

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Katedra pozemkových úprav

Studijní program: Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí



## **Rekultivace odkaliště Olešník – MAPE Mydlovary**

Vedoucí diplomové práce

Ing. Pavel Ondr, CSc.

Autorka

Markéta Ambrožová

2007

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích  
Zemědělská fakulta  
Katedra pozemkových úprav  
Akademický rok: 2004/2005

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Markéta AMBROŽOVÁ**  
Studijní program: **M4101 Zemědělské inženýrství**  
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**  
  
Název tématu: **Rekultivace odkaliště Olešník - MAPE Mydlovary.**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je posoudit postup rekultivace odkaliště Olešník situované v bývalém lignitovém dole.

1. Provést průzkum lokality a vyhodnotit abiotické složky prostředí.
2. Vyhodnotit současný stav rekultivace se zaměřením na specifika řešené lokality.
3. Provést vyhodnocení přirozené sukcese na zájmové lokalitě a porovnat s okolní rekultivovanou a zemědělsky využívanou krajinou.
4. Navrhnout možnosti biologického oživení rekultivované plochy.
5. Navrhnout využívání lokality po ukončení rekultivačních prací.

Rozsah práce: 50 stran  
Rozsah příloh: Mapové podklady  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:


- Forman, R.T., Godron, M.: Landscape ecology. J.Wily and sons, New York, 1986  
Sklenička, P.: Základy krajinného plánování. Naděžda Skleničková, Praha, 2003  
Jůva, K. a kol.: Meliorační kultivace a rekultivace zemědělské půdy, SZN Praha, 1984  
Štýs, S. a kol.: Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin, SNTL Praha, 1991  
Kryl, V.: Sanace a rekultivace ploch zasažených hornickou činností, VŠB Ostrava, Ostrava, 1995

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Ondr, CSc.  
Katedra pozemkových úprav

Datum zadání diplomové práce: 28. února 2005  
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2007

  
prof. Ing. Magdalena Hrabánková, CSc.  
děkanka

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentůvská 13  
370 05 České Budějovice

  
doc. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 28. února 2005

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „*Rekultivace odkaliště Olešník – MAPE Mydlovary*“ vypracovala samostatně na základě vlastních zjištění a za použití materiálů, které uvádím v seznamu použité literatury.

V Chlumci 15. dubna 2007

## **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. P. Ondrovi, CSc. za poskytnuté rady, metodické vedení a pomoc při zpracování této diplomové práce. Dále bych chtěla vyjádřit své poděkování Ing. E. Nedvědové za poskytnutí podkladů a Ing. RNDr. P. Hrdinovi za cenné rady, informace i podklady, které mi poskytl k vypracování mé diplomové práce.

# OBSAH

1. Úvod .....	8
2. Literární přehled .....	9
2.1 Uranový průmysl v České republice .....	9
2.1.1 Těžba uranových rud .....	9
2.1.2 Metody těžby uranových rud .....	10
2.1.3 Zpracování uranových rud .....	11
2.1.4 Odkaliště uranového průmyslu .....	12
2.2 Vliv uranového průmyslu na životní prostředí .....	16
2.2.1 Vliv povrchové a hlubinné těžby .....	16
2.2.2 Vliv chemické těžby .....	19
2.2.3 Vliv zpracování uranových rud .....	20
2.2.4 Vliv odkališť .....	20
2.2.5 Uranový průmysl a ochrana životního prostředí .....	21
2.3 Rekultivace odkališť uranového průmyslu .....	22
2.3.1 Rekultivace a proces posuzování vlivů na životní prostředí .....	22
2.3.2 Důvody a cíle rekultivace odkališť .....	23
2.3.3 Rekultivační materiály .....	24
2.3.4 Rekultivační fáze .....	26
2.3.5 Technická rekultivace .....	27
2.3.6 Biologická rekultivace .....	28
3. Charakteristika lokality odkališť MAPE Mydlovary .....	31
3.1 Terénní poměry .....	33
3.2 Geologické poměry .....	33
3.3 Klimatické poměry .....	33
3.4 Vodohospodářské poměry .....	34
3.5 Biogeografické poměry .....	34
4. Rekultivace odkaliště K III Olešník .....	35
4.1 Vznik a vývoj odkaliště .....	35
4.2 Etapy rekultivace .....	35
4.3 Technická rekultivace .....	36

4.4 Biologická rekultivace .....	39
4.4.1 Návrh biologické rekultivace .....	39
4.4.2 Provedená biologická rekultivace .....	40
5. Přírozená sukcese rostlin na odkališti .....	43
5.1 Vegetační poměry odkaliště před rekultivací .....	43
5.2 Přírozený výskyt rostlin v roce 1987 .....	43
5.3 Stav vegetace na odkališti v roce 2006 .....	45
5.4 Vývoj vegetace za období 1987 – 2006 .....	48
6. Návrh využití odkaliště po ukončení rekultivačních prací .....	53
7. Závěr .....	55
8. Seznam použité literatury .....	57

# 1. ÚVOD

Po druhé světové válce došlo k výraznému rozvoji uranového průmyslu v souvislosti s využíváním uranu nejdříve k vojenským, později i energetickým účelům. Až do konce 80. let bylo toto odvětví zaměřeno výhradně na vyhledávání, průzkum, těžbu a úpravu uranových rud. Všechny tyto činnosti měly negativní dopad na životní prostředí devastacemi území těžebních prostorů, území, na kterých byly zakládány odvaly i území, na kterých se nacházely areály úpraven uranových rud a odkališť.

V souvislosti se zásadními změnami ekonomických a politických podmínek pro dobývání uranu koncem 80. let došlo k výraznému útlumu této činnosti a uranový průmysl se rychle změnil na odvětví, jehož hlavním cílem je zahrazení následků předchozích činností. Tento proces, vyžadující řešení složitých technických, ekonomických i ekologických otázek, zahrnuje odstraňování zátěží po průzkumu, hlubinné a chemické těžbě i zátěží po úpravě a zpracování uranové rudy, znamenající likvidaci areálů chemických úpraven a sanaci a rekultivaci odkališť.

Jednu z největších zátěží uranového průmyslu představuje areál bývalé chemické úpravny uranových rud MAPE Mydlovary, ležící asi 20 km od Českých Budějovic. Úpravna byla v provozu v letech 1962 – 91 a za tuto dobu zde bylo přepracováno skoro 17 miliónů tun uranové rudy. Odpady vzniklé v technologickém procesu byly ukládány do série odkališť, využívajících v převážné míře prostory po těžbě lignitu.

Odkaliště představují cizorodý prvek v krajině, ohrožující okolí radioaktivitou, prašností, průsaky kontaminovaných vod s nutností vynakládat vysoké finanční prostředky na jejich údržbu a čištění volných vod. Jejich rekultivace znamená složitý technický a ekonomicky náročný problém, jehož řešení si vyžádá dobu vyjádřenou v desítkách let.

Již v 90. letech byly na odkalištích zahájeny rekultivační práce technického charakteru, jejichž úkolem je zamezení prašnosti, odstínění radioaktivního záření a omezení kontaminace podzemních i povrchových vod. Na technickou etapu by měla navazovat rekultivace biologická, jejíž prvotní snahou je začlenit odkaliště do krajiny.

Cílem mé diplomové práce je posoudit postup a současný stav rekultivace na jednom z osmi odkališť MAPE Mydlovary, na odkališti K III Olešník, vyhodnotit proces přirozené sukcese na této lokalitě, porovnat tento stav s okolní krajinou a posoudit možné začlenění odkaliště do krajiny.



## **2. LITERÁRNÍ PŘEHLED**

### **2.1 Uranový průmysl v České republice**

Velký vzestup těžby uranových rud v 50. letech 20. století jako důsledek jaderných zbrojních programů a následně i rozvoje jaderné energetiky s sebou přinesl rozmach uranového průmyslu. Těžba měla na našem území bohatou hornickou tradici, opírající se o čtyřsetletou historii dobývání v jáchymovském rudním revíru a v přílehlých saských oblastech Krušných hor.

V listopadu 1945 byla podepsaná mezivládní dohoda o výzkumu a těžbě uranové rudy mezi Československou republikou a SSSR, k 1. 1. 1946 byl zřízen samostatný podnik pro těžbu radioaktivních surovin, byly obnoveny staré doly v jáchymovském revíru a postupně byl zahájen intenzivní vyhledávací průzkum v dalších částech Českého masivu.

#### **2.1.1 Těžba uranových rud**

Český masiv patří mezi geologické provincie s mnoha významnými ložisky uranu. Ložiska ekonomicky využitelná nebo historicky významná jsou soustředěna do pěti hlavních oblastí: krušnohorské, středočeské, západočeské, západomoravské a severočeské.

K světově proslulým nalezištím patřil nesporně Jáchymov v krušnohorské oblasti. Uranové rudy zde byly těženy již od roku 1840 a využívaly se nejprve pro výrobu pestrých uranových barev, později k výrobě radia pro lékařské účely. Právě z jáchymovských uranových rud se v roce 1910 podařilo díky výzkumům Marie Curie-Sklodowské izolovat radium a Jáchymov se stal nejznámějším světovým nalezištěm uranu. V poválečném období zde došlo k bouřlivému rozvoji těžby uranu pro válečné účely a jadernou energetiku. Na těžbu v jáchymovské oblasti úzce navazoval průzkum a těžba v okolí Horního Slavkova.

Po dotěžení zásob uranu v jáchymovské a hornoslavkovské oblasti se těžba přesunula do oblasti středočeské na Příbramsko. Příbramský rudní rajón patřil k největším uranovým nalezištím v Evropě.

V západočeské oblasti se nejvíce uranu vytěžilo na ložisku v Zadním Chodově objeveném v roce 1952. Další ložisko této oblasti, Vítkov II, bylo objeveno v roce 1960. Zjištěné zrudnění bylo zcela odlišné od ložisek žilného typu těžených např.

v Jáchymově nebo v Příbrami. Nejednalo se o klasické uranové žíly, ale o mohutné rudní sloupy, vázané především na žuly v těsném okolí zlomů (LEPKA, 2003). V Českém masivu se vyskytují také uranové rudy vázané na uhelné sloje. Takové zrudnění bylo objeveno v některých uhelných slojích Kladensko-rakovnické uhelné pánve nebo Sokolovské hnědouhelné pánve.

Další významnou těžební oblastí je oblast západomoravská s ložisky Rožná a Olší, kde se naplno rozvinula těžba uranových rud v šedesátých letech.

Jako poslední byla uvedena do provozu na konci 60. let těžební oblast v severních Čechách s ložisky v okolí Hamru na Jezeře a Stráže pod Ralskem. Tato oblast patří mezi největší naleziště uranu v Evropě. Ložiska uranových rud se nacházejí převážně v křídových pískovcích.

Kromě zmíněných pěti velkých oblastí byly uranové rudy těženy na řadě menších ložisek (např. Okrouhlá-Radouň v jižních Čechách, Zálesí a Jelení Vrch v Rychlebských horách, Předbořice u Milevska apod.).

Z více než 800 průzkumných a těžebných šachet bylo od roku 1946 získáno přes 100 tisíc tun uranu a Česká republika se tak historicky řadí na 6. místo za největší producentské státy – USA, Kanadu, Německo, Jihoafrickou republiku a Rusko. Z celkového objemu produkce uranu bylo vytěženo na Příbramsku v průměru asi 40 %, na ložiscích v okolí Hamru a Stráže pod Ralskem 25 %, na Dolní Rožínce 17 % a na ostatní lokality připadá 18 % produkce (<http://www.diamo.cz>).

### **2.1.2 Metody těžby uranových rud**

Pro těžbu uranových rud se používají tři základní metody: hlubinná, povrchová a chemická. Ve světě je nejvíce rozšířená těžba hlubinná. Také v České republice převládal tento způsob těžby. Při dobývání uranu bylo vytěženo několik desítek milionů m<sup>3</sup> horniny a jen na povrchu bylo z důlních děl uloženo více než 50 milionů m<sup>3</sup> hlušiny. Hlubinná těžba byla zajišťována různými dobývacími metodami, zvolenými s ohledem na typy ložiska v dané lokalitě. Povrchová těžba se volí v případě, že uranové rudy jsou uloženy v malé hloubce pod povrchem. Její výhodou je vyšší efektivita oproti hlubinné těžbě.

Podstatou chemické těžby je podzemní louhování uranových rud. Roztok kyseliny sírové je vrty vtlačěn do rudonosného horizontu, kde prochází horninou a postupně rozpouští uran. Roztok obohacený o uran je pak pomocí dalších vrtů čerpán na povrch,

kde je uran v chemických stanicích separován. Roztok zbavený uranu je po doplnění obsahu kyseliny sírové vtlačen zpět do podzemí. Výhodou chemické těžby uranových rud oproti těžbě povrchové nebo hlubinné je menší zabraná plocha, velmi malé množství vytěžené hlušiny a hlavně v podzemí odpadá náročná a zdraví nebezpečná činnost horníků. Na druhé straně se při této metodě používají velmi agresivní a nebezpečné chemikálie (vysoce koncentrovaná kyselina sírová, kyselina dusičná, amoniak, fluorovodík) (NEUŽIL, 1998).

### **2.1.3 Zpracování uranových rud**

Uranové minerály tvoří v uranových rudách jen malý podíl. Hlavní objem rud tvoří jalová žilovina (křemen, karbonáty) nebo úlomky okolních hornin (hlušiny), vytěžené společně s rudním materiálem. Uranové rudy obsahující několik procent uranu jsou považovány za bohaté. Takové známe například ze žilných ložisek z Jáchymova, Horního Slavkova, Příbrami a dalších. Většina našich uranových rud patří mezi chudé, u nichž se obsah uranu pohybuje kolem 0,1 % (Hamr na Jezeře) (LEPKA, 2003).

V poválečném období se začaly budovat v blízkosti těžebních šachet úpravní uranových rud, které měly odstraňovat z vytěžené rudniny co nejvíce hlušiny a získat tak vytříbenou uranovou rudu. První gravitační úpravna uranových rud byla postavena v Jáchymově a byla v provozu v letech 1946 – 1955. Později se začaly zavádět radiometrické úpravní, v nichž se pro rozdělování využívala přirozená radioaktivita rud. Radiometrická úprava je však efektivní pouze u kontrastních rud žilného typu, kde jsou vysoké obsahy uranu v rudních žilách a ostře kontrastují se sousední hlušinou. Pro chudé nekontrastní rudy se musí po mechanickém rozdělení použít chemická úprava, jejímž principem je převedení uranu do roztoku a jeho opětovné vysrážení bez ostatních složek (LEPKA, 2003).

Výstavba chemických úprav na našem území kopírovala rozšiřování těžby uranových rud. První chemická úpravna vznikla na počátku 50. let v Nejdku pro zpracování rud z oblasti Jáchymova. Tato úpravna pracovala až do roku 1963. Po přesunutí těžišť uranové činnosti na ložiska v okolí Příbrami a západních Čech byla v roce 1962 postavena úpravna MAPE Mydlovary. Na Moravě se rozvinula těžba v oblasti Dolní Rožínky a v roce 1968 byla uvedena do provozu chemická úpravna Dolní Rožínka pro zpracování místních rud. Jako poslední byla v roce 1979 vybudována

naše největší chemická úpravna ve Stráži pod Ralskem pro zpracování rud severočeské oblasti.

Volba způsobu chemického zpracování značně závisí na chemickém složení rudniny a na míře rozpustnosti uranových minerálů. Při loužení uranu se využívají dva postupy: alkalický a kyselý. Při alkalickém loužení je hlavním médiem k rozpouštění uranových minerálů soda. Při kyselém loužení se jako hlavní rozpouštěcí činidlo používá kyselina sírová. Vzhledem k tomu, že rudy těžené v České republice se vyznačují velkou variabilitou mineralogického složení a technologických vlastností, byl v praxi využíván alkalický i kyselý proces zpracování (LEPKA, 2003, NEUŽIL, 1998).

