



Fytoremediace VII.

Petr Soudek

Laboratoř rostlinných biotechnologií
Společná laboratoř ÚEB AV ČR, v.v.i. A VÚRV, v.v.i.
Akademie věd České Republiky

GENETICKÉ ÚPRAVY ROSTLIN



**Je hrozně nenasytná.
Dneska mi sežrala guláš**

VYLEPŠENÍ FYTOREMEDIACE

Rostlinná selekce

Úprava a hnojení půdy

Zvýšení biodostupnosti pomocí syntetických chelatorů

Hustota rostlin při výsevu

Střídání plodin

Podpora plodin (hubení škůdců a zavlažování)

Výzkum

TRANSGENNÍ ROSTLINY

Genetické úpravy ke zvýšení tolerance/akumulace/degradace:

- **Metallothioneiny, fytochelatiny a chelatory kovů**
- **Transportéry kovů**
- **Enzymatické transformace**
- **Alternativní metabolické cesty**
- **Změny v mechanismu oxidativního stresu**
- **Změny v kořenovém systému**
- **Změny v produkci biomasy**

CHYBÍ ROSTLINY VHODNÉ PRO REMEDIACI

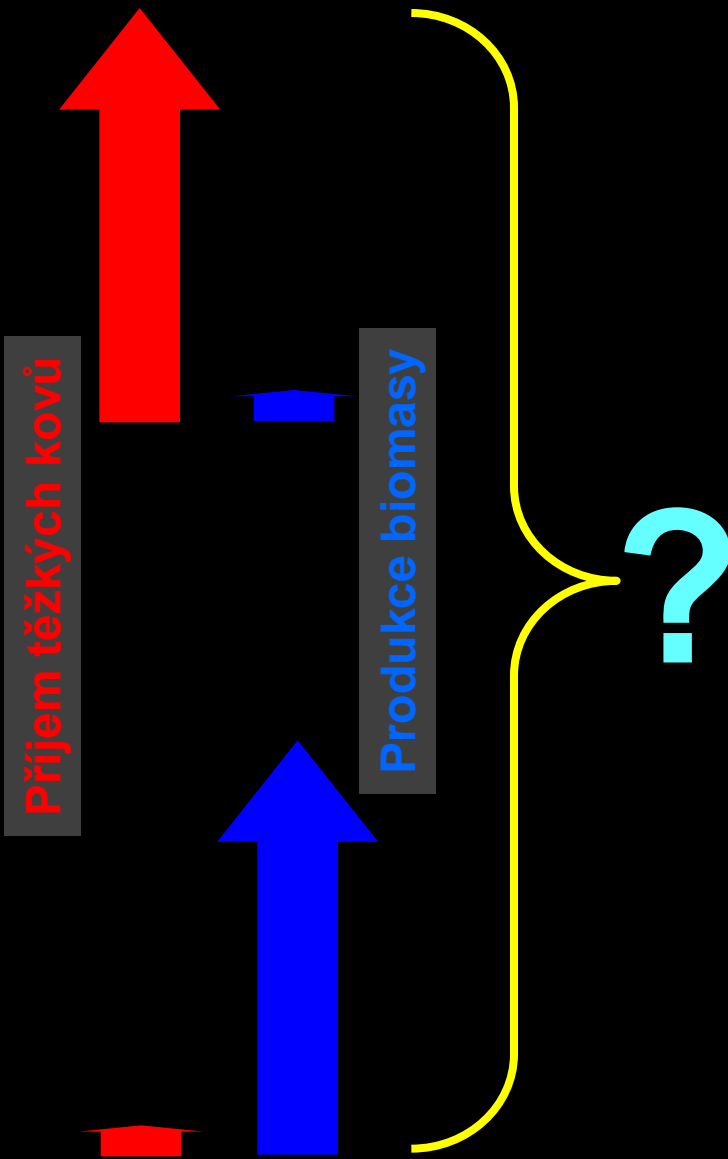
Rostliny pro
remediaci



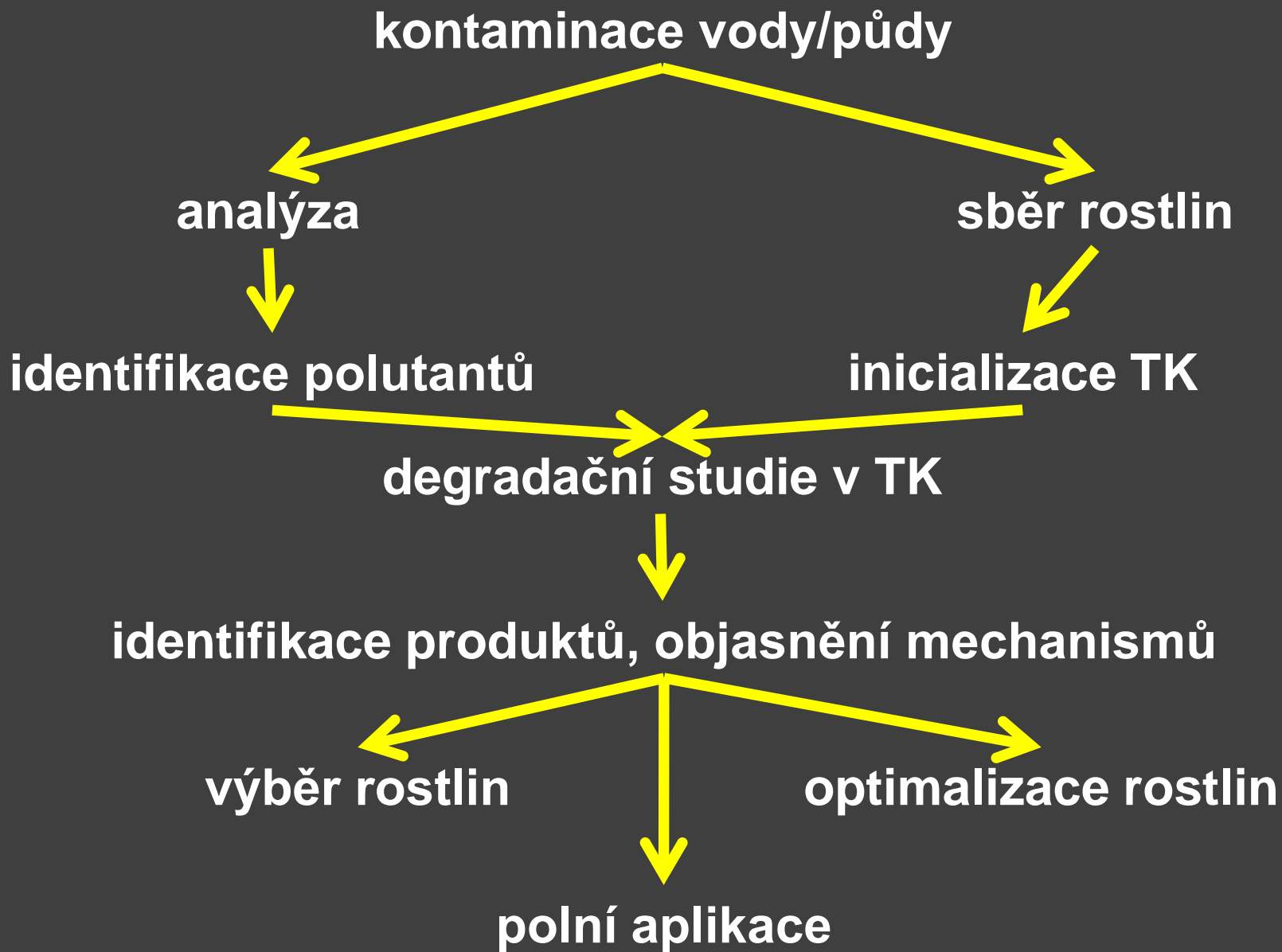
Thlaspi calaminare



Helianthus annuus



OBECNÝ POSTUP



BOTANICKÝ PRŮZKUM

1. Průzkum kontaminované lokality
2. Dokumentace rostlin
3. Sběr rostlin a semen pro herbář a *in vitro* studie

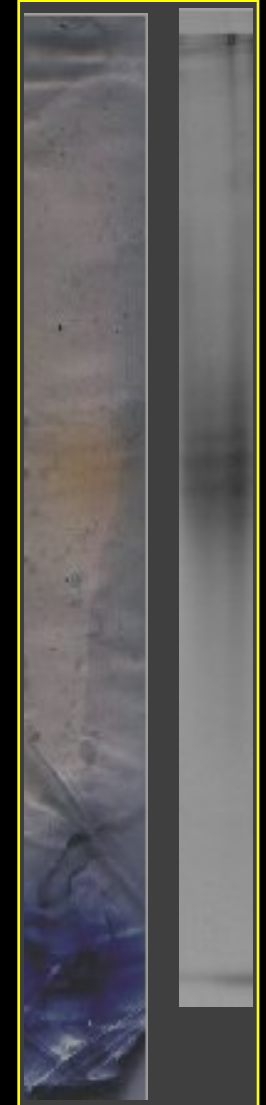
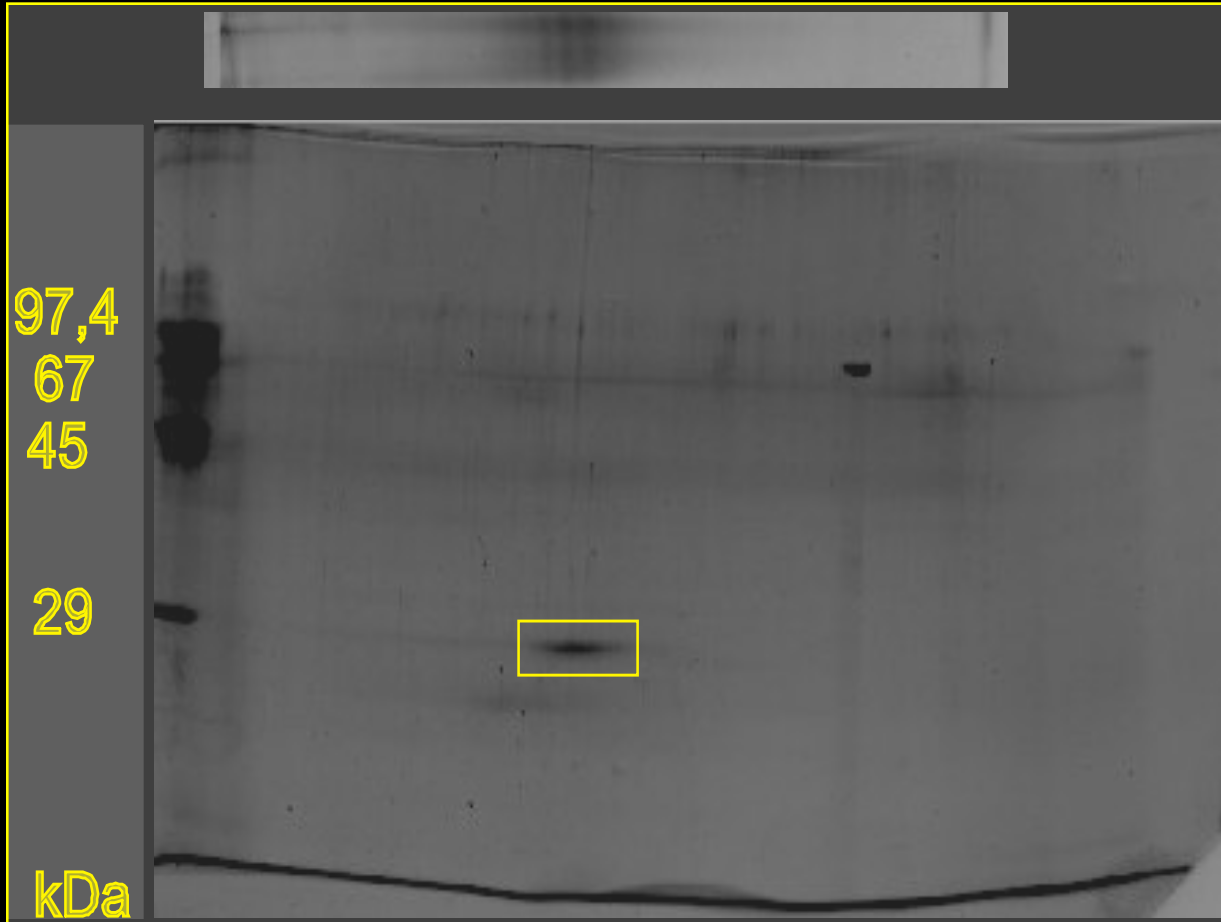


