

## Fytoremediace II.

**Petr Soudek**

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

# PŘÍRODNÍ ATENUACE ?



# FYTOREMEDIACE

Fytoremediace byly definovány jako využití zelených rostlin a s nimi asociovaných mikroorganismů, půdních doplňků a agronomických technik pro odstranění či transformaci kontaminantů z životního prostředí.



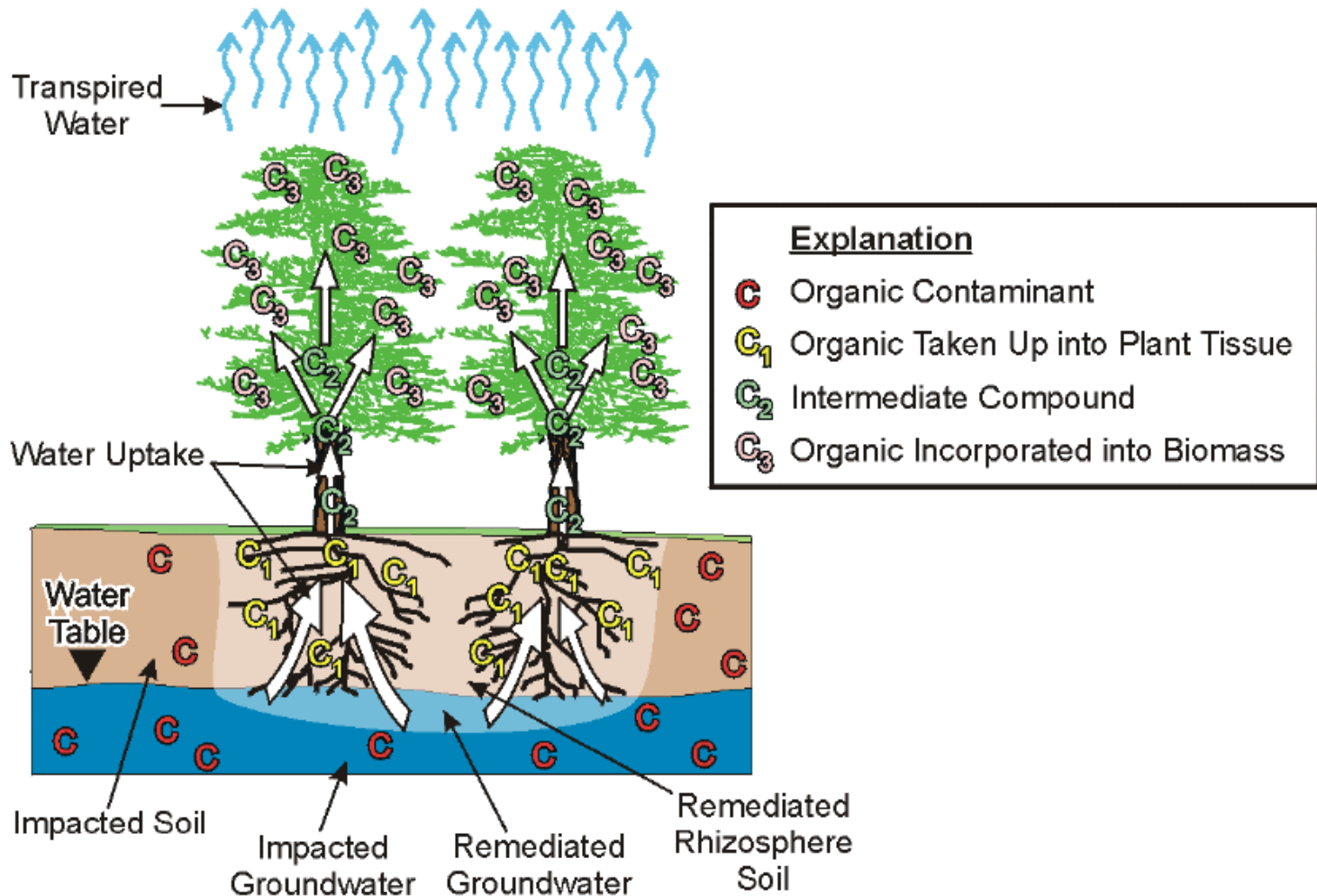


# TYPY FYTOREMEDIACE



# TYPY FYTOREMEDIACE

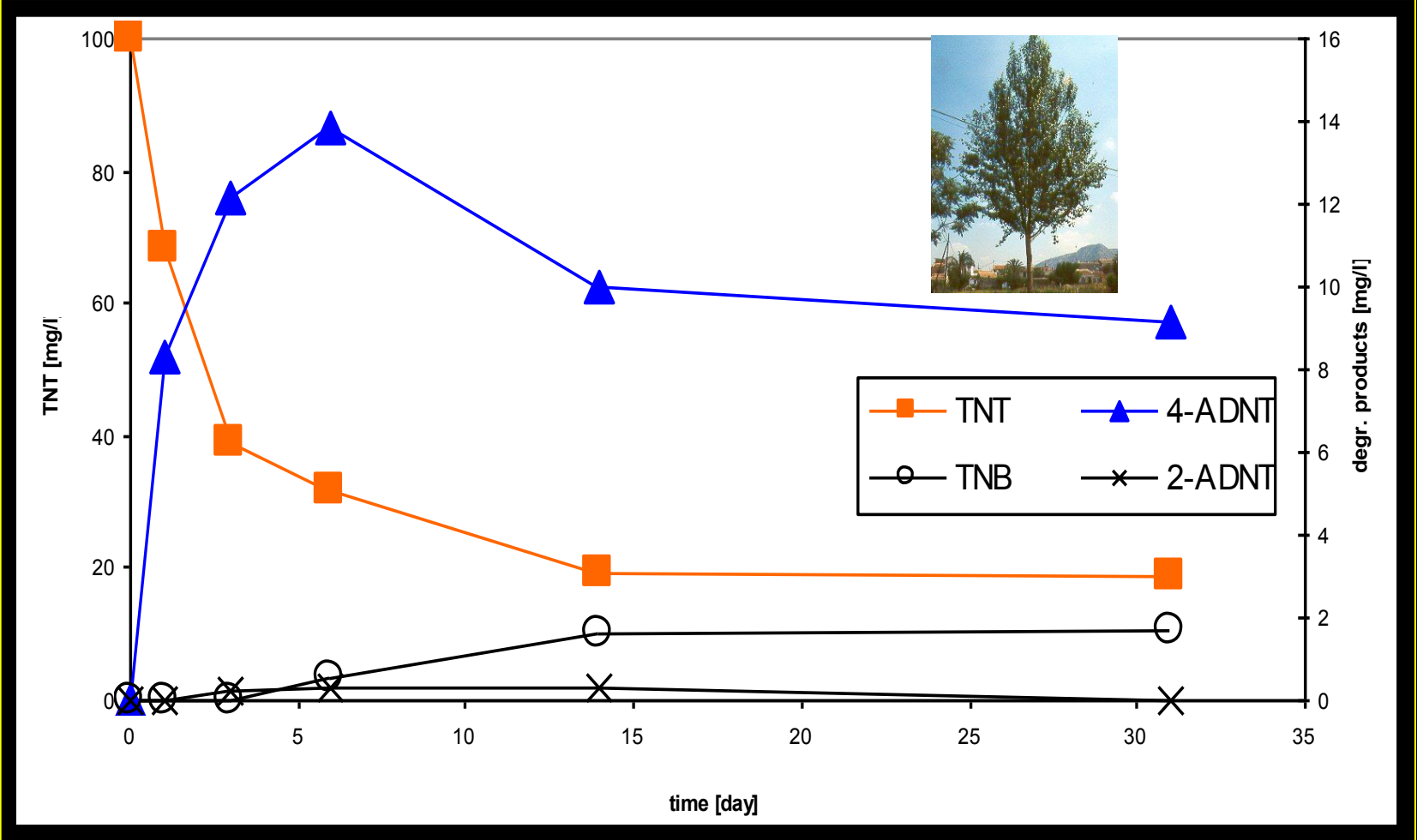
## Fytodegradace organických látek



# DEGRADACE TNT SUSPENZNÍ KULTUROU

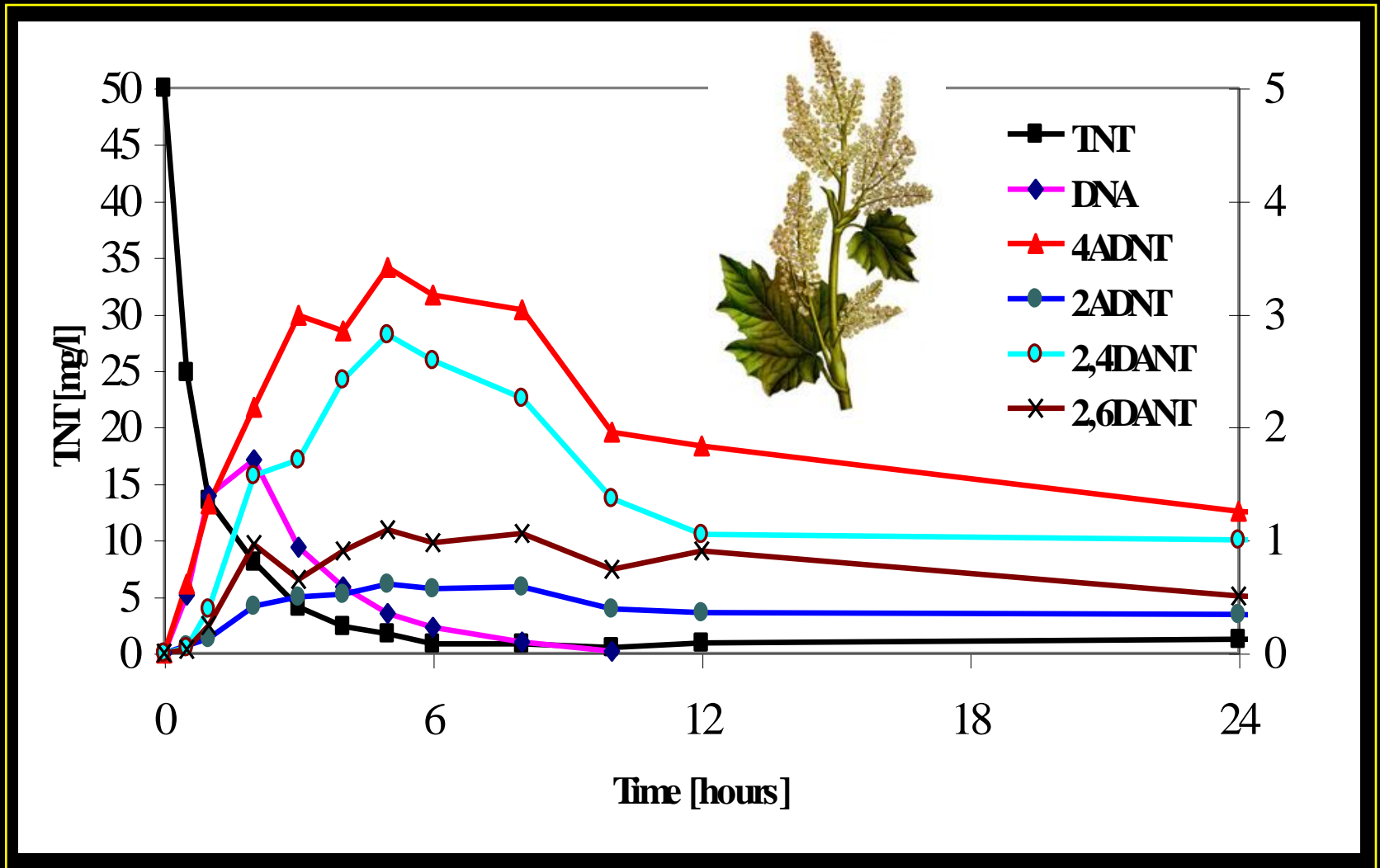
## *Populus simonii*

Petr Soudek - Fytoremediace II.