Uranové rudy byly nejdříve drceny a mlety s cílem co nejlépe zpřístupnit povrch uranových minerálů loužicímu činidlu. Vznikl tzv. rmut – suspenze jemné pevné fáze a nosného kapalného média. Zahuštěním rmutu se dosáhlo optimálního poměru pevné a kapalné fáze. V další části procesu probíhalo loužení směsí uhličitanu a hydrouhličitanu sodného nebo roztokem kyseliny sírové, při kterém uran přecházel z pevné fáze do kapalné při zvýšené teplotě. Mimořádné technologické podmínky bylo nutno uplatnit při loužení těžko loužitelných rud severočeské oblasti. Loužení probíhalo za podmínek vysoké koncentrace kyseliny sírové a teploty těsně pod bodem varu nebo dokonce v autoklávech při zvýšeném tlaku a teplotě. Další část zahrnovala separaci uranu z kapalné fáze rmutu sorpcí na měničích iontů. V tomto procesu se uran oddělil od větší části doprovázejících prvků a zkoncentroval se pro další technologické operace. Působením vhodného činidla byl uran vymýván z měniče iontů zpět do kapalné fáze a plynným čpavkem srážen za vzniku surového koncentrátu. Příměsi se odstraňovaly rafinací. Výsledným produktem byl uranový koncentrát ve formě diuranátu amonného, který obsahoval 72 – 74 % uranu. Po vysušení vznikla nažloutlá sraženina nazývaná „žlutý koláč“ (yellowcake) (<http://www.diamo.cz>).

#### **2.1.4 Odkaliště uranového průmyslu**

Odpadní rmut z procesu chemické úpravy uranových rud byl ukládán do odkališť. Odkaliště lze definovat jako přírodně nebo uměle ohraničený prostor, sloužící pro trvalé nebo dočasné uskladnění kalu. Ve smyslu zákona č. 254/2001 Sb. (vodní zákon) jsou odkaliště vodní díla. Součástí provozování odkaliště je mimo jiné i sledování stability hrázového systému a dodržování maximální přípustné hladiny vody v odkališti. Technicko-bezpečnostní dozor nad nimi zajišťuje příslušný vodohospodářský orgán.

Podle horního zákona č. 44/1988 Sb., ve znění pozdějších úprav, je odkaliště zároveň ložisko. Uranové odkaliště je podle atomového zákona č. 18/1997 Sb. posuzováno jako velmi významný zdroj ionizujícího záření.

### **Rozdělení odkališť**

Podle umístění je možné rozdělit odkaliště na:

- údolní,
- rovinná s hrázemi po celém obvodu,
- svahová,
- v přírodních nebo umělých prohlubních.

Při zakládání odkališť je nutné zohlednit vlastnosti podloží a vhodné hydrologické podmínky, ale také vzdálenost od určitých objektů. Z tohoto hlediska se rozlišují odkaliště technicky správně založená, která jsou umístěna na vhodné lokalitě, neohrožují znečištěním podzemní a povrchové vody ani ovzduší, přičemž zachycené kontaminované vody se zneškodňují. Odkaliště technicky nedostatečně založená jsou naopak zdrojem znečištění vod a ovzduší (POKORNÝ, FILIP, LÁZNIČKA, 2001).

### **Stavba odkaliště**

Odkaliště sestávají z několika dílčích objektů, které se mohou konstrukcí i provedením značně lišit. Hrázové těleso je zpravidla tvořeno základní hrází a hrázemi zvyšovacími. Hráz zadržuje usazený kal a vytváří prostor pro akumulaci odsazených vod. Těleso hráze je vybaveno drenážním systémem, který zabraňuje průsakům vody z prostoru odkaliště do okolí a zajišťuje stabilitu hráze i celého tělesa odkaliště. Průsakové vody jsou odváděny obvodovým potrubím do recipientu nebo se vrací do výroby s ostatními odsazenými vodami.

Protože ukládaný kal je vodní suspenze jemných pevných částic a má tedy tekutou konzistenci, dopravuje se na odkaliště hydraulickým způsobem (plavením neboli tzv. mokřým způsobem). Přívod kalu se provádí kalovodem, řešeným jako tlakové potrubí z ocele, vyložené zpravidla čedičem. Kalovodní potrubí mají délky v rozmezí stovek až tisíců metrů. Rozvod kalu po hrázi odkaliště umožňuje rovnoměrné rozplavování materiálu, a tím i rovnoměrné zaplňování tělesa odkaliště. Plocha naplaveného sedimentu nad hladinou tvoří pláž odkaliště. Povrch odkaliště je neúnosný a nerovný, v nejnižších místech (lagunách) stojí voda.

Odsazená voda se z odkaliště odvádí kolektory napojenými na kolektorové potrubí a znovu se používá ve výrobě nebo se vypouští do vodních toků. Pokud je voda cirkulována zpět do výroby, součástí odkaliště bývá akumulární jímka s čerpací stanicí.

Dalšími součástmi odkaliště jsou záchytné příkopy, které odvádí povrchové vody z povodí nad odkalištěm mimo jeho prostor, dále opatření proti prašnosti a zařízení pro měření a pozorování.

Sedimentující částice se v nádrži akumulují až do zaplnění akumulárního (užitečného) objemu, poté se provoz odkaliště přerušuje. Další odkaliště lze založit na ploše starého odkaliště vybudováním zvyšovací hráze (POKORNÝ, FILIP, LÁZNIČKA, 2001).

### **Voda na odkališti**

Na odkališti rozlišujeme vodu technologickou, vnější a srážkovou.

1. Voda technologická je držena fyzikálně-chemickou vazbou v kalu. Za provozu odkaliště tvoří 40 – 50 % objemu kalu. Po odstavení odkaliště tento podíl klesá.
2. Voda vnější je voda z povodí a musí být odváděna již za provozu odkaliště. K tomu slouží ochranné příkopy, které se dimenzují na průtoky  $Q_{50}$  až  $Q_{100}$  podle stupně zabezpečení proti škodám vlivem vybřežení.
3. Voda srážková je voda z plochy odkaliště, která zvyšuje objem kontaminované vody a je zdrojem nežádoucího vyluhování.

Úprava kontaminované vody, která vytéká z tělesa odkaliště, by měla být vyřešena již před jeho provozováním. U odkaliště se proto zřizuje čistírna průsakových vod, kde se obvykle upravuje pH, zavádí čiření, filtrace nebo i chemická úprava k odstranění toxických kovů. Někdy je nutno zavést monitoring a měřit koncentrace škodlivin v průsakové vodě a v povrchových nebo podzemních vodách (POKORNÝ, FILIP, LÁZNIČKA, 2001).

### **Zatřídění kalů z hlediska mechaniky hornin**

Ukládané zbytky rudniny jsou z hlediska mechaniky zemin zatříděny jako písek a hlinitý písek. Jemnější frakce (více než 50 %) patří do kategorie prachové hlíny. S ukládanými zbytky rudniny jsou do sedimentačního prostoru odkaliště uloženy neutralizační kaly vznikající na konci technologického procesu, při neutralizaci roztoku

kyseliny sírové a louhu sodného. Na jednu tunu odkalištního rmutu bylo přidáváno 60 až 120 kg neutralizačních chemikálií (NOVOTNÝ, 2001).

### **Vnitřní struktura tělesa odkaliště**

Rmut, hydraulicky ukládaný plavením z obvodu, vytváří v tělesech odkališť tři pásma, charakterizovaná odlišnými geomechanickými vlastnostmi.

1. V obvodovém pásmu, které bylo v celé době provozu naplavováno přerodem kalu nad úrovní vody v sedimentačním prostoru odkaliště, jsou uloženy hrubší frakce rmutu. Dochází zde k hydraulickému přetřídění. Podíly jemných frakcí a neutralizačních kalů jsou v důsledku unášecí síly vodního proudu transportovány do sedimentačního prostoru odkališť. Obvod je únosnější, materiál z tohoto pásma je propustnější a tedy odvodnitelný do obvodových drenáží. Tyto vlastnosti ve svém souhrnu vytvářejí předpoklad stability tělesa odkaliště.
2. Přejídnové pásmo navazuje na obvodové pásmo. Jeho šířka je dána kolísáním hladiny v sedimentačním prostoru odkaliště (srážková činnost, technologické důvody). Při nižší hladině vody v sedimentačním prostoru se pláže prodlužují směrem do odkaliště, pod sklonem úhlu naplavování. Při zvýšení vodní hladiny (přiblížení k obvodu) se pláž zkracuje. Důsledkem tohoto kolísání vodní hladiny je vznik plochy odkališť, ve které se střídají vrstvy hrubších písčitých podílů usazených nad vodní hladinou a vrstvy jemných, neúnosných kalů, usazených pod hladinou sedimentačního prostoru. Povrch tohoto pásma je i po odvodnění jen nepatrně únosný. Materiál hnutý z obvodu do tohoto prostoru se propadá do podloží až do vytvoření rovnováhy mezi zatížením cizím materiálem a vztlakovými silami uloženého kalu. Vrstevnatá struktura ukloněná ke středu odkaliště ztěžuje odvodnění tohoto pásma do vnějšího propustného pláště odkaliště.
3. Střední pásmo odkaliště obsahuje podíly jemných frakcí rmutu a téměř celý podíl neutralizačních kalů (ve formě vloček). Tyto kaly jsou v procesu hydraulického ukládání na odkaliště unášeny vodním proudem po povrchu pláží a jsou ukládány pod vodou v sedimentačním prostoru odkaliště. Tímto procesem vzniká u odkališť chemických úpraven thixotropní jádro. Kaly uložené ve středním pásmu jsou prakticky neodvodnitelné a bez následné úpravy zůstávají trvale neúnosné (NOVOTNÝ, 2001).

## **2.2 Vliv uranového průmyslu na životní prostředí**

Těžba a zpracování uranových rud v České republice, stejně jako jinde ve světě, patří k činnostem člověka, které mají nepochybně zatěžující vliv na životní prostředí, ale i na člověka samotného. Nutnost ochrany životního prostředí nabývá na významu již při prosazování a následném provozování hornické činnosti, stejně jako důsledné zahlazování následků této činnosti po jejím ukončení.

Z hlediska negativních dopadů těžby nerostných surovin na životní prostředí zaujímá uranový průmysl třetí místo za lomovým dobýváním hnědého uhlí (severočeská a sokolovská hnědouhelná pánev) a hlubinnou těžbou černého uhlí v Ostravsko-karvinském revíru. Podle odhadů existuje na území České republiky přes 200 lokalit, kde bylo životní prostředí různě poškozeno vlivem průzkumu, těžby a úpravy uranových rud. Jedná se o důlní díla, odvaly, odkaliště úpraven, vyluhovací pole, dopravní trasy, po nichž byla ruda dopravována, areály různých závodů a provozů, vrty atd. Celková plocha ekologických zátěží způsobená činnostmi uranového průmyslu přesahuje 0,5 mil. ha, z toho plocha významněji poškozená reprezentuje přes 0,3 mil. ha (LEPKA, 2003).

### **2.2.1 Vliv povrchové a hlubinné těžby**

Všechny způsoby těžby nerostných surovin způsobují destrukci přírodního prostředí. Hlubinnou těžbou je odvaly a poklesy terénu ovlivňován reliéf, snižováním hladiny podzemních vod a čerpáním důlních vod režim hydrosféry, poklesy a stavbou odvalů pedosféra a celým komplexem destrukčních vlivů fytoféra i zoosféra. Ještě větší mírou destrukčních vlivů na přírodní prostředí se vyznačuje povrchová těžba. Povrchové způsoby těžby se podílejí ze všech aktivit člověka nejvýrazněji na dynamických proměnách krajiny. Transformací horninového prostředí a změnou reliéfu výrazně ovlivňují především mocný profil litosféry, ovlivňují kvalitu ovzduší, klimatické faktory atmosféry, deformují režim hydrosféry, devastují celý prostor pedosféry, kontaminací nebo přímou likvidací fytoocenóz a zoocenóz výrazně ovlivňují prostor biosféry (ŠTÝS a kol., 1981).

Prvním negativním dopadem těžby uranových rud je zábor půdy, který poznamenává celkový ráz krajiny a snižuje možnost jejího využívání. Zábor půdy též znamená překážky volnému pohybu živočichů.



Hlavním problémem těžby uranu je produkce pevných, kapalných a plyných radioaktivních odpadů. Pevné radioaktivní odpady jsou tvořeny hlušinou, která vzniká v povrchové těžbě při odstraňování nadloží a v hlubinné těžbě při ražbě podzemních šachet a štol. Hlušina obvykle bývá slabě radioaktivní. Haldy zabírají velkou plochu a nepříznivě působí na krajinu. Ovlivňují i místní klimatické podmínky, neboť mají vliv na proudění vzduchu v dané oblasti (NEUŽIL, 1998). Nejvýrazněji jsou měněny všechny základní mikroklimatické charakteristiky na haldách nepokrytých vegetací. Povrch těchto ploch je vystaven intenzivnější sluneční radiaci a zvýšenému vstupu tepelné a světelné energie, což se projevuje zvýrazněním denní amplitudy teplotního režimu; ekologicky závažné je přitom vysoké přehřívání přízemních vrstev ovzduší na jižně exponovaných svazích. To vše se následně projevuje ve zvýšeném výparu a ve snižování vzdušné vlhkosti přízemních vrstev (ŠTÝS a kol., 1981).

Nezpevněný povrch haldy je zdrojem emisí radioaktivního prachu a radonu. V případě intenzivnějších dešťů dochází k vodní erozi a radioaktivní bahno je zanášeno do okolí, kde způsobuje znečištění a kontaminaci půdy i povrchových a podzemních vod. Kontaminovaná půda a povrchová či podzemní voda pak může způsobit kontaminaci potravního řetězce. Haldy vytěžené hlušiny způsobují také značné tlaky na podloží, které mohou negativně ovlivnit stávající geologické a hydrogeologické podmínky. Tato rizika lze snížit tříděním hlušiny. Hlušinu, která není radioaktivní, lze použít při stavbě silnic, dálnic, železničních naspů apod. Tím se výrazně sníží množství hlušiny, kterou je nutné skladovat na haldách. K omezení radioaktivních emisí, větrné a vodní eroze je vhodné haldy pokrýt vrstvou zeminy a vytvořit přirozený vegetační kryt (např. zatravněním). Slabě radioaktivní hlušina může být použita při stavbě sypaných hrází odkališť. V žádném případě nesmí být radioaktivní štěrk či písek použit při výstavbě obytných budov (NEUŽIL, 1998).

Největší ekologické problémy při těžbě uranu jsou spojeny s kapalnými radioaktivními odpady, tvořenými především kontaminovanou podzemní vodou, neboť při hlubinné těžbě uranové rudy je nutné čerpáním snížit hladinu podzemní vody. Odčerpávaná důlní voda obsahující radionuklidy se musí před vypouštěním do povrchových toků zbavit škodlivých látek, což je technicky složitý a finančně nákladný problém. Až do přelomu šedesátých a sedmdesátých let byly důlní vody běžně vypouštěny do povrchových toků bez čištění. Odčerpávání důlní vody zároveň znamená citelný zásah do hydrogeologických poměrů v dané lokalitě, který způsobuje pokles hladiny podzemní vody v širokém okolí. Běžně se stává, že v okolí těžby vysychají

původní zdroje vody, např. rybníky nebo potoky. Ztráty vodních zdrojů postihovaly téměř všechny naše těžební oblasti (LEPKA, 2003, NEUŽIL, 1998).

Plynné radioaktivní odpady jsou tvořeny zejména emisemi radonu a radioaktivního prachu, ke kterým dochází při mletí a drcení vytěžené hlušiny a při dopravě hlušiny na haldy. Emise vytváří také soustava důlního větrání. Ventilátory vhání do podzemí neznečištěný okolní vzduch a kontaminovaný vzduch je odsáván z podzemních prostor hlubinného dolu a vyfukován do okolí. To je nezbytné pro odvedení značného množství radioaktivního prachu, který vzniká v procesu těžby uranové rudy a který jinak způsobuje rakovinu plic horníků. Velké ventilátory způsobují značný hluk, který má negativní účinky na okolí (NEUŽIL, 1998).