IN VITRO KULTIVACE

Saponaria officinalis



IDENTIFIKACE ZODPOVĚDNÝCH PROTEINŮ



SOMATICKÁ HYBRIDIZACE BUNĚK



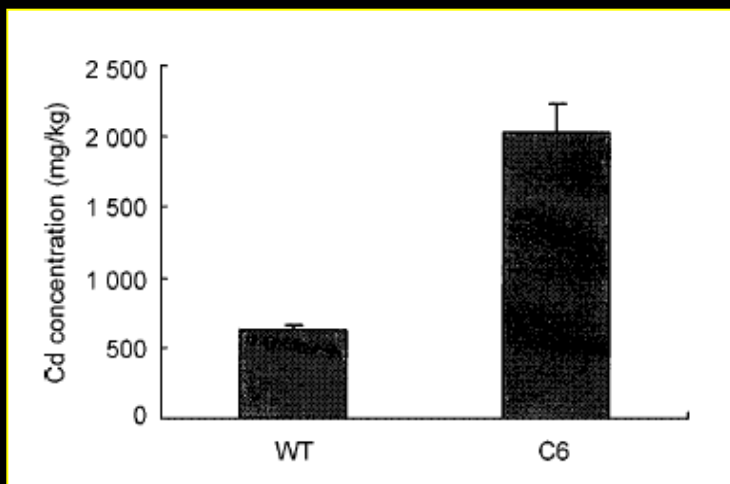
Asymmetrický somatický hybrid 60/31 (B) a jeho rodiče *Brassica juncea* (A) a *Thlaspi caerulescens* (C) rostoucí v půdě obsahující 800 mg/kg olova, 328 mg/kg niklu, a 7,600 mg/kg zinku.

Gleba *et al.*, Proc. Natl. Acad. Sci. USA (1999) 96: 5973–5977

PŘÍJEM KADMIA TABÁKEM

Transgenní a „wild-type“ tabák byly kultivovány s 300 $\mu\text{mol/L}$ Cd^{2+} 10 dní Linie C6 měla zvýšenou resistenci vůči Cd^{2+} .

(A) List C6 před kultivací. (B) List „wild type“ před kultivací
(C) List C6 po kultivaci. (D) List „wild type“ po kultivaci



Koncentrace Cd v tabáku po 3 týdnech kultivace s 100 $\mu\text{mol/L}$ CdCl_2 .
WT, „wild type“ rostliny
C6, transgenní linie



Li *et al.*, *Journal of Integrative Plant Biology* (2006) 48:928–937



POLNÍ EXPERIMENTY

Petr Soudek - Fytoremediace VII.