# DEGRADACE TNT SUSPENZNÍ KULTUROU

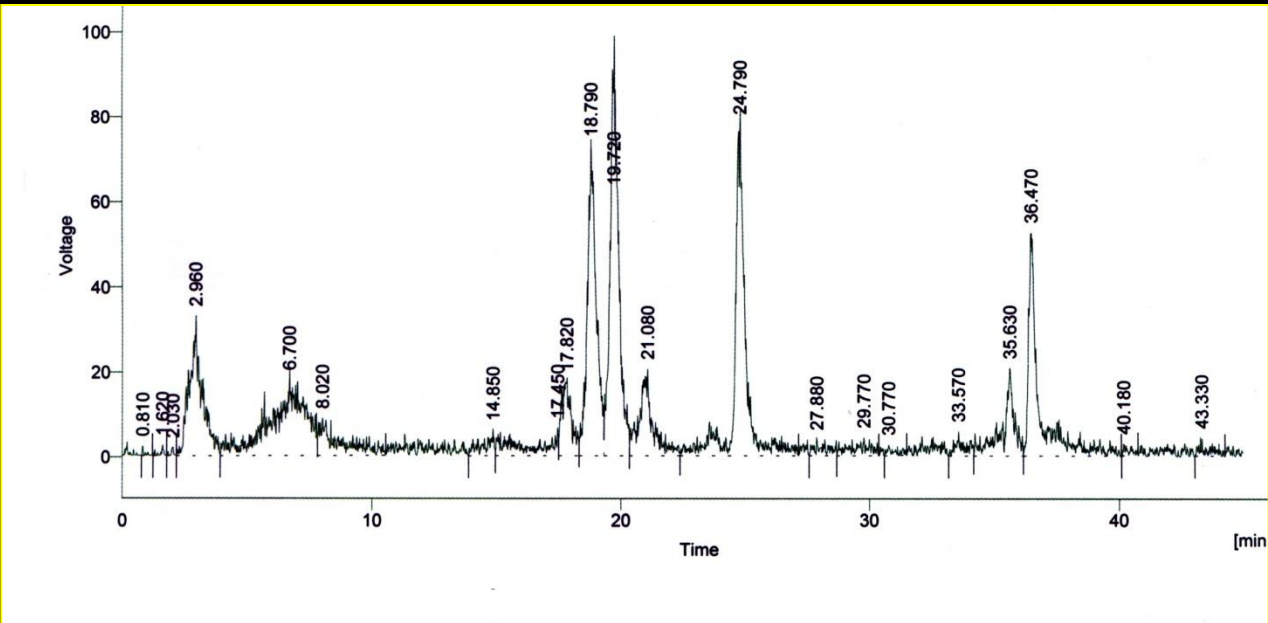
## *Rheum palmatum*



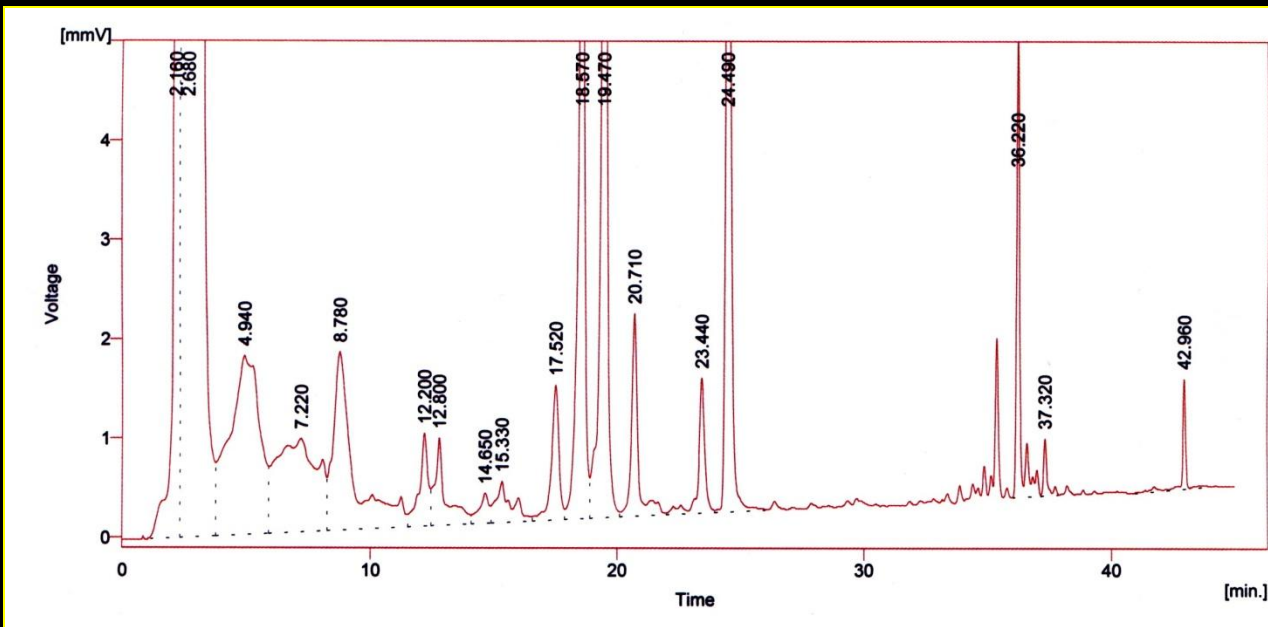
# DETEKCE PRODUKTŮ DEGRADACE

Petr Soudek - Fytoremediace II.