Velmi často dochází ke kontaminaci půdního pokryvu. Kontaminace je způsobena většinou prašností nebo nedokonale provedenou sanací opuštěných objektů v dřívějších letech. Lepka (2003) uvádí, že na území České republiky bylo v různé míře postiženo nejméně 0,3 mil. ha zemědělské půdy. Plošně nejrozsáhlejší poškození půdy se projevuje u odvalů, ale také v úpravárenských areálech. Tomášek a Lundáková (2001) připomínají, že dodatečné sanační zásahy jsou pak značně komplikované i z hlediska vlastnických vztahů.

Vliv těžby uranových rud na biosféru lze rozdělit na přímý a nepřímý. K přímé destrukci rostlinných i živočišných ekosystémů dochází postupně v celém dobývacím prostoru. Ložiska uranové rudy se často nacházejí v zalesněných oblastech, proto dochází k narušení lesních porostů. Lesní porosty tvoří významný stabilizační prvek daného ekosystému a jejich narušení se projeví na celkové rovnováze ekosystému. Vykácením části souvislého lesního porostu je snížena jeho odolnost proti účinkům povětrnostních vlivů a následnému přemnožení různých škůdců. Narušením kořenového systému, který zadržuje vodu, jsou ovlivněny hydrogeologické poměry v dané oblasti. Odlesněná plocha je navíc náchylnější k větrné a vodní erozi půdy (NEUŽIL, 1998).

Mnohem složitější je hodnocení nepřímých vlivů. Složky biosféry jsou znehodnocovány prostřednictvím změn vyvolaných v horninovém prostředí a reliéfu, atmosféře, hydrosféře a pedosféře (ŠTÝS a kol., 1981).

Z kontaminovaných půd se šíří zamoření do rostlin. Kontaminace postihuje různé rostliny v rozličné míře. Např. stolístek a zblochan velmi ochotně kumulují uran a radium. Jiné rostliny, jako např. třezalka tečkovaná, lnice nebo maliník, mají schopnost transportovat radionuklidy do periférií listů. V pryskyřníku a kontryhelu se uran a radium hromadí v nervatuře listů. Některé dřeviny (bříza nebo olše) vykazují

zvýšené obsahy radionuklidů v listových čepelích rašících listů, zatímco listová nervatura je zcela neradioaktivní. Vrba nebo černý bez naopak zadržují uran a radium v cévních cestách (LEPKA, 2003).

Se znečišťováním vod souvisí i kontaminace planktonu, což je důležité při sledování migrace radionuklidů v potravinových řetězcích, vedoucích až k lidské stravě. Například v okolí odkalovací nádrže v Hamru na Jezeře byly zjištěny zvýšené koncentrace radionuklidů v tělech komárů a pavouků, kteří tvoří významnou součást rybí potravy. Radionuklidy se u ryb kumulují do různých částí těl v rozdílných koncentracích. Zatímco uran je koncentrován především v kůži, maximum radia bychom našli v kostech (LEPKA, 2003).

Těžbu uranové rudy doprovázejí i hluk a vibrace, jejichž zdrojem je mletí, drcení a skládkování vytěžené hlušiny a nákladní automobilová doprava. Podle Štýse (1981) nadměrná hlučnost působí rušivě až nepříznivě na centrální a vegetativní nervový systém a na psychickou sféru člověka. Neužil (1998) připomíná, že pokud je těžba umístěna v zalesněné oblasti, mohou hluk a vibrace plašit zvěř v širokém okolí.

V ojedinělých případech může docházet k poklesům nebo i k propadání poddolovaných oblastí, pokud sloje uranové rudy nejsou v geologicky stabilních oblastech. Poklesová území mají ve většině případů vyhlášenu stavební uzávěru a poklesy jsou v pravidelných intervalech sledovány a vyhodnocovány. Riziková propadová pásma (s rizikem náhlých poklesů) jsou oplocena se zákazem vstupu. Zatímco v poklesovém území jsou možné běžné dekontaminační práce, v propadovém pásmu jsou prakticky vyloučeny (TOMÁŠEK, LUNDÁKOVÁ, 2001).

### **2.2.2 Vliv chemické těžby**

Chemickou těžbou uranových rud jsou značně ovlivněny geologické a hydrogeologické poměry. Největším problémem této metody je rozsáhlá kontaminace podzemních prostor, která vede ke znečištění podzemních a následně i povrchových vod.

V roce 1967 byly v oblasti Stráže pod Ralskem zahájeny první pokusy s chemickým loužením pomocí vrtů z povrchu. Náklady na experimentální těžbu se jevíly příznivější v porovnání s probíhající klasickou hornickou těžbou, takže mnozí ekonomové se stali propagátory chemické těžby a začali prosazovat její urychlené rozšiřování. Bohužel si v té době neuvědomili všechny její dopady na životní prostředí

a hlavně nevzali dostatečně v úvahu náklady na její konečnou likvidaci. Byly přeceněny technologické vlastnosti loužených rud a podceněny podmínky v horninovém prostředí (zlomy, puklinové systémy), a to vedlo k rozptylu technologických roztoků mimo areál chemické těžby (LEPKA, 2003).

V místě těžby jsou vyvinuty dva zvodnělé kolektory. Ve spodním cenomanském kolektoru se nacházejí uranová ložiska. Cenomanské vody nikdy nebyly pro přirozený vysoký obsah radioaktivních látek vodohospodářsky využívány. Naopak vody svrchního turonského kolektoru představují jeden z nejvýznamnějších zdrojů pitné vody České republiky a jsou vodohospodářsky využívány. Na řadě míst však došlo k propojení obou zvodnělých kolektorů, a tím i ke kontaminaci turonských vod.

Za dobu těžby uranu bylo do podzemí vtačeno téměř 5 mil. tun kyseliny sírové a dalších agresivních chemikálií. Jejich rozhodující část (asi 99,5 %) se nachází v cenomanské zvodni, kde je kontaminováno 186 mil. m<sup>3</sup> vod. Chemická těžba ve Stráži pod Ralskem byla ukončena v polovině roku 1994 a byla zahájena sanace kontaminovaných podzemních vod (MUŽÁK, NOVÁK, KOLÁŘ, 2001).

### **2.2.3 Vliv zpracování uranových rud**

Závod na zpracování uranových rud bývá obvykle umístěn v blízkosti hlubinných, popř. povrchových dolů (z důvodů nízkých nákladů na dopravu), a znásobuje tak negativní účinky těžby uranových rud.

Závod je zdrojem hluku a nebezpečných emisí. Kontaminace objektů a půd závisí na použité technologii a doprovodných procesech. V areálu závodu se skladuje velké množství nebezpečných a agresivních chemikálií, které mohou při živelných katastrofách, jako jsou povodně nebo zemětřesení, způsobit rozsáhlé znečištění všech složek životního prostředí. Při zpracování uranových rud je potřeba velké množství elektrické energie a tepla, proto je obvykle součástí závodu na zpracování uranových rud teplárna, která je zdrojem dalšího znečištění životního prostředí. Hlavním problémem těchto závodů však zůstává produkce mírně radioaktivních odpadů, které jsou skladovány v odkalištích (NEUŽIL, 1998).

### **2.2.4 Vliv odkališť**

Odkaliště představují cizorodý prvek v krajině. Zabírají značnou plochu a vyřazují z normálního provozování velké rozlohy půdy, zejména zemědělské nebo lesní.

Hlavním problémem odkališť je riziko kontaminace půdy a podzemních vod průsaky. Toto riziko lze snížit situováním odkaliště do oblastí s nepropustným podložím nebo vodotěsnými izolacemi dna odkaliště (např. plastové fólie, jílová vrstva apod.), což ovšem zvyšuje náklady na jeho vybudování. Rozsáhlá vodní plocha odkaliště je zdrojem ionizujícího záření a nebezpečných emisí. Navíc hrozí riziko protržení sypaných hrází při případných intenzivních deštích nebo jiných živelných katastrofách (zemětřesení, povodně). Po protržení hráze by došlo k velkoplošné kontaminaci půdy, povrchových a podzemních vod. Sypané hráze nemají vegetační kryt, čímž dochází ke stejnému nežádoucímu ovlivnění místního klimatu jako v případě hald vytěžené hlušiny (NEUŽIL, 1998).

Odkaliště uranového průmyslu zaujímají na našem území v současnosti plochu více než 6 km<sup>2</sup>, jak ukazuje tabulka č. 1.

Tabulka č. 1: Plocha a objem odkališť uranového průmyslu v České republice (podle J. Tomase, 2001)

Odkaliště	Plocha (ha)	Objem (tis. m <sup>3</sup> )
Stráž pod Ralskem	187,0	19 236,0
Dolní Rožínka	90,1	9 827,4
MAPE Mydlovary	292,7	23 969,0
Příbram	44,1	238,3
Západní Čechy	20,1	2 798,0
Celkem	634,0	56 068,7

### 2.2.5 Uranový průmysl a ochrana životního prostředí

Ochrana životního prostředí na českých uranových lokalitách se v průběhu let postupně měnila. Zcela nedostatečně byla zajišťována v prvních poválečných letech a tato situace přetrvávala až do konce 60. let. V tomto období bylo hlavním cílem dosahovat co největšího objemu těžby uranových rud s minimálními ohledy na okolní přírodu. Pozitivní zlom nastal až v 70. a 80. letech a začala se věnovat pozornost také ekologické problematice a monitorování uranových lokalit (LEPKA, 2003).

V současné době je pozornost soustředěna na sanaci a rekultivaci průmyslových areálů, kde se těžila a zpracovávala uranová ruda.

## **2.3 Rekultivace odkališť uranového průmyslu**

Rekultivace odkališť je poměrně složitým technickým a ekonomickým problémem, který je navíc velmi přísně limitován příslušnými legislativními předpisy ve vztahu k ochraně životního prostředí (KYSELA, ŠLOSSER, 2001). Rekultivace se musí připravovat již s výstavbou a provozováním odkaliště. Vzhledem k tomu, že úprava uranových rud je hornická činnost, je i vytvořené dílo, v tomto případě odkaliště, dílo vytvořené hornickou činností. Rekultivace odkališť je tedy zahlazováním následků hornické činnosti. Koncepce rekultivace odkališť zahrnuje všechna nutná technická opatření vedoucí k uzavření odkaliště, včetně následného začlenění rekultivovaného území do krajiny (TOMÁŠEK a kol., 2004).

### **2.3.1 Rekultivace a proces posuzování vlivů na životní prostředí**

Základním právním předpisem upravujícím proces posuzování vlivů na životní prostředí (proces EIA) je zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí.

Předmětem posuzování vlivů na životní prostředí jsou záměry uvedené v příloze č. 1 zákona. Záměry se dělí na dvě skupiny: na záměry, u nichž se vždy posuzují vlivy na životní prostředí (kategorie I), a na záměry, u nichž se posuzují vlivy na životní prostředí v případě, pokud se tak stanoví ve zjišťovacím řízení (kategorie II).

Účelem procesu EIA je zjistit, popsat a komplexně vyhodnotit předpokládané přímé i nepřímé vlivy záměrů na životní prostředí a veřejné zdraví ve všech rozhodujících souvislostech jako objektivní odborný podklad pro následující rozhodovací proces, ve kterém se rozhoduje o povolení záměru.

Posuzují se vlivy na obyvatelstvo a vlivy na životní prostředí, zahrnující vlivy na živočichy, rostliny, ekosystémy, půdu, horninové prostředí, vodu, ovzduší, klima, krajinu, přírodní zdroje, hmotný majetek a kulturní památky včetně jejich vzájemného působení a souvislostí. Při tom se vychází ze zvláštních právních předpisů upravujících ochranu těchto složek.

Posuzují se vlivy, které bude působit nejen provozování daného záměru, ale i jeho příprava, provádění, ukončení provozu a případná sanace či rekultivace. Zahrnutý musí být i vlivy možné havárie. Dále se hodnotí jak vlivy realizace záměru, tak i vlivy jeho neprovedení.

Posuzování musí zahrnovat i návrh opatření k předcházení, vyloučení, snížení, zmírnění nebo minimalizaci nepříznivých vlivů na životní prostředí, popř. opatření ke zvýšení vlivů příznivých.

Projekty sanací a rekultivací po hornické uranové činnosti podléhají posouzení podle přílohy č. 1 k zákonu č. 100/2001 Sb. Jedná se o kategorii I (záměry vždy podléhající posouzení), bod 2.5 Uran – těžba (včetně změny a ukončení těžby) a úprava uranové rudy (chemická úprava a jiné technologie, odkaliště a kalová pole).

### **2.3.2 Důvody a cíle rekultivace odkališť**

Tomášek a kol. (2004) uvádí následující důvody rekultivací odkališť uranového průmyslu:

- průsakové vody odkališť, které se při průchodu uloženým rmutem obohacují o uran,
- nutnost dlouhodobého čištění průsakových vod před vypuštěním do vodoteče,
- radiační ochrana (odstínění záření z povrchu uloženého rmutu), zamezení emisí radonu a přírodních radionuklidů, které jsou obsaženy v sekundárně uvolňované prašnosti,
- prašnost z osušených pláží odkališť,
- kontaminace podzemních vod (úniky vod mimo drenážní systém),
- náklady na udržování odkališť včetně dalších vyvolaných nákladů na čištění vod, údržbu a rekonstrukci komunikací, rozsáhlý monitoring apod.

Novotný (2001) shrnuje cíle rekultivace odkališť, kdy je v rámci rekultivačních prací nutné:

- vytvořit technické bariéry, které omezují aktivitu radia na povrchu odkaliště, a odclonit záření,
- vyloučit prašnost povrchu odkališť a zbránit tak šíření radioaktivního prachu do okolí,
- snížit plošnou radonovou výdajnost povrchu odkaliště,
- zabránit vstupu srážkové vody do tělesa odkaliště,
- omezit pronikání výluhových odkalištních vod do podzemních vod,
- zabezpečit dlouhodobou stabilitu tělesa odkaliště a začlenit jej do okolní krajiny.

Nejpodstatnějším úkolem při rekultivaci odkališť je postupně se zbavit volné vody v odkališti. To lze řešit zvýšením kapacity čištění odkalištních vod nebo začerpáním do vod důlních, když taková možnost je (pokud jsou důlní vody čištěny a pokud tím nedojde k ohrožení složek životního prostředí).

Dalším důležitým faktorem je kvalita odkalištní vody, resp. průsakové vody ve vztahu k ochraně povrchových a podzemních vod. Proto je nutné opatřit odkaliště nepropustným povrchem, který by zamezil vsakování srážkové vody do tělesa odkaliště, aby množství průsakových vod bylo co nejmenší (TOMÁŠEK, LUNDÁKOVÁ, 2001).

Nad celou plochou sedimentačního prostoru se vytvoří krycí prvek z rekultivačních materiálů, který bude mít střešovitý tvar, případně tvar písmene V. Tyto tvary umožňují požadovaný odtok srážkových vod mimo těleso odkaliště, ale také eliminují důsledky následného sedání a zamezují dodatečnému vzniku vsakovacích vodních ploch. Volba tvaru je dána morfologickými podmínkami, ale také snahou o minimalizaci nároků na množství rekultivačních materiálů při vlastní rekultivaci. Vyrovnaný povrch krycích zemin umožňuje následně položit izolační prvek pro zamezení přístupu srážkových vod, drenážní vrstvu pro jejich odvedení a krycí vrstvu biologicky oživitelných zemin. I v případě, že by nebyl vybudován izolační prvek, lze pouze zřízením vhodného rostlinného pokryvu zvýšit evapotranspiraci a podstatně snížit dotaci tělesa odkaliště srážkovou vodou (NOVOTNÝ, 2001).