Spolana Neratovice



Kaňk, Kutná Hora



Pardubice



Příbram



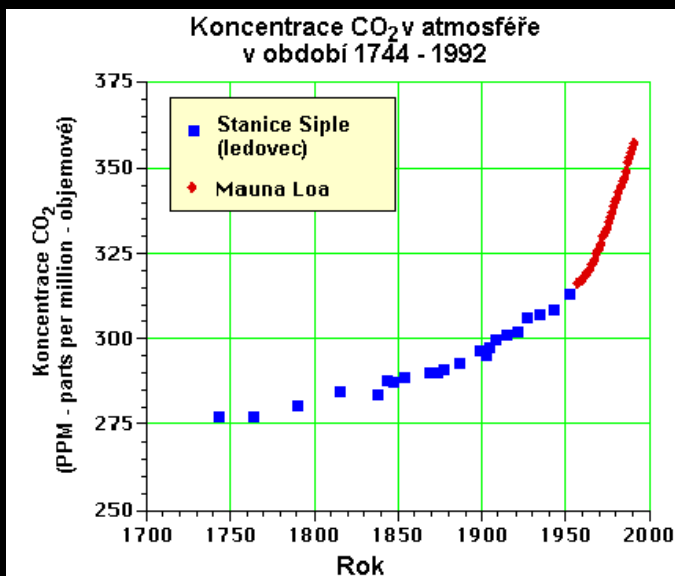
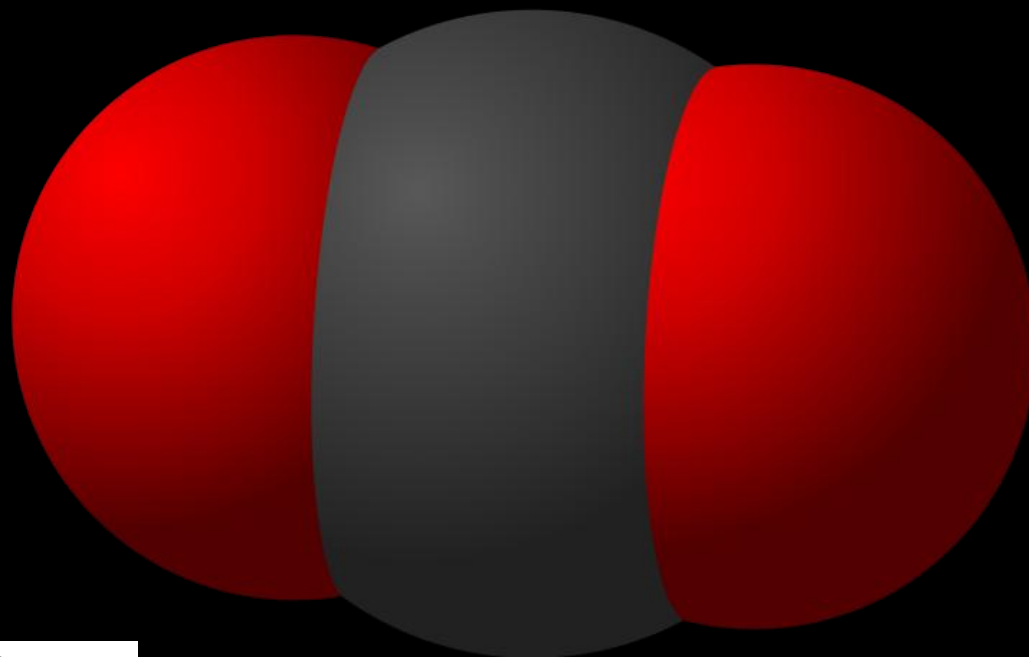
Mydlovary



KAM S ROSTLINAMI ?



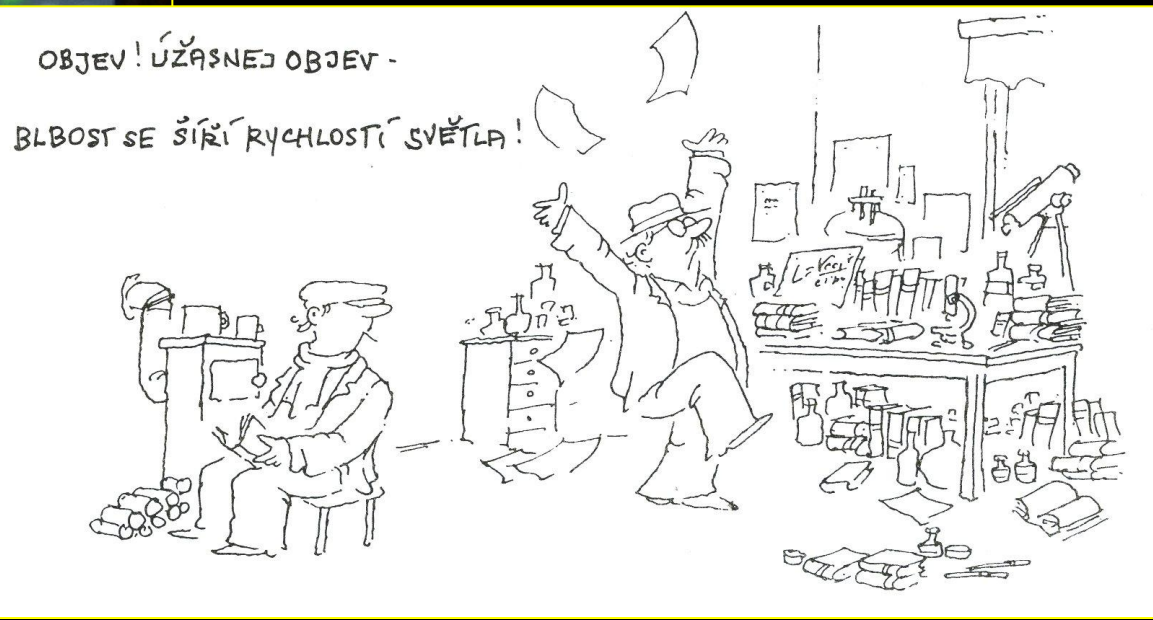
CO₂



CO JE TO BIOMASA ?



Biomasa je téměř jakákoli hmota organického původu, ať už rostlinného či živočišného.



BIOMASA



- Suchá biomasa, což je například dřevní a suchý rostlinný odpad, se většinou zpracovává suchými procesy, jako jsou spalování či zplyňování.
- Mokrú biomasa, tedy například tekuté a pevné výkaly hospodářských zvířat či siláž, se zpracovává mokkými procesy v bioplynových stanicích. Mezi další možnosti jejího zpracování pak patří lisování olejů a jejich úprava například při výrobě bionafty.

