

# METODY REKULTYWACJI GLEB ZDEGRADOWANYCH I ZDEWASTOWANYCH



Anna KARCZEWSKA

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu  
Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska,

Konferencja - Polanica Zdrój - 28-29 lutego 2008

## W referacie:

- Próba określenia potrzeb oraz metod rekultywacji gleb zdegradowanych i zdewastowanych
- zwłaszcza na terenie Dolnego Śląska,
  - ze szczególnym uwzględnieniem gleb użytkowanych rolniczo

# Degradacja i dewastacja gleb

*wg Ustawy o ochronie gruntów ornych i leśnych z 1995 r:*

- **Degradacja** gleb jest to pogorszenie ich właściwości chemicznych, fizycznych i biologicznych oraz spadek ich aktywności biologicznej, co powoduje zmniejszenie ilości oraz jakości pozyskiwanej biomasy roślin. Całkowitą utratę wartości użytkowych gleb nazywamy **dewastacją**.
- - **gleby (grunty) zdegradowane** = takie, których wartość użytkowa zmalała wskutek pogarszania się warunków przyrodniczych lub wskutek zmian środowiska oraz działalności przemysłowej, a także wadliwej działalności rolniczej
- - **gleby (grunty) zdewastowane** = grunty, które całkowicie utraciły wartości użytkowe wskutek działania tych przyczyn

## Zasadniczo:

- Tereny, na których występuje problem poważnej degradacji bądź dewastacji gleb, w większości pozostają **poza obszarem rolniczej przestrzeni produkcyjnej**
  - zostały wycofane z rolniczego użytkowania
  - nie planuje się ich przywrócenia dla rolnictwa
- Chociaż:
- Według klasycznej koncepcji rekultywacji gleb zdegradowanych, wg Skawiny (lata 60. i 70.) **preferowano zagospodarowanie rolnicze gruntów najlepszych**
  - Np. zwałowiska wewnętrzne KWB Konin

**Profil gleby  
wytworzonej na  
zwałowisku  
wewnętrznym KWB w  
rejonie Konina**

**(zagospodarowanie w  
kierunku rolnym –  
grunt orny)**

***fot.  
I. Znamiorska-Karaś***



Zatem:

- Problemy degradacji bądź dewastacji gleb dotyczą jednak – w różnym stopniu - m.in. obszaru rolniczej przestrzeni produkcyjnej

# Główne mechanizmy zagrożenia gleb

– według Strategii Tematycznej Ochrony Gleb (2002)

1. Erozja
2. Spadek zawartości materii organicznej
3. Skażenie gleby
  - 3.1. Lokalne skażenie gleby
  - 3.2. Rozproszone skażenie gleby
4. Zasklepanie gleby
5. Zagęszczanie gleby
6. Spadek różnorodności biologicznej
7. Zasolenie
8. Powodzie i osuwiska ziemi.

## Na obszarach użytków rolnych

- Główne problemy to:
  - erozja
  - ubytek substancji organicznej.
- Lokalnie na glebach użytkowanych rolniczo występuje problem **zanieczyszczenia** (ze źródeł lokalnych lub rozproszonych).
- Ponadto na terenie Dolnego Śląska zlokalizowane są liczne obiekty **eksploatacji surowców skalnych**, których działalność prowadzi do dewastacji gleb, jednak po rekultywacji gleby te mogą być przywrócone od użytkowania rolniczego.



1.

Problem  
gleb zanieczyszczonych

# Ochrona gleb (ochrona powierzchni ziemi) w świetle **ustawy Prawo ochrony środowiska**

Art.. 101

Ochrona powierzchni ziemi polega na:

- 1) **zapewnieniu jak najlepszej jej jakości**, w szczególności przez:
  - a) racjonalne gospodarowanie,
  - b) zachowanie wartości przyrodniczych,
  - c) zachowanie możliwości produkcyjnego wykorzystania,
  - d) ograniczanie zmian naturalnego ukształtowania,
  - e) **utrzymanie jakości gleby i ziemi powyżej lub co najmniej na poziomie wymaganych standardów**,
  - f) **doprowadzenie jakości gleby i ziemi co najmniej do wymaganych standardów, jeżeli nie są one dotrzymane**,
  - g) zachowanie wartości kulturowych, z uwzględnieniem zabytków archeologicznych;
- 2) zapobieganiu ruchom masowym ziemi i ich skutkom.

## Elementy ochrony gleb (naprawy szkód w środowisku) - w świetle ustawy o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie (2007)

- **Działania naprawcze** = wszelkie działania, w tym działania ograniczające lub tymczasowe, podejmowane w celu:
  - naprawy lub zastąpienia w równoważny sposób elementów przyrodniczych lub ich funkcji, które uległy szkodzie,
  - **w szczególności oczyszczanie gleby i wody,**
  - **przywracanie naturalnego ukształtowania terenu,**
  - zalesianie, zadrzewianie lub tworzenie skupień roślinności,
  - reintrodukcję zniszczonych gatunków,
  - prowadzące do usunięcia zagrożenia dla zdrowia ludzi oraz przywracania równowagi przyrodniczej i walorów krajobrazowych na danym terenie;
- naprawa elementów przyrodniczych – obejmuje również **naturalną regenerację.**

## Uwaga dotycząca ustawy o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie (2007)

- Art. 4.
- Przepisów ustawy nie stosuje się:
  - 1) jeżeli od emisji lub zdarzenia, które spowodowały bezpośrednie zagrożenie szkodą w środowisku lub szkodę w środowisku, **upłynęło więcej niż 30 lat**
  - 2) ....
- Zatem: nie przewidziano procedur postępowania dla takich obiektów
- Zasad „rekultywacji” („naprawy”) **nie określa już** Prawo ochrony środowiska, a ustawa o zapobieganiu szkodom... - ich **nie dotyczy**

Ogólnie – dla gleb zanieczyszczonych:

Dopuszczalne zawartości zanieczyszczeń w glebach regulują standardy jakości gleb i ziem

### **Rozporządzenie Ministra Środowiska**

**z 9 września 2002**

(w/s standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi)

- Uwzględnia ok. 50 substancji, w tym metale ciężkie i różne zanieczyszczenia organiczne
- Wyodrębnia 3 kategorie szkodliwych obszarów : A, B, C
- Uwzględnia głębokość oraz przepuszczalność gruntu,
- **Nie bierze pod uwagę właściwości gleby - takich jak: odczyn, zawartość próchnicy, pojemność sorpcyjna**
- **te właściwości decydują o zagrożeniu ekologicznym !**

# Projekt Dyrektywy Glebowej

## Rozdział III

### Zanieczyszczenie gleby

#### SEKCJA PIERWSZA. ZAPOBIEGANIE I WYKAZ

#### *Artykuł 10*

#### *Wykaz miejsc zanieczyszczonych*

1. Państwa członkowskie, (...) identyfikują na swoim terytorium miejsca, w których stwierdzono **spowodowaną przez człowieka obecność substancji niebezpiecznych** w takim stężeniu, że w opinii państw członkowskich stanowi to **poważne zagrożenie dla środowiska lub zdrowia ludzi**, dalej zwane „miejscami zanieczyszczonymi”.

Zagrożenie jest oceniane przy uwzględnieniu obecnego lub przyszłego zatwierdzonego **przeznaczenia gruntów**.