### **2.3.3 Rekultivační materiály**

Rekultivace odkališť je doprovázena potřebou velkého množství rekultivačních materiálů, jejichž vlastnosti musí vyhovovat specifikám uložených odpadů. Jak zdůrazňují Hrdina a Prášek (2001), v okolí rekultivovaných území většinou není k dispozici potřebný objem rekultivačních materiálů a doprava z větší vzdálenosti je neekonomická. To může v mnoha případech brzdit tempo rekultivace.

S ohledem na charakter a specifické vlastnosti uložených odpadů nelze využít obvyklé způsoby rekultivací, jako např. při rekultivaci skládek. Specificky těžké materiály, zeminy apod. propadají vrstvou zvodnělých kalů, které jsou vytlačovány na povrch hladiny odkaliště.

Rekultivační materiály můžeme rozdělit na:

- výplňové materiály,
- materiály izolační a krycí vrstvy.



Výplňové materiály jsou potřebné ke konečnému vytvarování rekultivovaného odkaliště. Tyto materiály nesmí zhoršovat kvalitu volných ani drenážních vod odkališť. Dále nesmí zvyšovat emise radonu a emise znečišťujících látek s obsahem přírodních radionuklidů. Musí být objemově stálé a nesmí podléhat destrukci, aby se následně na rekultivovaných odkalištích neobjevily propadliny. Velké nároky jsou kladeny také na fyzikálně mechanické vlastnosti, především objemovou hmotnost, aby se materiály nezabořovaly do uloženého rmutu. Obecně se tedy dává přednost lehkým materiálům.

Izolační vrstva by měla zajišťovat minimální propustnost srážkové vody a dlouhodobou funkčnost (v desítkách let).

Pro konstrukci izolační vrstvy lze použít:

- folie, které zajišťují minimální propustnost, není však u nich záruka požadované funkčnosti. Navíc není přirozeným prvkem.
- hutněné minerální těsnění (např. ze sprašových materiálů) ve vrstvách po 20 cm. Splňuje požadavky na dlouhodobou funkci, pokud nedojde v tělese odkaliště k výrazným poklesům.
- rybníční bahno
- bentonitové těsnění ve formě rohoží. K poklesům je odolnější než hutněné minerální těsnění, splňuje tedy požadavky na dlouhodobou funkci.

Pokud se jako izolační prvek použije minerální těsnění, bentonitové rohože nebo rybníční bahno, vytváří se ještě podložní vrstva, která slouží jako ochrana proti mechanickému poškození izolačního prvku.

Nad izolační prvek se pokládá drenážní vrstva. Ta odvádí srážkovou vodu, která prosákne krycí vrstvou, mimo těleso odkaliště. Zároveň zajišťuje geomechanickou stabilitu krycí vrstvy, zejména na svazích. Drenážní vrstva je obvykle řešena plošným drénem, a to buď drceným kamenivem o mocnosti cca 0,15 m, nebo hrubozrnným pískem (štěrkopískem) obdobné mocnosti. Musí být řešena tak, aby nezpůsobovala vysychání, a tím ztrátu funkčnosti izolačního prvku.

Krycí vrstva musí zabezpečit ochranu izolačního prvku. Do této vrstvy lze započítat biologicky oživitelnou vrstvu a drenážní prvek. Pokud je použito minerálního těsnění (včetně bentonitových rohoží), je nutné zajistit ochranu proti promrznutí. To předpokládá vrstvu cca 0,8 m (včetně drenážní vrstvy). Tato vrstva je zároveň dostatečná v případě travní biologické rekultivace s mělce kořenicími dřevinami. V případě lesnické rekultivace je nutné počítat s vrstvou minimálně 1,5 m.

Z hlediska ochrany povrchových vod by měly mít materiály krycí vrstvy takové vlastnosti, aby prosáklé vody vytékající z případného plošného drénu měly složení splňující podmínky pro přímé vypouštění do povrchových vod. Tyto materiály by tedy měly vyhovovat minimální vyluhovatelnosti škodlivin. Aby plošný drén nemusel být vůbec realizován, je lépe použít pro krycí vrstvu materiál omezeně propustný. Plošný drén totiž představuje určité riziko z hlediska možného vysychání izolačního prvku.

Izolační a krycí vrstva by měly zároveň splňovat podmínky radiační ochrany. Vhodnou kombinací materiálů lze dosáhnout odpovídajícího snížení radonového toku (TOMÁŠEK a kol., 2004).

### **2.3.4 Rekultivační fáze**

Štýs (1981) rozděluje rekultivace do čtyř časově oddělených fází:

1. Přípravná fáze má především preventivní a optimalizační funkci. Rekultivační záměry mají být uplatňovány již při zpracování územně plánovacích podkladů a územně plánovací dokumentace. Orgán územního plánu ve schvalovacím řízení pak vydá závazné územní rozhodnutí. Pokorný, Filip a Láznička (2001) zdůrazňují, že především v této fázi je nutné vznést připomínky veřejnosti a různých ochranářských iniciativ a institucí k zamýšlené výstavbě, a ne až při vlastní výstavbě. Po územním rozhodnutí je vypracován projekt rekultivace, který je schvalován ve stavebním řízení.
2. Provozně-technologická fáze je obdobím provozu odkaliště. Tato fáze vytváří podmínky pro rekultivaci a výrazně se podílí na jejím celkovém úspěchu. Mimořádná pozornost je věnována řízení prací v dotčeném území, hlavně umístění odkaliště v krajině, ale také odklizu hornin a zemin a jejich tvarování. Tím lze ovlivnit rozsah a intenzitu devastace i výslednou efektivnost rekultivace.
3. Biotechnická fáze tvoří již vlastní rekultivaci, která se dělí na technickou a biologickou.
  - a) Úkolem technické rekultivace je zlepšování ekologických vlastností území a zahrnuje:
    - terénní úpravy, kterými je řešen prostor litosféry,
    - navážky zúrodnitelných zemin,
    - hydrotechnická opatření, která řeší odtokové poměry,
    - hydromeliorační opatření, která obsahují soustavy odvodnění a závlah,

- technickou stabilizaci svahů a systém protierozní ochrany,
  - výstavbu komunikační sítě, která zpřístupní rekultivované plochy.
- b) Biologická rekultivace ukončuje rekultivační práce. V případě zemědělských rekultivací jde o soubor účelových agrotechnických opatření a o zakládání speciálních kultur. Při lesnické rekultivaci jde o soubor lesnických prací spojených se zakládáním kultur na devastované zemině.
4. Postrekultivační fáze je obdobím po ukončení vlastních rekultivací. Začíná předáním zrehabilitovaných pozemků do následného užívání, ale ve většině případů se pokračuje ve sledování vlivu na životní prostředí na vybudovaném monitorovacím zařízení.

### **2.3.5 Technická rekultivace**

Technická rekultivace odkališť zahrnuje stavební činnosti na odkališti vedoucí k jeho zakrytí, požadovanému uspořádání výškového profilu a případnému odizolování od okolí.

Tato rekultivační fáze začíná stabilizací obvodového pásu podél koruny odkaliště tím, že se zřídí roznášecí koberce z méněhodnotného kameniva na pláži odkaliště. Zároveň se vytvoří hlavní průjezdová komunikace. Postupuje se tak, že dopravní mechanismy (nákladní auta dovážející kamenivo) jezdí pouze po zpevněném povrchu komunikačních tras a na nezpevněnou plochu rozprostírají buldozery kamenivo.

Ve druhé etapě se řeší odvodnění povrchu tělesa odkaliště vyhloubením hlavního odvodňovacího sběrače, na který navazují vedlejší odvodňovací prvky (příkopy, drenáž, kanalizace). Hlavní odvodňovací sběrač se buduje z nejnižších míst (lagun) do rostlého terénu a recipientu, a to co nejkratší trasou. Okolí budoucího kanálu se opět zpevní, a tak se připraví pro pojezd nákladních automobilů a zemních strojů. Obvykle se na vrstvu kameniva položí ještě betonové panely (POKORNÝ, FILIP, LÁZNIČKA, 2001).

Klíčovým problémem technické rekultivace je zpevnění středního a přechodového pásma, kde je nutné vytvořit pevnou strukturu ze zrnitých materiálů nízkých objemových hmotností. Materiál do těchto neúnosných ploch se dopravuje hrnutím z meziskládky umístěné na únosném obvodu odkaliště. Povrch plochy kalu pod nahrnovaným materiálem je v předstihu zpevňován sypáním vrstvy o mocnosti 0,3 až 0,5 m mechanickými prostředky z již únosného obvodu, případně předplavením

koncentrovanou hydrosměsí popílků. U odkališť dosud provozovaných úpraven lze hydraulickou dopravou rmutu z potrubí na pontonech zpevnit povrch kalu středu odkaliště. Je také možné postupně prodlužovat plavící potrubí z obvodu do středu odkaliště (NOVOTNÝ, 2001).

Protože celý povrch odkaliště je vystaven atmosférickým srážkám, je nutná úprava povrchu odkaliště podrobným odvodněním, které se kombinuje jako spádování ploch povrchu odkaliště, drenáž a odvodňovací příkopy. Zpevněný povrch odkaliště může být rozdělen na pruhy o šířce 50 až 70 m, které jsou vyspádovány k hraničícím příkopům, ústícím do hlavního sběrače. Příkopy se zpevňují prefabrikáty, aby voda rychleji otekla, drenáž se buduje z betonových rour.

Dalším úkolem řešeným během technické rekultivace je odvedení vody ze vzdušného svahu odkaliště. Srážková voda se odvádí gravitačně jak ze základní hráze, tak i z jednotlivých etáží zvyšujících hrází, a to jímáním v otevřených žlabech při patě svahu hráze. Žlabové příkopy jsou po 100 m přerušovány šachtami, z nichž je voda svedena skluzem po líci hráze do recipientu (POKORNÝ, FILIP, LÁZNIČKA, 2001).

### **2.3.6 Biologická rekultivace**

Mají-li být staré ekologické zátěže po provedené technické rekultivaci plně integrovány do krajiny, je nezbytné, aby po technické fázi bezprostředně následovala biologická rekultivace spočívající minimálně v zatravnění povrchu, lépe však ve vysázení vhodných dřevin.

Vytvořením výplňové a těsnicí vrstvy během technické rekultivace dochází k uzavření odkaliště do konečné naprojektované konfigurace. Na tyto vrstvy je pak navezen biologicky aktivní materiál určený k vhodnému ozelenění a začlenění do okolních ekosystémů. Ideálním případem by bylo použití nekontaminovaných zemin (ornice), avšak s takovou možností nelze obecně počítat s ohledem na nedostatečné disponibilní objemy a rovněž vysoké pořizovací náklady (HRDINA, 2002).

V případě odkališť uranového průmyslu se předpokládá biologická rekultivace s travním osevem, popřípadě lesnická rekultivace. Podmínkou zemědělské rekultivace je podlimitní obsah nežádoucích látek v rekultivovaném objektu, což bývá zřídka splněno, a proto se tento způsob rekultivace nenavrhuje. U energetických rostlin nejsou limity tak přísné (POKORNÝ, FILIP, LÁZNIČKA, 2001).

## **Rekultivace zatravněním**

Zatravnění ploch rekultivovaných odkališť má význam především jako opatření k omezení vodní a větrné eroze. Při návrhu porostu se dává přednost travám, které mají schopnost vytvořit co nejdříve dostatečně zapojený porost, který odolává suchu, mrazu a je odolný vůči chorobám. Složení a množství výsevu je nutno přizpůsobit stanovištním podmínkám.

Vlastní výsev se provádí většinou hydroosevem. Jeho podstatou je rozstřík emulze se semeny travin na povrch bývalé pláže a svahů hrází odkaliště. Emulze přilne na upravený terén a brání odvívání pevných částic, čímž snižuje prašnost. Zároveň chrání semena před zavátím nebo odvátím a vytváří také podmínky pro vyklíčení a činnost půdních mikroorganismů.

Vysévá se od počátku jara do konce srpna. Na erozně ohrožených půdách je vhodný spíše časný podzimní výsev, protože v jarních a letních měsících může dojít k vyplavení semen přívalovými dešti. Po výsevu se povrch utuží zaválením nebo jiným způsobem.

V období vzcházení má mít travina dostatek vláhy, proto je při přísuších vhodná opakovaná závlhka. Závlahové dávky by měly být přiměřené, aby nedocházelo ke smyvu zeminy a obilek. Tam, kde hrozí nebezpečí smyvu proudící vodou, je možné použít technických ochranných prostředků, např. ochranné sítě, textilie nebo perforované fólie. Špatně vzešlá nebo erozně narušená místa se dosévají.

Travní porosty by se měly nejméně dvakrát ročně kosit; poprvé v květnu až v červnu, následně v srpnu až v září. Na jaře je nutné porosty uhrabat a podle potřeby přihnojit, zbavit plevelů (nejlépe častějším kosením) a provést dosetí holých míst (POKORNÝ, FILIP, LÁZNIČKA, 2001).

## **Lesnická rekultivace**

Lesnická rekultivace, jejímž smyslem je založení žádoucího typu porostu lesních dřevin na devastovaných plochách, má pro krajinu zásadní význam. Lesní porosty jsou krajinotvorným prvkem, působí jako stabilizující faktor krajiny (ŠTÝS a kol., 1981).

Pro lesnickou rekultivaci se volí dřeviny podle stanovištních podmínek, přičemž se dbá na druhovou skladbu, náročnost na péči, požadavek na délku vegetační doby, schopnost regenerace po omrznutí a mechanickém poškození, náchylnost k chorobám, rychlost růstu a též se zohledňuje nadmořská výška, sezónní průběh teplot i měsíční

úhry srážek. Kořeny dřevin nesmí porušit izolační nepropustnou vrstvu, proto má být kořenový systém mělký a schopný snášet extrémnější půdní poměry v poměrně mělké a suché půdě.

Vysazené dřeviny by neměly v krajině tvořit jednotvárnou kulisu o stejné výšce, proto se při výsadbě střídají různé druhy odlišných výšek. V návrhu dřevin by se neměly objevit druhy, které se agresivně rozmnožují.

Vysázenou kulturu je nutné chránit před buřením a popínavými plevelely, zvěří a pastvou hospodářských zvířat (např. ochrannými nátěry). Vysázeným sazenicím je třeba zajistit dostatek vláhy. Nadměrnému vysychání půdy, na které jsou dřeviny vysázeny, lze zabránit mulčováním, což ovšem někdy může vést k přemnožení hlodavců. Dále je nutné odstraňovat náletové hluboko kořenicí dřeviny.

Má-li se stát výsadba součástí územích systémů ekologické stability, musí plošné uspořádání a výběr sazenic vyhovovat ekologickým požadavkům (POKORNÝ, FILIP, LÁZNIČKA, 2001).

### 3. CHARAKTERISTIKA LOKALITY ODKALIŠŤ MAPE MYDLOVARY

V roce 1959 byla na základě rozhodnutí vlády zahájena výstavba chemické úpravny uranových rud MAPE Mydlovary (název MAPE je odvozen od chemické sloučeniny magnesium perchlorát – látky používané v technologii jaderných materiálů). Nová chemická úpravna měla zabezpečit zpracování stále většího množství vytěžených uranových rud.

Úpravna byla situována na podkladě posouzení několika návrhů cca 20 km severozápadně od Českých Budějovic, západně od obce Mydlovary. Důvodů pro volbu umístění úpravny bylo hned několik:

- možnost využití prostor po těžbě lignitu pro ukládání rmutu,
- možnost energetické vazby na elektrárnu v Mydlovarech,
- geografická poloha ve vztahu k těžebním oblastem v Západních Čechách, Příbrami a Dolní Rožínce,
- očekávaná těžba v oblasti jižních Čech (Rudolfovsko),
- snaha o zprůmyslnění jihočeského kraje (vytvoření pracovních příležitostí),
- možnost vypouštění nadbilančních roztoků potrubním řádem do Vltavy zajišťovalo dostatečné ředění škodlivin povolených v té době vodoprávními orgány.

