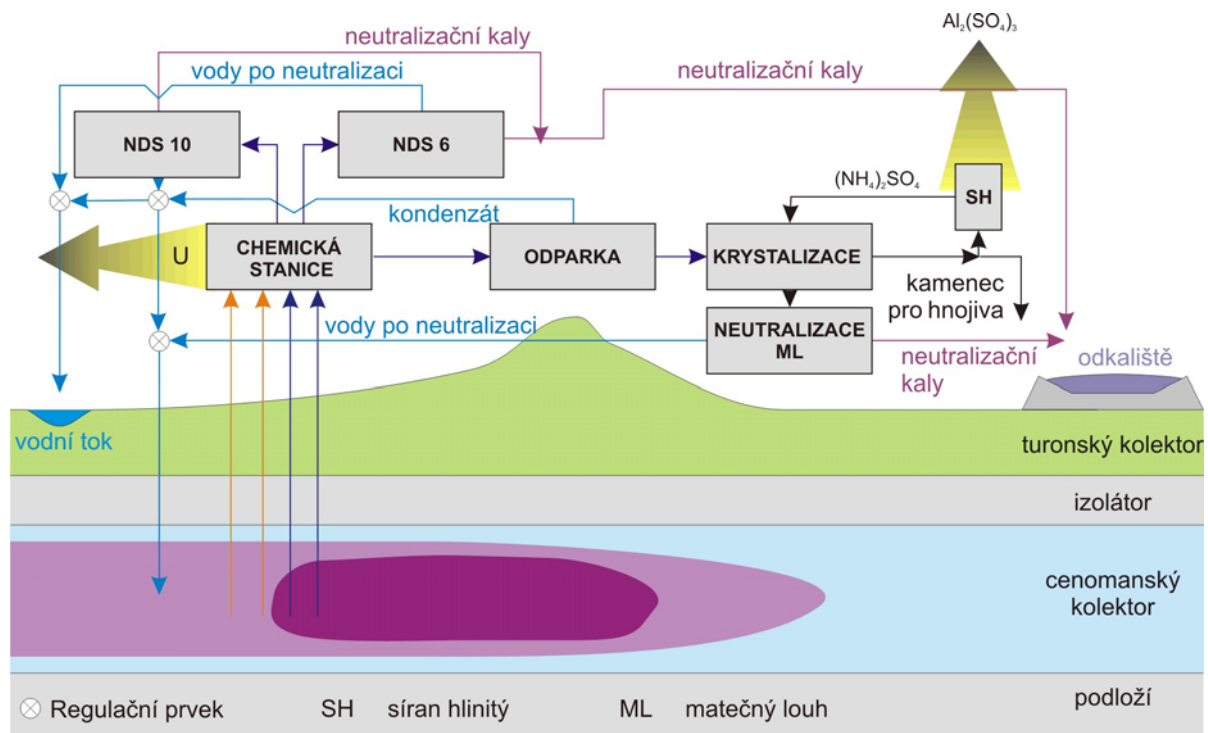
V průběhu tohoto období bude významně klesat koncentrace kontaminantů ve zbytkových technologických roztocích. Tento pokles ovlivní dobu provozování SLKR I.

V roce 2013 zahájí provoz neutralizační technologie NDS 10 pro zpracování zbytkových technologických roztoků o nižší koncentraci. Sliv NDS 10 bude zpětně vtlačěn do horninového prostředí v oblasti bývalého Dolu Hamr I. Vzhledem k přirozenému směru proudění podzemních vod jiho-západním směrem se předpokládá v závěrečné fázi sanace pohyb alkalických vod z oblasti dolového pole do VP a oblasti zasažené rozptylem zbytkových technologických roztoků. Tak bude přirozenou cestou v ložisku podpořen pozitivní imobilizační efekt. Počet provozovaných linek nové sanační technologie NDS 10 bude upraven na základě stanovených cílových parametrů sanace. Minimálně však bude v provozu jedna linka.

Koncem tohoto období dojde k ukončení výroby kamence a další provoz SLKR I bude záviset na míře inkrustace zařízení a chemismu zbytkových technologických roztoků. NDS ML bude zpracovávat  $3 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$  zbytkových technologických roztoků jejichž složení bude záviset na případném režimu provozu SLKR I.

Kolem roku 2018 bude nezbytné pečlivě vyhodnocovat rychlost stoupání hladiny cenomanské zvodně v ploše Dolu Hamr I a v případě potřeby vtlačení alkalických roztoků do Dolu Hamr I přesunout do plochy VP a do hydrobariéry Stráž a zahájit tak postupnou imobilizaci kontaminantů v ložisku.

**Obr. č. 2:** Zjednodušené schéma procesu sanace po roce 2013



### **Třetí etapa 2021 – 2035**

Po snížení koncentrace rozpuštěných látek v odčerpávaných zbytkových technologických roztocích se počítá s ukončením provozu SLKR I a s čerpáním zbytkových technologických roztoků k přímé neutralizaci v technologii NDS ML a NDS 10. Tímto způsobem bude možno po roce 2020 ročně vyvádět až 55 000 t RL. Ke stabilizaci hydraulické situace v cenomanské zvodni postačí v tomto období podbilance ve výši  $3 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ .