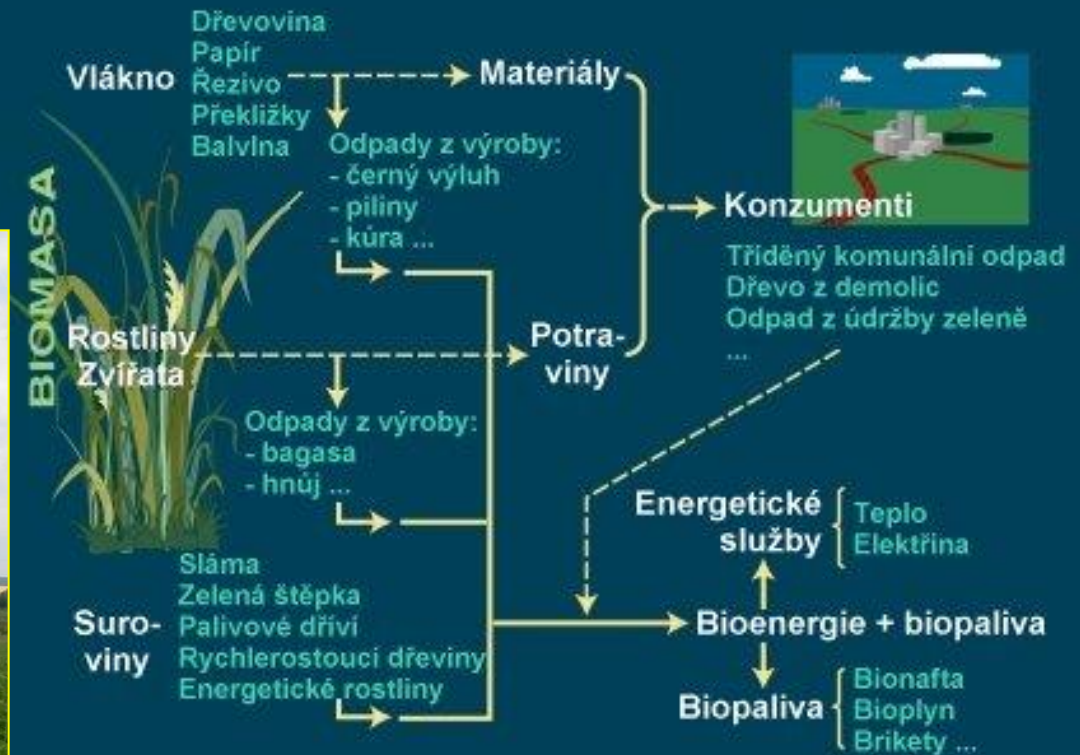
ENERGETICKÉ PLODINY

Lignocelulózové	Dřeviny (vrby, topoly, olše, akáty)
	Obiloviny (celé rostliny)
	Travní porosty (sloní tráva, chrastice, trvalé travní porosty)
	Ostatní rostliny (konopí seté, čirok, křídlatka, šťovík krmný, sléz topolovka)
Olejnáté	Řepka olejná, slunečnice, len, dýně na semeno
Škrobno-cukernaté	Brambory, cukrová řepa, obilí (zrno), topinambur, cukrová třtina, kukuřice