Zpracování uranových rud na závodě bylo zahájeno 1. 10. 1962. Zpracovávala se zde vytěžená tuzemská uranová ruda spolu s určitým podílem ze slovenských nalezišť. Uran byl z rud získáván technologií kyselého loužení a v menší míře i alkalickým loužením. Kapacita úpravny byla postupně zvyšována. V první etapě v letech 1959 – 1962 činila 300 000 t za rok, ve druhé etapě v letech 1962 – 1964 vzrostla na 450 000 t za rok a ve třetí etapě v letech 1964 – 1991 se kapacita zvýšila na 600 000 t za rok. Maximální zpracované množství rudy za rok přesáhlo 748 000 t (v roce 1981).

Vyloužená ruda byla v podobě značně zvodnělého kalu hydraulicky ukládána v odkalištích, vybudovaných v blízkosti úpravny. Výstavbu odkališť lze rozdělit do tří časových etap:

I. etapa – odkaliště K I

II. etapa – odkaliště K II a K III

III. etapa – odkaliště K IV (K IV/E, K IV/C1Z, K IV/C2, K IV/D, K IV/R, K IV/C1F)

Jako první bylo v letech 1961 – 1962 vybudováno odkaliště K I ještě na „zelené louce“, tedy mimo vydobyté prostory po těžbě lignitu, kterých již využívala další

odkaliště. Jeho hráz byla vytvořena z plaveného kalu a střední dělicí hráz rozdělila odkaliště na část pro ukládání rmutu z procesu alkalického loužení a na část pro ukládání rmutu z procesu kyselého loužení.

S ukončováním těžby lignitu v této oblasti byly postupně předávány vyuhlené prostory lomu Svatopluk k ukládání rmutu. V letech 1965 – 1967 byl hrázemi kolem obvodu západního pole lomu vytvářen prostor odkaliště K II (s minimálním převýšením nad terénem). Odkaliště K III, budované v letech 1977 – 1981, využilo opět vyuhleného prostoru lignitového lomu tak, aby systémem uzavíracích hrází bylo co nejvíce využito již provedeného záboru pozemků. Do odkaliště K II i K III byly ukládány odpady z technologie kyselého loužení.

Odkaliště K IV bylo budováno v letech 1982 – 1987 (první stavba) a 1988 – 91 (druhá stavba) na místě bývalého odkaliště K II (dnes odkaliště K IV/E) a v navazujících prostorech. Druhá stavba odkaliště K IV byla zaměřena na výstavbu zvyšovacích hrází. Vzhledem k útlumu uranového průmyslu koncem 80. let byl původní rozsah druhé stavby redukován a k původně plánované třetí stavbě, jejíž úložné prostory měly vystačit na produkci ukládaného rmutu do r. 2005, již nedošlo. Do odkaliště K IV byly v převážné míře ukládány odpady po procesu kyselého loužení.

Nadbilanční vody z odkališť byly v letech 1962 – 1982 vypouštěny po odstranění radia a nerozpustných látek do Vltavy u Hluboké nad Vltavou. Po změnách v technologii zpracování uranových rud nebyly od roku 1982 vypouštěny vody žádné.

Závod ukončil svou činnost k 1. 11. 1991 v návaznosti na postupující útlum těžby a úpravy uranu. Za dobu činnosti úpravny bylo zpracováno 16,7 mil. tun uranových rud s průměrným obsahem uranu 0,184 % a bylo vyrobeno více než 28 000 tun uranového koncentrátu. Do odkališť bylo uloženo 36 mil. tun odpadů ve formě thixotropního kalu a kalištní vody s vysokým obsahem rozpuštěných solí. Obsah uranu v odkalištích činí 2 320 tun. Vedle vody vázané na rmut zůstalo v odkalištích 1,2 mil. m<sup>3</sup> volné vody. Odkaliště zaujímají plochu cca 290 ha a představují tak jednu z největších ekologických zátěží po těžbě uranových rud v České republice.

Po ukončení uranové činnosti v Mydlovarech následovaly náhradní výroby a likvidační práce, včetně prací sanačních a rekultivačních. Pro zajištění hladkého průběhu těchto prací bylo přistoupeno také k realizaci chemického čištění drenážních vod a jejich vypouštění do Vltavy. Čistírna drenážních vod byla uvedena do provozu v červnu 1994.



### 3.1 Terénní poměry

Lokalita odkališť MAPE Mydlovary je umístěna v Jihočeském kraji, v okrese České Budějovice severozápadně od Hluboké nad Vltavou. Odkaliště zasahují do čtyř katastrálních území: Dívčice, Mydlovary, Nákří a Olešník. Všechny tyto obce jsou samostatnými obcemi. Podle geomorfologického členění České republiky náleží zájmová lokalita do provincie Česká vysočina, subprovincie Českomoravské, oblasti Jihočeské pánve, celku Českobudějovická pánev, podcelku Blatská pánev. Jedná se o rovinaté území, mírně se svažující směrem k severu. Povrch se nachází v nadmořské výšce mezi 380 a 440 m n. m a je výrazně ovlivněn antropogenní činností.

### 3.2 Geologické poměry

Z regionálně-geologického hlediska patří oblast odkališť do jihočeských pánví a zaujímá severovýchodní okrajovou část budějovické pánve, jejíž výplň je tvořena svrchnokřídovými a terciárními sedimenty. Jihočeské pánve vznikly při procesech saxonské zlomové tektoniky během křídvy a terciéru jako reakce na horotvorné procesy alpského vrásnění v alpsko-karpatské oblasti.

Podloží pánve tvoří biotitické a biotit-sillimanitické pararuly jednotvárné skupiny šumavského moldanubika. Svrchnokřídové sedimenty jsou reprezentovány klikovským souvrstvím, které je tvořeno nepravidelně se střídajícími vrstvami pískovců a jílovců. Terciární sedimentace je v popisované oblasti zastoupena mydlovarským souvrstvím miocénního stáří. Sled začíná jílovitými písky a pískovci, které přecházejí do uhelných jílu s lignitovou slojí, dnes převážně vytěženou. Následují vrstvy diatomitových jílu a křemelin. V nadloží mydlovarského souvrství se nachází pásmo jílu a písku pliocénního a kvartérního stáří. Nejvýznamnějšími kvartérními sedimenty zájmového území jsou antropogenní uloženiny, které jsou umístěné ve vytěžených důlních prostorech a v povrchově vybudovaných odkalištích.

### 3.3 Klimatické poměry

Klimaticky a teplotně náleží lokalita odkališť MAPE Mydlovary do oblasti mírně teplé, mírně vlhké s mírnou zimou.

Průměrná roční teplota je 7,6 – 7,8 °C s teplotním maximem v červenci (17,4 °C) a minimem v lednu (-2,3 °C). Průměrný roční úhrn srážek činí 611 mm, z čehož

maximum připadá na červenec (96 mm) a minimum na leden (26 mm). Počet dní se sněhovou pokrývkou, která se vyskytuje nejčastěji do výšky 5 cm, se pohybuje mezi 26 až 28 dny. V lokalitě převládají větry západního směru.

### **3.4 Vodohospodářské poměry**

Popisované území patří z hydrografického hlediska do povodí Vltavy. Území je odvodňováno Soudným a Mydlovarským potokem. Soudný potok odvádí vodu z odvodňovacích stok, z rybníků a z tzv. obvodové Stoky Svatopluk, která byla vybudována v době těžby lignitu k odvádění vody stékající k těžební jámě.

Z hydrogeologického hlediska náleží lokalita do hydrogeologického rajónu Budějovická pánev. Kolektorem podzemní vody jsou zejména propustnější písčité vrstvy křídly a terciéru. Území odkališť je infiltrační oblastí budějovické pánve. Hlavní směr proudění podzemní vody je v převážné části území odkališť směrem k jihozápadu, v oblasti Soudného potoka se stáčí k jihovýchodu. Podzemní vody jsou v širším okolí zájmové oblasti využívány hlavně jako užitkové.

### **3.5 Biogeografické poměry**

Lokalita odkališť MAPE Mydlovary je součástí provincie střeoevropských listnatých lesů, hercynské podprovincie, Českobudějovického bioregionu. Tento bioregion o celkové ploše 703 km<sup>2</sup> se shoduje s geomorfologickým celkem Českobudějovická pánev. Je tvořený pánví vyplněnou kyselými sedimenty s rozsáhlými podmáčenými sníženinami. Převažuje zde biota 4. vegetačního stupně. Krajina je kulturní a vyvážená se značným podílem vodních ploch, vlhkých luk, kulturních borů a orné půdy.

V rámci botanického průzkumu provedeného RNDr. Vladimírem Faltysem bylo v zájmovém území nalezeno v podzimním období roku 2000 a v jarním období roku 2001 celkem 239 taxonů rostlin včetně náletových a vysázených dřevin.

Ze zoologického hlediska je lokalita odkališť místem výskytu mnoha zvláště chráněných a vzácných druhů ptáků, z nichž většina zde také hnízdí. Pro některé druhy je dokonce jediným pravidelným hnízdištěm na území České republiky. Výskyt těchto vzácných druhů na odkalištích je vázán na přilehlá přirozená biocentra v okolí – např. lokalitu U Vomáčků nebo Dívčické rybníky.

## **4. REKULTIVACE ODKALIŠTĚ K III OLEŠNÍK**

### **4.1 Vznik a vývoj odkaliště**

Odkaliště K III bylo budováno v letech 1977 – 1981 na území východního pole bývalého lignitového lomu Svatopluk. Hranici východního a západního pole tohoto lomu tvořila komunikace mezi obcemi Olešník a Zahájí. Těžba lignitu ve východní části byla zahájena v roce 1967. Po jejím ukončení v roce 1973 bylo vypracováno několik studií likvidace lomu, jako např. jeho postupné zatopení nebo plavení popílku z mydlovarské elektrárny. Nakonec bylo přijato řešení zahlazení důlní činnosti formou plavení rmutu z kyselé linky loužení uranových rud chemické úpravny MAPE Mydlovary.

Na severní a jihovýchodní straně lomu byly navrženy sypané hráze s využitím materiálů odtěžených při těžbě kaolínu v okolí Zlivi (písčité jíly). Hráz je v koruně široká 5 m. Návodní svah má sklon 1 : 2, vzdušný svah 1 : 3. Délka hrází činí 2 772 m. Po dobudování hrází mělo odkaliště plochu asi 35 ha včetně ploch hrází, tzn. asi 30 ha čisté plochy. Hloubka kalojemu činila asi 30 m. Úprava dna odkaliště nebyla prováděna, protože byla předpokládána dostatečně nízká propustnost původního jílovitého podloží.

Provoz na odkališti K III byl zahájen v roce 1980 a ukončen v roce 1985. Za tuto dobu sem bylo uloženo 4,35 mil. tun rmutu a odpadních technologických vod.

Protože je odkaliště situováno v terénní depresi, přirozeně zapadá do krajiny. Jeho průměrná nadmořská výška činí 420 m. Okolní přirozený terén převyšuje pouze mírným násypem v západní polovině a v severní části. V okolí převládají zemědělské půdy, pouze v jihovýchodní části navazuje na odkaliště svažité lesní komplex, který přechází do nejvyšší kóty v krajině Olešnický vrch s nadmořskou výškou 499 m n. m. Severovýchodně od odkaliště se nachází rybník Nové jámy.

### **4.2 Etapy rekultivace**

Již v roce 1985, po ukončení provozu odkaliště, byly na jeho obvodu v omezené míře zahájeny rekultivační práce. Jejich účelem bylo v co nejkratším možném období vytvořit rostlinný pokryv, který by zabránil prašnosti vysychajících pláží a zapojoval by umělý objekt do krajiny.

Rmut byl postupně od krajů odkaliště převrstvován dostupnou skrývkovou zemínou ve vrstvě od 30 cm při obvodu do 80 cm směrem ke středu. Takto překryté

plochy pak byly osévány travní směsí složenou přibližně ve třetinovém podílu z jílku vytrvalého, psinečku výběžkatého a kostřavy červené. V západní a severozápadní okrajové části odkaliště bylo provedeno přímo na povrch rmutu kejdivání jako další účinné opatření proti prašnosti. I tato plocha byla oseta travní směsí. Na jihozápadním obvodu odkaliště byly pokusně prováděny výsadby dřevin (olše, borovice, modřín, dubu letního a červeného). V severní a východní části byla vyseta bříza a olše.

V roce 1989 byla vypracována projektová dokumentace k rekultivaci odkališť MAPE Mydlovary, jejíž základní koncepce předpokládala, že v konečné fázi budou všechna odkaliště překryta vrstvou rekultivačních materiálů a tím eliminován jejich vliv na všechny složky životního prostředí. Navržená technologie znamenala výrazné omezení vlivu odkališť na jakost ovzduší, snížení prašnosti, výdajnosti radonu, dávkového ekvivalentu záření gama, postupné zlepšení jakosti podzemních vod v okolí a zřízením vegetačního krytu na ploše rekultivovaných odkališť i jejich začlenění do okolní krajiny.

Komplexní rekultivace odkaliště K III tedy probíhá od roku 1989 a je rozdělena do několika etap. První etapa rekultivačních prací byla realizována od roku 1989 do roku 1993. Na ní navazovala etapa druhá, trvající do roku 2003. Zároveň s ní probíhala třetí etapa v letech 1998 – 1999. V současné době probíhá 4. etapa rekultivace.

### **4.3 Technická rekultivace**

Cílem technické rekultivace je uzavřít odkaliště bariérou, která zabrání vstupu srážkové vody do tělesa odkaliště, odstíní záření pronikající z uložených materiálů, omezí emisi radonu z povrchu odkaliště a zamezí uvolňování prachu s obsahem radionuklidů. Pro uzavření je nutné zajistit likvidaci volných vod a odpovídající přetvarování tělesa odkaliště do konečného střeovitého tvaru se sklonem 3 %, umožňujícího vhodné odtokové poměry srážkové vody z celého území. Na tento vytvarovaný povrch pak přijde konstrukce těsnicího a krycího prvku. Těsnící prvek plní funkci izolace vůči srážkovým vodám a funkci omezení uvolňování přírodních radionuklidů do životního prostředí. Hlavní funkcí krycí vrstvy je ochrana těsnicího prvku proti degradaci (např. mrazem) a úspěšné provedení biologické rekultivace. Krycí vrstva je složena z drenážního prvku, zajišťujícího odvod prosáklé srážkové vody mimo těsnící prvek, z ochranné vrstvy a biologicky oživitelné vrstvy o mocnosti 0,1 – 0,2 m.

Původní záměr technické rekultivace předpokládal zavezení obvodu šířky 60 – 80 m inertním zemitým materiálem ve vrstvě 0,75 – 1,0 m. Současně mělo probíhat čerpání drenážních vod a jejich čištění. V další fázi měly být zřízeny gravitační drény k plovoucí čerpací stanici, kterou mělo být provedeno odvodnění zbytkového prostoru. Po zaklesnutí hladiny měla být na kal položena geotextilie a následně mělo pokračovat zavážení zeminou v mocnosti 0,8 – 1,0 m.

Již v průběhu prací se ukázal původní záměr jako nevyhovující a technicky nedořešený. Podařilo se zrehabilitovat pouze část obvodového pásma odkaliště. Již v tomto prostoru docházelo k zabořování materiálů do vrstvy zvodnělých kalů, které byly vytlačovány na povrch hladiny odkaliště. Výška rekultivačních materiálů do 1 m byla naprosto nedostatečná. Navíc by byl při této koncepci zachován tzv. lavorovitý tvar středů, aniž by bylo řešeno jejich dotování srážkovou činností. V roce 1993 byla dosavadní koncepce rekultivace změněna v tom smyslu, že reliéf bude přesvahován střechovitě směrem od středu k obvodovým hrázím se sklonem 3 %.