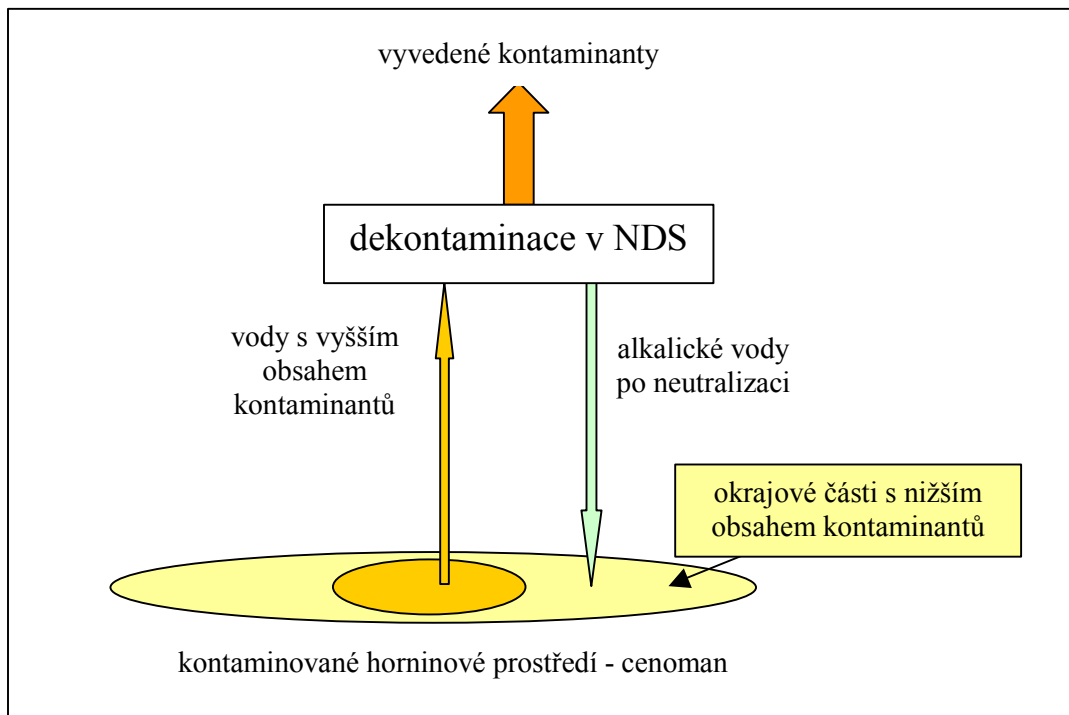
Dosud stanovených předběžných cílových parametrů sanace bude dosaženo po roce 2035 vyvedením více než 3 mil. t RL, což bude spojeno s vyprodukováním a uložením cca 8,5 mil.  $\text{m}^3$  neutralizačních kalů.

Následně bude zahájena likvidace vrtů, povrchových objektů, technická a biologická rekultivace všech území dotčených těžbou uranu ve Stráži pod Ralskem.

### **Imobilizace kontaminantů in-situ**

Principem imobilizace kontaminantů in-situ je navození takových podmínek v horninovém prostředí, kdy dochází k převedení látek z mobilní formy (např. z roztoku) do formy nemobilní (sraženina). V podmínkách sanace horninového prostředí po chemické těžbě uranu na ložisku Stráž to znamená vtlačení vhodného alkalického imobilizačního činidla a jeho rozptýlení v horninovém prostředí. To povede ke snížení kyselosti zbytkových technologických roztoků v podzemí ložiska Stráž a ke srážení kontaminantů ( $\text{SO}_4^{2-}$ , Al, Fe) v pórovém prostoru horninového prostředí. Tento proces vedoucí k významnému snížení koncentrace rozpuštěných látek v podzemních vodách je doprovázen dalšími fyzikálně-chemickými ději jako je koprecipitace a sorpce minoritních toxických složek (např. As a Be).

**Obr. č. 3:** Schema využití alkalických roztoků z NDS v rámci imobilizace kontaminantů in-situ



Dosud provedené statické i dynamické laboratorní experimenty a simulační výpočty chemických procesů přinesly řadu důležitých poznatků umožňujících odhadnout, např. i s pomocí matematických modelů, předpokládaný průběh procesů v horninovém prostředí, nemohou však dát úplnou odpověď na některé otázky spojené s uplatněním imobilizace v provozním měřítku. Klíčový význam pro posouzení možného využití imobilizace při sanaci ložiska Stráž má současně probíhající pilotní experiment.

Výsledky dlouhodobého sledování stability navozené geochemické rovnováhy v podzemí budou jedním ze základních poznatků pro předpověď možností cíleného ovlivnění chemismu roztoků v cenomanské zvodni. Měly by odpovědět na otázky spojené s plánovanou budoucí provozní aplikací imobilizace in-situ, např. do jakého prostředí lze alkalické roztoky vtlačet, jaký objem bude vtlačet do jednotlivých částí ložiska a také umožnit předpověď konečného složení roztoků v podzemí (pH, Eh, koncentrace  $\text{SO}_4^{2-}$ , U, Al, Fe, chování zájmových minoritních složek).

## **Závěr**

Předpokládá se, že celý proces sanace bude trvat téměř 30 let. Během tohoto období bude vyvedeno více než 3 mil. tun kontaminujících látek z podzemí. Celkové náklady na realizaci sanace jsou odhadnuty na úrovni 40 miliard Kč.

Sanace následků po chemické těžbě uranu v oblasti Stráže pod Ralskem je dlouhodobý a komplexní proces, který musí být průběžně sledován, hodnocen a kvalifikovaně řízen. V průběhu celého sanačního procesu budou prováděny monitorovací, výzkumné, vývojové a ověřovací práce zahrnující i modelové prognózy možného vývoje sanace. Celý proces sanace i jeho jednotlivé kroky jsou a budou průběžně vyhodnocovány a schvalovány dozorovými orgány státní správy.