# Projekt Dyrektywy Glebowej (c.d.)

## Rozdział III

### Zanieczyszczenie gleby

#### SEKCJA DRUGA. NAPRAWA

#### *Artykuł 13*

#### *Naprawa*

1. Państwa członkowskie dbają, aby zanieczyszczone miejsca wymienione w wykazie krajowym zostały poddane działaniom naprawczym.
2. **Naprawa** polega na działaniach dotyczących gleby, a mających na celu **usunięcie, kontrolowanie, ograniczenie substancji zanieczyszczających**, tak, aby zanieczyszczone miejsce, mając na uwadze jego obecne lub przyszłe zatwierdzone przeznaczenie, nie stanowiło zagrożenia dla środowiska lub zdrowia ludzi.

# Potrzeby rekultywacji terenów zanieczyszczonych chemicznie

- Tereny w zasięgu oddziaływania dawnych i aktualnych **emisji przemysłowych** (zwłaszcza **hutnictwa miedzi i składowisk odpadów poflotacyjnych**)
- Dawne poligony i bazy wojskowe (nie są to grunty rolne)
- Tereny w zasięgu oddziaływania innych obiektów oraz emisji rozproszonych
- Gleby **zanieczyszczone WWA** – w rejonach miast, tras komunikacyjnych i składowisk odpadów
- Tereny w zasięgu oddziaływania **dawnych** obiektów **przemysłowych i górniczych**, gdzie nie są spełnione standardy jakości gleb i ziem ... (cd.)



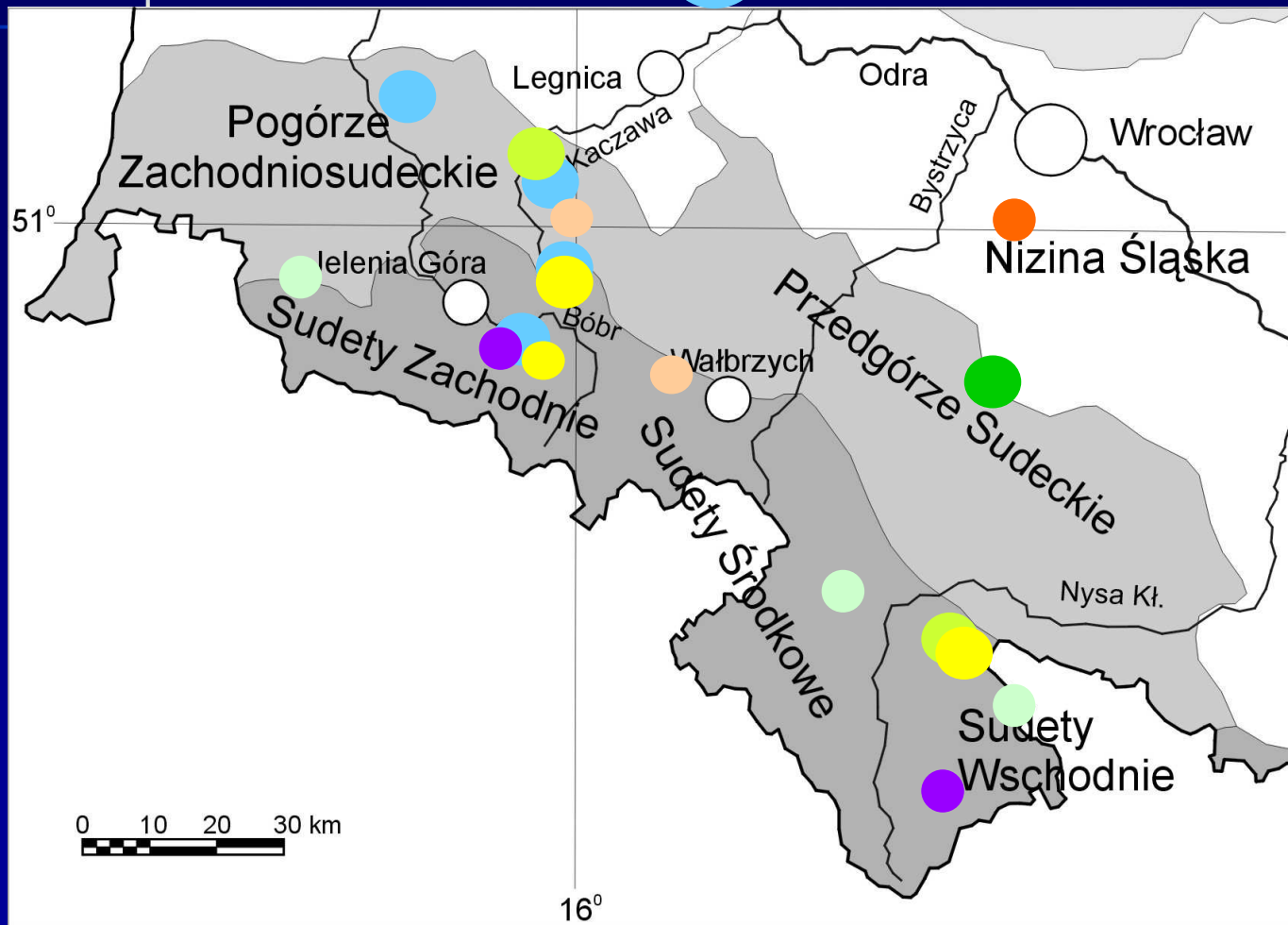
# Potrzeby rekultywacji terenów zanieczyszczonych chemicznie

- (c.d. ...)
- Tereny w zasięgu oddziaływania **dawnych obiektów przemysłowych i górniczych**, gdzie nie są spełnione standardy jakości gleb i ziem – wybrane przykłady:
  - Rejon Żeleźniaka
  - Rejon Złotego Stoku
  - Rejon Miedzianki
  - Dolina Bobrzycy
  - Pola irygacyjne – wrocławskie, inne

## Uwaga:

- W większości tych obiektów szkoda w środowisku (= zanieczyszczenie) miało miejsce **wcześniej niż przed 30 laty**

# Występowanie ważniejszych rud metali w Sudetach i na Przedgórzu Sudeckim



**Cu** LGOM  
Miedzianka  
Złotoryja  
Bolesławiec  
G.Kaczawskie

**Au** Złotoryja  
Złoty Stok

**As** Złoty Stok  
Żeleźniak  
Czarnów

**Ni** Szklary

**U** Kowary  
Miedzianka  
Kletno

**Cr** Radunia

**Ba** Boguszów G  
Stanisławów

**Ag, Pb, Sn, ...**

# Hałdy górnicze



W rejonie górnictwa rud na  
wzgórzu Żeleźniak  
(hałda przy szybie Luiza)



W Czarnowie (hałda „arsenowa”)



# Przykład 1

- Rejon Źeleźniaka k/Wojcieszowa

# Górnictwo w rejonie Żeleźniaka

- W średniowieczu – pozyskiwano rudy **żelaza**
- Rudy **miedzi i srebra** eksploatowano od XIV w. – najpierw odkrywko → potem podziemnie
- Produkcja **arsenu** – od **XVII w.** – rocznie 75 ton (XVIII w.)
- Huta arsenu - w Radzimowicach
- 1892 – wielki pożar wsi i huty
- Do 1925 r. kopalnie pracowały nadal → transport rudy do Złotego Stoku