**β-RAM**



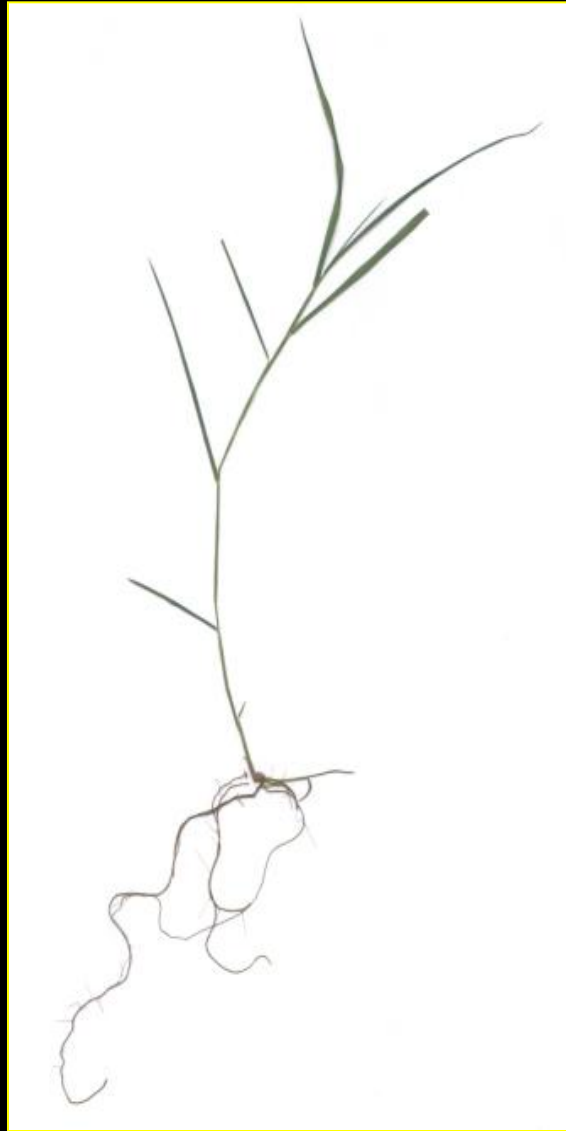
**UV/VIS**



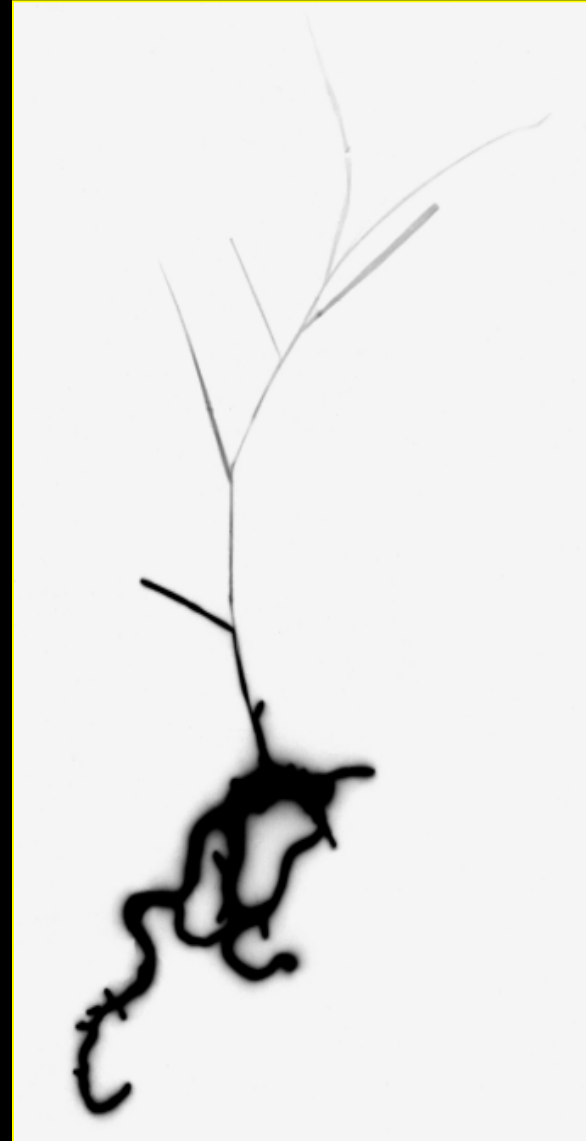


# DISTRIBUCE AKTIVITY

Vylisovaná rostlina

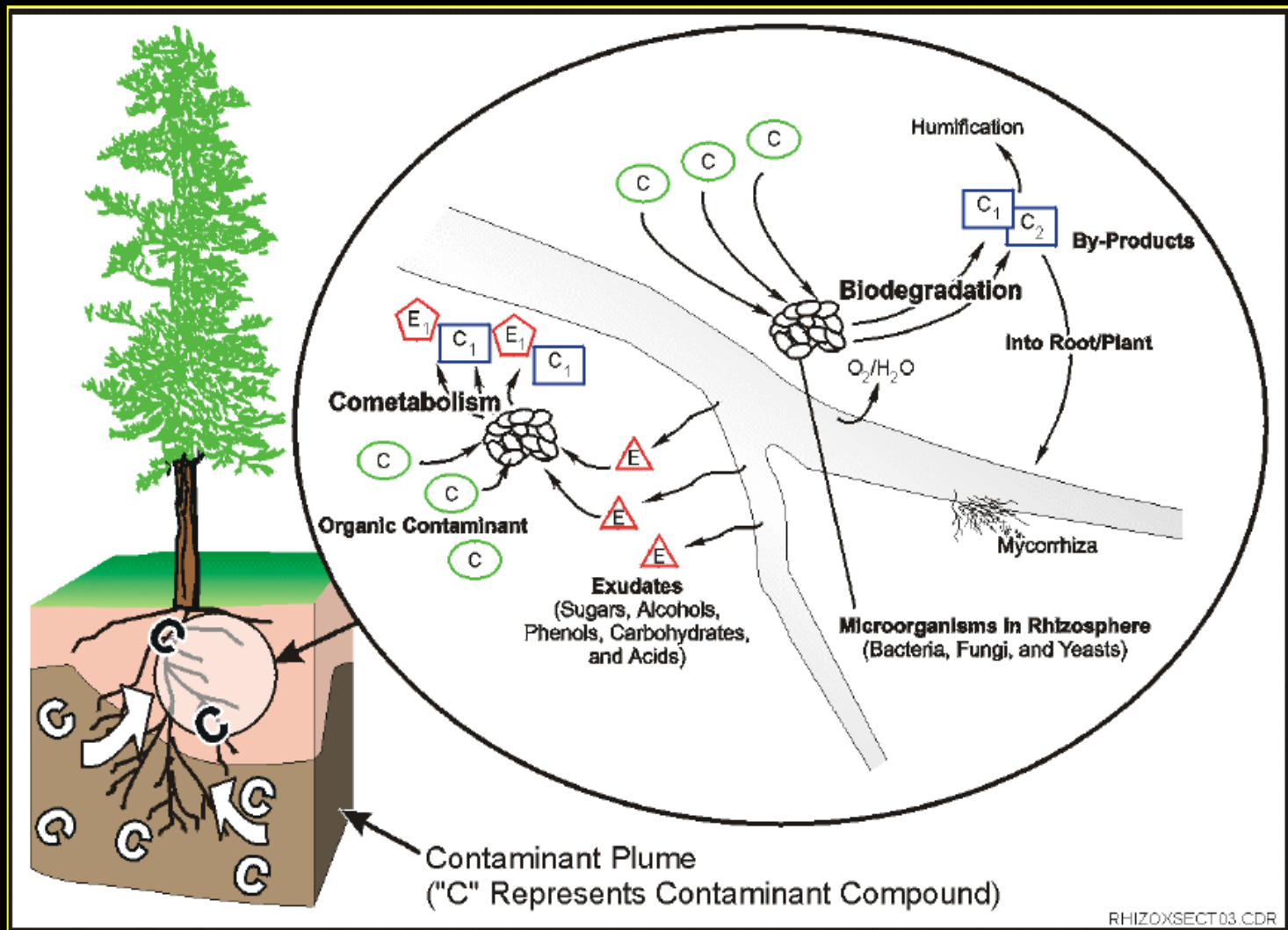


Autoradiogram



# TYPY FYTOREMEDIACE

## Rhizodegradace organických látek



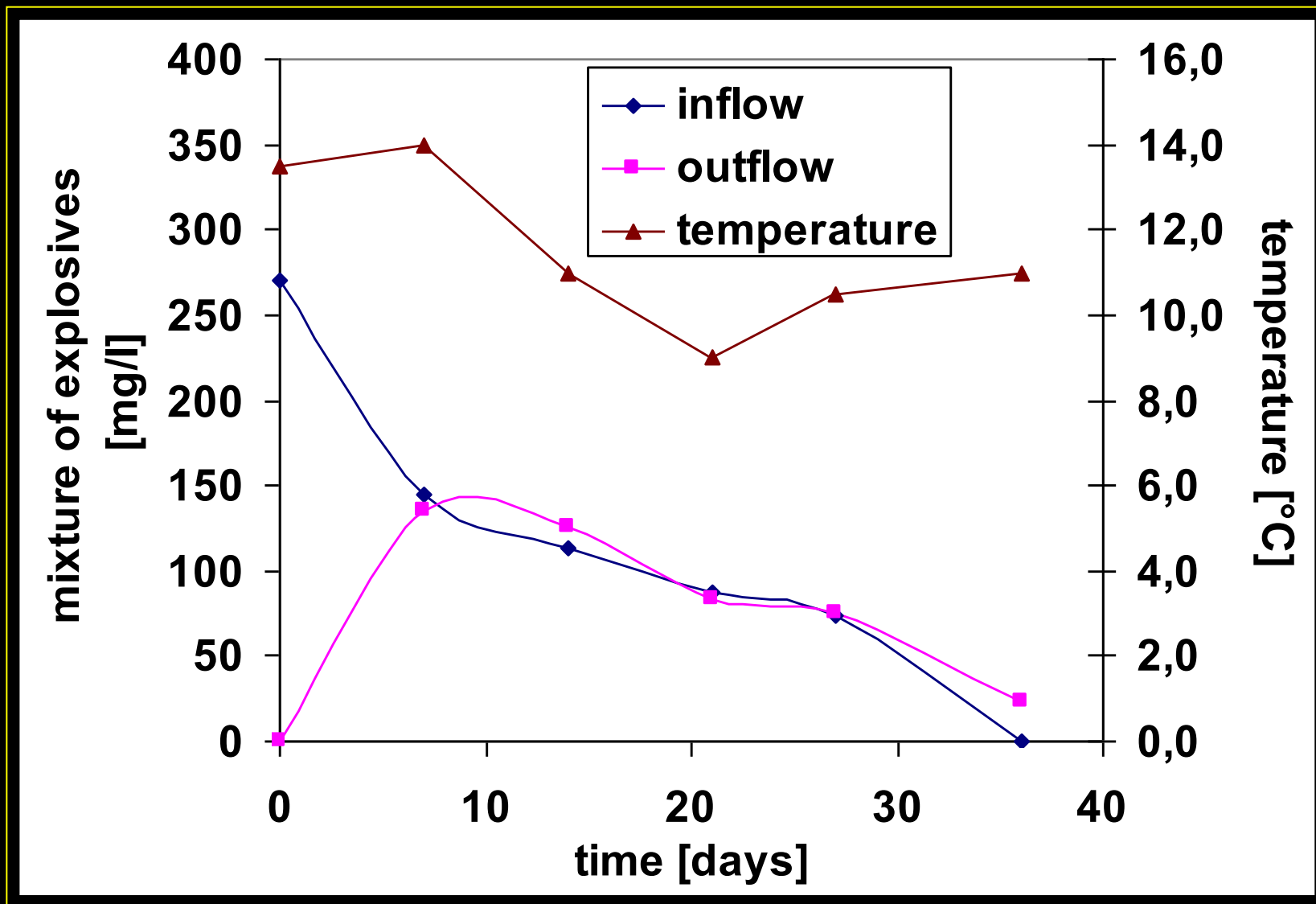


# PILOTNÍ UMĚLÝ MOKŘAD

Petr Soudek - Fytoremediace II.



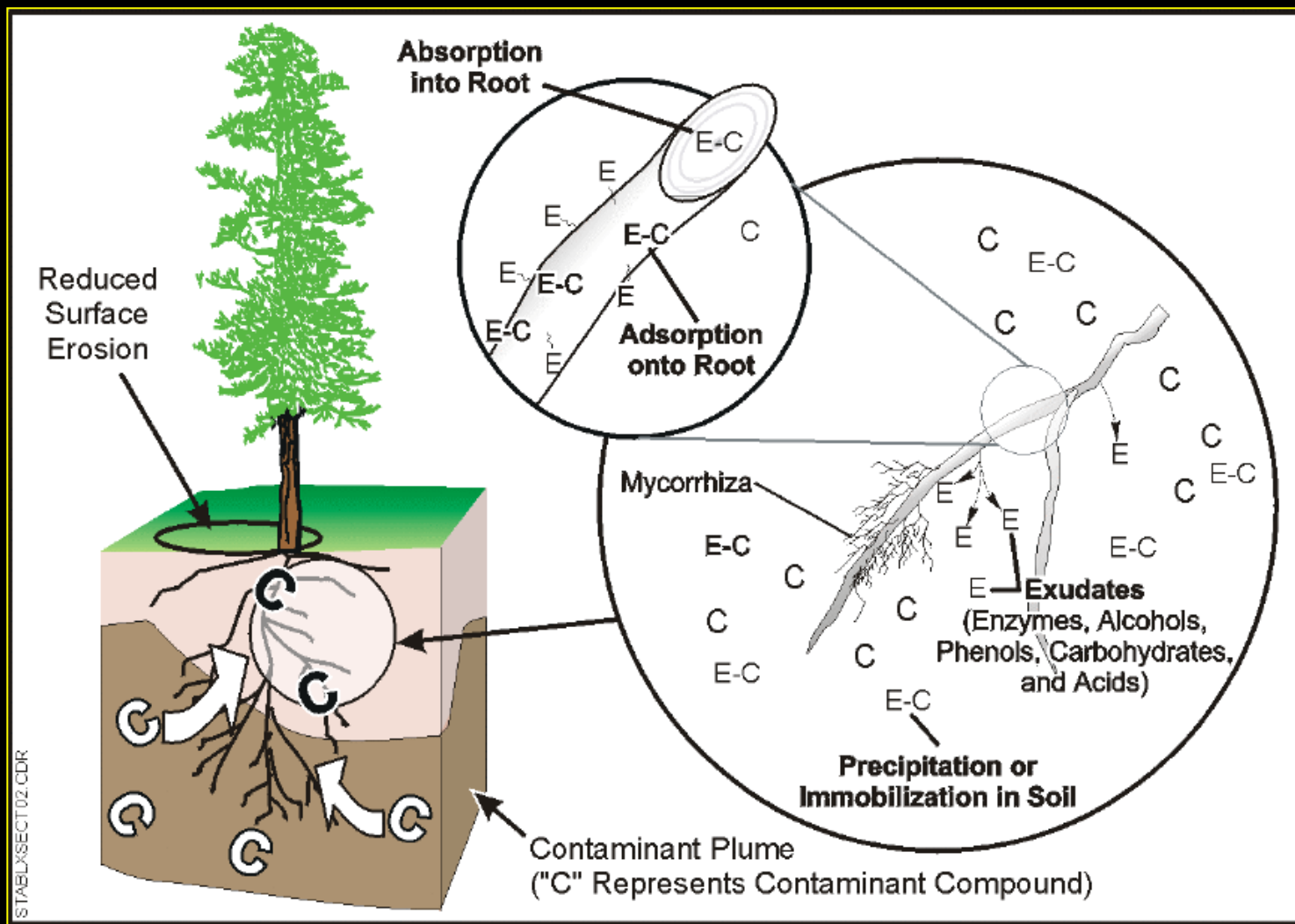
# DEGRADACE EXPLOSIV V ODPADNÍ VODĚ





# TYPY FYTOREMEDIACE

Fytostabilizace anorganických (nebo organických) látek





# BIOMONITORING REKULTIVOVANÉ HALDY



Testování možného transportu radionuklidů do pěstovaných technických plodin

Rostlinné druhy	[Bq <sup>226</sup> Ra/g]
<i>Linum usitatissimum</i> „Atalante“	0.00
<i>Linum usitatissimum</i> „Jitka“	0.00
<i>Helianthus annuus</i>	0.00
<i>Zea mays</i>	0.00
<i>Cannabis sativa</i> „Beniko“	0.00
<i>Cannabis sativa</i> „Juso-11“	0.00
<i>Cannabis sativa</i> „Silesia“	0.00





# FYTOSTABILIZACE KONTAMINOVANÉ PLOCHY V PŘÍBRAMI



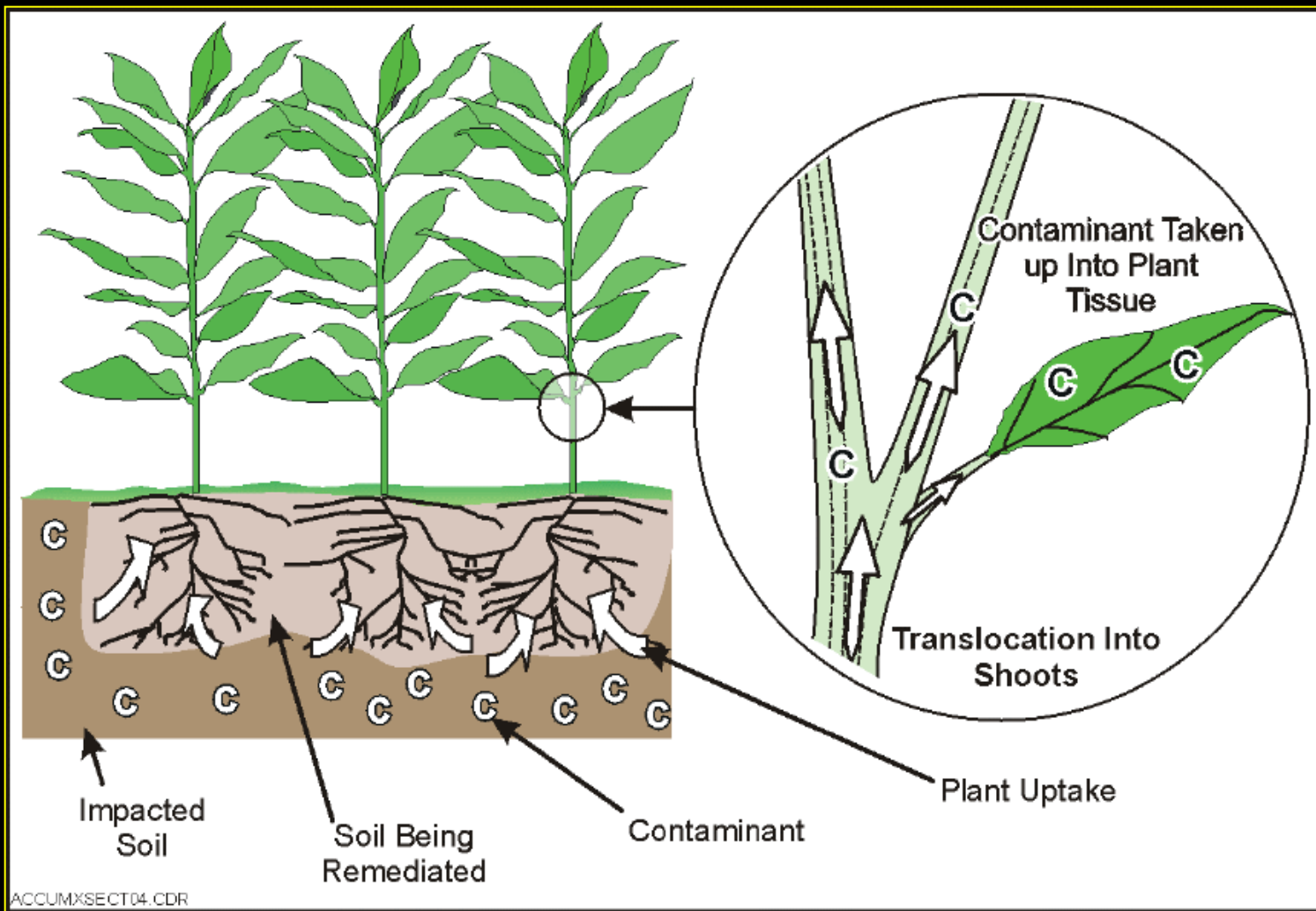
Petr Soudek - Fytoremediace II.