V roce 1994 začala zajišťovat rekultivaci odkaliště K III firma Rekka s. r. o., která se věnovala vývoji a výrobě vhodných materiálů pro technickou a biologickou rekultivaci s využitím odpadů z energetiky, čistíren odpadních vod, chemického a dřevozpracujícího průmyslu a vypracovala nový technologický postup rekultivace, respektující v minulosti získané zkušenosti a poznatky. Jeho podstatou bylo zakrytí odkaliště pomocí lehké, dostatečně pevné desky zakotvené na obvodu odkaliště a volně plovoucí ve středové oblasti na vodní hladině laguny. Takovými nárokům vyhovovaly tzv. stabilizáty vyrobené z popílku a škváry ze spalování uhlí za přídavku produktů z odsiřování spalných plynů.

Smícháním těchto komponent a přidáním záměsové vody dochází k pucolánovým a hydratačním reakcím, při kterých vznikají nové sloučeniny, které jsou dostatečně pevné a nepropustné pro vodu. Tyto sloučeniny mají schopnost zakotvit v sobě těžké kovy přítomné v jednotlivých výchozích komponentách, čímž je vyluhovatelnost kovů redukována na minimum. Jako záměsové vody je možné použít i různé odpadní vody, které obsahují rozpuštěné soli, přičemž dochází k nevratné sorpci solí do stabilizátu. Stejně tak dochází během zrání stabilizátu k sorpci odkalištní vody, a tedy k její částečné likvidaci.

Velmi příznivou vlastností popílkových stabilizátů je jejich nízká objemová hmotnost, která činí v suchém stavu pod  $1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Díky nízké objemové hmotnosti nedochází k propadání rekultivační vrstvy do podloží, jako tomu bylo u klasických

zemitých materiálů. Po uložení do vrstvy vykazuje materiál dle typu a způsobu zhutnění vysokou pevnost v tlaku, která umožňuje pojezd i těžkých nákladních vozidel.

Klimatické podmínky v podstatě neomezují postup výstavby, neboť ukládaná vrstva rekultivačního materiálu udržuje po dobu několika dní teplotu vyšší než 25 °C v důsledku probíhajících hydratačních reakcí, takže rekultivační práce mohou postupovat bez omezení i v průběhu zimního období.

Stabilizáty jsou při technické rekultivaci na odkališti K III Olešník využívány ke konstrukci výplňové i těsnicí vrstvy.

Konstrukce výplňové vrstvy je prováděna kombinací dvou způsobů:

- ukládáním rekultivačních materiálů do laguny odkaliště vytvářením tzv. lavic (předmostí směrem do laguny) a jejich hutněním,
- rozplavováním popílkového stabilizátu přímo do laguny na povrch uložených rmutů pomocí jednoduchého ejektoru.

Výplňový materiál je dělen na základní konstrukční materiál, který je roznášen přímo na povrch rmutu, a vrchní výplňový materiál, ukládaný na základní konstrukční vrstvu.

Při vytváření výplňové vrstvy je důležité geodeticky monitorovat pohyby povrchu podloží i jednotlivých úrovní rekultivačního pokryvu. Za tímto účelem jsou osazovány měřické body nejružnější konstrukce a pravidelným geodetickým měřením jsou určovány pohyby prostředí ve sledovaných místech.

Popílkové materiály jsou používány i k výstavbě těsnicí vrstvy. Pro její spolehlivou funkci je důležité omezit na nejnižší míru vertikální pohyby podložních vrstev, proto musí být tato vrstva ukládána stavebním způsobem (se zhutněním) až po doznění všech významnějších svislých pohybů jejího podloží. I v tomto případě, stejně jako při vytváření výplňové vrstvy, jsou využívány výsledky geodetického monitoringu.

Nevýhodou používání popílkových směsí je jejich prašnost. K její omezení jsou plochy, na kterých již byla provedena technická část rekultivace nebo na kterých byly rekultivační práce dočasně přerušeny, zakryty vrstvou protiprašných materiálů, jako je škvára či struska ze spalování uhlí, odpadové zeminy, drcený odpadní stavební materiál nebo kompost. Na plochách, kde stále technická rekultivace probíhá, je nutné v delším období bez srážkové činnosti použít proti prašnosti popílkových materiálů kropení. Z tohoto hlediska je pro technickou rekultivaci ideální zimní období s pokrývkou sněhu, která brání prašnosti.

Tempo prováděných rekultivačních prací je ovlivňováno ekonomickou dostupností popílku jako základní suroviny k výrobě stabilizátů používaných v technické fázi rekultivace. Firma Rekka odebírá popílek z tepláren nebo výtopen v jihočeském regionu, dodávka z jiných částí republiky by znamenala zvýšené přepravní náklady a tím zvýšení nákladů na rekultivaci.

Použití popílků k rekultivaci znamená obrovský přínos pro odpadové hospodářství. Z nepotřebných odpadů, které by byly uloženy na skládky, se stává vítaná surovina. Tím se prodlužuje životnost stávajících skládek a snižuje se potřeba otevírání skládek nových, které by znamenaly další negativní zásah do krajiny.

## **4.4 Biologická rekultivace**

### **4.4.1 Návrh biologické rekultivace**

Po provedené technické rekultivaci následuje rekultivace biologická, spočívající v překrytí plochy odkaliště zeminou a vhodném ozelenění. Návrh biologické rekultivace na všech odkalištích MAPE Mydlovary předpokládá, že technicky zrekontrovaný povrch bude zatravněn a opatřen skupinovou výsadbou mělce kořenících keřovitých dřevin. Biologická rekultivace zvýší odpar evapotranspirací z povrchu rostlin, omezí vodní i větrnou erozi povrchu rekultivovaných ploch a umožní jejich začlenění do okolní krajiny, které by mělo být podpořeno přirozenou sukcesí.

Nejdříve bude na zrekontrovaných plochách založen travní porost, který stabilizuje povrch a minimalizuje tak plošnou vodní a větrnou erozi, potlačí šíření a růst plevelů, umožní zvýšenou akumulaci povrchové vody a vytvoří humózní horizont jako předpoklad pro růst dalších rostlin.

Na plochách bude vysévána jetelotravní směs v množství 60 kg/ha. Předpokládá se, že tato směs bude složena z psinečku tenkého, psinečku obyčejného, kostřavy červené, lipnice luční, čičorky pestré a jetele plazivého.

Největším problémem při zakládání travních porostů na rekultivované ploše odkaliště Olešník však může být negativní vodní bilance v půdě. Na této lokalitě nebudou běžné hydrologické poměry jako na přirozených stanovištích, a to hned z několika důvodů:

- několikametrové vrstvy výplňového materiálu konstruovaného z popílkových stabilizátů,
- uzavření rekultivované plochy horní těsnicí vrstvou,

- konfigurace zre kultivované plochy ve tvaru stře chovité vyvýšeniny nad přirozeným terénem s cílem rychlého odvodu srážkových vod mimo rekultivované území.

To znamená, že v půdním horizontu bude nedostatečný nebo zcela přeruš ený kapilární zdvih podzemní vody a rostliny budou odkázány pouze na srážkovou vodu zadrž enou vrchní vrstvou. Z hlediska vegetačního bude zre kultivovaná plocha tedy extrémně suchým stanovištěm. Pokud bude úhrn srážek v dané lokalitě pod dlouhodobým průměrem, bude nutné zajistit umělé zavlažování.

V prvním roce po vysetí bude travní porost jednou až dvakrát posekán. Vzhledem k možné kontaminaci těžkými kovy je vyloučené použití posečené hmoty jako objemového krmiva, proto bude použita do kompostu. V dalších letech se doporučuje porost mulčovat ponecháním jemně rozřezané trávy na místě.

Po zatravnění budou na 30 % plochy vysázeny skupiny mělce kořenících keřových dřevin, které budou tvořit jádro pro vývoj celého území. Výsadb u doplní přirozený nálet dřevin. Nežádoucí hluboko kořenící dřeviny budou systematicky prořezávány. Podle předpokladů bude k výsadbám použit ptačí zob obecný, trnka, střemcha hroznovitá, javor babyka, bez černý, líska obecná, hloh jednosemenný a jalovec obecný.

Ukončení biologické rekultivace si tedy vyžádá dlouhodobější péči, a to nejen zavlažováním nebo odstraňováním nežádoucích dřevin, ale také obnovou travních porostů poškozených erozí a dosazováním vyhynulých dřevin.

#### **4.4.2 Provedená biologická rekultivace**

Na odkališti K III Olešník byla provedena komplexní rekultivace včetně zatravnění na ploše cca 5 ha. S ohledem na nedostatek zemin i jejich vysoké pořizovací náklady vyřešila firma Rekka konstrukci svrchní biologické vrstvy dodávkou průmyslového kompostu, který vyrábí pod obchodním názvem Rekosol.

Výchozími materiály pro výrobu Rekosolu jsou odpadní zeminy z výkopových prací ve stavebnictví, při výstavbě a rekonstrukci komunikací, včetně zemin kontaminovaných ropnými látkami. Dále se používají stabilizované kały z čistíren odpadních vod jako zdroj bakterií a živin, popílky ze spalování hnědého uhlí, produkty z odsiřování spalin, zbytky z dřevozpracujícího a papírenského průmyslu apod.

Technologie výroby spočívá v optimalizaci podmínek potřebných pro rozvoj přirozené půdní mikroflóry obsažené přímo ve vstupní komponentě – zemině.



Optimálních podmínek pro růst půdních mikroorganismů je dosaženo přidáním živin, dodáním vzdušného kyslíku, úpravou pH a vlhkosti. Živiny jsou dodávány prostřednictvím stabilizovaných kalů z čistíren odpadních vod.

Během zrání kompostu dochází k fyzikálně-chemickému procesu sorpce původně toxických složek, které mohou být obsaženy ve vstupních komponentech.

Rekosol je určen pro biologickou rekultivaci skládek a odkališť, které nikdy nebudou využívány pro zemědělskou výrobu, což je i případ odkaliště v Olešníku. Oproti běžné zemědělské půdě má Rekosoil jisté odlišnosti, např. nižší obsah jílovité frakce, náchylnost k prísuškům, nižší obsah stabilního humusu a jílovitohumusového komplexu, ale z hlediska mikrobiologického a chemického je tento materiál schopen plně nahradit půdu pro rostliny. Díky svému složení je Rekosoil dostatečně zásoben makroživinami – dusíkem, fosforem, draslíkem, hořčíkem i vápníkem, u fosforu, draslíku i hořčíku se jedná dokonce o vysoké obsahy.

K ověření vhodnosti použití Rekosoilu byla v roce 1996 v jižní a jihovýchodní části odkaliště K III Olešník vytvořena pokusná plocha o velikosti cca 0,5 ha. Po vytvoření konečné konfigurace terénu byla zrekultivovaná plocha zatravněna. S ohledem na negativní vodní bilanci testovala firma Rekka různé složení travních směsí, kde byl hlavní důraz kladen na snášenlivost k prísuškům. Ke konci roku 2000 bylo na tomto odkališti uskutečněno zatravnění na celkové ploše cca 5 ha.

Na zrekultivovaných plochách jsou odebírány vzorky Rekosoilu a nadzemní biomasa a je sledován vliv Rekosoilu na vybrané složky životního prostředí a pohyb těžkých kovů v potravním řetězci.

Plochy rekultivované Rekosoilem jsou ošetřovány běžnou agrotechnikou. Zatravněné plochy jsou kultivovány sečením s následným sběrem travní biomasy nebo mulčováním, na jaře také válcováním. Sebraná pokosená hmota, která se stává odpadem, se zatím používá na výrobu Rekosoilu, čímž je bezpečně likvidována.

Díky dobré zásobenosti Rekosoilu živinami z kalů čistíren odpadních vod došlo na rekultivované ploše v prvních letech k obrovskému nárůstu travní biomasy. Ten však znamená z hlediska ekonomického větší finanční nároky na údržbu travních porostů. Vysoký obsah živin je tedy v případě rekultivací zatravněním spíše negativním aspektem. Nicméně porosty na rekultivované ploše nejsou přihnojovány, takže živiny jsou z půdního horizontu neustále odčerpávány travní biomasou. Méně živin pak znamená menší nárůst travní biomasy, a tedy menší náklady na údržbu.

Nezbytným agrotechnickým zásahem, především při zakládání travních porostů, je likvidace plevelů, které představují pro rekultivované plochy závažný problém. Rekosol obsahuje vysoký počet semen plevelů (zejména různých druhů merlíků a lebed), které jsou po vyklíčení konkurenčně silnější než vzcházející druhy zasetých trav. Navíc plevelné druhy snášejí přísušky. Na likvidaci plevelů a podpoření konkurence trav je použito ošetření vhodným herbicidem, což je jednoduché a levné opatření.

## **5. PŘIROZENÁ SUKCESE ROSTLIN NA ODKALIŠTI**

### **5.1 Vegetační poměry odkaliště před rekultivací**

Vegetační poměry odkaliště před zahájením rekultivačních prací shrnul Prejzek a kol. (1987). Jihozápadní část odkaliště byla porostlá třtinou. Zatímco na jihozápadních svazích se jen sporadicky objevil nárost břízy mezi třtinou, severní násyp zaujímal přirozený nárůst dřevin věku do 10 let složený z břízy, jívy, osiky, olše, dubů a borovice. Na severozápadním svahu, částečně zarostlém dřevinami z náletu, především břízou, byl porost postupně doplňován sadbou olše a dubů. Na západní hraně odkaliště byl přirozený nárost břízy doplněn borovicí.

### **5.2 Přirozený výskyt rostlin v roce 1987**

Prejzek a kol. provedl v roce 1987 na odkališti botanický průzkum. I když odkaliště neposkytovalo svými extrémními půdními a vlhkostními poměry rostlinám právě příznivé prostředí, přesto již brzy po odstavení porůstalo prvními rostlinnými druhy, jak ukazuje tabulka č. 2.

Několik metrů široký pás obklopující vodní hladinu byl ještě zcela bez rostlinného krytu. Zastoupení druhů v přilehlé obvodové části odkaliště bylo částečně ovlivněno rekultivačními pracemi, které zde v době provádění botanického průzkumu již probíhaly.

Břehy ve východní části byly postupně překrývány zeminami. To se také projevilo v počtu rostlinných druhů na povrchu rmutu. Zatímco v západní části odkaliště (stanoviště č. 1) bylo zjištěno 12 druhů rostlin, ve východní části (stanoviště č. 2) jich rostlo 29. Je zřejmé, že výskyt mnohých rostlinných druhů na této ploše byl ovlivněn splavením semen a plodů, ale také půdních částic z výše položeného návozu zemin.

Povrch sedimentu byl vlhký nebo s hladinou podzemní vody velice blízkou povrchu, proto zde také převládaly druhy preferující vlhká až zamokřená stanoviště. Vysoký podíl tvořily jednoleté ruderální druhy, především z čeledi merlíkovitých a rdesnovitých. Široce byla zastoupena i čeleď lipnicovitých. Dřeviny byly na povrchu sedimentu zastoupeny pouze jedním druhem, a to vrbou jívou, která je mimořádně přizpůsobivá.