# Przykład 1 pole orne Radzimowice



	profil IV	Pkt 48 (profil 6)		
Poziom	Ap	Ap	BbrC	C
Głęb. cm	5-15	0-25	25-70	>70
As, mg/kg	<b>8670</b>	<b>145</b>	<b>150</b>	<b>134</b>
Cu, mg/kg	181	35	32	28
Pb, mg/kg	<b>2920</b>	104	82	72
Zn, mg/kg	<b>2490</b>	141	124	98

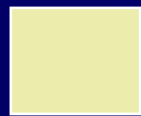


## Pochodzenie metali ciężkich (i arsenu) w glebach w rejonie dawnych ośrodków górniczych

- Naturalne (litogeniczne) wzbogacenie skał
- Rozplantowanie odpadów na powierzchni terenu
- Materiał z hałd przenoszony na tereny przyległe:
  - Transport mechaniczny
  - Ługowanie składników do wód
- Opad pyłów emitowanych do atmosfery z procesów przetwarzania rudy i wytopu w hucie
- **Wniosek: pochodzenie złożone:  
naturalne (litogeniczne) + antropogeniczne**



# Obszar badań i przekroczenia standardów jakości gleb w rejonie Żeleźniaka



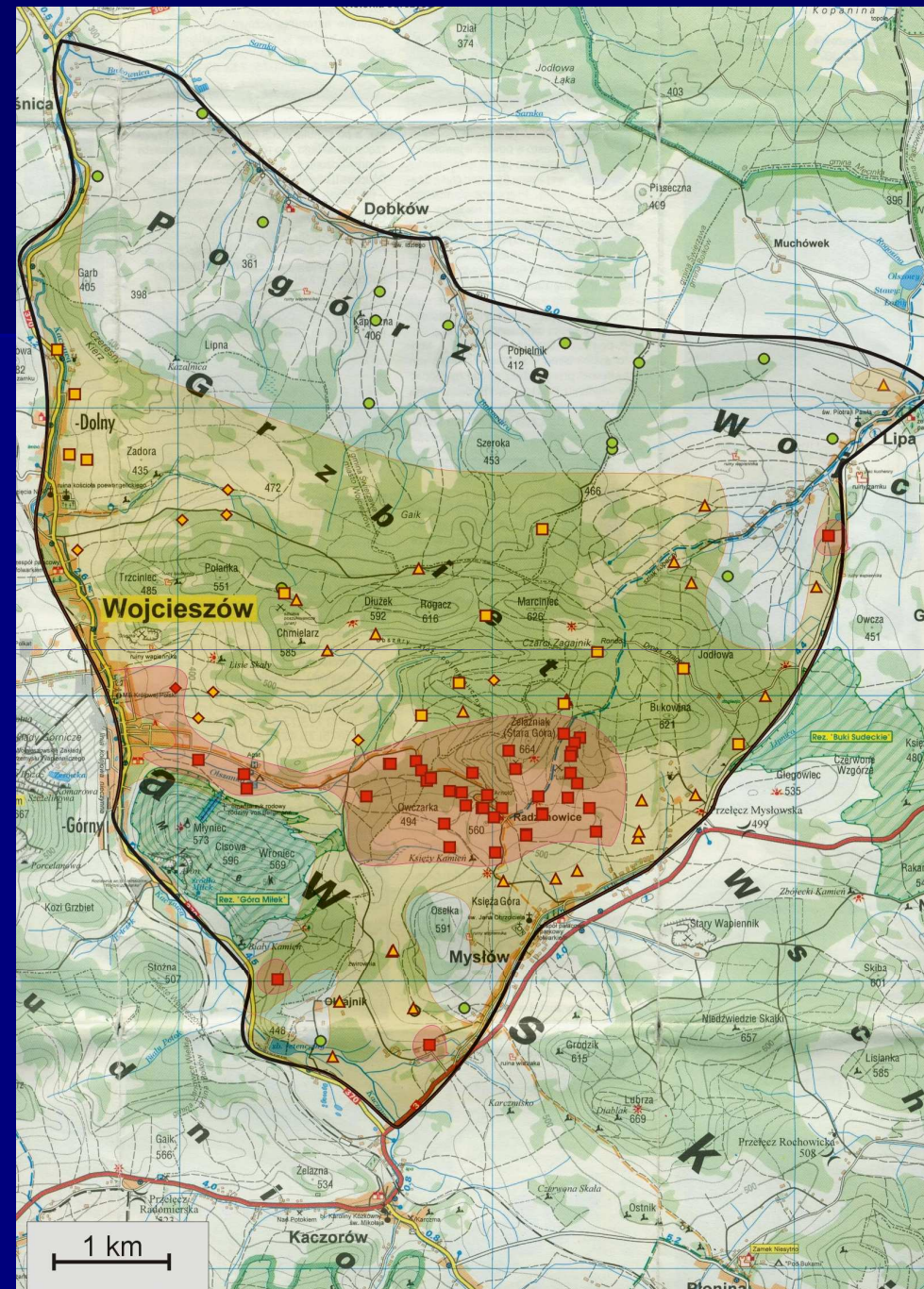
>20 mg/kg As



>60 mg/kg As

Standardy dla  
obszarów:

- A i B
- C



## Wstępne oszacowanie zagrożenia ekologicznego

- W badanych glebach As pozostaje zazwyczaj w formach trudno rozpuszczalnych, silnie związanych z tlenkami żelaza.
- Uruchamianie As - możliwe w skrajnie niekorzystnych warunkach
- Zagrożenie ekologiczne - wydaje się niewielkie.
- Czy istnieje zatem potrzeba rekultywacji
  - i jak to robić (?)



# Więcej o glebach rejonu Żeleźniaka – i ich zanieczyszczeniu ...

## Monografia

Karczewska A., Bogda A., Gałka B.,  
Krajewski J.:

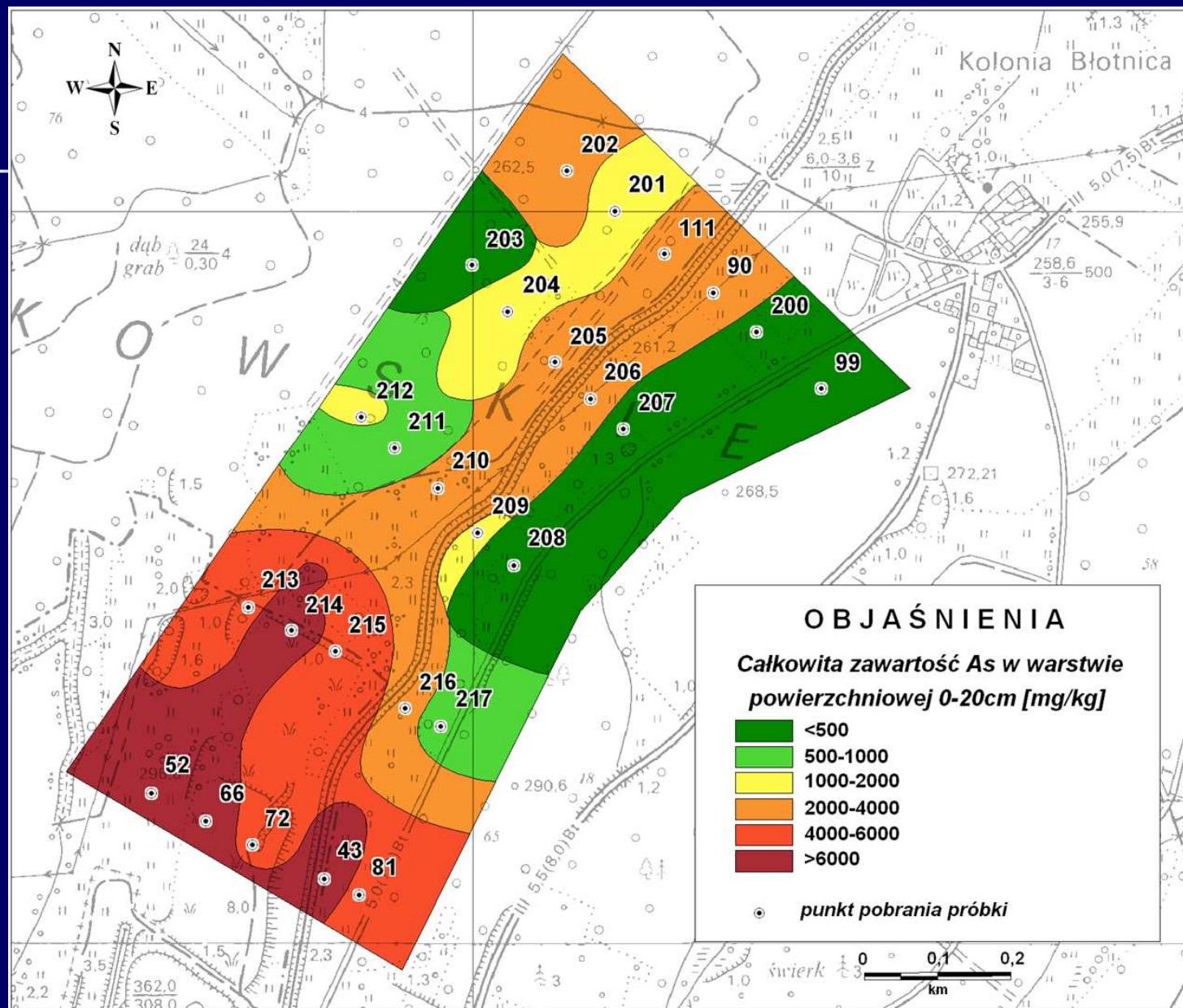
Ocena zagrożenia środowiska  
przyrodniczego w rejonie  
oddziaływania złoża rud  
polimetalicznych Żeleźniak  
(Wojcieszów – Góry Kaczawskie).  
Wydawnictwo AR we Wrocławiu,  
2005.



## Przykład 2

- Rejon Złotego Stoku
  - Gleby doliny rzeki Trującej – nieużytki, łąki, grunty orne
  - Ogrody działkowe na terenie miasta

# Całkowita zawartość As w poziomach powierzchniowych gleb doliny rzeki Trującej



## Przykład 3

- Rejon Iwin (k/ Bolesławca) – dolina rzeki Bobrzycy

## Katastrofa w Iwinach

- W nocy 13 grudnia 1967 została przerwana grobla zbiornika osadów poflotacyjnych Iwiny
- Objętość zgromadzonych osadów: 11,5 mln m<sup>3</sup>, wypłynęło 4,6 mln m<sup>3</sup>
- Szerokość wyrwy: 68 m / 134 m
- Zalana została dolina rzeki Bobrzycy na długości 19 km (szerokość obszaru zalanego: 50-150 m)
- Zginęło 18 osób

## Katastrofa w Iwinach

- wyrwa w skarpie zbiorników odpadów półpłynnych





## Katastrofa w Iwinach

- zalana stacja kolejowa, widoczna wyrwa w koronie zbiornika



## Cu i Pb w glebach doliny Bobrzycy

Obiekty	Głębokość cm	Cu, mg/kg	Pb,mg/kg
Wyizolowany osad	-	640-770	180-240
Gleby uprawne	<b>0-20 cm</b>	<b>170-830</b>	<b>64-220</b>
	>30 cm	<1-24	<1-47

# Przykład 4

- Wrocławskie pola irygacyjne

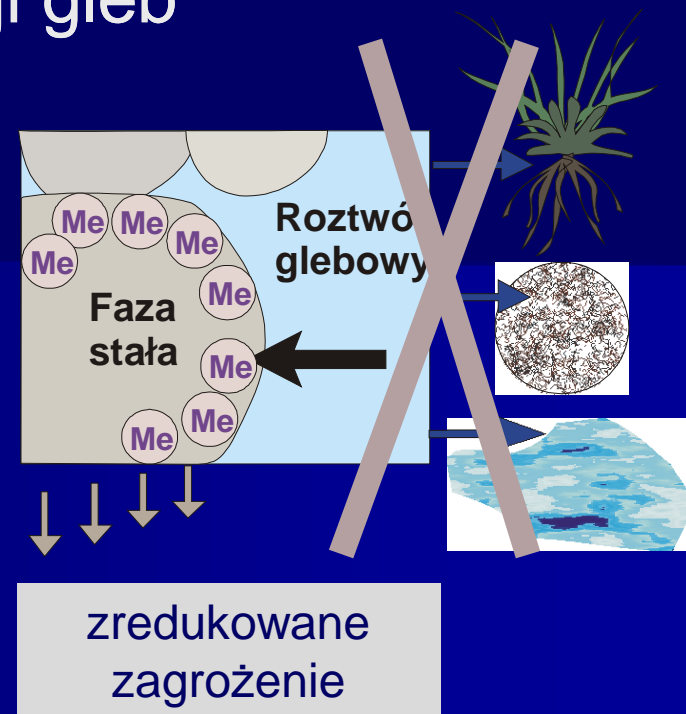
# Wybrane zagadnienia rekultywacji gleb zanieczyszczonych chemicznie

- Naturalna regeneracja
- Usuwanie zanieczyszczeń
- Stabilizacja zanieczyszczeń
- Problem stosowania osadów ściekowych i substancji odpadowych
- Metody fitoremediacji