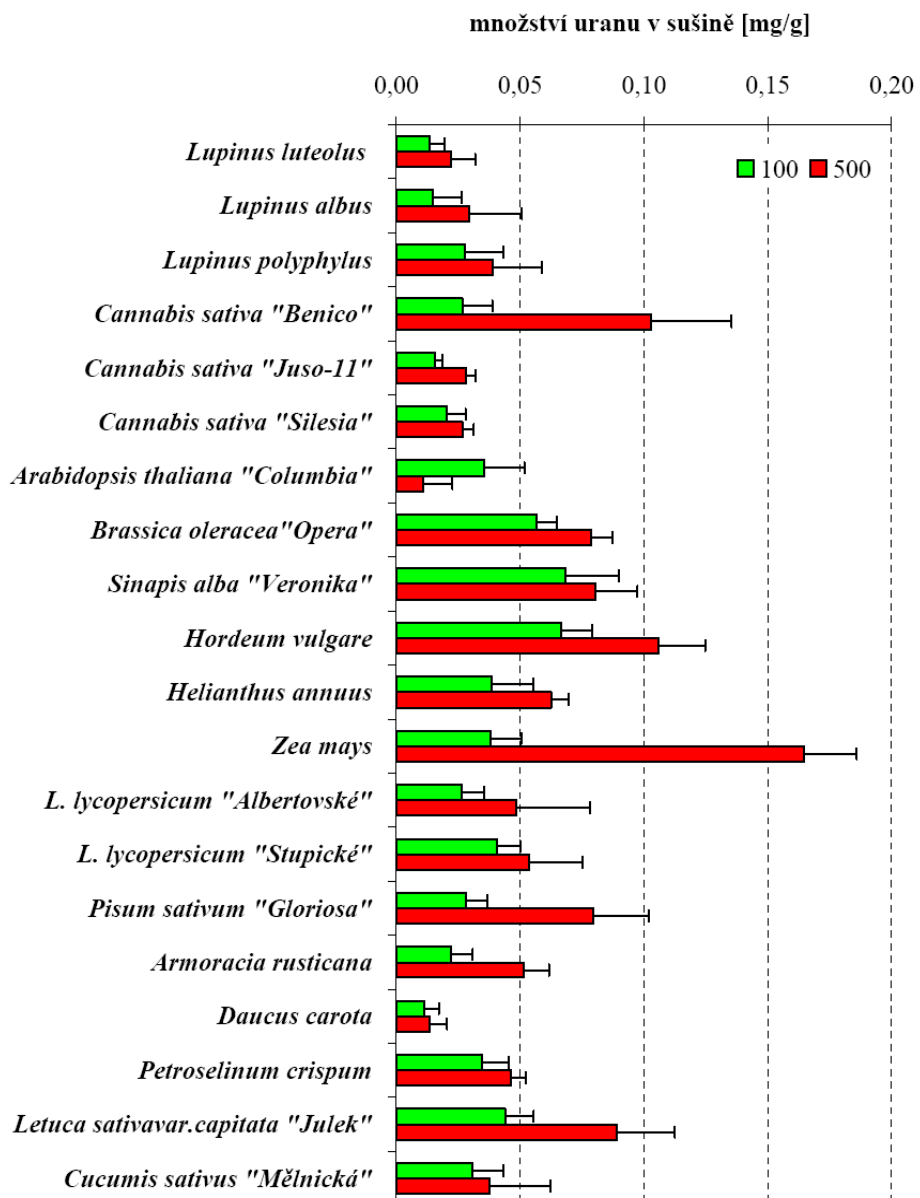


# TYPY FYTOREMEDIACE

## Fytoakumulace anorganických látek



# AKUMULACE URANU



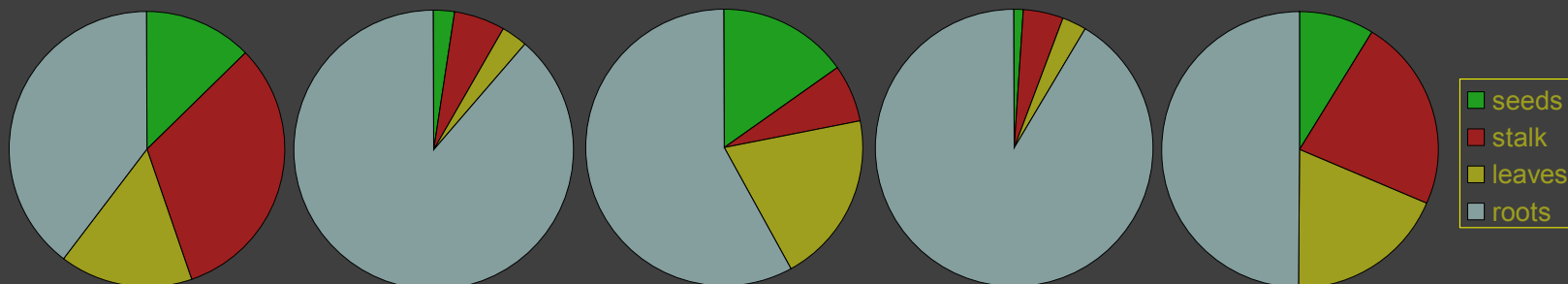
# POLNÍ EXPERIMENT (Kaňk, Kutná Hora)