BIOMASA

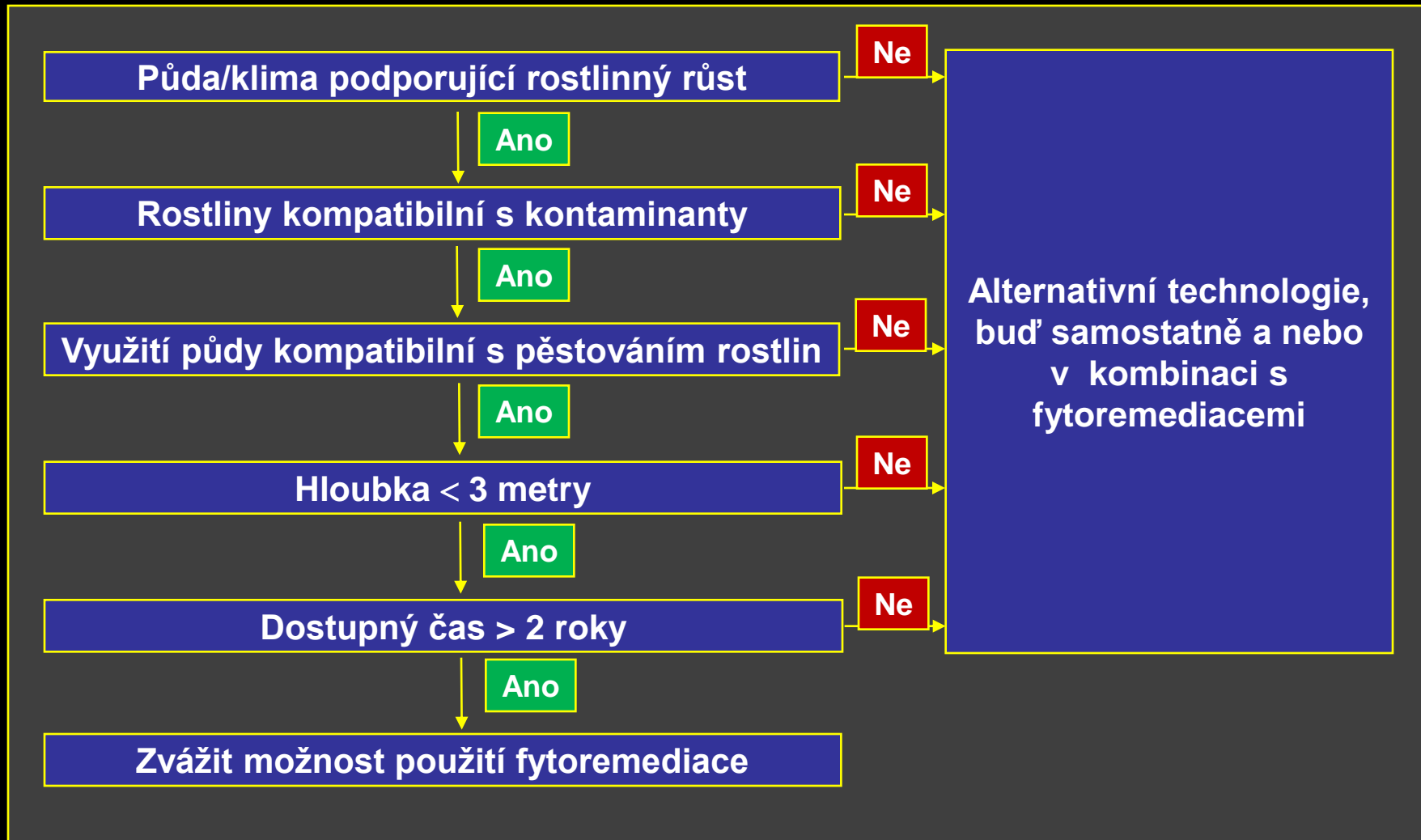
Biomasa pro energii



PLÁNOVÁNÍ A APLIKACE FYTOREMEDIACE



ROZVAHA POUŽITÍ FYTOREMEDIACE



DODATEČNÉ ROZVAHY

- **Potřeba likvidace rostlinné biomasy**
- **Dostupný prostor pro čištění vody:
je hydraulická rychlost odstraňování dostatečná ?**
- **Poškození plodin zvířaty**
- **Toxicita kontaminantu v rostlinné biomase:
toxicita pro potravní řetězec zvířat a člověka**
- **Potřeba hubení škůdců**

PLÁNOVÁNÍ FYTOREMEDIAČNÍHO PROJEKTU

- **Předběžný průzkum lokality**
- **Koordinace s zainteresovaných částí**
 - **Plán, technika, vedení**
- **Laboratorní zpracování**
 - **Zhodnocení růstu rostlin a produkce**
 - **Vlastnosti půdy a/nebo vody**
- **Potřeba hydrogeologického modelování a zavlažování**
- **Realizace**
 - **Výsadba, kultivace, vzorkování, sklizeň**
- **Monitorování a analýza**
- **Nakládání s biomasou**
 - **Sušení, kompostování, transport, spalování, skládka, spalovna.**

MONITORING

Parametry	Analýza
Rostlinný růst	Průměr, výška, váha, množství kořenů
Rostlinné tkáně	Degradační produkty, sekvestrované kontaminanty
Měření toku rostlinných šťáv	Srovnání toku šťávy s meteorologickými daty
Transpirovaný plyn	Volatilizace kontaminantů
Povrchová voda a půda	Studny, lysimetry, půdní vzorky pro stanovení biodegradační aktivity, zbytkové kontaminanty

BUDOUCNOST FYTOREMEDIACÍ

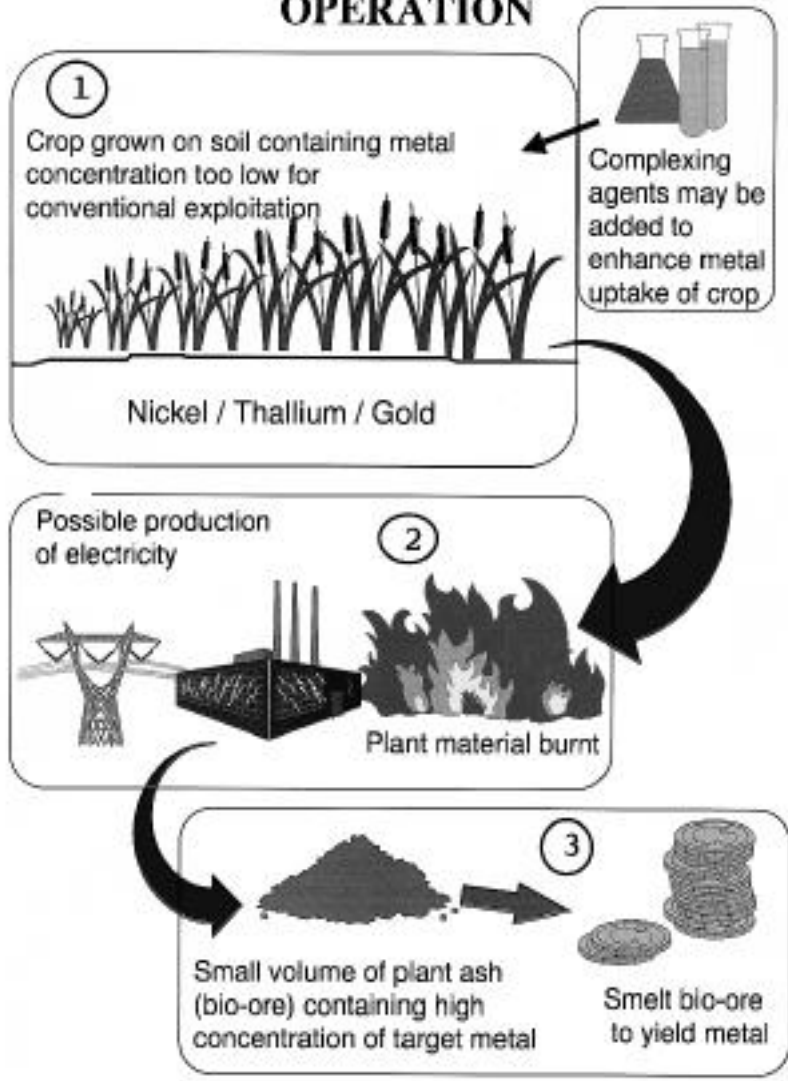
- Užití chelatorů pro zvýšení rozpustnosti kovů
- Kombinace s jinými *in situ* technologiemi (např. mikrobiální bioremediace, elektrokinetika)
- Výběr vylepšených rostlinných variet
- Genetická úprava vylepšených variet
- Ověření efektu rhizosféry
- Stanovení potřebných sanačních limitů
- Identifikace kritických parametrů, druhů, klimatu, půd.