# Dwie strategie rekultywacji gleb zanieczyszczonych

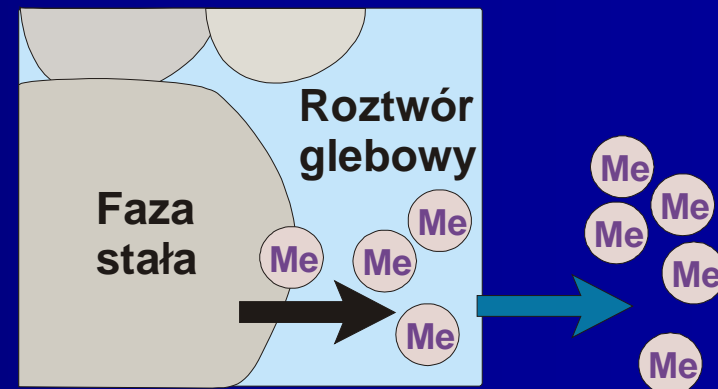
## 1. Unieruchomienie

zanieczyszczeń w fazie stałej = zmniejszenie rozpuszczalności

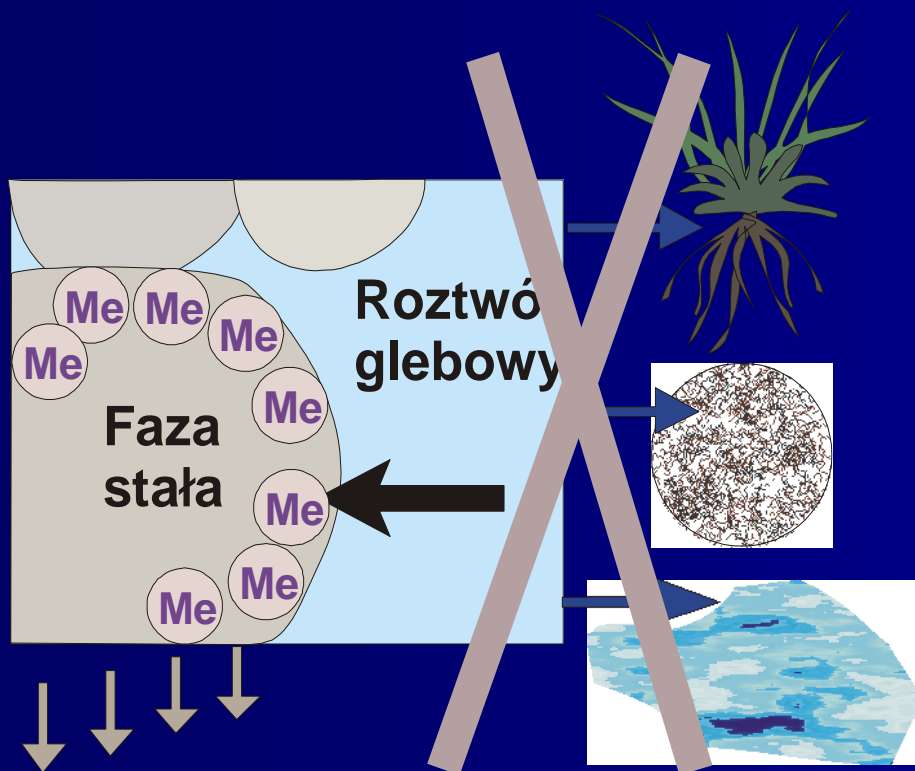


## 2. Usunięcie

zanieczyszczeń z gleby (lub ich rozkład – w przypadku związków organicznych)



# Strategia 1: unieruchomienie zanieczyszczeń (np. metali ciężkich) w glebie



- +  
Metody proste, tanie
- „Bomba z opóźnionym zapłonem”  
Stale istnieje zagrożenie  
(np. w związku z erozją...)  
Metody te nie spełniają  
wymogu doprowadzenia  
do jakości  
odpowiadającej  
standardom...)

1. Wapnowanie (regulacja odczynu)
2. Wzbogacanie kompleksu sorpcyjnego

### Wprowadzenie substancji organicznej:

- torf
- węgiel brunatny granulowany
- nawozy zielone
- ~~NIE: ścieki, osady ściekowe, gnojowica !~~

### Wzbogacanie frakcji ilastej:

- łożowanie gleb b. lekkich (nawiezenie gliny)
- zwiertzeliny ilaste (np. bentonity)
- sorbenty syntetyczne i naturalne modyfikowane (np. zeolity)

## Wprowadzenie roślin = fitostabilizacja (jedna z metod fitoremediacji)

- Jest techniką **zmniejszania zagrożenia** związanego z obecnością w glebie zanieczyszczeń (np. metali ciężkich), przez wprowadzenie roślin i zastosowanie dodatków zmniejszających rozpuszczalność tych zanieczyszczeń
  - *(W. Berti, S.D. Cunningham)*
- Stosuje się rośliny:
  - tolerancyjne wobec zanieczyszczeń w glebie
  - o słabej zdolności pobierania i translokacji zanieczyszczeń z gleby do części nadziemnych



## Plantacje topoli w strefie ochronnej Huty Miedzi Głogów (wiek ok. 30 lat)

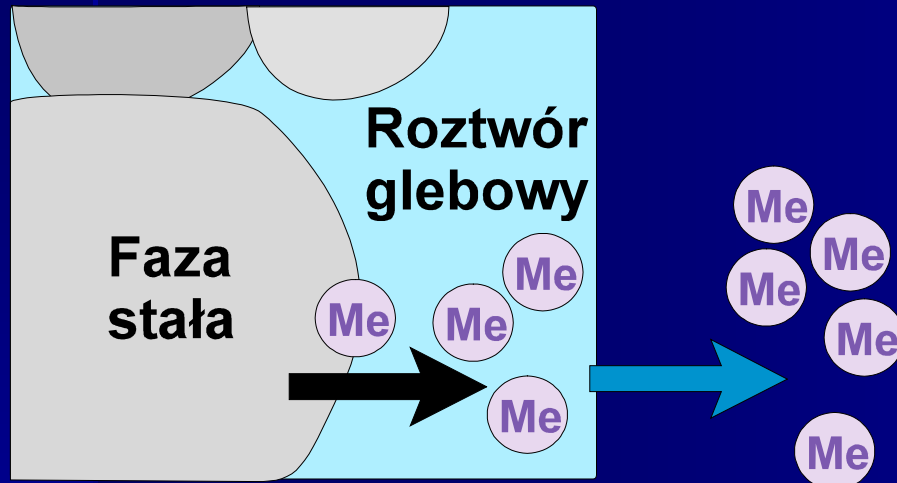


W świetle polskiego prawa (standardy jakości)  
konieczne jest skuteczne usunięcie  
zanieczyszczeń z gleby

tj. zastosowanie strategii 2

(uruchomienie bądź rozkład zanieczyszczeń)

## Strategia 2: Uruchomienie zanieczyszczeń i ich usunięcie z gleby



Metody kosztowne i technologicznie skomplikowane

Ingerencja w glebę niekiedy bardzo silna (metody radykalne). Zazwyczaj ceną jest zniszczenie życia biologicznego w glebie

+

Spełniają warunki doprowadzenia do jakości odpowiadającej standardom...

# Usuwanie zanieczyszczeń z gleb

Możliwe sposoby:

- in situ – na miejscu
- ex situ – poza miejscem, gdzie nastąpiło zanieczyszczenie, w zakładzie oczyszczania gleb



# Pierwszy etap rekultywacji gleb zanieczyszczonych substancjami organicznymi

Mechaniczne  
zcerpywanie  
zanieczyszczeń



# Mechanizmy usuwania zanieczyszczeń z gleb:

- Rozkład – dotyczy substancji organicznych
  - **biologiczny = biodegradacja (bioremediacja)**
  - fotochemiczny,
  - chemiczny (np. w drodze chemicznego utleniania)
  - termiczny
- Wymywanie – dotyczy różnych zanieczyszczeń
  - Gorącą parą wodną
  - Wodą z dodatkiem detergentów,
  - Wodą z dodatkiem innych substancji zwiększających rozpuszczalność (np. dla metali ciężkich – kwasy lub związki kompleksujące)
- Odparowywanie – dotyczy zanieczyszczeń lotnych
  - (organicznych i nieorganicznych, np. Hg)
- Fitoremediacja (fitoekstrakcja) – pobranie przez rośliny
  - Dotyczy np. metali ciężkich, też niektórych zanieczyszczeń organicznych