# DISTRIBUCE KOVŮ V RŮZNÝCH ČÁSTECH SLUNEČNICE a KUKUŘICE

sunflower



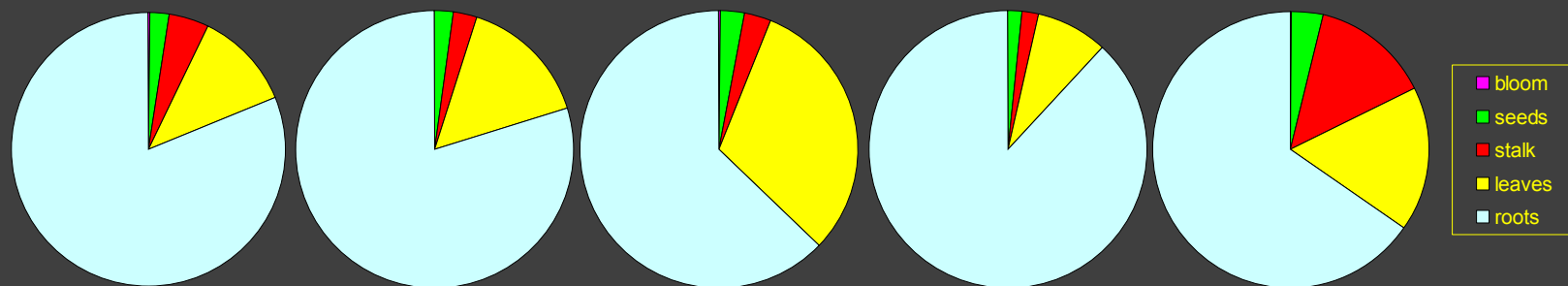
Cd

Cr

Cu

Pb

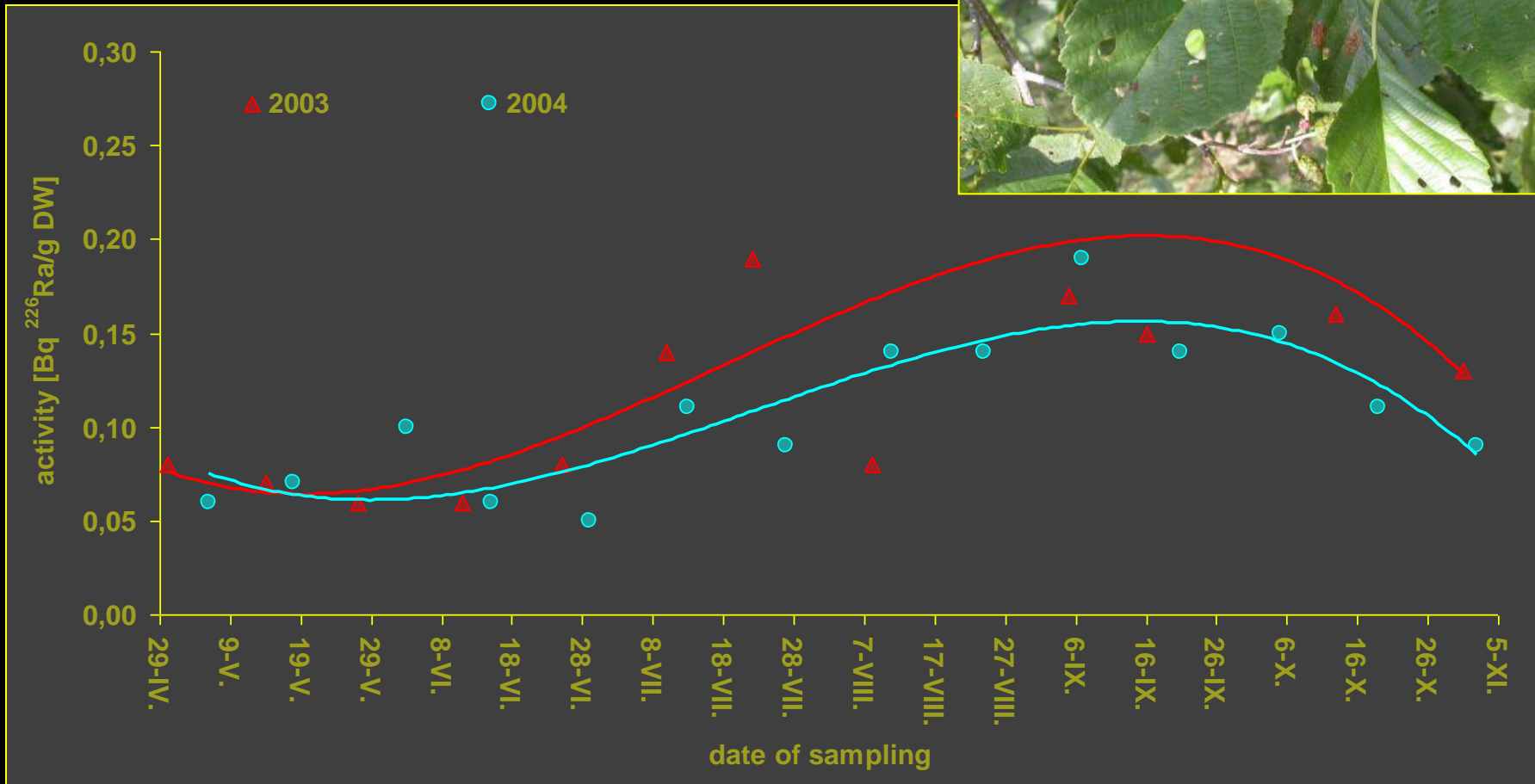
Zn



corn

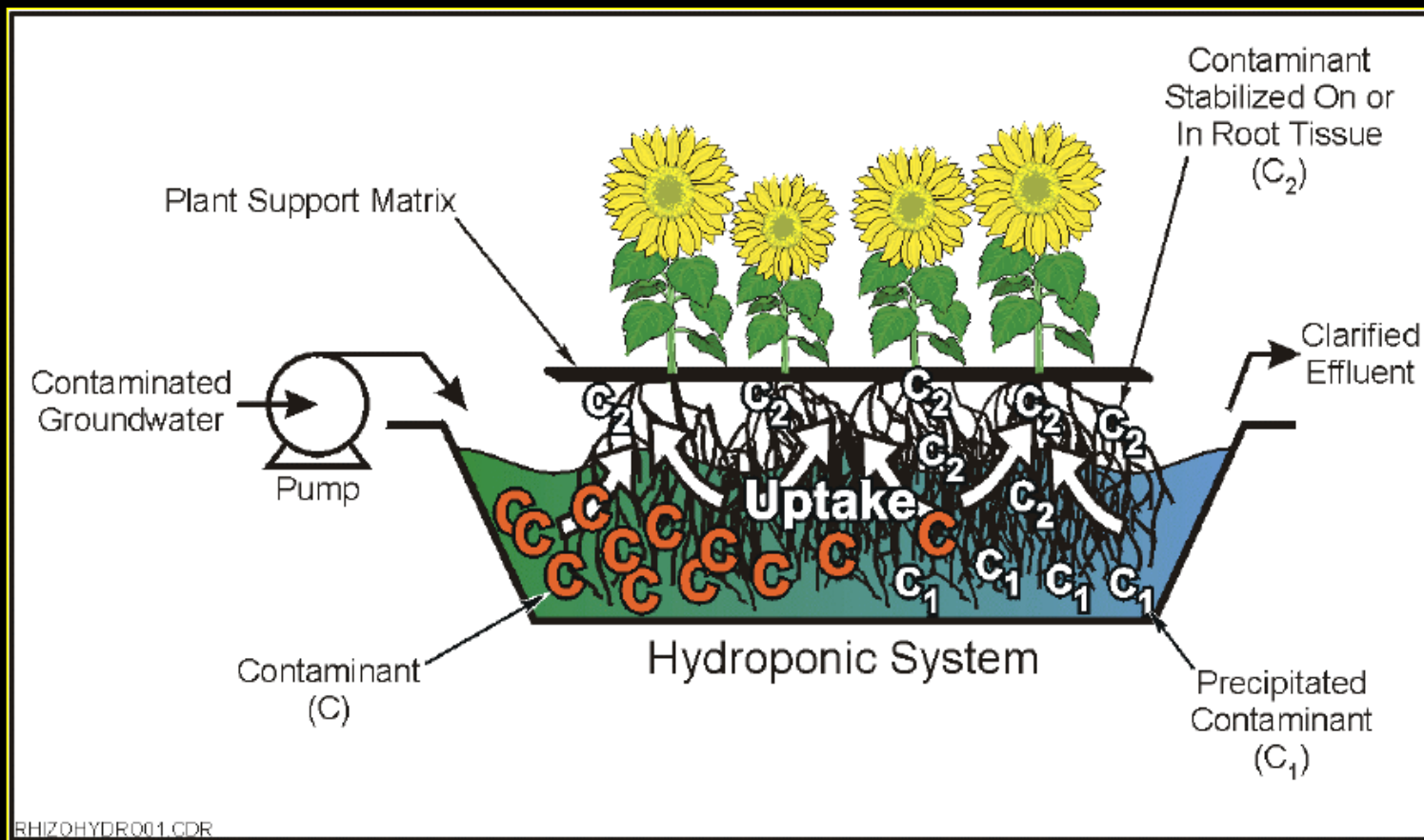
# TRANSFER RADIONUKLIDŮ

*Alnus glutinosa* - leaves



# TYPY FYTOREMEDIACE

## Rhizofiltrace anorganických látek





# PILOTNÍ UMĚLÝ MOKŘAD



*Typha latifolia*  
*Phragmites australis*  
*Carex buxbaumii*  
*Juncus inflexus*  
*Iris pseudacorus*





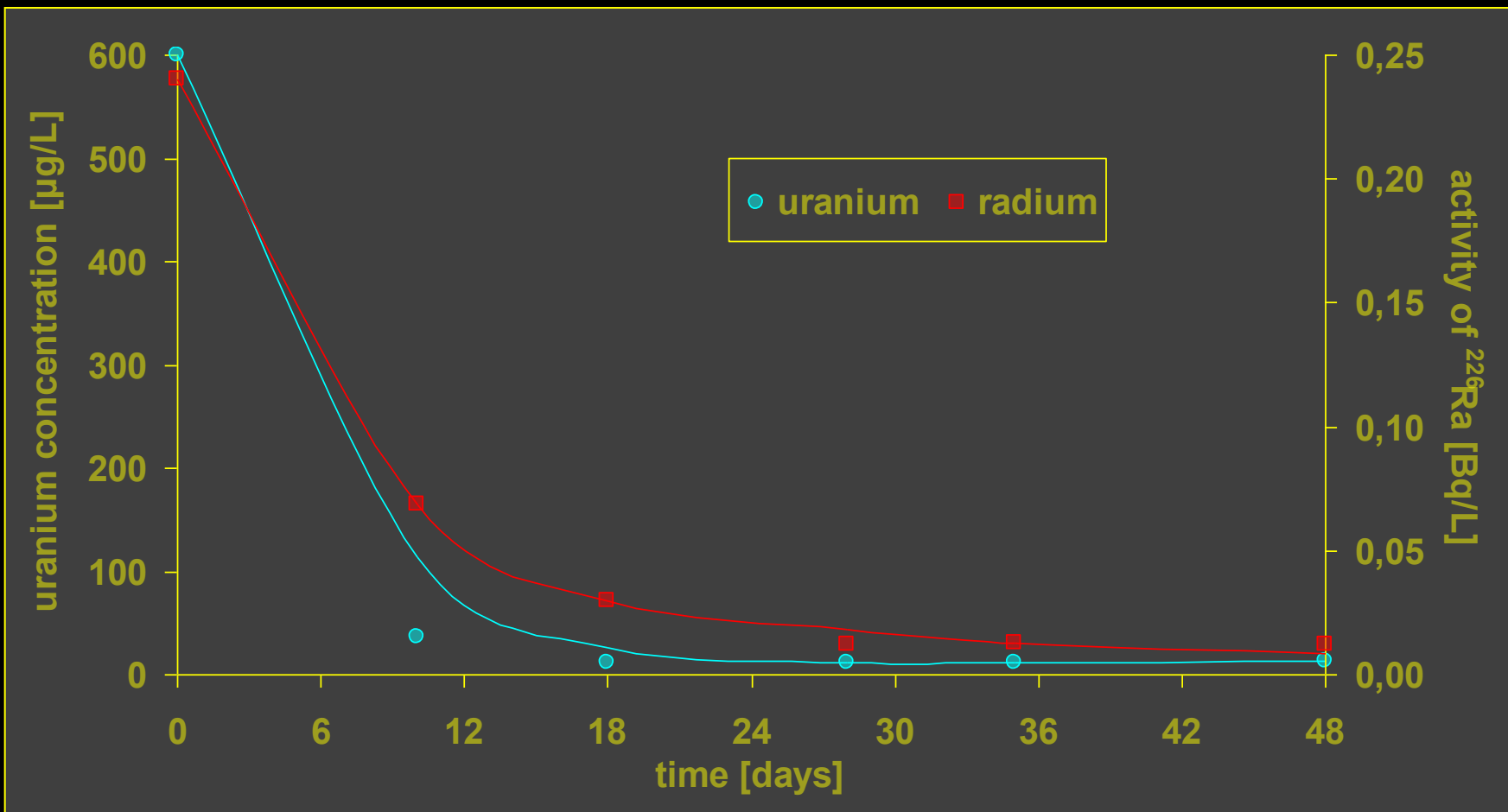
# KOŘENOVÝ SYSTÉM *TYPHY* ROSTOUCÍ V KONTEJNERECH





# AKUMULACE URANU A $^{226}\text{Ra}$

Petr Soudek - Fytoremediace II.



# AKUMULACE URANU V ROSTLINÁCH

Total 765 mg of U in drainage water

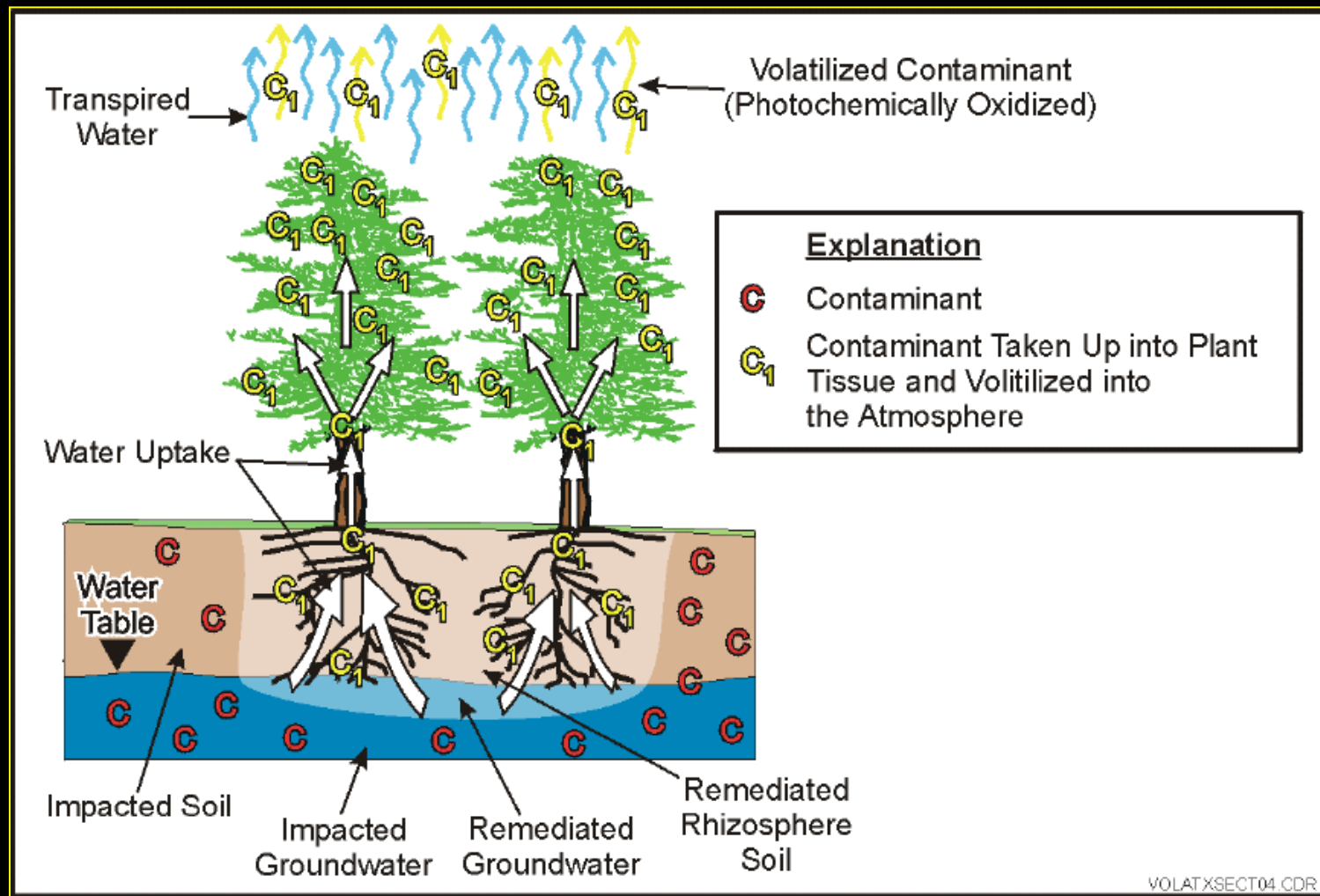
		biomass [kg]	concentration [mg/kg]	amount of U [mg]
<i>Phragmites australis</i>	upper parts	0.36	1.1	0.396
	roots + rhizome	1.33	4.1	5.453
<i>Typha latifolia</i>	upper parts	0.24	0.6	0.144
	roots + rhizome	0.54	9.0	4.860
total		2.47		10.853

Total 694 mg of U in sludge (98.5 %)