Tabulka č. 2: Přirozený výskyt rostlin na odkališti K III Olešník v roce 1987  
(podle V. Prejzka a kol., 1987)

Rostlinný druh		Stanoviště <sup>1)</sup>	
český název	latinský název	1	2
<b>Dřeviny:</b>			
vrba jíva	<i>Salix caprea</i>	x	x
<b>Byliny:</b>			
heřmánek pravý	<i>Matricaria chamomilla</i>		x
jitrocel větší	<i>Plantago major</i>		x
kokoška pastuší tobolka	<i>Capsella bursa-pastoris</i>		x
křehkýš vodní	<i>Myosoton aquaticum</i>		x
kuřinka červená	<i>Spergularia rubra</i>		x
lebeda rozkladitá	<i>Atriplex patula</i>		x
merlík červený	<i>Chenopodium rubrik</i>	x	x
merlík mnohosemenný	<i>Chenopodium polyspermum</i>	x	x
merlík sivý	<i>Chenopodium glaucum</i>	x	x
merlík stopečkatý	<i>Chenopodium pedunculare</i>		x
merlík švédský	<i>Chenopodium suecicum</i>		x
orobinec širolistý	<i>Typha latifolia</i>		x
podběl obecný	<i>Tussilago tartara</i>		x
pryskyřník lítý	<i>Ranunculus sceleratus</i>	x	x
psárka plavá	<i>Alopecurus aequalis</i>	x	x
psineček obrovský	<i>Agrostis gigantea</i>	x	x
psineček výběžkatý	<i>Agrostis stolonifera</i>		x
ptačinec žabinec	<i>Stellaria media</i>		x
rákos obecný	<i>Phragmites australis</i>		x
rdesno blešník	<i>Persicaria lapathifolia</i>		x
rdesno pepřík	<i>Persicaria hydropiper</i>		x
rukev bažinná	<i>Rorippa palustris</i>		x
sítina žabí	<i>Juncus bufonius</i>	x	x
šťovík přímořský	<i>Rumex maritimus</i>	x	x
šťovík tupolistý	<i>Rumex obtusifolius</i>		x
truskavec obecný	<i>Polygonum arenastrum</i>		x
třtina křovištní	<i>Calamagrostis epigeios</i>	x	x
vrbka úzkolistá	<i>Chamerion angustifolium</i>	x	
vrbovka chlupatá	<i>Epilobium hirsutum</i>	x	x
<sup>1)</sup> Stanoviště č. 1: západní část odkaliště (povrch sedimentu) Stanoviště č. 2: východní část odkaliště (povrch sedimentu)			

### 5.3 Stav vegetace na odkališti v roce 2006

V roce 2006 jsem průběžně sledovala vegetaci na odkališti K III, a to jak na ploše samotného odkaliště, tak i na svazích hrází. Výsledky jsou shrnuty v tabulce č. 3.

Na svazích odkaliště je souvislý porost náletových dřevin, v nichž převládá bříza, topol osika a vrba jíva. Jejich stáří odhaduji na 20 až 25 let. Především v severozápadní části se objevuje také nálet borovice. Souvislejší porosty této dřeviny zde byly vysázeny. Méně častý je výskyt olše lepkavé. Ojedinele roste na svazích smrk, duby a akát, v keřovém patru pak růže šípková, hloh jednosemenný, bez černý a ostružiníky, výjimečně také brslen evropský. V bylinném patře se objevuje především třtina křovištní, v menší míře další byliny, jak je patrné z tabulky.

Souvislé stromové patro lemuje rovněž okraje tělesa odkaliště, i když zde jsou ve větší míře zastoupeny výsadby. Vysazené porosty borovic na jihozápadním a jihovýchodním okraji doplňuje nálet břízy, vrby jívy, osiky, výjimečně také akátu. Na okraji zre kultivované zatravněné plochy na jihozápadní straně odkaliště se nachází porost borovic a smrků, pokusně vysázených v roce 1996 k ověření možnosti lesnické rekultivace na plochách rekultivovaných pomocí kompostu Rekosol. V náletech, tvořících souvislý porost především na severozápadním a severovýchodním okraji odkaliště, převládají břízy, osiky, jívy a olše. Porosty olší a bříz ve východní části odkaliště byly založeny v 80. letech. V keřovém patře na okrajích odkaliště se objevuje opět růže šípková, hloh jednosemenný, bez černý i ostružiníky. Bylinné patro je zastoupeno např. třtinou křovištní, rákosem obecným, pelyňkem černobýlem, diviznou malokvětou, štětkou lesní apod.

Na velké části ostatních ploch, kde již proběhla technická část rekultivace a které jsou většinou překryté materiálem zabraňujícím prašnosti, dominuje třtina křovištní. V jejích porostech se dále objevuje pelyněk černobýl a vratič obecný, spíše na okraji takových ploch bychom našli další bylinné druhy, jako mrkev obecnou, smetanku lékařskou, pcháč obecný, lopuch plstnatý, heřmánkovec přímořský, třezalku tečkovanou a jiné, převážně ruderalní druhy. Zamokřená místa zaujímají porosty rákosu obecného, ale i další vlhkomilné byliny, např. šťovíky.

Třtina křovištní a rákos obecný dominují také na březích vodní plochy. Navazující plochy jsou porostlé četnými ruderalními druhy.

Ve východní části prostoru odkaliště se nachází skládka Rekosolu, která má svůj specifický rostlinný pokryv. Protože je Rekosol bohatě zásoben živinami, zvláště

dusíkem, dominují zde ruderalní, většinou nitrofilní druhy z čeledi merlíkovitých, dále kopřiva dvoudomá, hulevník Loeselův či svízel přítula. V menší míře se uplatňují i další rostliny, jako lopuch plstnatý, bohlav plamatý nebo chrastice rákosovitá.

Proces přirozené sukcese probíhá i na zatravněných plochách, které byly rekultivovány pomocí Rekosolu. Na těchto místech se uplatňují opět druhy ruderalní, jako kopřiva dvoudomá, šťovíky, svízel přítula, dále jitrocel větší, pýr plazivý nebo smetanka lékařská.

Odkaliště je tedy lemováno souvislými porosty náletových a v menší míře i vysázených dřevin. Naopak plochy, kde probíhají rekultivační práce, jsou bez dřevin. Na většině takových ploch jednoznačně převládá třtina křovištní. Další druhy zjištěné na odkališti jsou vesměs ruderalní, jednoleté, dvouleté i vytrvalé.

Tabulka č. 3: Stav vegetace na odkališti K III Olešník v roce 2006

Rostlinný druh		Stanoviště <sup>1)</sup>	
český název	latinský název	1	2
<b>Dřeviny:</b>			
bez černý	<i>Sambucus nigra</i>	x	x
borovice lesní	<i>Pinus sylvestris</i>	x	x
brslen evropský	<i>Euonymus europaeus</i>	x	
bříza bělokorá	<i>Betula pendula</i>	x	x
dub červený	<i>Quercus rubra</i>	x	
dub letní	<i>Quercus robur</i>	x	
hloh jednosemenný	<i>Crataegus laevigata</i>	x	x
olše lepkavá	<i>Alnus glutinosa</i>	x	x
olše šedá	<i>Alnus incana</i>		x
ostružiník křovitý	<i>Rubus fruticosus</i>	x	x
ostružiník maliník	<i>Rubus idaeus</i>	x	x
růže šípková	<i>Rosa canina</i>	x	x
smrk ztepilý	<i>Picea abies</i>	x	x
topol osika	<i>Populus tremula</i>	x	x
trnovník akát	<i>Robinia pseudacacia</i>	x	x
vrba jíva	<i>Salix caprea</i>	x	x
<b>Byliny:</b>			
barborka obecná	<i>Barbarea vulgaris</i>		x
bohlav plamatý	<i>Conium maculatum</i>	x	x
divizna malokvětá	<i>Verbascum thapsus</i>		x
heřmánkovec přímořský	<i>Tripleurospermum inodorum</i>		x
hulevník Loeselův	<i>Sisymbrium loeselii</i>		x
chrastice rákosovitá	<i>Phalaris arundinacea</i>		x

Rostlinný druh		Stanoviště <sup>1)</sup>	
český název	latinský název	1	2
jetel plazivý	<i>Trifolium repens</i>		x
jetel zvrhlý	<i>Trifolium hybridum</i>		x
ježatka kuří noha	<i>Echinochloa crus-galli</i>		x
jítrocel větší	<i>Plantago major</i>		x
kokoška pastuší tobolka	<i>Capsella bursa-pastoris</i>		x
komonice bílá	<i>Melilotus alba</i>		x
komonice lékařská	<i>Melilotus officinalis</i>		x
kopřiva dvoudomá	<i>Urtica dioica</i>		x
laskavec ohnutý	<i>Amaranthus retroflexus</i>		x
laskavec zelenoklasý	<i>Amaranthus chlorostachys</i>		x
lebeda hrálovitá	<i>Atriplex prostrata</i>		x
lebeda lesklá	<i>Atriplex nitens</i>		x
lebeda tatarská	<i>Atriplex tatarica</i>		x
lipnice roční	<i>Poa annua</i>		x
lopuch plstnatý	<i>Arctium tomentosum</i>		x
merlík bílý	<i>Chenopodium album</i>		x
merlík fikolistý	<i>Chenopodium ficifolium</i>		x
merlík sivý	<i>Chenopodium glaucum</i>		x
mléč rolní	<i>Sonchus arvensis</i>		x
mléč zelinný	<i>Sonchus oleraceus</i>		x
mochna husí	<i>Potentilla anserina</i>		x
mrkev obecná	<i>Daucus carota</i>		x
pampeliška podzimní	<i>Leontodon autumnalis</i>		x
pelyněk černobýl	<i>Artemisia vulgaris</i>	x	x
penízek rolní	<i>Thlaspi arvense</i>		x
pcháč obecný	<i>Cirsium vulgare</i>		x
pcháč oset	<i>Cirsium arvense</i>		x
podběl obecný	<i>Tussilago farfara</i>	x	
popenec břechťanolistý	<i>Glechoma hederacea</i>		x
pryskyřník lítý	<i>Ranunculus sceleratus</i>		x
psárka plavá	<i>Alopecurus aequalis</i>		x
ptačinec žabinec	<i>Stellaria media</i>		x
pýr plazivý	<i>Elytrigia repens</i>		x
rákos obecný	<i>Phragmites australis</i>		x
rukev bažinná	<i>Rorippa palustris</i>		x
řebříček obecný	<i>Achillea millefolium</i>		x
řeřicha rumní	<i>Lepidium ruderales</i>		x
smetanka lékařská	<i>Taraxacum officinale</i>		x
srha říznačka	<i>Dactylis glomerata</i>		x
starček obecný	<i>Senecio vulgaris</i>		x
svízel přítula	<i>Galium aparine</i>	x	x

Rostlinný druh		Stanoviště <sup>1)</sup>	
český název	latinský název	1	2
svlačec rolní	<i>Convolvulus arvensis</i>		x
štětka lesní	<i>Dipsacus sylvestris</i>		x
štírovník růžkatý	<i>Lotus corniculatus</i>		x
šťovík kadeřavý	<i>Rumex crispus</i>		x
šťovík přímořský	<i>Rumex maritimus</i>		x
šťovík tupolistý	<i>Rumex obtusifolius</i>		x
truskavec ptačí	<i>Polygonum aviculare</i>		x
třezalka tečkovaná	<i>Hypericum perforatum</i>	x	x
třtina křovištní	<i>Calamagrostis epigeios</i>	x	x
úhorník mnohodílný	<i>Descurainia sophia</i>		x
vrtič obecný	<i>Tanacetum vulgare</i>	x	x
vrbovka cizí	<i>Epilobium ciliatum</i>		x
vrbovka chlupatá	<i>Epilobium hirsutum</i>		x
<sup>1)</sup> Stanoviště č. 1: hráze odkaliště Stanoviště č. 2: těleso odkaliště (včetně rekultivovaných ploch)			

## 5.4 Vývoj vegetace za období 1987 – 2006

Výskyt rostlinných druhů na odkališti je do značné míry ovlivňován probíhající rekultivací. V roce 1987 byly uskutečněny první rekultivační práce pouze na obvodu ve východní polovině odkaliště a botanický průzkum byl prováděn na povrchu rmutu na ploše vysychajících pláží. Po téměř dvou desetiletích je však převážná část plochy odkaliště převrstvena rekultivačními materiály, ať již v rámci technické, nebo i biologické rekultivace. Tyto plochy mají samozřejmě jiné podmínky pro růst rostlin než samotný povrch rmutu. To je jedním z důvodů, proč je dnes druhové složení odkaliště daleko rozmanitější. Porovnání vegetace na tělese odkaliště za rok 1987 a 2006 ukazuje tabulka č. 4.

Z tabulky je patrné, že po dvou desetiletích se výrazně zvýšil počet druhů dřevin. Zatímco v roce 1987 rostla na odkališti pouze vrba jíva, dnes je tato lokalita lemována porosty borovice, břízy, topolu osiky a vrby jívy s občasným výskytem ostatních dřevin. Musím však připomenout, že tyto dřeviny rostou na plochách alespoň částečně rekultivovaných, nikoliv na rmutu.

Také druhová pestrost bylin se zvýšila, i když se i nadále jedná převážně o ruderální druhy. Bylinnému patru stále dominuje třtina křovištní, a to jak na překrytých plochách, tak i na březích vodní hladiny. Na stejných stanovištích



bychom našli i rákos obecný. S úbytkem vodní plochy a mokrých stanovišť zmizely i některé vlhkomilné druhy, jako orobinec širolistý, sítina žabí, rdesna nebo psinečky. Jiné vlhkomilné druhy si našly svá stanoviště na místech s periodickými kalužemi, na kterých jsou zachycovány dešťové srážky. Změnou prošlo také druhové složení široce zastoupené čeledi merlíkovitých. Tyto druhy se dnes vyskytují hlavně na skládce Rekosolu. Z původních 29 druhů bylin se jich 17 na odkališti již nevyskytuje. Naopak jsem zde našla 47 nových druhů.

I když Prejzek a kol. v roce 1987 neprováděl botanický průzkum přímo na hrázích odkaliště, popisuje ve své zprávě stav vegetace na svazích odkaliště před zahájením rekultivačních prací. Pokud bych měla tento stav porovnat se současnou situací, mohu konstatovat, že na svazích se uplatňují tytéž dřeviny (bříza, borovice, vrba jíva, topol osika, olše i dub). Druhová rozmanitost se ještě zvýšila o další druhy dřevin, nicméně jejich výskyt je jen sporadický.

Každé rostlinné společenstvo na určitém stanovišti se vyvíjí v čase, v každém společenstvu dochází k sukcesnímu vývoji směřujícímu ke konečnému stadiu. Na území naší republiky směřuje přirozený vývoj vegetace v naprosté většině případů k lesu, který představuje nejsložitější organizovaný ekosystém. Také vegetace na odkališti Olešník se vyvíjí v čase a pokud bychom ji ponechali spontánním přírodním procesům, pravděpodobně i tady by vzniklo lesní společenstvo. Samozřejmě tuto plochu nemůžeme nechat pouze procesu přirozené sukcese, jednak s ohledem na dlouhý časový horizont, ale především s ohledem na požadavky kladené na rekultivovanou plochu, kdy nesmí být narušena těsnicí vrstva bariéry izolující uložené odpady od okolního prostředí. To znamená vyloučení hluboko kořenících dřevin z plochy odkaliště. Procesu přirozené sukcese ovšem můžeme vhodně využít, s čímž také návrh biologické rekultivace počítá. Myslím si, že správně usměrněná přirozená sukcese doplní výsadbu dřevin tak, aby rostlinné společenstvo na této ploše bylo v harmonii s okolní krajinou a přitom splňovalo podmínky kladené na tuto lokalitu.