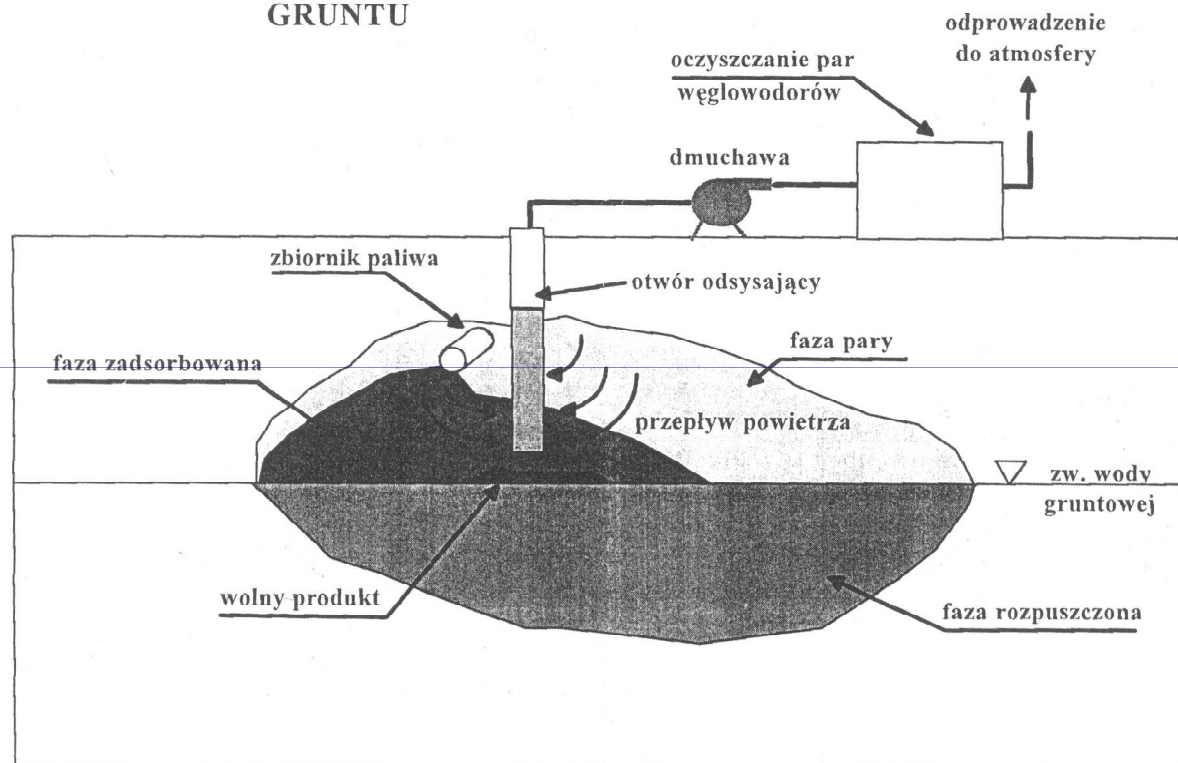
# Biodegradacja ropopochodnych w glebach

- Znanych jest ponad 100 gatunków bakterii, grzybów i promieniowców zdolnych do wykorzystania węglowodorów jako źródła węgla i energii
- Przykłady:
  - **Bakterie** z rodzajów: Achromobacter, Bacillus, Flavobacterium, Pseudomonas, Nocardia
  - **Grzyby i promieniowce**: Trichoderma, Mortierella, Aspergillus, Penicillium

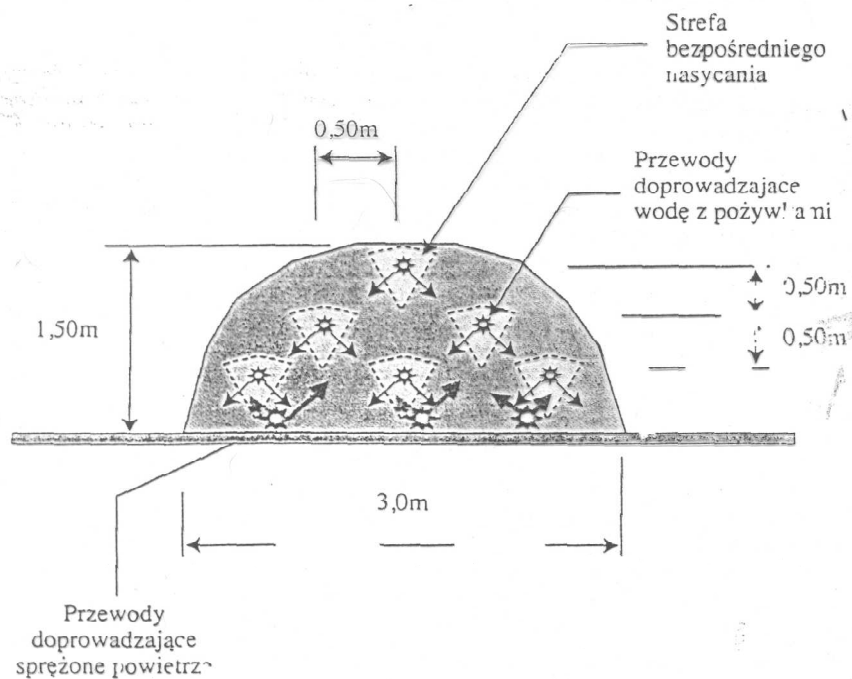
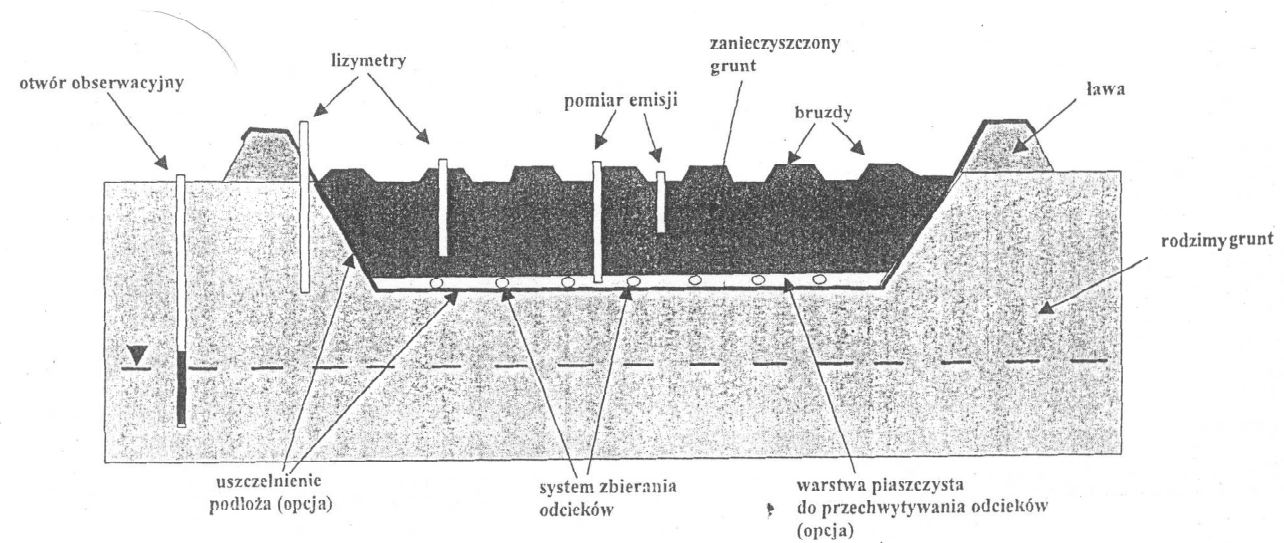