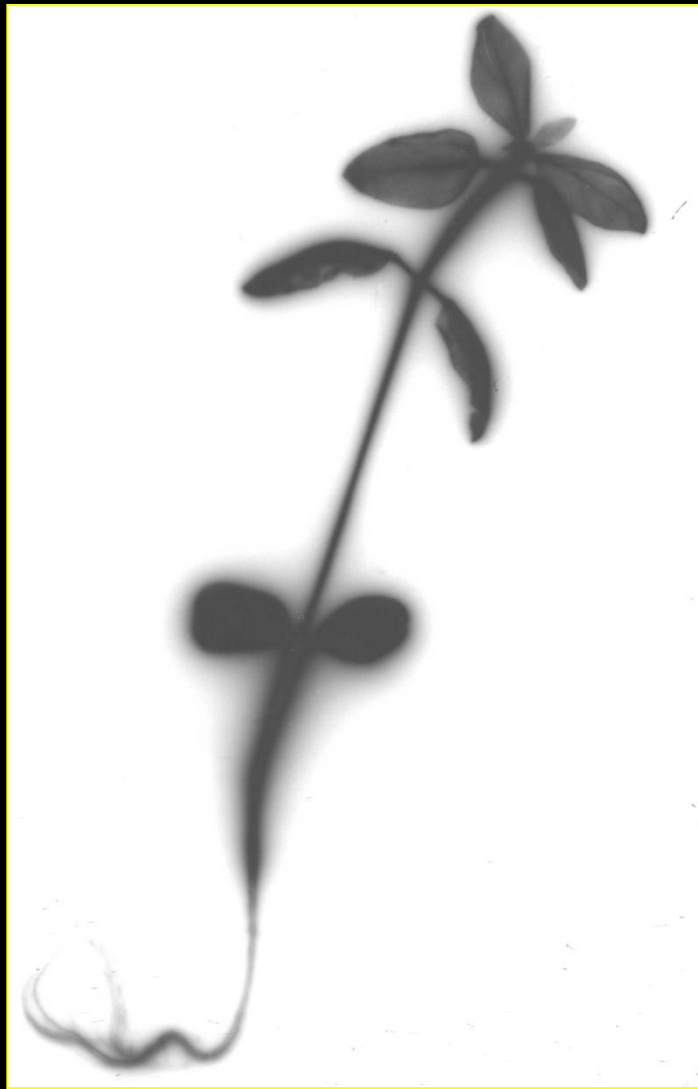


# TYPY FYTOREMEDIACE

## Fytovolatilizace organických (nebo anorganických) látek



# DISTRIBUCE $^{125}\text{I}$ VE SLUNEČNICI



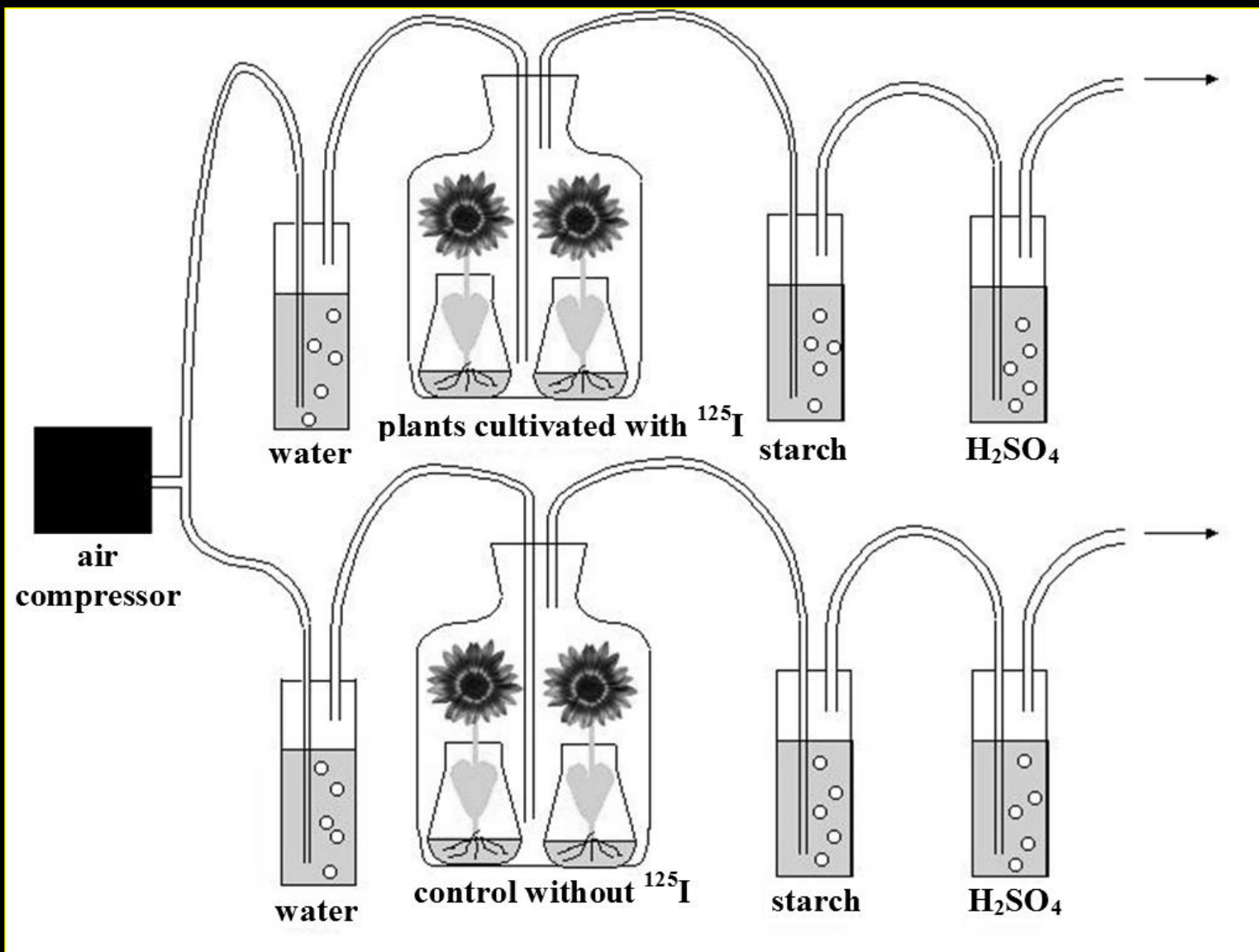
carrier  $^{125}\text{I}$



non-carrier  $^{125}\text{I}$



# SCHÉMA EXPERIMENTU





# FYTOVOLATILIZAČNÍ EXPERIMENT

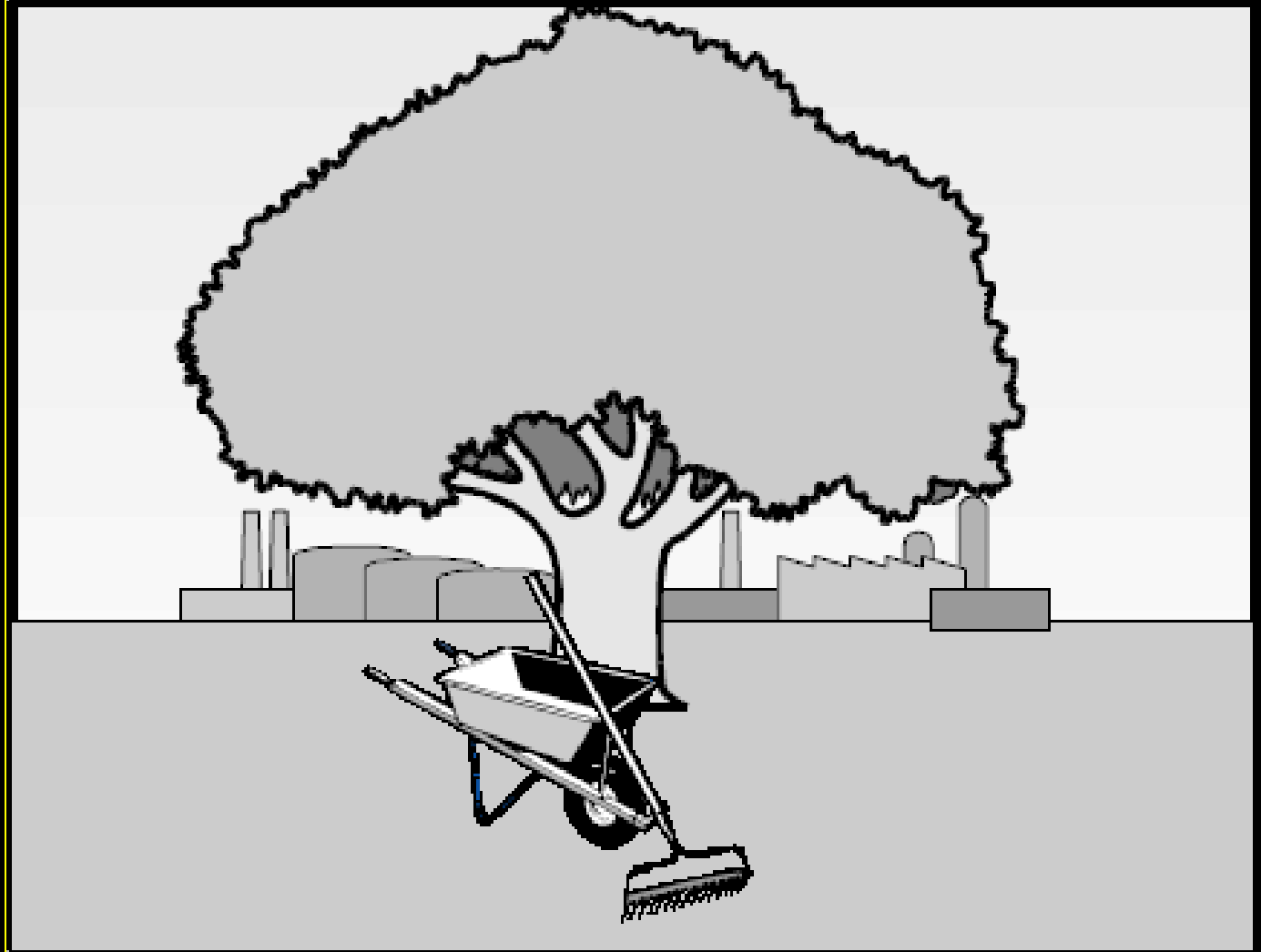
	čas [dny]					
	0	5	10	15	19	34
roztok škrobu	10.23	8.35	11.92	9.81	9.55	13.24
kyselina sírová	10.23	10.28	11.61	8.35	12.00	15.46
roztok škrobu (kontrola)	10.23	11.56	10.58	12.79	12.95	16.27
kyselina sírová (kontrola)	10.23	11.75	10.63	9.29	7.84	15.52

Časová závislost aktivity (Bq/mL) roztoku škrobu a kyseliny sírové v promývacím aparátu.