Tabulka č. 4: Rostliny zjištěné na odkališti K III Olešník v roce 1987 a 2006

Rostlinný druh		Rok	
český název	latinský název	1987	2006
<b>Dřeviny:</b>			
bez černý	<i>Sambucus nigra</i>		x
borovice lesní	<i>Pinus sylvestris</i>		x
bříza bělokorá	<i>Betula pendula</i>		x
hloh jednosemenný	<i>Crataegus laevigata</i>		x
olše lepkavá	<i>Alnus glutinosa</i>		x
olše šedá	<i>Alnus incana</i>		x
ostružiník křovitý	<i>Rubus fruticosus</i>		x
ostružiník maliník	<i>Rubus idaeus</i>		x
růže šípková	<i>Rosa canina</i>		x
smrk ztepilý	<i>Picea abies</i>		x
topol osika	<i>Populus tremula</i>		x
trnovník akát	<i>Robinia pseudacacia</i>		x
vrba jíva	<i>Salix caprea</i>	x	x
<b>Byliny:</b>			
barborka obecná	<i>Barbarea vulgaris</i>		x
bolehlav plamatý	<i>Conium maculatum</i>		x
divizna malokvětá	<i>Verbascum thapsus</i>		x
heřmáněk pravý	<i>Matricaria chamomilla</i>	x	
heřmánkovec přímořský	<i>Tripleurospermum inodorum</i>		x
hulevník Loeselův	<i>Sisymbrium loeselii</i>		x
chrastice rákosovitá	<i>Phalaris arundinacea</i>		x
jetel plazivý	<i>Trifolium repens</i>		x
jetel zvrhlý	<i>Trifolium hybridum</i>		x
ježatka kuří noha	<i>Echinochloa crus-galli</i>		x
jitrocel větší	<i>Plantago major</i>	x	x
kokoška pastuší tobolka	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	x	x
komonice bílá	<i>Melilotus alba</i>		x
komonice lékařská	<i>Melilotus officinalis</i>		x
kopřiva dvoudomá	<i>Urtica dioica</i>		x
křehkýš vodní	<i>Myosoton aquaticum</i>	x	
kuřinka červená	<i>Spergularia rubra</i>	x	
laskavec ohnutý	<i>Amaranthus retroflexus</i>		x
laskavec zelenoklasý	<i>Amaranthus chlorostachys</i>		x
lebeda hrálovitá	<i>Atriplex prostata</i>		x
lebeda lesklá	<i>Atriplex nitens</i>		x
lebeda rozkladitá	<i>Atriplex patula</i>	x	
lebeda tatarská	<i>Atriplex Tatarova</i>		x
lipnice roční	<i>Poa annua</i>		x
lopuch plstnatý	<i>Arctium tomentosum</i>		x

Rostlinný druh		Rok	
český název	latinský název	1987	2006
merlík bílý	<i>Chenopodium album</i>		x
merlík červený	<i>Chenopodium rubrik</i>	x	
merlík fíkolistý	<i>Chenopodium ficifolium</i>		x
merlík mnohosemenný	<i>Chenopodium polyspermum</i>	x	
merlík sivý	<i>Chenopodium glaucum</i>	x	x
merlík stopečkatý	<i>Chenopodium pedunculare</i>	x	
merlík švédský	<i>Chenopodium suecicum</i>	x	
mléč rolní	<i>Sonchus arvensis</i>		x
mléč zelinný	<i>Sonchus oleraceus</i>		x
mochna husí	<i>Potentilla anserina</i>		x
mrkev obecná	<i>Daucus carota</i>		x
orobinec široolistý	<i>Typha latifolia</i>	x	
pampeliška podzimní	<i>Leontodon autumnalis</i>		x
pelyněk černobýl	<i>Artemisia vulgarit</i>		x
penízek rolní	<i>Thlaspi arvense</i>		x
pcháč obecný	<i>Cirsium Bulhare</i>		x
pcháč oset	<i>Cirsium arvense</i>		x
podběl obecný	<i>Tussilago tartara</i>	x	
popenec břečťanolistý	<i>Glechoma hederacea</i>		x
pryskyřník lítý	<i>Ranunculus sceleratus</i>	x	x
psárka plavá	<i>Alopecurus aequalis</i>	x	x
psineček obrovský	<i>Agrostis gigantea</i>	x	
psineček výběžkatý	<i>Agrostis stolonifera</i>	x	
ptačinec žabinec	<i>Stellaria media</i>	x	x
pýr plazivý	<i>Elytrigia repens</i>		x
rákos obecný	<i>Phragmites australis</i>	x	x
rdesno blešník	<i>Persicaria lapathifolia</i>	x	
rdesno pepřík	<i>Persicaria hydropiper</i>	x	
rukev bažinná	<i>Rorippa palustris</i>	x	x
řebříček obecný	<i>Achillea millefolium</i>		x
řeřicha rumní	<i>Lepidium ruderales</i>		x
sítina žabí	<i>Juncus bufonius</i>	x	
smetanka lékařská	<i>Taraxacum officinale</i>		x
srha říznačka	<i>Dactylis glomerata</i>		x
starček obecný	<i>Senecio vulgarit</i>		x
svízel přítula	<i>Galium aparine</i>		x
svlačec rolní	<i>Convolvulus arvensis</i>		x
štětka lesní	<i>Dipsacus sylvestris</i>		x
štírovník růžkatý	<i>Lotus corniculatus</i>		x
šťovík kadeřavý	<i>Rumex crispus</i>		x
šťovík přímořský	<i>Rumex maritimus</i>	x	x

Rostlinný druh		Rok	
český název	latinský název	1987	2006
šťovík tupolistý	<i>Rumex obtusifolius</i>	x	x
truskavec obecný	<i>Polygonum arenastrum</i>	x	
truskavec ptačí	<i>Polygonum aviculare</i>		x
třezalka tečkovaná	<i>Hypericum perforatum</i>		x
třtina křovištní	<i>Calamagrostis epigeios</i>	x	x
úhorník mnohodílný	<i>Descurainia sophia</i>		x
vratič obecný	<i>Tanacetum Bulhare</i>		x
vrbka úzkolistá	<i>Chamerion angustifolium</i>	x	
vrbovka cizí	<i>Epilobium ciliatum</i>		x
vrbovka chlupatá	<i>Epilobium hirsutum</i>	x	x

## 6. NÁVRH VYUŽITÍ ODKALIŠTĚ PO UKONČENÍ REKULTIVAČNÍCH PRACÍ

Vzhledem k tomu, že doba provádění rekultivací na odkalištích MAPE Mydlovary je odhadována v desítkách let, nemůže být do detailu předvídáno dlouhodobější řešení rekultivace ani přesný účel, k jakému by měly zrekontrovanané plochy sloužit. V tomto časovém horizontu lze předpokládat rozvoj technických a ekonomických možností, možný vývoj v legislativě i nový pohled na využívání rekultivovaných ploch.

Je však jisté, že využitelnost území odkaliště po ukončení rekultivačních prací bude omezena. Na této lokalitě nebude možné realizovat stavby, které by i jen potencionálně ohrozily funkčnost provedeného izolačního prvku. Jeho narušení by znamenalo obnovení dotace odkaliště srážkovou vodou a obnovení vymývání kontaminantů uložených v odkališti do drenážního systému. Z důvodu narušení izolační vrstvy nelze počítat ani se zemědělským nebo podobným využitím. Musí být např. zcela vyloučena orba. Zemědělské využití by také znamenalo nebezpečí znečištění potravního řetězce kontaminujícími látkami. Zrekontrovanané plochy budou tedy zatíženy stálým věčným břemenem. Statut vodního díla, který odkaliště má, by měl být po určité době zrušen.

Zatím nejsou vyjasněné ani vlastnické vztahy po ukončení rekultivace. V současné době jsou odkaliště MAPE Mydlovary ve vlastnictví státního podniku DIAMO, který zde zabezpečuje jejich provoz a údržbu, likvidační a rekultivační práce a monitoring životního prostředí. Jeden z možných návrhů řešení vlastnických vztahů předpokládá, že by zrekontrovanané pozemky byly převedeny do vlastnictví obcí. Podle mého názoru by tyto plochy měly i nadále zůstat ve vlastnictví státu, který by měl nést odpovědnost za případná rizika spojená s tímto územím.

Současný návrh biologické rekultivace předpokládá zatravnění povrchu a skupinovou výsadbu mělce kořenících dřevin, podpořenou přirozenou sukcesí. Takto navržené ozelenění umožní bezpečné zapojení rekultivovaného území do krajiny. Jestliže bude na této lokalitě vyloučena zemědělská činnost a výrazně omezeny i další lidské aktivity, mohou se zde vytvořit zajímavé biotopy, které se stanou významnou součástí kostry ekologické stability území. Jeden z návrhů využití předpokládá, že zrekontrovanané území bude začleněno do místního územního systému ekologické stability.

Péče o rekultivované plochy v žádném případě nekončí po provedení rekultivačních prací. Založené porosty si vyžádají dlouhodobější údržbu. Travní porosty budou v prvních letech sekány nebo mulčovány. Dále bude nutná obnova travních porostů poškozených erozí. V obdobích sucha si porosty vyžádají vydatnou závlivu. Ušchlé a poškozené dřeviny budou dosazovány, náletové hluboko kořenící dřeviny musí být odstraňovány.

I když rekultivované odkaliště bude představovat nový prvek v krajině, určitě přinese výrazné zlepšení stávajícího stavu. Myslím si, že navržený způsob biologické rekultivace povede k výraznému posílení ekologické stability krajiny a je reálné využít tuto plochu jako možný prvek územního systému ekologické stability.

## 7. ZÁVĚR

Odkaliště bývalé úpravny uranových rud MAPE Mydlovary představují jednu z největších ekologických zátěží v Jihočeském kraji. Jejich rekultivace znamená složitý, ekonomicky i časově náročný problém.

Cílem technické rekultivace je uzavřít odkaliště bariérou složenou z výplňové, těsnicí a krycí vrstvy, které zabrání vstupu srážkové vody do tělesa odkaliště, odstíní záření pronikající z uložených materiálů, omezí emisi radonu z povrchu odkaliště a zamezí uvolňování prachu s obsahem radionuklidů. Rekultivační materiály musí být lehké, aby se nezabořovaly do uložených rmutů.

Na odkališti Olešník jsou používány ke konstrukci vrchní desky tzv. stabilizáty vyrobené z popílku a škváry ze spalování uhlí, které mají nízkou objemovou hmotnost, díky níž nedochází k propadání rekultivační vrstvy do podloží jako u klasických zemitých materiálů. Tuto technologii vyvinula firma Rekka s. r. o., která na odkališti Olešník zajišťuje rekultivační práce od roku 1994.

Na části odkaliště byla provedena také biologická rekultivace se zatravněním. S ohledem na nedostatek zemin vyřešila firma Rekka konstrukci svrchní biologické vrstvy dodávkou průmyslového kompostu, který je vyráběn vesměs z odpadních surovin.

Způsob rekultivace, kterou firma Rekka provádí, tedy znamená obrovský přínos pro odpadové hospodářství, kdy se z nepotřebných odpadů, které by byly uloženy na skládky, stává vítaná surovina. Tím se nejen ušetří kapacita skládek, ale také se snižuje potřeba jiných zemin pro rekultivaci.

Vzhledem k tomu, že doba provádění rekultivací na odkalištích MAPE Mydlovary je odhadována v desítkách let, nemůže být předvídan přesný účel, k jakému by měly zrekultivované plochy sloužit. Je však jisté, že využitelnost ploch odkališť po ukončení rekultivačních prací bude omezena. Měla by zde být vyloučena stavební, zemědělská i jiná činnost, která by mohla narušit těsnicí vrstvu bariéry izolující uložené odpady od okolního prostředí.

Jeden z návrhů využití předpokládá, že zrekultivované území bude začleněno do místního územního systému ekologické stability. Tomu odpovídá i současný návrh biologické rekultivace odkališť, který počítá s tím, že technicky zrekultivovaný povrch bude zatravněn a opatřen skupinovou výsadbou mělce kořenících keřovitých dřevin, které budou tvořit jádro pro vývoj celého území. Výsadbu doplní přirozený nálet dřevin.

Proces přirozené sukcese na odkališti napovídá, že by zde pravděpodobně vzniklo lesní společenstvo. I když nemůžeme ponechat tuto plochu pouze spontánním přírodním procesům s ohledem na dlouhý časový horizont i na požadavky kladené na rekultivovanou plochu, kdy nesmí být narušena těsnicí vrstva, můžeme těchto procesů vhodně využít. Správně usměrněná přirozená sukcese doplní výsadbu dřevin tak, aby rostlinné společenstvo na této ploše bylo v harmonii s okolní krajinou a přitom splňovalo podmínky kladené na tuto lokalitu. Myslím si, že je reálné využít plochu rekultivovaného odkaliště jako možný prvek územního systému ekologické stability.



## 8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Hrdina, P.: Zkušenosti s biologickou rekultivací na odkališti K III – Olešník při použití rekultivačního materiálu Rekosol. Hornická Příbram ve vědě a technice, Příbram, 2002.
2. Hrdina, P., Prášek, K.: Využití odpadů z teplárenství a energetiky a kalů z ČOV k technické a biologické rekultivaci odkaliště K III – Olešník. Hornická Příbram ve vědě a technice, Příbram, 2001.
3. Hrubá, K.: Rekultivace odkališť po uranové činnosti v MAPE Mydlovary. Sborník referátů „45 let české rekultivační školy“, Most, 1997.
4. Investiční záměr „Rekultivace a odstranění ekologické zátěže po hydrometalurgickém zpracování uranových rud v oblasti obcí Dívčice, Mydlovary a Olešník regionu Blata“. PBA Group s.r.o., Praha, 2004.
5. Kysela, V., Šlosser, M.: Problematika sanace odkališť v regionu Mydlovary. Hornická Příbram ve vědě a technice, Příbram, 2001.
6. Lepka, F.: Český uran, 1945 - 2002. Neznámé hospodářské a politické souvislosti. KNIHY 555, Liberec, 2003.
7. Lusk, K., Veselý, P., Gombos, L.: Hydrogeologická problematika sanace odkališť MAPE Mydlovary. Hornická Příbram ve vědě a technice, Příbram, 2001.
8. Mužák, J., Novák, J., Kolář, P.: Řízení sanace horninového prostředí po chemické těžbě uranu na ložisku Stráž. Hornická Příbram ve vědě a technice, Příbram, 2001.
9. Neužil, M.: Vliv těžby uranové rudy na životní prostředí, EIA (Posuzování vlivů na životní prostředí), ročník III, číslo 1, MŽP ve spolupráci s Centrem EIA ČEÚ, Praha, 1998.
10. Novotný, J.: Rekultivace odkališť uranového průmyslu. Hornická Příbram ve vědě a technice, Příbram, 2001.
11. Pokorný, E., Filip, J., Láznička, V.: Rekultivace. MZLU, Brno, 2001.
12. Prejzek, V. a kol.: Ozelenění odkališť podniku MAPE – Mydlovary a jejich začlenění do přilehlé krajiny. Závěrečná zpráva za období leden až srpen 1987. VŠZ, České Budějovice, 1987.

13. Štrof, P.: 2-D model JZ oblasti hráze odkaliště K-III, MAPE, Mydlovary. Hornická Příbram ve vědě a technice, Příbram, 2001.
14. Štýs, S. a kol.: Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin. SNTL, Praha, 1981.
15. Tetter, M. a kol.: Některé možnosti biologické rekultivace kalojemů chemických úpraven uranového průmyslu. Závěrečná zpráva. VŠZ, České Budějovice, 1988.
16. Tomas, J.: Sanace území po těžbě a úpravě uranu v České republice a posuzování vlivů těchto činností na ŽP. Hornická Příbram ve vědě a technice, Příbram, 2001.
17. Tomášek, J. a kol.: Analýza rizika Chemická úpravna MAPE Mydlovary. SOM, s.r.o., Mníšek pod Brdy, 2003.
18. Tomášek, J. a kol.: Dokumentace o hodnocení vlivu na životní prostředí. Použití vyřazených pneumatik pro konstrukci roznášecí vrstvy při sanaci odkaliště K IV/E. SOM, s.r.o., Mníšek pod Brdy, 2004.
19. Tomášek, J., Lundáková, I.: Zkušenosti s posuzováním vlivu na životní prostředí dle 244/92 Sb. – zahlazování následků hornické uranové činnosti. Hornická Příbram ve vědě a technice, Příbram, 2001.
20. Urban, P., Starý, P.: Intenzifikace čištění odkalištních vod bývalé úpraveny uranových rud MAPE Mydlovary. Hornická Příbram ve vědě a technice, Příbram, 2001.

## **ZÁKONY**

21. Zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon)
22. Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon)
23. Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí
24. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách

## **WWW STRÁNKY**

25. <http://www.diamo.cz/>
26. <http://www.rekka.cz/>

## **PŘÍLOHY**