# Wentylacja i biowentylacja gleby - *in situ*

SCHEMAT METODY WENTYLACJI  
GRUNTU

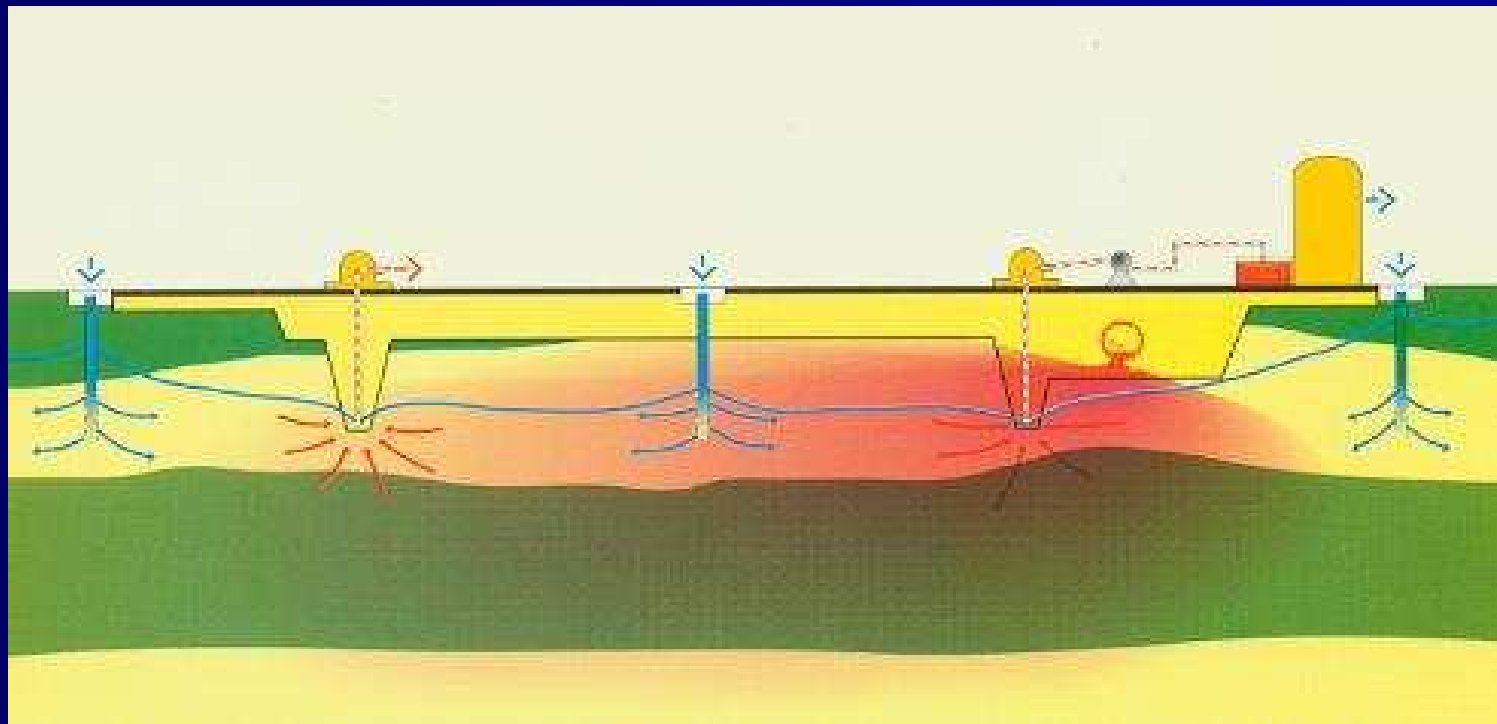


## Metoda rolnicza - przekrój przez poletko rekultywacyjne



- Proces biodegradacji - ex situ
- metoda pryzmowa
- metoda agrotechniczna

## Wymywanie z gleby *in situ* - schemat



# Fitoremediacja

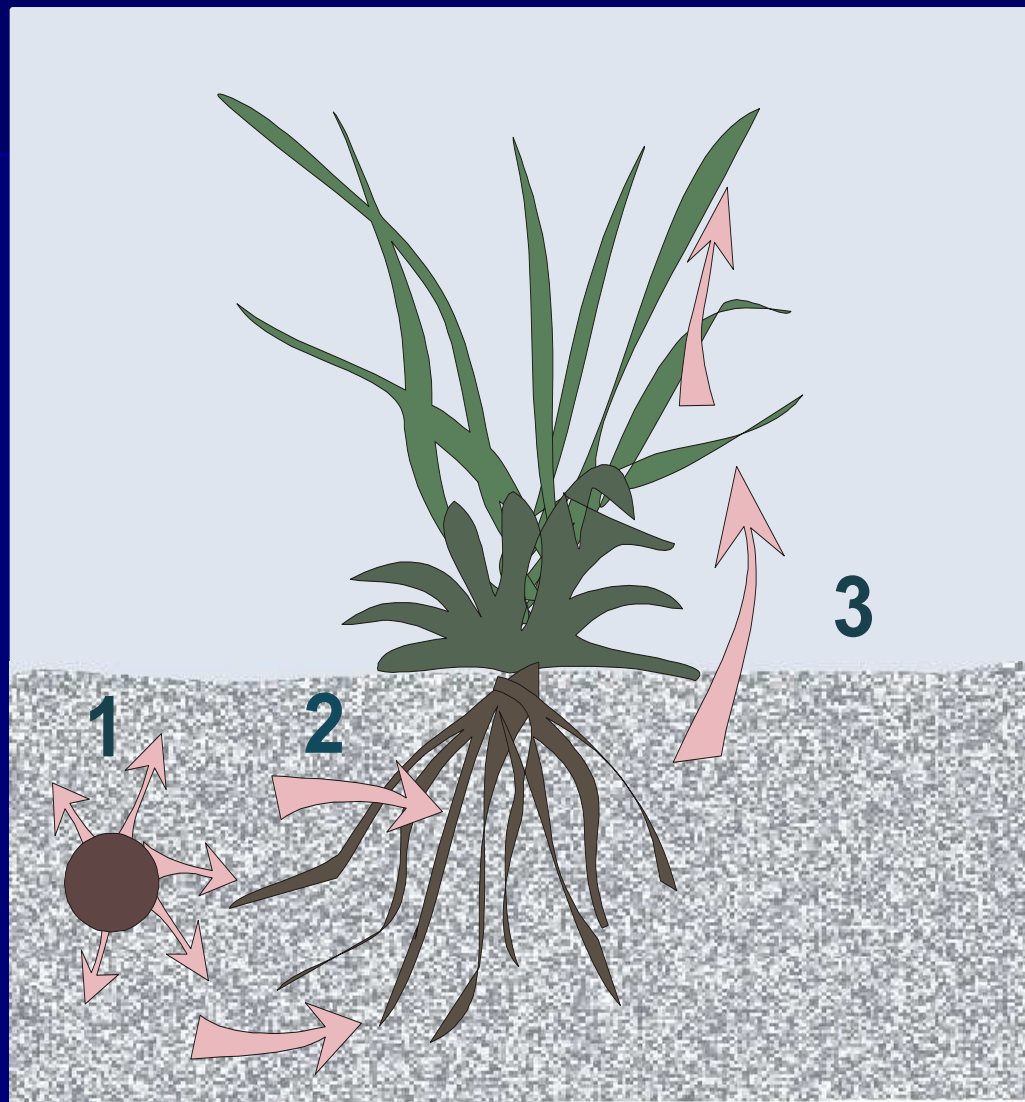
## gleb zanieczyszczonych

- Fitoremediacja = rekultywacja (naprawa właściwości) gleb z wykorzystaniem roślin
- Metody:
  - Fitoekstrakcja
  - Fitostabilizacja
  - Fitodegradacja
  - Uwalnianie w formie lotnej z udziałem roślin (phytovolatilisation)