# VÝHODY FYTOREMEDIACE

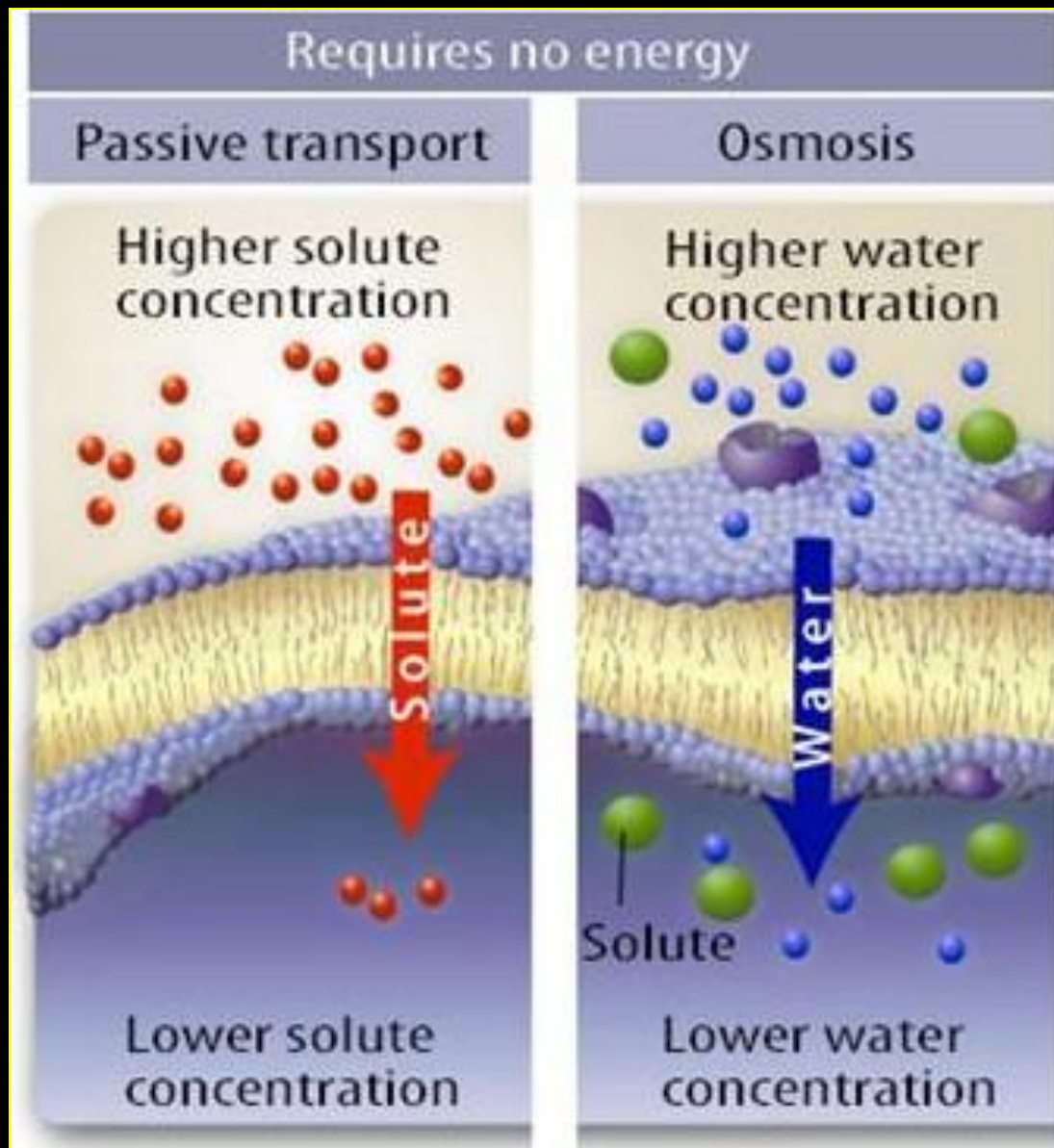
# IN SITU



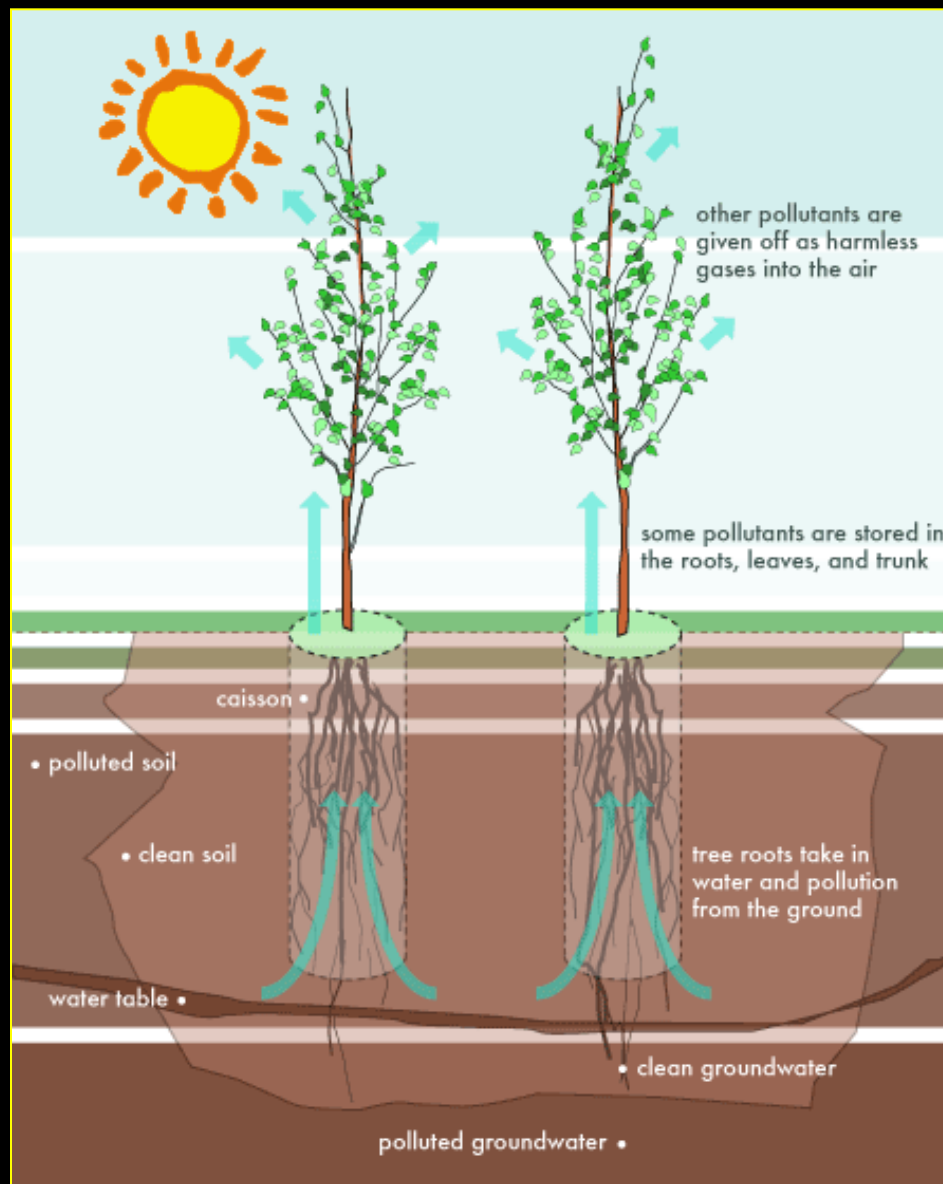


# PASIVNÍ

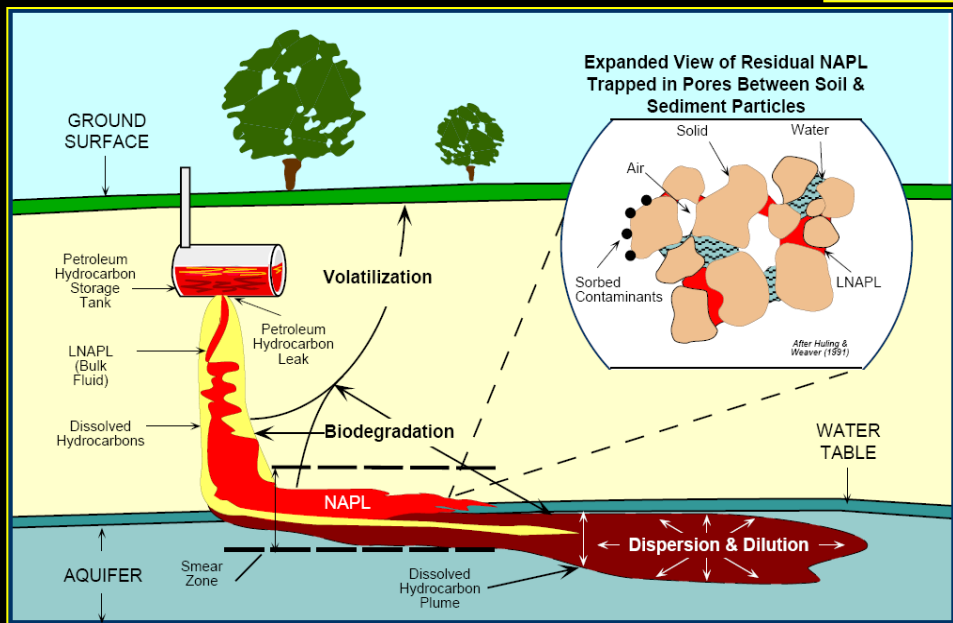
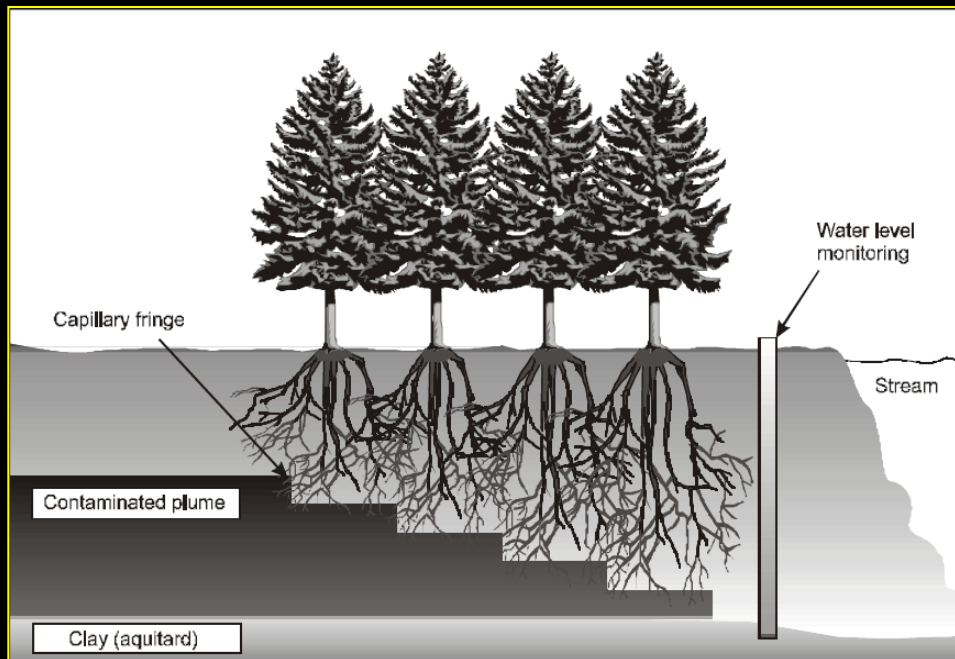
Fytoremediace je pasivní remediační technika na bázi přirozené schopnosti vegetace využívat živiny, které jsou transportovány vzlínáním z půdy a povrchové vody rostlinným kořenovým systémem.



# POHÁNĚNA SOLÁRNÍ ENERGIÍ



# RYCHLEJŠÍ NEŽ PŘÍRODNÍ ATENUACE

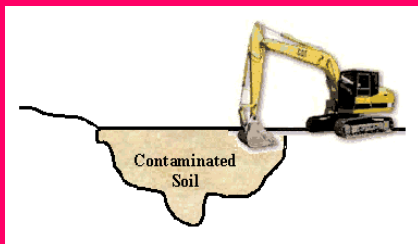




# SNÍŽENÍ VZDUŠNÝCH A VODNÍCH EMISÍ

## Porovnání množství odpadu (404.7 m<sup>2</sup>)

### Bagrování



30 000 tun

### Fytoextrakce

Biomasa

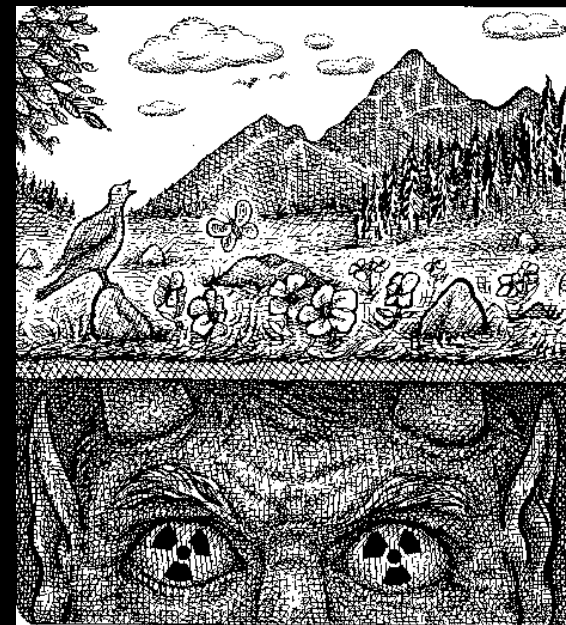


1 200 tun

Popel



120 tun

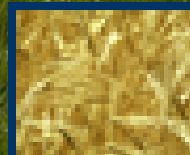


# PŮDA ZŮSTÁVÁ NA MÍSTĚ



Len (Česká Republika)	EUR / ha
EU bonus na zpracování	364
Dotace na pěstování	243
Semena	117
Stonky na vlákno	749
Obdělávání půdy a sklizeň	-625
Semena pro výsev	-125
Zisk	723

European leaders agreed in March 2007 to have 20% of their overall energy needs covered by renewables such as biomass, hydro, wind and solar by 2020.



**BIOMASS**



# KOMPATIBILNÍ S KLASICKÝMI TECHNOLOGIEMI

## Kompatibilní technologie

- **Vymývání půdy/mechanická separace**
- **Vybagrování - ex situ zpracování**
- **Elektrokinetika**
- **Stabilizace**



# FINANČNÍ VÝHODNOST

Finanční výhodnost fytořemediace (rhizosférové bioremediace) půdy s využitím hustě kořenících travin v porovnání jinými technikami (E. Drake, Exxon, Anandale, NJ)

Typ ošetření	Rozpětí ceny \$/tunu
Fytořemediace	10-35
In situ bioremediace	50-150
Půdní venting	20-220
Nepřímé termické	120-300
Promývání půdy	80-200
Solidifikace/stabilizace	240-340
Extrakce rozpouštědly	360-440
Spalování	200-1500