PŘÍKLADY VYUŽITÍ



FYTOMINING

THE PHYTOMINING OPERATION



TĚŽBA ZLATA



Enköping, Švédsko



Fytoremediace bývalé rafinérie BP Amoco

- v vodě zjištěná kontaminace rozpuštěnými látkami typu benzen a MTBE
- topoly byly použity jako hydraulické pumpy pro odsávání podzemní vody a zamezení průsaku do okolního terénu



Sparks Solvent Fuel Site (USA)

- fytoimediační mokřad vytvořený r. 1998 pro remediaci rozpustných látek



DOE's Portsmouth Gaseous Diffusion Plant (Ohio, USA)



V letech 1954- 2001

- **separace uranových izotopů plynou dufúzí**
- **výroba obohaceného uranu pro US Navy**

Hlavní kontaminanty těkavé org. látky, radioizotopy, PCB a PAH

- **bariéra stromů a keřů**
- **brání migraci látek do okolí bývalé továrny**

Mokřadní čistírna vod Anglie

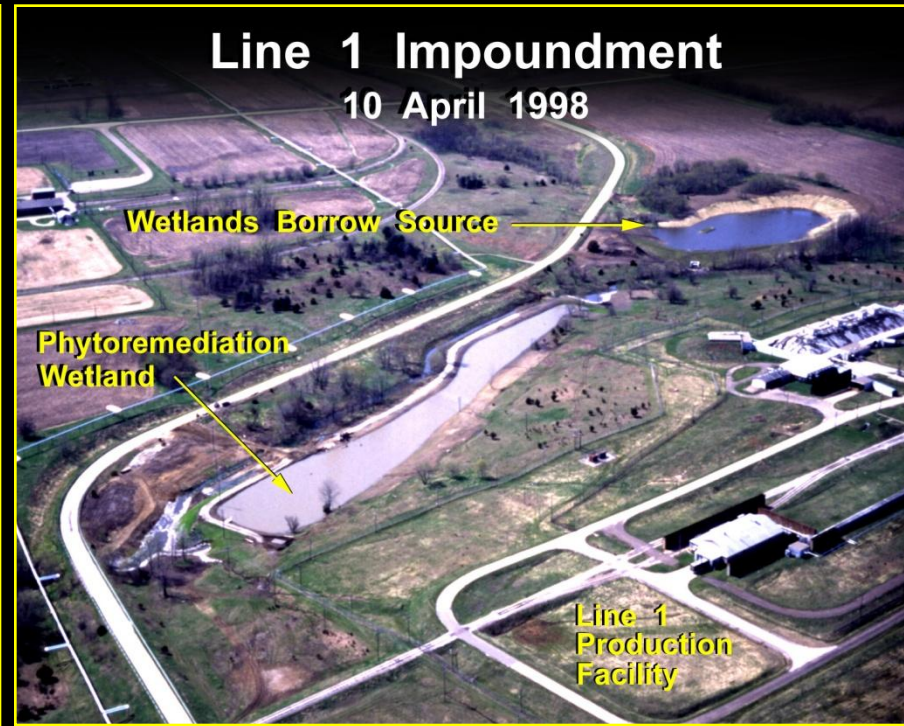
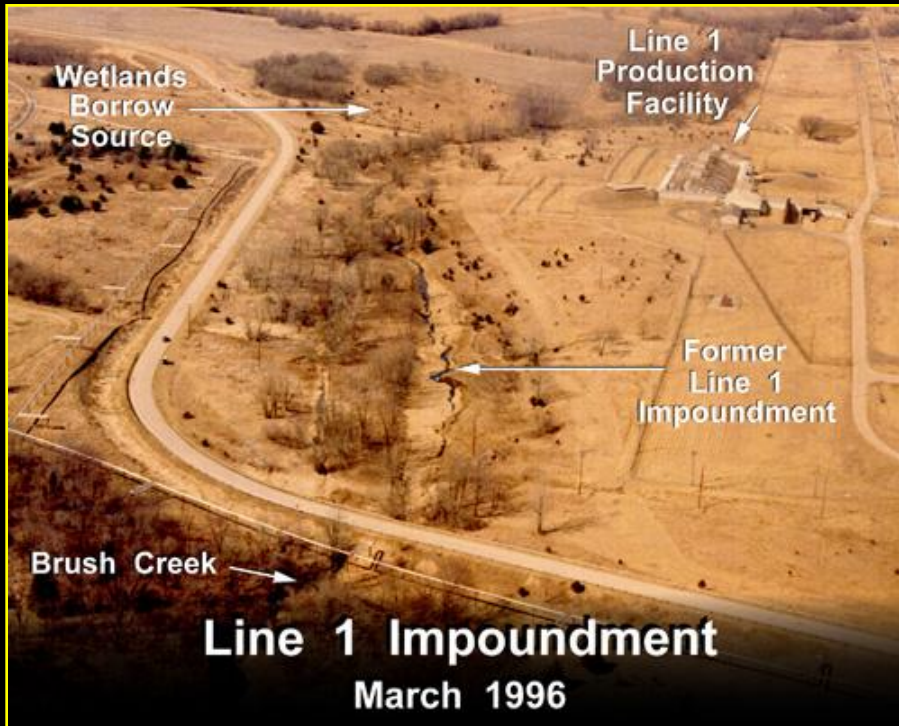