# Zasada fitoekstrakcji

## 3 etapy:

1. uruchomienie metali
2. pobranie przez korzenie
3. transport do części nadziemnych



## Warunki skutecznej fitoekstrakcji

- tolerancja roślin w stosunku do wysokich stężeń zanieczyszczeń w glebie
- duży "wynos" zanieczyszczeń wraz z plonem:
  - wysokie koncentracje w częściach nadziemnych roślin
  - albo:*
  - wysoki plon (duża biomasa części nadziemnych)
- możliwość dalszego przetworzenia biomasy

## Zastosowanie roślin silnie kumulujących metale ciężkie

- Niektóre gatunki wykazują szczególną zdolność do pobierania metali ciężkich z gleb.
- Zjawisko hiperakumulacji
  - gdy zawartości metali w biomacie roślin przekraczają:
  - Ni, Zn, Mn - 1% s.m.
  - Cu, Pb, Co - 0,1% s.m. (1000 mg/kg s.m.)



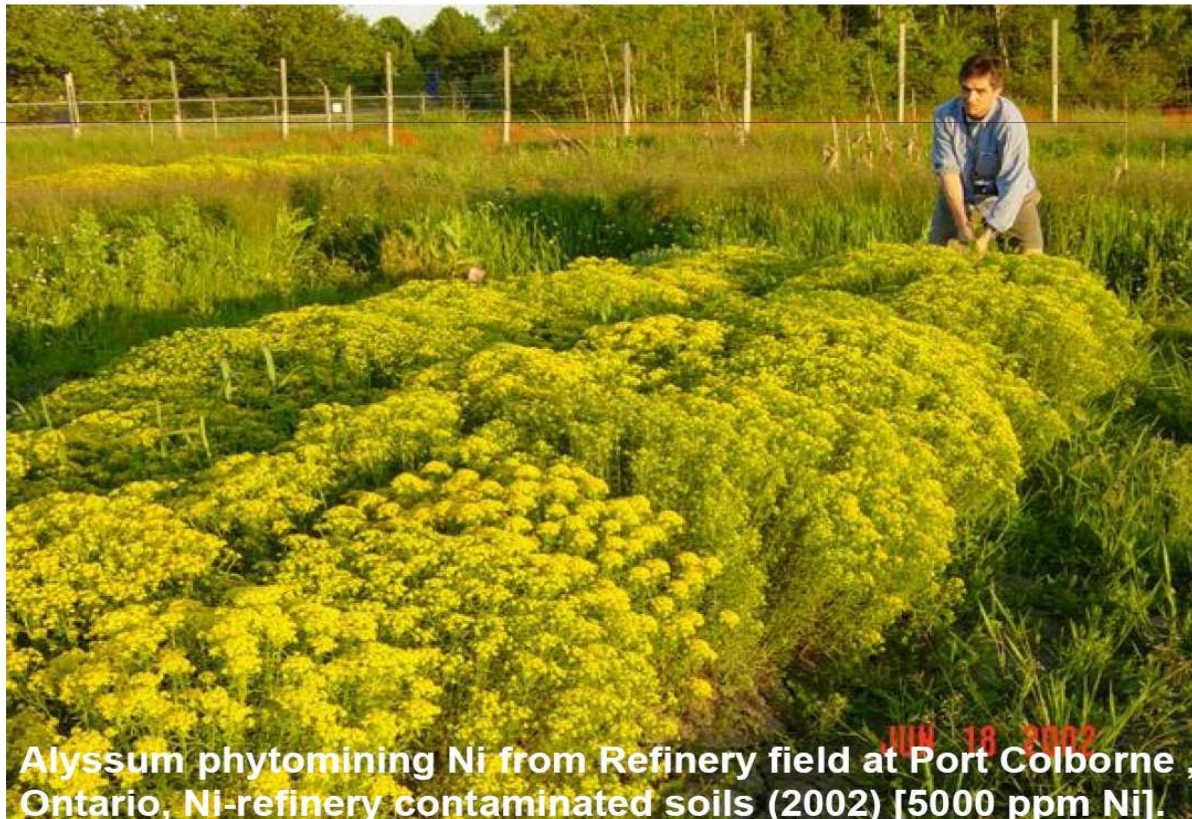
*Thlaspi caerulescens*  
gatunek z rodzaju:  
tobołki

- Metalofit – obecnie najczęściej stosowany do doświadczeń nad fitoremediacją
- Hiperakumulator Ni, Zn, Mn i Cd



## Alyssum murale

- Hiperakumulator Ni



## Alternatywne podejście do fitoekstrakcji:

zastosowanie roślin o znacznym  
(choć nie bardzo wysokim)  
pobraniu metali  
ale **o dużej biomasie**



## Przykłady gatunków o dużej biomasie stosowanych w fitoremediacji

- Wierzba (różne gatunki, w tym m.in.:
  - Wiklina (*Salix purpurea*)
- Topola
- Miskantus (*Miscanthus giganteus*)
- Ślazowiec pensylwański (*Sida hermaphrodita*)

Miskantus  
(*Miscanthus giganteus*)



# Plantacja wierzby energetycznej





## Próby połączenia dużej biomasy i intensywnego pobrania

- **Modyfikacja genetyczna**
  - np. w kierunku wzrostu biomasy hiperakumulatorów
- **Indukowana hiperakumulacja** =
  - Zwiększanie pobrania przez rośliny nie będące hiperakumulatorami (przez wprowadzenie do gleby substancji kompleksujących – uruchamiających metale)



## Problemy związane z indukowaną hiperakumulacją

- **Zróżnicowana podatność** metali na uruchamianie i pobranie przez rośliny
- Wzrost stężenia rozpuszczalnych form metali w glebie:
  - **toksyczność** wobec mikroflory i fauny
  - **Zagrożenie wód podziemnych** - wymywanie w głąb gleby:
    - *Wymycie : pobranie przez rośliny: 20:1*
- Ograniczona skuteczność oczyszczania

2.

Problem  
terenów o przekształconej powierzchni  
(np. wyrobisk pogórnicych)

# Potrzeby rekultywacji terenów przekształconych geomechanicznie

- Tereny objęte działalnością górniczą (wyłączone z użytkowania rolniczego)
  - czasowo wyłączone ???
  - trwale przeklasyfikowane na inny rodzaj użytków
- Czy należy przywracać je do użytkowania rolniczego?
  - ???

■ Dziękuję za uwagę!