# VYSOCE AKCEPTOVATELNÉ VEŘEJNOSTÍ



# NEVÝHODY FYTOREMEDIACE





# NÍZKÁ TOLERANCE ROSTLIN

## Ekotoxikologické testy



# NÍZKÝ TRANSPORT KONTAMINANTŮ Z KOŘENŮ DO NADZEMNÍ ČÁSTI



*Lupinus albus* - akumulace nuklidů  $^{210}\text{Pb}$  a  $^{109}\text{Cd}$



# MALÉ ROZMĚRY ROSTLIN VHODNÝCH K REMEDIACI



*Thlaspi rotundifolium*  
8 200  $\mu\text{g Pb/g DW}$



*Thlaspi alpinum*  
31000  $\mu\text{g Ni/g DW}$

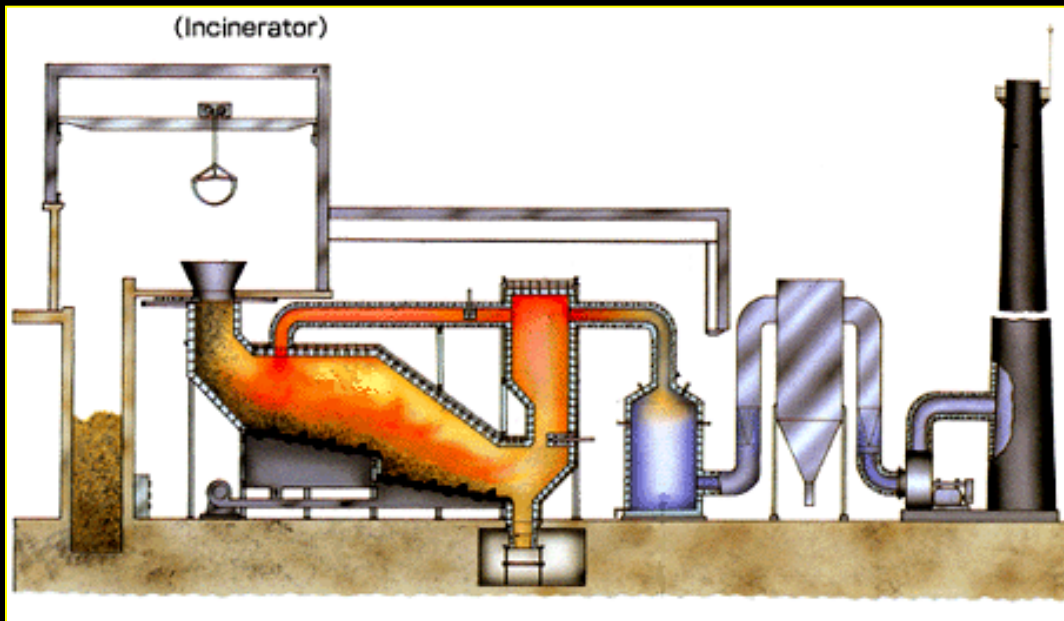


*Thlaspi calaminare*  
39600  $\mu\text{g Zn/g DW}$



*Thlaspi caerulescens*  
1800  $\mu\text{g Cd/g DW}$

# NAKLÁDÁNÍ S KONTAMINOVANÝM ROSTLINNÝM ODPADEM



Spalování



Kompostování



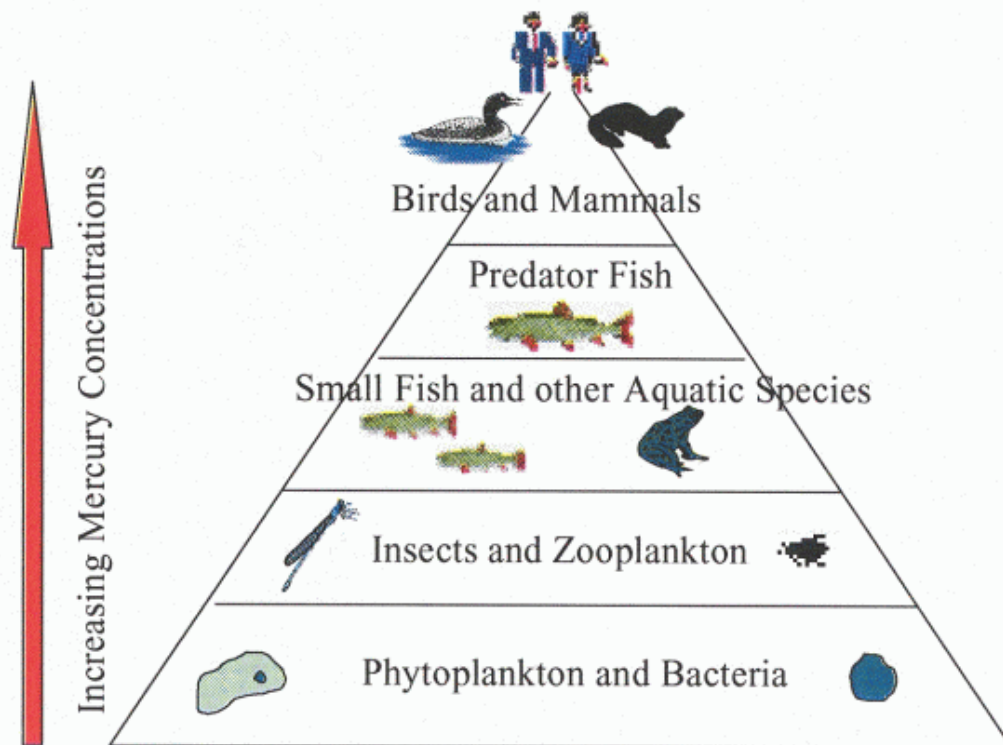


# NEOBEZNÁMENOST ÚŘEDNÍKŮ S TECHNOLOGIÍ



- Je možno vyčistit kontaminovanou plochu na požadovaný limit ?
- Za jakou dobu ?
- Nevznikají nějaké toxické meziproducty nebo producty ?
- Je to finančně výhodnější než alternativní metody ?
- Je metoda přijatelná pro veřejnost ?

# NEBEZPEČÍ KONTAMINACE POTRAVNÍHO ŘETĚZCE



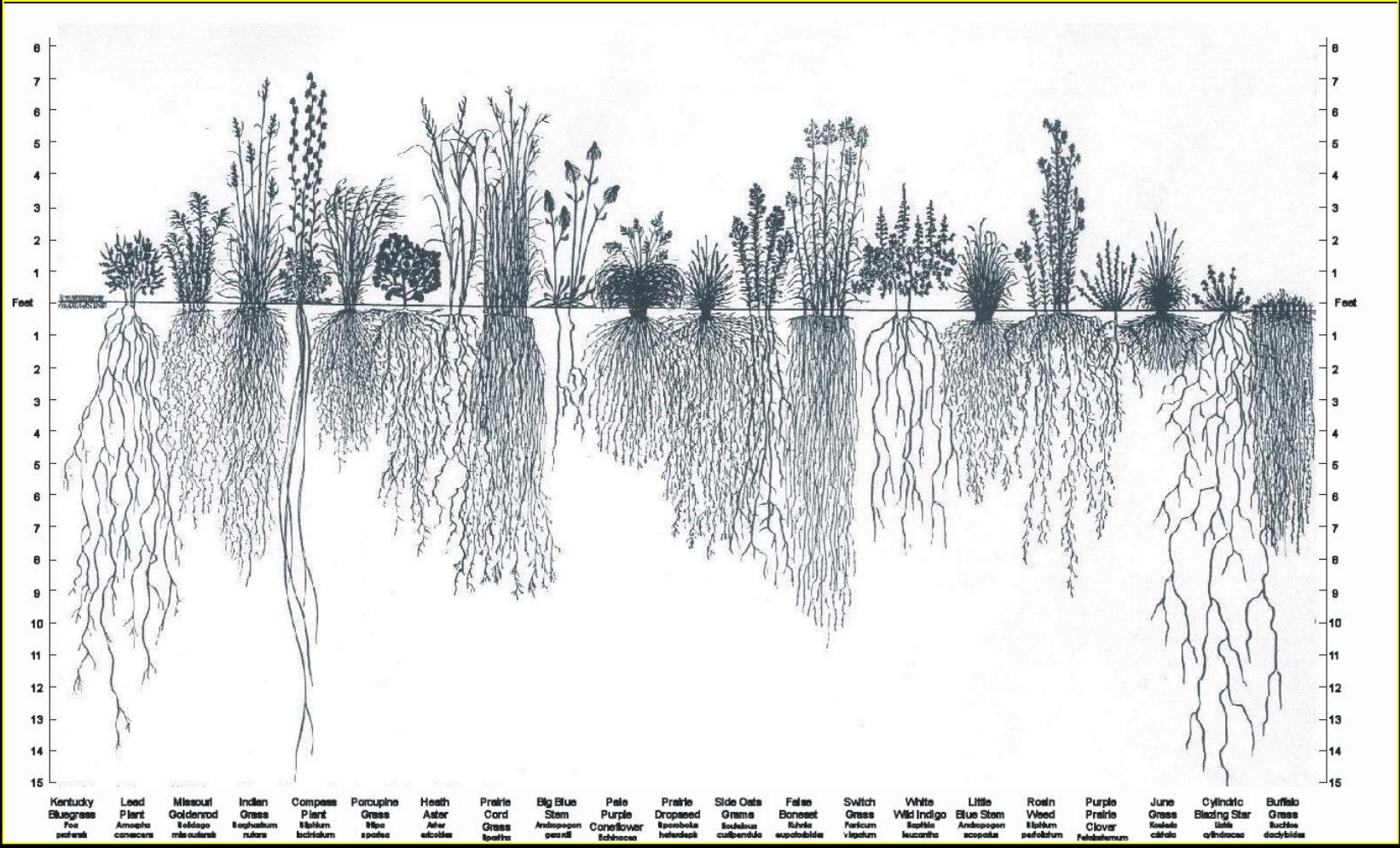
**Figure 1. Accumulation of mercury in the food chain.**

(Reprinted from Clean the Rain, Clean the Lakes: National Wildlife Federation, 2000)

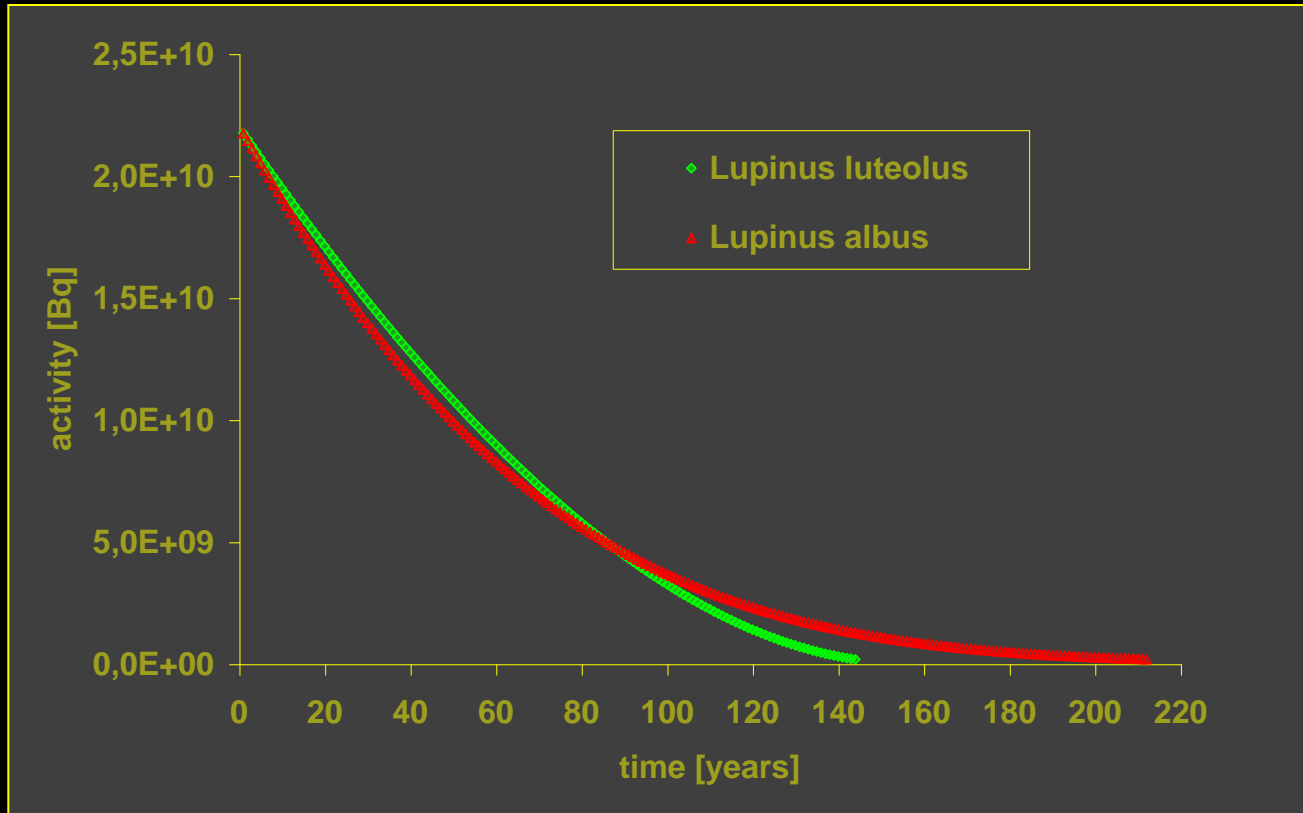


# KONTAMINANTY POD DOSAHEM KOŘENOVÉ ZÓNY

Petr Soudek - Fytoremediace II.



# DLOUHODOBÝ PROCES



# KONTAMINANT JE V BIOLOGICKY NEDOSTUPNÉ FORMĚ

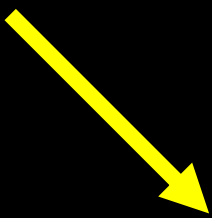
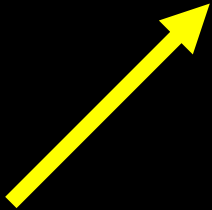




# CHYBÍ ROSTLINY VHODNÉ PRO REMEDIACI



Rostliny pro  
remediaci



*Thlaspi calaminare*



*Helianthus annuus*