**Nong Yai Hospital,
provincie Chonburi,
Thajsko**



**Mokřad jako čistírna vod
(rostlina *Conna indica*)**

Iowa Army Ammunition Plant Restoration



Mokřady

- vysoká schopnost remediace zbytkové kontaminace
explosivy v půdě a povrchové vodě

Iowa Army Ammunition Plant Restoration



V r. 1997

- odstraněno cca 8000 m³ kontaminované půdy (obsah 2000kg výbušnin)

Kontaminované území je přeměnována v mokřadní zónu

- v r. 1998 osázeno vhodnými rostlinami s vysokou kapacitou fytoremediace

Bývalá BP rafinérie, Casper, Wyoming



© BP 2006



Nimr rákosové laguny, Oman, Shell a Petroleum Development Oman

6 hektarů ošetřených přibližně 3,000 m³/d pro znovu využití





DALŠÍ APLIKACE FYTOREMEDIACÍ

Location	Application	Plants	Contaminants	Performance	Contacts
Chernobyl, Ukraine	Rhizofiltration demonstration pond near nuclear disaster	Sunflowers <i>Helianthus annuus</i>	¹³⁷ Cs, ⁹⁰ Sr	90% Reduction in 2 weeks. Roots concentrated 8,000 fold	I. Raskin, Rutgers U.
Ashtabula, OH	Rhizofiltration demonstration DOE energy wastes	Sunflowers <i>Helianthus annuus</i>	U	95% removal in 24 hours from 350 ppb to < 5 ppb	B. Ensley, Phytotech
Trenton, NJ	Phytoextraction demonstration 200 ft x 300 ft plot brownfield location	Indian mustard <i>Brassica juncea</i>	Pb	Pb cleaned-up to below action level in one season SITE program	B. Ensley, Phytotech
Rocky Flats, CO	Rhizofiltration from landfill leachate	Sunflowers and mustard	U and nitrate	Just beginning SITE program	Rock, 1997
Dearing, KS	Phytostabilization demonstration one acre test plot abandoned smelter, barren land	Poplars <i>Populus</i> spp.	Pb, Zn, Cd Concs. > 20,000 ppm for Pb and Zn	50% survival after 3 years. Site was successfully revegetated.	G. Pierzynski, Kansas St.
Whitewood Cr., SD	Phytostabilization demonstration one acre test plot mine wastes	Poplars <i>Populus</i> spp.	As, Cd	95% of trees died. Inclement weather, deer browse, toxicity caused die-off.	J. Shnoor, U. of Iowa
Pennsylvania	Phytoextraction pilot mine wastes	<i>Thlaspi caerulescens</i>	Zn, Cd	Uptake is rapid but difficult to decontaminate soil	R. Chaney, USDA Beltsville, MD Brown 1995
San Francisco, CA	Phytovolatilization refinery wastes and agricultural soils	<i>Brassica</i> sp.	Se	Selenium is partly taken-up and volatilized, but difficult to decontaminate soil	G. Banuelos, USDA Salinity Lab, Riverside, CA
Aberdeen, MD J-field site	Phytotransformation groundwater capture on 1 acre plot	Hybrid poplars <i>Populus</i> spp.	TCE, PCA (1,1,2,2-tetrachloroethane)	Only in second year Demonstration Project	H. Compton, EPA/ERT, Edison, NJ
Carswell AFB Ft. Worth, TX	Phytotransformation groundwater capture on 4 acre plot	Hybrid poplars <i>Populus</i> spp.	TCE	Only in second year SITE Project	G. Harvey, Ohio Wright-Patterson AFB
Milan, TN	Phytotransformation engineered wetland at army ammunition plant	Elodeia Bullrush Canary Grass	TNT, RDX	> 90% removal	D. Bader, U.S. Army Aberdeen Proving Ground, MD
Middletown, IA	Phytotransformation created wetland and surrounding soil	Pondweed Coontail Arrowroot Hybrid poplars	TNT, RDX	Just beginning	J. Schnoor, U. of Iowa K. Howe, Army COE Omaha
Ogden, UT	Phytotransformation (groundwater and soil) petrochemical wastes 4 acre site	Hybrid Poplar	BTEX, TPH	Only in second year SITE Program	A. Ferro, Phytokinetics
Portland, OR	Phytotransformation on wastes of wood preservative	Hybrid Poplar	PCP, PAH	Only in second year SITE Program	A. Ferro, Phytokinetics
Martell, IA Clarence, IA Amana, IA	Phytotransformation agricultural runoff and agricultural co-op sites	Hybrid Poplar	atrazine, nitrates	90% reduction in groundwater of NO ₃ ⁻ ; atrazine reductions	Licht, Ecolotree Paterson and Schnoor (1992)

